



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE *DESIGN*
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM *DESIGN*

ADEMARIO SANTOS TAVARES

ESTUDO DA EXPERIÊNCIA EMOCIONAL DOS USUÁRIOS USANDO GAMES:
uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho

Recife
2022

ADEMARIO SANTOS TAVARES

ESTUDO DA EXPERIÊNCIA EMOCIONAL DOS USUÁRIOS USANDO GAMES:

uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em *Design* da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em *Design*. Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos. Linha de pesquisa: *Design*, Ergonomia e Tecnologia.

Orientador: Prof. *Phd* Marcelo Márcio Soares

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Alves Marçal

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Mariana de Souza Alves – CRB-4/2105

T231e	Tavares, Ademario Santos Estudo da experiência emocional dos usuários usando games: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho/ Ademario Santos Tavares. – Recife, 2022. 611f.: il., fig., tab. Sob orientação de Marcelo Márcio Soares. Sob coorientação de Márcio Alves Marçal. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2022. Inclui referências, apêndices e anexos. 1. Planejamento e Contextualização de Artefatos. 2. Ergonomia. 3. Experiência do usuário. 4. Emoção. 5. Games. 6. Eletroencefalografia (EEG). 7. Termografia Infravermelha. I. Soares, Marcelo Márcio (Orientação). II. Título. 745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2022-148)

ADEMARIO SANTOS TAVARES

**“ESTUDO DA EXPERIÊNCIA EMOCIONAL DOS USUÁRIOS USANDO
GAMES: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA NEUROCIÊNCIA E TERMOGRAFIA
POR INFRAVERMELHO”**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Design da
Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial
para a obtenção do título de Doutor
em Design.

Aprovada em: 27/05/2022.

BANCA EXAMINADORA

Participação via Videoconferência

Prof. Dr. André Menezes Marques Das Neves (Presidente)
Universidade Federal de Pernambuco

Participação via Videoconferência

Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli (Examinador Externo)
Universidade Estadual Paulista

Participação via Videoconferência

Prof. Dr. Raimundo Lopes Diniz (Examinador Externo)
Universidade Federal do Maranhão

Participação via Videoconferência

Prof. Dr. José Guilherme da Silva Santa Rosa (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Participação via Videoconferência

Prof. Dr. Marcelo Cairrão Araujo Rodrigues (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco
Participação via Videoconferência

Prof. Dr. Breno José Andrade de Carvalho (Examinador Externo)
Universidade Católica de Pernambuco

Dedico esta tese aos meus avós maternos Apolinário Constantino dos Santos e Severina Maria da Conceição, e aos avós paternos Eutrópio Tavares Maranhão e Maria do Carmo Tavares. Assistiram ao término dessa jornada de camarote, no Céu. Também dedico aos meus pais **Cleonice Maria dos Santos** e **Ademario Simões Tavares** por serem os maiores exemplos da minha vida. Por fazerem dos meus sonhos os deles também. Pela paciência, pelos incentivos, conselhos, sorrisos, abraços e muito amor nesta caminhada. Por me ensinarem que a educação constrói pontes. Por todos os esforços possíveis e impossíveis para me fazer chegar aonde cheguei. Fica aqui minha homenagem aos melhores seres humanos que Deus poderia me presentear. Espero um dia, se Deus permitir, ser tão bom quanto vocês. Meus heróis. Deus os protejam, em Nome do Senhor Jesus Cristo. Amém!

AGRADECIMENTOS

Ao **Deus Pai Todo Poderoso** por iluminar meus passos nesta e em todas as outras caminhadas da minha vida. Toda Honra e Glória ao Senhor. Bendito é o Nome do Seu Filho **Jesus Cristo**. Amém!

Aos meus pais Ademario e Cleonice por estarem comigo todos os momentos desta pesquisa. Obrigado por acreditarem em mim, por enxugarem minhas lágrimas e me levantarem a cada queda. Vocês sempre foram essenciais nesta caminhada;

Aos meus professores orientadores Marcelo Márcio Soares e Márcio Alves Marçal. No mar do conhecimento, muito obrigado por me ajudarem a levar o barco rumo ao porto seguro. Sem estes “dois faróis”, a navegação seria muito mais conturbada;

Aos diretores dos ambientes de pesquisa pela confiança e pela disponibilidade: Adelvan Souza (Home VR), João Batista e Manoel Alan (Centrão). Serei eternamente grato a vocês. Estendo os agradecimentos a todos os participantes que voluntariamente aceitaram participar desta pesquisa e aos parceiros Aline Neves, Luiz Wilson Albuquerque, Ubirakitan Maciel e Victor Viana;

Aos funcionários da Pós-Graduação em *Design* da UFPE pelas incansáveis orientações e ajudas, representados por Marcelo Arcoverde e Flávia Magalhães;

Ao grupo dos pós-graduandos que iniciaram esta caminhada junto comigo. No início, quando nos unimos, eu sabia que esta caminhada seria menos dispendiosa e assim o foi. Muito obrigado a todos por tudo;

Aos professores da pós-graduação em *Design* da UFPE pelos ensinamentos. Estendo os agradecimentos a todos os professores da minha vida, pois eles também contribuíram para que eu chegasse até aqui;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro;

Aos amigos e amigas, alunos e alunas, que torceram por mim e que, de alguma maneira, direta ou indiretamente, formaram uma grande rede de apoio e me acompanharam nesta caminhada. Vocês também fazem parte desta história.

RESUMO

A aplicação de princípios ergonômicos em projetos de sistemas computacionais torna a interação com o usuário mais adequada, facilita a execução das tarefas, gera resultados mais eficientes e influencia positivamente a experiência do usuário. Os aspectos emocionais fazem parte desse cenário por serem fatores intrínsecos ao ser humano na realização de qualquer atividade, sendo possível analisá-los através de ferramentas de autorrelato. Porém, dúvidas podem ser levantadas sobre a real eficiência dos questionários quanto à veracidade das opiniões relatadas, uma vez que as pessoas podem alterar suas respostas de maneira involuntária ou proposital. Ou seja, nem sempre o pesquisador tem o conhecimento de fato se a experiência relatada condiz com a experiência real sentida. Nesse sentido, compreender os aspectos psicofisiológicos pode ser um diferencial para uma correta interpretação da experiência do usuário. Inserida no Programa de Pós-Graduação em *Design* da Universidade Federal de Pernambuco, esta pesquisa teve o propósito de verificar a correlação emocional entre respostas de autorrelato e resultados obtidos através do uso de ferramentas de mensuração psicofisiológica não invasivas. Através de dois estudos de caso buscou-se identificar semelhanças e diferenças entre as respostas emocionais relatadas e sentidas tendo como parâmetros as respostas positivas e negativas verificadas por meio da valência emocional, da Hipótese de Valência, do Índice de Assimetria Alfa Frontal (IAAF) e da alteração térmica de regiões de interesse da face. Um grupo de treze usuários utilizou dois sistemas computacionais de condução veicular de plataformas diferentes: um jogo eletrônico com características e configurações destinadas ao entretenimento e um simulador de direção com foco no treinamento, ambos com seus respectivos equipamentos simuladores do tipo *cockpit* meio-carro e tarefas com metas específicas. Antes e após os dois experimentos os usuários responderam questionários sobre a experiência vivenciada do ponto de vista do nervosismo e das emoções (questionários GEW e PANAS). Também responderam sobre a usabilidade e a experiência do usuário (questionários SUS, modelo de Leventhal e Barnes e Diagrama de Corlett) que reforçaram as opiniões sobre os sistemas. Quanto a verificação psicofisiológica foi utilizado o eletroencefalograma portátil Emotiv EPOC+ para leitura da atividade elétrica cerebral e a câmera digital termográfica FLIR E60

para o registro da alteração térmica facial. Os resultados permitiram comparar as respostas dos dois experimentos: da coerência entre as respostas emocionais de autorrelato às correlações com as respostas psicofisiológicas, das valências predominantes à usabilidade dos dois sistemas, assim como as diferenças entre os gêneros masculino e feminino. Os resultados também contribuíram para pesquisas sobre os *games*, os estados emocionais e a ergonomia, bem como também colaborou para os crescentes estudos sobre o uso da termografia digital por infravermelho como ferramenta de mensuração fisiológica e o seu potencial uso em investigações sobre as emoções humanas.

Palavras-chave: ergonomia; experiência do usuário; emoção; *games*; EEG; termografia infravermelha.

ABSTRACT

Applying ergonomic principles in computer systems design makes the interaction with the user more adequate, facilitates the execution of tasks, generates more efficient results, and positively influences the user experience. The emotional aspects are part of this scenario because they are intrinsic factors to the human being performing any activity, and it is possible to analyze them through self-report tools. However, doubts may be raised about the real efficiency of questionnaires regarding the integrity of the opinions reported since people can change their answers involuntarily or on purpose. In other words, the researcher does not always know whether the reported experience matches the real experience felt. In this sense, understanding the psychophysiological aspects can be a differential for correctly interpreting the user experience. Inserted in the Graduate Design Program of the Federal University of Pernambuco, this research aimed to verify the emotional correlation between self-report answers and results obtained through the use of non-invasive psychophysiological measurement tools. Through two case studies, we sought to identify similarities and differences between the emotional responses reported and felt, using as parameters the positive and negative responses verified using emotional valence, the Valence Hypothesis, the Frontal Alpha Asymmetry Index (FAAI), and the thermal alteration of regions of interest in the face. A group of thirteen users used two driving computer systems from different platforms: an electronic game with features and settings designed for entertainment and a driving simulator focused on training, both with their respective cockpit-type simulators half-car equipment, and tasks with specific goals. Before and after the two experiments, the users answered questionnaires about their experiences from the standpoint of nervousness and emotions (GEW and PANAS questionnaires). They also answered about usability and user experience (SUS questionnaires, Leventhal and Barnes model, Corlett Diagram), reinforcing their opinions about the systems. Considering psychophysiological verification, we used the Emotiv EPOC+ portable electroencephalogram to read the brain electrical activity and the FLIR E60 for recording facial thermal change. The results allowed us to compare the responses of the two experiments: from the consistency between the emotional self-report responses to the correlations with the psychophysiological responses, from the

predominant valences to the usability of the two systems, as well as the differences between male and female genders. The results also contributed to research on games, emotional states, and ergonomics, as well as to the growing studies on the use of digital infrared thermography as a tool for physiological measurement and its potential use in investigations of human emotions.

Keywords: ergonomics; user experience; emotion; *games*; EEG; infrared thermography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	<i>Designers</i> projetando um jogo eletrônico	44
Figura 2 –	Os quatro níveis do <i>design</i>	45
Figura 3 –	A ergonomia e suas especialidades	48
Figura 4 –	Usuário utilizando jogo de corrida com simulador tipo <i>cockpit</i>	51
Figura 5 –	Erro de interpretação, má usabilidade	55
Figura 6 –	Modelo de usabilidade de Kenneth Eason	57
Figura 7 –	Modelo de usabilidade de Brian Shackel	58
Figura 8 –	Método de usabilidade de Nielsen (quadro vermelho)	59
Figura 9 –	Semelhanças entre conceitos de usabilidade	60
Figura 10 –	Metas de usabilidade	64
Figura 11 –	Espremedor de limão Juicy Salif de Philippe Starck	70
Figura 12 –	Níveis de processamento da relação usuário x emoção	72
Figura 13 –	Os quatro tipos de prazeres de Jordan	73
Figura 14 –	Parâmetros do modelo de emoções de Desmet	74
Figura 15 –	A realização do laço afetivo nos jogos	75
Figura 16 –	Modelo circumplexo de Russell (1980)	80
Figura 17 –	GEW versão 3 com divisões de valência e excitação	87
Figura 18 –	Cena da animação “Os Jetsons” (A) e do filme “2001” (B)	92
Figura 19 –	Estrutura tetraédrica da NBIC	94
Figura 20 –	Nuvem da tese: <i>Design</i> + Ergonomia + Emoção	98
Figura 21 –	Jogo Jenga nas versões física (A), computador (B) e <i>tablet</i> (C)	100
Figura 22 –	Alguns exemplos de taxonomias em <i>games</i>	103
Figura 23 –	Compreensão básica na narrativa em jogos eletrônicos	109
Figura 24 –	A sensação de estar presente no jogo eletrônico	111
Figura 25 –	A psicofisiologia nos jogos e nos esportes	113
Figura 26 –	Gamificação na educação (A) e na saúde (B)	115
Figura 27 –	Cena do jogo eletrônico <i>Aladdin Magic Racer</i>	116
Figura 28 –	Jogo eletrônico <i>The Oregon Trail</i> , o “primeiro jogo sério”	117
Figura 29 –	Pacientes com esclerose múltipla usando <i>exergames</i> (A, B)	119
Figura 30 –	Interação entre pedagogia, informática e jogos	121
Figura 31 –	Simuladores de cirurgia oftalmológica (A) e pilotagem (B)	122
Figura 32 –	Guiar um ônibus na diversão (A) e no treinamento (B)	123

Figura 33 –	Os experimentos de treinamento (A) e entretenimento (B)	125
Figura 34 –	Agressividade e diversão: complexa relação?	133
Figura 35 –	<i>Joysticks</i> adaptados para pessoas com deficiência	135
Figura 36 –	Os sete critérios do <i>Game Addiction Scale-GAS</i>	139
Figura 37 –	Nuvem da tese: <i>Design + Ergonomia + Emoção + Games</i>	141
Figura 38 –	O espectro eletromagnético	143
Figura 39 –	Imagem termográfica do corpo humano	144
Figura 40 –	A termografia infravermelha em diversos contextos	145
Figura 41 –	Imagens térmicas capturadas eletronicamente	147
Figura 42 –	Diversas configurações de câmeras termográficas	148
Figura 43 –	Imagem termográfica na câmera e no computador	148
Figura 44 –	A termografia no controle da COVID-19	152
Figura 45 –	Comparativo entre termogramas	153
Figura 46 –	Balanco dinâmico do calor corporal	154
Figura 47 –	Perspectivas do sistema circulatório da face	160
Figura 48 –	Termogramas de um humano e o contraste com o fundo preto	161
Figura 49 –	Regiões de interesse faciais	162
Figura 50 –	Análise do conforto térmico em assento	165
Figura 51 –	Imagens térmicas da face com expressões faciais	167
Figura 52 –	Expressões de neutralidade, raiva e felicidade (KTFE)	168
Figura 53 –	Sistema inteligente de diagnóstico térmico	170
Figura 54 –	Delimitação das regiões de interesse da face	171
Figura 55 –	Duas possíveis delimitações (em azul) da área da bochecha	173
Figura 56 –	Alteração térmica de valência e a excitação	174
Figura 57 –	Correlação entre o GEW e as regiões de interesse	177
Figura 58 –	Comparação de imagens (antes e depois) em teste de emoção	179
Figura 59 –	Experimento com simulador de direção tipo <i>cockpit</i>	182
Figura 60 –	Nuvem: <i>Design + Ergonomia + Emoção + Games + Termografia</i>	183
Figura 61 –	Neuroimagens do sistema nervoso	185
Figura 62 –	Natureza dos estados afetivos	186
Figura 63 –	Esquema da arquitetura do sistema FUNii	190
Figura 64 –	Campos que contribuem com o neurodesign	191
Figura 65 –	Caminho pelo qual a sensação se torna percepção	193
Figura 66 –	Divisão do sistema nervoso conforme critério anatômico	195
Figura 67 –	Lóbulos e áreas funcionais do cérebro	196

Figura 68 –	Áreas funcionais do córtex	197
Figura 69 –	Esquema do circuito de Papez	199
Figura 70 –	Representação da diferença entre os hemisférios	201
Figura 71 –	Hipótese de valência	203
Figura 72 –	Hipótese do hemisfério direito	204
Figura 73 –	Hipótese integrativa	206
Figura 74 –	Diversas neuroimagens: DTI, MRI, fMRI, MRI, DTI	207
Figura 75 –	Bandas de frequência de sinais elétricos do cérebro	210
Figura 76 –	Assimetria alfa frontal do EEG em dois momentos	211
Figura 77 –	Índice de Assimetria do Alfa Frontal (IAAF)	213
Figura 78 –	Sistema Internacional 10/20	215
Figura 79 –	Localização dos eletrodos F7, F3, F4 e F8	216
Figura 80 –	O <i>biofeedback</i> no treinamento muscular	219
Figura 81 –	<i>Biofeedback</i> com <i>game</i> . Novas perspectivas terapêuticas	220
Figura 82 –	Sistema de rastreamento corporal	221
Figura 83 –	Alphawow. A BCI controlando o estresse	223
Figura 84 –	Circuito fechado de alta tecnologia em <i>videogames</i>	227
Figura 85 –	Eletoencefalógrafos dos anos de 1970 (A) e 2020 (B)	228
Figura 86 –	Emotiv EPOC+	230
Figura 87 –	Rodrigo Hubner Mender, o Emotiv EPOC e carro de Fórmula 1	231
Figura 88 –	Nuvem de palavras da tese com todos os eixos temáticos	236
Figura 89 –	Desenho da pesquisa	241
Figura 90 –	Localização dos locais dos experimentos	254
Figura 91 –	Fachadas do Centrão (A) e da Home VR (B)	255
Figura 92 –	Centrão – Salas de espera (esquerda) e experimento (direita)	257
Figura 93 –	Centrão – <i>Layout</i> das salas de espera e de experimento	258
Figura 94 –	Vistas internas da sala de experimento do SIMU	259
Figura 95 –	Home VR – Recepção (sala de baixo) e salas de RV (acima)	260
Figura 96 –	Home VR – <i>Layout</i> das salas de espera e de experimento	260
Figura 97 –	Vistas do interior da sala de experimento JOCO (A-B)	261
Figura 98 –	Imagens do <i>software</i> ProS.Auto	272
Figura 99 –	Demonstrativo dos resultados do ProS.auto (A-B)	272
Figura 100 –	A sequência de acesso para etapa usada no <i>The Crew 2</i> (A-B)	274
Figura 101 –	Imagens do jogo eletrônico <i>The Crew 2</i> (A-D)	274
Figura 102 –	Demonstrativo do resultado do <i>The Crew 2</i>	275

Figura 103 –	<i>The Crew 2</i> – GPS e placas com setas para guiar o usuário	275
Figura 104 –	<i>The Crew 2</i> – As placas de <i>checkpoint</i> a serem transpassadas	276
Figura 105 –	GEW com estrutura bidimensional e esquema de cores	280
Figura 106 –	Representação do escore do SUS	285
Figura 107 –	Captura da imagem termográfica no SIMU (A) e no JOCO (B)	290
Figura 108 –	Regiões de interesse encolhidas	292
Figura 109 –	Processo de instalação do Emotiv EPOC+	294
Figura 110 –	Instalação do Emotiv EPOC+ no SIMU (A) e no JOCO (B)	294
Figura 111 –	Representação de uma época de 3 segundos	295
Figura 112 –	Esquema sequencial da coleta de dados	299
Figura 113 –	Localização dos equipamentos que foram sincronizados	305
Figura 114 –	Esquema de sincronização dos marcadores temporais	306
Figura 115 –	Esquema de sincronismo entre o EEG e o Termo	307
Figura 116 –	Ferramentas de coletas de dados utilizadas nesta tese	314
Figura 117 –	Diagrama de atividades da análise dos dados	315
Figura 118 –	SIMU - Segmentos corporais e o escore de desconforto	398
Figura 119 –	JOCO - Segmentos corporais e o escore de desconforto	400
Figura 120 –	Mapeamento topográfico do alfa no SIMU	406
Figura 121 –	Mapeamento topográfico do alfa no JOCO	410
Figura 122 –	Intervalos para comparação das temperaturas faciais	418
Figura 123 –	Ficha global de respostas	448
Figura 124 –	Primeiro resumo explicativo da ficha global de respostas	449
Figura 125 –	Segundo resumo explicativo da ficha global de respostas	450
Figura 126 –	Diversos tipos de cabelos e o Emotiv EPOC+	463
Figura 127 –	Visão do Matlab em um processo de EEG	472
Figura 128 –	Visão geral da interface do EEGLAB	473
Figura 129 –	Visão geral da interface <i>Brainstorm</i>	473
Figura 130 –	Eletrodos utilizados na análise dos sinais cerebrais	474
Figura 131 –	Inspeção visual do sinal da atividade cerebral	476

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Os eixos da pesquisa	34
Quadro 2 –	Recorte da pesquisa	36
Quadro 3 –	Fatores ergonômicos básicos em um <i>cockpit</i>	52
Quadro 4 –	Modelo de usabilidade de Leventhal e Barnes (2008)	61
Quadro 5 –	Diversas teorias da emoção	77
Quadro 6 –	Algumas ferramentas de avaliação da experiência emocional	84
Quadro 7 –	Definições dos termos “Tecnologia” e “Emergente”	91
Quadro 8 –	A convergência de quatro tecnologias - NBIC	94
Quadro 9 –	Alguns estudos com tecnologias emergentes entre 2011 e 2019	96
Quadro 10 –	Destaques das pesquisas setoriais	105
Quadro 11 –	Particularidades em dois sistemas de condução veicular	126
Quadro 12 -	Subdivisões de áreas de aplicação da termografia	150
Quadro 13 -	Fatores a se considerar no uso da termografia em humanos	156
Quadro 14 -	Correlações entre regiões de interesse faciais e emoções	175
Quadro 15 -	Critérios de inclusão e exclusão	243
Quadro 16 -	Riscos da pesquisa e procedimentos para amenizá-los	251
Quadro 17 -	Equipamentos de propriedade do pesquisador	263
Quadro 18 -	<i>Hardwares</i> e <i>softwares</i> para mensuração psicofisiológica	264
Quadro 19 -	Instrumentos de verificação das condições ambientais	266
Quadro 20 -	Simulador e <i>software</i> de treinamento para o SIMU	267
Quadro 21 -	<i>Cockpit</i> e dispositivos usados na experiência JOCO	268
Quadro 22 -	<i>Game</i> escolhido e outros acessórios do JOCO	269
Quadro 23 -	<i>Softwares</i> técnicos utilizados pelos parceiros	270
Quadro 24 -	Lista de erros de condução e infrações do <i>software</i> ProS.auto	273
Quadro 25 -	Denominações dos quadrantes do modelo circumplexo	281
Quadro 26 -	Divisão dos termos das famílias de emoções	281
Quadro 27 -	Classificação das opções do modelo de Leventhal e Barnes	286
Quadro 28 -	Declarações informais sobre o desconforto	287
Quadro 29 -	Diversos tamanhos de épocas	296
Quadro 30 -	Termos de sequenciamento das ferramentas	298
Quadro 31 -	Detalhes da linha do tempo do sincronismo Termo e EEG	308
Quadro 32 -	Procedimentos introdutórios do SIMU e JOCO	316

Quadro 33 -	Questões mais relevantes do <i>Game Addiction Scale</i>	319
Quadro 34 -	Métricas de desempenho do SIMU e do JOCO	320
Quadro 35 -	Síntese dos resultados do nervosismo	332
Quadro 36 -	Síntese da correlação nervosismo x desempenho	333
Quadro 37 -	SIMU - Resultado global do GEW	337
Quadro 38 -	JOCO - Resultado global do GEW	340
Quadro 39 -	Síntese dos resultados do GEW	342
Quadro 40 -	Resumo do resultado geral do PANAS	353
Quadro 41 -	Emoções do PANAS mais citadas no SIMU (A) e no JOCO (B)	354
Quadro 42 -	Síntese dos resultados do questionário PANAS	356
Quadro 43 -	Códigos dos resultados para o nível da coerência emocional	358
Quadro 44 -	SIMU - Coerências individuais entre o GEW e o PANAS	359
Quadro 45 -	SIMU - Nível de coerência no <i>Pré-Game</i>	360
Quadro 46 -	SIMU - Nível de coerência após o experimento	361
Quadro 47 -	SIMU - Nível de coerência na etapa Final	362
Quadro 48 -	JOCO - Coerências individuais entre o GEW e o PANAS	363
Quadro 49 -	JOCO - Nível de coerência no <i>Pré-Game</i>	364
Quadro 50 -	JOCO - Nível de coerência após o experimento	365
Quadro 51 -	JOCO - Nível de coerência na etapa Final	365
Quadro 52 -	SIMU - Diferenças dos autorrelatos por gênero	368
Quadro 53 -	JOCO - Diferenças dos autorrelatos por gênero	369
Quadro 54 -	Síntese dos resultados da coerência GEW x PANAS	369
Quadro 55 -	Maiores concordâncias e discordâncias do SUS no SIMU	380
Quadro 56 -	Maiores concordâncias e discordâncias do SUS no JOCO	382
Quadro 57 -	Síntese dos resultados do SUS	383
Quadro 58 -	Resumo dos resultados do modelo de Leventhal e Barnes	391
Quadro 59 -	Síntese dos resultados do modelo de Leventhal e Barnes	391
Quadro 60 -	SIMU - Resultados das correlações entre o SUS e o L&B	393
Quadro 61 -	JOCO - Resultados das correlações entre o SUS e o L&B	394
Quadro 62 -	Síntese dos resultados da correlação entre o SUS e o L&B	395
Quadro 63 -	Síntese dos resultados do Diagrama de Corlett	401
Quadro 64 -	Síntese dos resultados do EEG	411
Quadro 65 -	SIMU - Correlações entre o EEG e as emoções relatadas	415
Quadro 66 -	JOCO - Correlações entre o EEG e as emoções relatadas	416
Quadro 67 -	Síntese das correlações entre valências: EEG e autorrelato	417

Quadro 68 -	Cenários investigativos da termografia	419
Quadro 69 -	Termografia x Nervosismo: possíveis resultados	422
Quadro 70 -	Termografia x EEG positivo: possíveis resultados	427
Quadro 71 -	Termografia x Valência: possíveis resultados	430
Quadro 72 -	Panorama final dos comparativos com a termografia	434
Quadro 73 -	Síntese dos resultados da termografia infravermelha	437
Quadro 74 -	Correlações gerais entre as ferramentas no Pós- <i>Game</i>	442
Quadro 75 -	SIMU – Destaque dos resultados por gênero	443
Quadro 76 -	JOCO – Destaque dos resultados por gênero	445

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	SIMU – Diferenças entre as medianas do nervosismo	335
Gráfico 2 –	JOCO – Diferenças entre as medianas do nervosismo	336
Gráfico 3 –	SIMU – Resultado do PANAS Pré-Game	344
Gráfico 4 –	SIMU – Resultado do PANAS Pós-Game	347
Gráfico 5 –	SIMU – Os afetos após a aclimação final	348
Gráfico 6 –	JOCO – Resultado do PANAS Pré-Game	350
Gráfico 7 –	JOCO – Resultado do PANAS Pós-Game	351
Gráfico 8 –	JOCO - Os afetos após a aclimação final	352
Gráfico 9 –	Quantitativo geral de coerências e incoerências	367
Gráfico 10 –	SIMU – Proporção de respostas do cenário E1 x E2 do GEW	371
Gráfico 11 –	SIMU – Proporção de respostas do cenário E1 x PANAS	373
Gráfico 12 –	SIMU – Proporção de respostas do cenário E2 x PANAS	374
Gráfico 13 –	JOCO – Proporção de respostas do cenário E1 x E2 do GEW	375
Gráfico 14 –	JOCO – Proporção de respostas do cenário E1 x PANAS	376
Gráfico 15 –	JOCO – Proporção de respostas do cenário E2 x PANAS	376
Gráfico 16 –	Diagnóstico do SUS na experiência SIMU	379
Gráfico 17 –	Diagnóstico do SUS na experiência JOCO	381
Gráfico 18 –	Os <i>boxplots</i> e as diferenças entre as medianas do SUS	384
Gráfico 19 –	SIMU – Matriz de correlação: nervosismo, desempenho e SUS	385
Gráfico 20 –	JOCO – Matriz de correlação: nervosismo, desempenho e SUS	386
Gráfico 21 –	Comparativo entre os resultados do Corlett	400
Gráfico 22 –	Alteração final do IAAF nos dois experimentos	410
Gráfico 23 –	SIMU – diferenças entre as medianas do EEG	413

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Tempos mínimo e máximo dos experimentos	246
Tabela 2 –	SIMU - Tempos gastos pelos participantes	247
Tabela 3 –	JOCO - Tempos gastos pelos participantes	248
Tabela 4 –	Informações sobre os participantes	248
Tabela 5 –	SIMU – Relação das épocas do EEG	310
Tabela 6 –	JOCO – Relação das épocas do EEG	311
Tabela 7 –	Resultado do <i>Game Addiction Scale</i> – GAS	318
Tabela 8 –	Demonstrativo dos resultados do desempenho no SIMU	322
Tabela 9 –	O comparativo entre os desempenhos do SIMU	323
Tabela 10 –	Demonstrativo dos resultados do desempenho no JOCO	324
Tabela 11 –	O comparativo entre os desempenhos do JOCO	325
Tabela 12 –	SIMU – A intensidade do nervosismo no treinamento	326
Tabela 13 –	JOCO – A intensidade do nervosismo no entretenimento	328
Tabela 14 –	Médias de nervosismo por gênero	328
Tabela 15 –	SIMU – Correlações entre o nervosismo e o desempenho	329
Tabela 16 -	JOCO – Correlações entre o nervosismo e o desempenho	330
Tabela 17 -	SIMU - Análise estatística do nervosismo: diferenças medianas	334
Tabela 18 -	JOCO - Análise estatística do nervosismo: diferenças medianas	336
Tabela 19 -	SIMU - Evolução da valência e excitação do GEW	339
Tabela 20 -	SIMU - Quantitativo de escolhas por quadrantes	339
Tabela 21 -	JOCO - Evolução da valência e excitação do GEW	341
Tabela 22 -	JOCO - Quantitativo de escolhas por quadrantes	341
Tabela 23 -	SIMU – Todas as respostas do PANAS Pré- <i>Game</i>	343
Tabela 24 -	SIMU – Todas as respostas do PANAS Pós- <i>Game</i>	346
Tabela 25 -	SIMU – Todas as respostas do PANAS Final	347
Tabela 26 -	JOCO – Todas as respostas do PANAS Pré- <i>Game</i>	349
Tabela 27 -	JOCO – Todas as respostas do PANAS Pós- <i>Game</i>	350
Tabela 28 -	JOCO – Todas as respostas do PANAS Final	352
Tabela 29 -	SIMU – Resumo geral do nível de coerência: GEW e PANAS	363
Tabela 30 -	JOCO – Resumo geral do nível de coerência: GEW e PANAS	366
Tabela 31 -	SIMU – Proporção do cenário de coerência E1 x E2 do GEW	371
Tabela 32 -	SIMU – Proporção do cenário de coerência E1 x PANAS	372

Tabela 33 -	SIMU – Proporção do cenário de coerência E2 x PANAS	374
Tabela 34 -	SIMU - Pontuação geral do SUS e classificação dos itens	378
Tabela 35 -	JOCO - Pontuação geral do SUS e classificação dos itens	381
Tabela 36 -	SIMU - Resultado do questionário de Leventhal e Barnes	387
Tabela 37 -	JOCO - Resultado do questionário de Leventhal e Barnes	389
Tabela 38 -	SIMU - Resultado do Diagrama de Corlett	396
Tabela 39 -	JOCO - Resultado do Diagrama de Corlett	399
Tabela 40 -	SIMU – EEG Pré- <i>Game</i> , o cérebro antes do treinamento	403
Tabela 41 -	SIMU – EEG Pós- <i>Game</i> , o cérebro após o treinamento	404
Tabela 42 -	SIMU – Diferenciação da atividade cerebral segundo o IAAF	405
Tabela 43 -	JOCO – EEG Pré- <i>Game</i> , o cérebro antes do entretenimento	407
Tabela 44 -	JOCO – EEG Pós- <i>Game</i> , o cérebro após o entretenimento	408
Tabela 45 -	JOCO - Diferenciação da atividade cerebral segundo o IAAF	409
Tabela 46 -	Panorama da pontuação do IAAF nos hemisférios	411
Tabela 47 -	Temperaturas médias faciais dos experimentos SIMU e JOCO	420
Tabela 48 -	Resumo das médias térmicas dos ROIs no SIMU e no JOCO	421
Tabela 49 -	As médias térmicas das bochechas	421
Tabela 50 -	SIMU – Termografia x Nervosismo	423
Tabela 51 -	JOCO – Termografia x Nervosismo	425
Tabela 52 -	SIMU – Termografia x EEG	428
Tabela 53 -	JOCO – Termografia x EEG	429
Tabela 54 -	SIMU – Termografia x Valência emocional do GEW	431
Tabela 55 -	SIMU – Termografia x Valência emocional do PANAS	432
Tabela 56 -	JOCO – Termografia x Valência emocional do GEW	433
Tabela 57 -	JOCO – Termografia x Valência emocional do PANAS	433
Tabela 58 -	Todas as diferenças de alteração térmica dos experimentos	435
Tabela 59 -	Médias de alterações dos ROIs nos experimentos (em °C)	436
Tabela 60 -	Resultados globais de valência do Pós- <i>Game</i>	440
Tabela 61 -	Análise estatística descritiva das imagens térmicas do SIMU	479
Tabela 62 -	SIMU – Teste t das variações de emissividade dos ROIs	480
Tabela 63 -	Panorama dos gastos com esta pesquisa	481

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABJD	Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais
BCI	<i>Brain-Computer Interface</i> (Interface Cérebro-Computador)
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DEEG	EEG Digital = Eletroencefalografia Digital
DTI	Imagens por Tensor de Difusão
DV	Desvio Padrão
E1	Emoção mais importante obtida através do GEW
E2	Segunda emoção mais importante obtida através do GEW
ECG	Eletrocardiograma
EDA	Atividade eletrodérmica
EEG	Eletroencefalografia
EMG	Eletromiografia
fMRI	Imagem Funcional de Ressonância Magnética
GAS	<i>Games Addiction Scale</i> (Escala de Dependência em <i>Games</i>)
HD	Hemisfério Direito
HE	Hemisfério Esquerdo
HI	Hipótese Integrativa
HHD	Hipótese do Hemisfério Direito
HRI	<i>Human-Robot Interaction</i> = Interação Humano-Robô
HV	Hipótese de Valência
IAPS	Sistema Internacional de Imagens Afetivas
IHC	Interação Humano-Computador
JOCO	Experimento com o jogo eletrônico de entretenimento
L&B	Modelo híbrido de Leventhal e Barnes
MRI	Ressonância Magnética por Imagem
Nervos	Intensidade do nervosismo
PGB	Pesquisa <i>Game</i> Brasil
PX	<i>Player Experience</i> (experiência do jogador)
Q1, ..., Q4	Quadrante 1, ... 4 do questionário GEW, respectivamente.
R1, R2, R3	Rodada 1, 2, 3 de cada experimento, respectivamente.

ROI	Região de Interesse
RV	Realidade Virtual
SIMU	Experimento com o <i>software</i> de treinamento
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
Termo	Referência a uma imagem da termografia (imagem térmica)
TI	Tecnologia da Informação
UX	<i>User Experience</i> (experiência do usuário)
V.;Vol.;vol.	Voluntário ou voluntária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
1.1	CONTEXTO DA PESQUISA	33
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO E OBJETO DE PESQUISA	35
1.2.1	Objeto da pesquisa	35
1.2.2	Perguntas da pesquisa	36
1.2.3	Recorte e mapeamento da pesquisa	36
1.3	HIPÓTESES	37
1.4	OBJETIVOS	38
1.4.1	Objetivo geral	38
1.4.2	Objetivos específicos	38
1.5	JUSTIFICATIVAS	38
1.6	ETAPAS DA PESQUISA	40
1.7	ESTRUTURAS DA TESE	41
2	<i>DESIGN</i> E ERGONOMIA: UMA DÍADE MULTIDISCIPLINAR	43
2.1	UMA BREVE EXPLANAÇÃO SOBRE <i>DESIGN</i> E ERGONOMIA	43
2.2.1	Ergonomia: muito além do conforto	47
2.2.1.1	Um pouco de ergonomia nos jogos eletrônicos	50
2.2	USABILIDADE: PRODUTOS MAIS AMIGÁVEIS AOS USUÁRIOS	54
2.2.1	Ferramentas de usabilidade: variedade para a diversidade	57
2.2.1.1	Um modelo híbrido? Leventhal e Barnes pensaram nisso	59
2.2.2	A experiência do usuário: o ponto crucial dos <i>games</i>?	62
2.2.2.1	Opiniões dos usuários na IHC: do físico ao cognitivo	66
2.3	<i>DESIGN</i> EMOCIONAL – AFETIVIDADE NO USO DE PRODUTOS	69
2.3.1	Norman, Jordan e Desmet. São tantas emoções	71
2.4	OLÁ EMOÇÃO, PRAZER TE CONHECER!	76
2.4.1	Emocionalmente falando... e também sentido	81
2.4.1.1	O autorrelato das experiências: a opinião é fundamental	83
2.4.1.2	Mensuração psicofisiológica: a experiência à flor da pele	89
2.5	TECNOLOGIAS EMERGENTES: O QUE SÃO?	90
2.5.1	Convergir para se atualizar	93
2.5.2	Tecnologias emergentes na última década: convergências	95

2.6	<i>DESIGN</i> , ERGONOMIA, EMOÇÕES: CENÁRIOS EMERGENTES	97
3	JOGOS ELETRÔNICOS: ALÉM DO ENTRETENIMENTO	99
3.1	CONCEITOS E HISTÓRIA SOBRE OS JOGOS ELETRÔNICOS	99
3.1.1	Jogos eletrônicos. Foi um prazer conhecê-los!	100
3.1.2	Taxonomia dos <i>games</i>: variedade de aplicabilidade	102
3.1.3	Pesquisas setoriais sobre <i>games</i>: um perfil promissor	104
3.2	PESQUISA COM <i>GAMES</i> NÃO É BRINCADEIRA	107
3.2.1	Jogar é emocionante. Você tem como provar?	112
3.2.2	Jogo, logo aprendo!	114
3.2.3	Jogos sérios. É sério isso?	117
3.2.4	Simuladores: aprender no virtual para atuar no real	120
3.2.4.1	Condução veicular virtual: do entretenimento à diversão	124
3.3	JOGOS ELETRÔNICOS: CONSUMA COM MODERAÇÃO!	130
3.3.1	Diga-me com quem jogas e te direi quem tu és. Como assim?	131
3.3.2	A experiência pode ser virtual, mas o desconforto é real	136
3.3.3	Dependência em <i>games</i>: um GAS para iniciar esta pesquisa	137
3.3.4	<i>Gameover</i>? A conversa sobre jogos não acaba aqui	141
4	A TERMOGRAFIA E SUAS VÁRIAS POSSIBILIDADES	143
4.1	A RADIAÇÃO TÉRMICA: DADOS INTRODUTÓRIOS	143
4.1.1	Termografia: conceitos e equipamentos	145
4.1.1.1	Equipamentos de termografia infravermelha	146
4.1.2	O estudo da termografia em vários contextos	149
4.2	O CORPO HUMANO E SUA TEMPERATURA	152
4.2.1	A saúde sob a ótica da termografia infravermelha	157
4.3	A FACE HUMANA E A TERMOGRAFIA	158
4.3.1	Regiões de interesse: vamos ao que interessa	160
4.4	A TERMOGRAFIA ALÉM DA SAÚDE: <i>DESIGN</i> E ERGONOMIA	163
4.5	PSICOFISIOLOGICAMENTE FALANDO SOBRE A TERMOGRAFIA	166
4.5.1	A termografia e os aspectos emocionais	167
4.5.1.1	Termografia x modelo bidimensional: sintonia promissora	173
4.6	A TERMOGRAFIA E A INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR	178
4.6.1	A termografia aplicada aos sistemas interativos	180
4.7	A TERMOGRAFIA “AQUECENDO” OS ESTUDOS SOBRE	182

	EMOÇÕES	
5	NEUROCIÊNCIA: REFLEXÕES INTERDISCIPLINARES	184
5.1	CONEXÕES ENTRE A NEUROCIÊNCIA, O <i>DESIGN</i> E A ERGONOMIA	184
5.1.1	Neurociência afetiva	186
5.1.2	Neuroergonomia	188
5.1.3	Neurodesign	191
5.2	O CÉREBRO E A EMOÇÃO: ANATOMIA E HIPÓTESES	194
5.2.1	O sistema nervoso	194
5.2.1.1	Sistema Límbico	198
5.2.2	Lateralização cerebral e sua relação com as emoções	201
5.2.2.1	Hipótese de Valência – HV	203
5.2.2.2	Hipótese do Hemisfério Direito – HHD	204
5.2.2.3	Hipótese Integrativa – HI	205
5.3	A ELETROENCEFALOGRAFIA E AS ATIVIDADES CEREBRAIS	207
5.3.1	Bandas de frequência: nas ondas do cérebro	210
5.3.1.1	Banda alfa e sua relação com as emoções	212
5.3.1.2	Assimetria cerebral, como medir?	212
5.3.2	Sistema Internacional 10/20: delimitar para padronizar	214
5.4	A NOSSA NEUROTECNOLOGIA DE CADA DIA	217
5.4.1	<i>Biofeedback</i>: reações e respostas corporais	218
5.4.2	BCI: um “papo cabeça” com o computador	222
5.4.3	Computação afetiva: a informática e as emoções	225
5.4.4	A atividade cerebral e os jogos eletrônicos	226
5.5	DEMOCRATIZAÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE ATIVIDADE CEREBRAL	227
5.5.1	EEG portátil: o papel do Emotiv EPOC nesse cenário	230
5.5.1.1	O uso do Emotiv na comunidade científica	232
5.5.1.2	A relação entre o Emotiv EPOC, as emoções e os <i>games</i>	233
5.5.2	Atividade cerebral para todos: também uma questão de ética	234
5.6	A ATIVIDADE CEREBRAL COMO EIXO TEMÁTICO	235
6	METODOLOGIA: CALMA, EU EXPLICO!	238
6.1	CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	238
6.1.1	Etapas da pesquisa	240
6.1.2	Critérios de amostragem	242

6.1.3	Procedimentos de pré-teste	249
6.1.4	Aspectos éticos da pesquisa	250
6.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	252
6.2.1	Ambientes de pesquisas: a escolha dos estabelecimentos	253
6.2.1.1	<i>Layout dos ambientes</i>	256
6.2.2	Equipamentos para as coletas de dados	263
6.2.2.1	Equipamentos de propriedade do pesquisador	263
6.2.2.2	Equipamentos e <i>softwares</i> obtidos por parcerias	264
6.2.3	<i>Softwares</i> e estágios utilizados no SIMU e no JOCO	270
6.3	INSTRUMENTO DE AUTORRELATO: SUBJETIVAMENTE FALANDO?	276
6.3.1	Escala de Dependência em <i>Games</i> (GAS)	277
6.3.2	Intensidade do nervosismo	278
6.3.3	Roda de Emoções de Genebra (<i>GEW</i>)	279
6.3.4	<i>Positive And Negative Affective Schedule</i> – PANAS	282
6.3.5	Escala de Usabilidade do Sistema (<i>SUS</i>)	284
6.3.6	Modelo híbrido de Leventhal e Barnes (L&B)	286
6.3.7	Diagrama de Corlett	287
6.4	ASPECTO PSICOFISIOLOGICO: QUEM VÊ CÉREBRO, VÊ EMOÇÃO?	288
6.4.1	A assinatura térmica das emoções	289
6.4.2	A atividade elétrica cerebral e as emoções	293
6.5	TERMOS E SEQUENCIAMENTO DAS COLETAS DE DADOS	298
6.5.1	Sequência das etapas dos experimentos SIMU e JOCO	299
6.5.1.1	Detalhes do esquema sequencial de coleta de dados	300
6.6	SINCRONIZAÇÃO DAS MEDIDAS PSICOFISIOLOGICAS	302
6.6.1	Protocolo de sincronização do EEG com a termografia	307
6.7	QUESTÕES ESTATÍSTICAS DOS EXPERIMENTOS	311
7	ANÁLISES E RESULTADOS	314
7.1	INFORMAÇÕES PRELIMINARES DA ANÁLISE DOS DADOS	315
7.1.1	Procedimentos introdutórios dos dois experimentos	316
7.1.2	Familiaridade com os sistemas computacionais	317
7.2	PRIMEIRO GRUPO DE DADOS: DESEMPENHO X NERVOSISMO	319
7.2.1	Desempenho dos voluntários nos experimentos	321

7.2.1.1	Como os voluntários se saíram no SIMU?	321
7.2.1.2	O desempenho com o jogo eletrônico	324
7.2.2	Voluntários em estado de nervos	326
7.2.2.1	O nervosismo no treinamento	326
7.2.2.2	O nervosismo também ocorre na diversão	327
7.2.3	Correlação 1 – o nervosismo e o desempenho dos voluntários	329
7.2.3.1	O nervosismo influenciou no desempenho do treinamento?	329
7.2.3.2	O entretenimento pode ser influenciado pelo nervosismo?	330
7.2.3.3	A síntese sobre o nervosismo e o desempenho	331
7.2.4	O nível do nervosismo estatisticamente falando	334
7.2.4.1	SIMU - A estatística e o nervosismo no treinamento	334
7.2.4.2	JOCO - A estatística e o nervosismo no entretenimento	336
7.3	SEGUNDO GRUPO DE DADOS: VALÊNCIA POSITIVA OU NEGATIVA?	337
7.3.1	A roda das emoções no treinamento	337
7.3.1.1	A experiência de entretenimento e as emoções relatadas	339
7.3.1.2	A síntese sobre os resultados do GEW	341
7.3.2	Quais os afetos dos voluntários nos dois experimentos?	343
7.3.2.1	A síntese dos resultados do PANAS	355
7.3.3	GEW x PANAS: houve coerência nas respostas?	357
7.3.4	As coerências sob a ótica estatística	370
7.3.4.1	A estatística nas coerências emocionais do treinamento	370
7.3.4.2	A diversão e a estatística nas coerências emocionais	375
7.4	TERCEIRO GRUPO DE DADOS: O USO DOS SISTEMAS	377
7.4.1	SUS – a usabilidade dos cockpits	377
7.4.1.1	O simulador de autoescola apresenta boa usabilidade?	377
7.4.1.2	O simulador de Fórmula 1 apresenta boa usabilidade?	380
7.4.1.3	A estatística na usabilidade dos sistemas	383
7.4.1.3.1	<i>SIMU – correlações entre SUS, nervos e desempenho</i>	385
7.4.1.3.2	<i>JOCO – correlações entre nervos, desempenho e SUS</i>	386
7.4.2	Leventhal e Barnes – a experiência no uso dos softwares	387
7.4.2.1	O modelo de Leventhal e Barnes no treinamento	387
7.4.2.2	O entretenimento e o modelo de Leventhal e Barnes	389
7.4.2.3	Correlação 2 – existe harmonia entre <i>cockpit</i> e <i>software</i> ?	392

7.4.3	O desconforto revelado pelo Diagrama de Corlett	396
7.4.3.1	O desconforto no experimento de treinamento	396
7.4.3.2	Utilizar <i>games</i> também causa desconforto?	398
7.5	QUARTO GRUPO DE DADOS: O QUE FALOU FOI O QUE SENTIU?	402
7.5.1	A atividade elétrica cerebral dos experimentos	402
7.5.1.1	Os resultados do EEG no treinamento	403
7.5.1.2	Os resultados do EEG no entretenimento	407
7.5.1.3	A síntese dos resultados do EEG	411
7.5.1.4	A estatística sobre os resultados do EEG	412
7.5.1.5	Correlação 3 - o EEG e as valências emocionais	414
7.5.1.6	A síntese das correlações entre o EEG e a valência	417
7.5.2	A assinatura térmica das emoções	418
7.5.2.1	Correlação 4 - Termografia x Nervosismo (Cenário 1)	422
7.5.2.1.1	<i>SIMU – Correlação entre Nervos e Termos</i>	423
7.5.2.1.2	<i>JOCO – Correlação entre Nervos e Termos</i>	425
7.5.2.2	Correlação 5 - Termografia x EEG (Cenário 2)	426
7.5.2.2.1	<i>SIMU: Termografia x EEG</i>	428
7.5.2.2.2	<i>JOCO: EEG x Termografia</i>	428
7.5.2.3	Correlação 6 - Termografia x Valência/Afeto (Cenário 3)	429
7.5.2.3.1	<i>SIMU: Termografia x Valência/Afeto</i>	431
7.5.2.3.2	<i>JOCO: Valência/Afeto x Termografia</i>	432
7.5.2.4	Síntese das correlações: termografia x demais ferramentas	437
7.6	ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS	438
7.6.1	Enfim, qual foi o melhor experimento?	439
7.6.1.1	Termografia + EEG + Emoções: qual a relação encontrada?	441
7.6.2	Destaques por gênero: masculino x feminino	443
7.6.3	Ficha global de respostas	447
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	453
8.1	AFINAL, ATENDEU AOS OBJETIVOS PROPOSTOS?	453
8.1.1	Hipóteses confirmadas ou refutadas?	453
8.2	PARA NÃO DIZER QUE NÃO FALEI DAS... DIFICULDADES	459
8.3	CENÁRIOS FUTUROS: UMA VISÃO MULTIDISCIPLINAR	465
8.4	O IMPORTANTE É QUE EMOÇÕES EU VIVI	470
	REFERÊNCIAS	472

APÊNDICE A – ANÁLISE DOS SINAIS DO EEG	571
APÊNDICE B – RESULTADO PRELIMINAR DAS ANÁLISES DOS TERMOGRAMAS	578
APÊNDICE C – PERSPECTIVA DOS CUSTOS DA PESQUISA	580
ANEXO A – PARECER INICIAL DO COMITÊ DE ÉTICA (UFPE)	581
ANEXO B – ESCALA DE DEPENDÊNCIA EM <i>GAMES</i> (GAS)	583
ANEXO C – PROTOCOLO DE PESQUISA DA TERMOGRAFIA	585
ANEXO D – PROTOCOLO DE PESQUISA DA ELETROENCEFALOGRAFIA	588
ANEXO E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	593
ANEXO F – CARTA DE ANUÊNCIA	598
ANEXO G – DIAGRAMA DE CORLETT	599
ANEXO H – RODA DE EMOÇÕES DE GENEVRA (GEW)	601
ANEXO I – <i>POSITIVE AND NEGATIVE AFFECTIVE SCHEDULE</i> (PANAS)	603
ANEXO J – ESCALA DE USABILIDADE DO SISTEMA (SUS)	605
ANEXO K – MÉTODO HÍBRIDO DE LEVENTHAL E BARNES	606
ANEXO L – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE	608
ANEXO M – PARECER DE APROVAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL PELO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA - UFPE	609

1 INTRODUÇÃO

O ser humano enquanto integrante de uma sociedade contemporânea, consumista e usuária de diversas tecnologias necessita de produtos que possam garantir eficiência, satisfação, conforto e segurança durante o seu uso, além de proporcionar prazer e satisfação.

Estas condições independem da categoria do produto, seja um equipamento, uma ferramenta, um sistema computadorizado ou um posto de trabalho, destinado ao uso individual ou coletivo, em situações de treinamento ou diversão. Quando as condições acima não são garantidas, o desempenho dos usuários nas suas atividades da vida diária pode ser comprometido.

A usabilidade exerce um papel primordial no *design* de produtos, especialmente pelas conexões existentes entre o ser humano enquanto usuário, uma atividade específica a ser realizada, um produto a ser utilizado, a eficiência na realização de alguma tarefa e a satisfação na sua conclusão.

Esta breve visão sistemática apresenta elementos básicos que refletem de maneira introdutória a relação entre o ser humano e o que o rodeia. Logo, é de grande importância a utilização dos princípios da usabilidade na interação Humano-Tarefa-Produto, independentemente da situação ou do contexto de uso, sempre tendo o ser humano como foco principal.

A literatura já apresentou diversos estudos sobre a interação usuário-produto e os resultados constataram que considerar os preceitos da usabilidade e da experiência do usuário traz resultados significativos sobre a eficiência e a satisfação do usuário, embora haja predomínio de pesquisas sob a ótica dos aspectos físicos.

Soares (2022) advoga que a experiência do usuário é o resultado da interação com o produto e afeta a todos, independente de cultura, sexo, idade e classe econômica.

Com a era da informática, o advento da computação e a chegada dos sistemas informatizados surgiram novas investigações sobre a interação dos seres humanos com os objetos, em especial os sistemas computacionais.

Um sistema computacional corresponde a um conjunto de dispositivos eletrônicos que processam dados e informações através de *softwares* de acordo com uma demanda específica. Esta simples definição pode ser aplicada em diversas situações e incontáveis conjunturas onde a tecnologia e a informática exerçam

algum papel de destaque, qualquer que seja a plataforma utilizada¹. Dos modelos mais simples, como digitar um texto no computador e utilizar um *videogame* até os mais complexos.

Por exemplo: a pesquisa de Dewi et al. (2011) utilizou um sistema computacional para estudar o *feedback* emocional de alunos com o intuito de melhorar a aprendizagem e a pesquisa de Hernández-Rosales et al. (2017) apresentou um sistema para auxiliar no diagnóstico da artrite reumatóide. O sistema computacional de Yoon et al. (2019) foi utilizado na agricultura para monitorar formigas, enquanto o sistema de Sasikumar e Ganesh (2021) analisou a satisfação de clientes em serviços bancários móveis.

Não há intenção em aprofundar os conhecimentos sobre os sistemas computacionais. No entanto, num primeiro momento, é importante compreender que ele é formado por várias camadas, sendo o *hardware* (dispositivo eletrônico) e o *software* (programa que processa informação) seus principais elementos (COUTINHO, 2010; JANDL JR, 2004).

Os elementos que compõem esse tipo de sistema se tornaram alvo de inúmeras pesquisas científicas, tendo como objetivo o entendimento sobre a melhor maneira de utilizá-los para extrair o máximo possível das suas potencialidades.

Nesse cenário verificou-se que tanto os aspectos físicos quanto os aspectos cognitivos se destacam. Aliás, os aspectos cognitivos são elementos indissociáveis a experiência do usuário diante de produtos cujo uso exige percepção, compreensão, raciocínio e tomada de decisão na execução de suas funções.

Como exemplos de produtos dessa categoria e que fazem parte do dia a dia das pessoas estão os caixas eletrônicos, aparelhos de telefonia móvel, equipamentos da categoria *Smart* (*smartphones*, *smartTVs*), computadores e consoles de *videogames*.

Contudo, além dos estudos de ordem física e cognitiva, as pesquisas sobre o prazer e a emoção dos usuários também fazem parte desse complexo contexto. Diversas são as peculiaridades presentes na interação usuário-produto sob a ótica imaterial e intangível. Muitos teóricos trouxeram relevantes contribuições para a teoria e a prática da usabilidade, e para o *design* e suas relações com as emoções. Destaque para Jordan (1998), Norman (2004) e Desmet (2002).

¹ Fontes: https://ultimatepopculture.fandom.com/wiki/Computing_platform;
<https://www.techopedia.com/definition/3411/platform-computing>.

As diversas teorias, métodos, técnicas e ferramentas desenvolvidas nesse cenário trouxeram relevantes benefícios de caráter multidisciplinar. Foi possível atender as expectativas, aos interesses e as demandas da comunidade científica, especialmente os *designers* de produtos e os ergonomistas.

Porém, compreender as variáveis que influenciam o uso de produtos não seria possível sem a participação dos usuários. Seus relatos fomentam as pesquisas para o desenvolvimento de gerações de produtos cada vez mais fáceis de usar, mais seguros, eficientes e confortáveis.

Neste contexto, uma questão vem sendo debatida e investigada: apesar das pessoas expressarem suas opiniões sobre a usabilidade de um produto é possível que nem sempre elas expressem a real experiência que vivenciaram nem relatem as emoções que sentiram por uma série de variáveis a serem analisadas.

Rebello et al. (2012) afirmam que boa parte das ferramentas usadas na avaliação da experiência do usuário se baseiam em parâmetros subjetivos. Responder questionários e entrevistas é o procedimento de praxe adotado nas avaliações de usabilidade, porém os autores chamam a atenção para questionamentos sobre a veracidade dos resultados:

- *“Será que o pesquisador coleta informações que expressam a realidade?”.*
- *“Podem os usuários responder as avaliações de forma imprudente, imprecisa, inverídica ou simulada?”.*
- *“Quando a avaliação incide sobre as emoções ao se utilizar um produto, o usuário de fato relata o que ele sentiu?”.*
- *“Será que as emoções descritas por ele correspondem as vivenciadas?”.*
- *Os usuários realmente compreendem o que estão sentindo e conseguem expressar suas emoções de maneira clara, precisa e compreensível?”.*

Este cenário de dúvidas trouxe novos desafios para a usabilidade e para a avaliação da experiência do usuário. Os questionários enquanto técnicas etnográficas e qualitativas de coleta de dados são muito utilizadas em todas as Ciências e já apresentaram incontáveis comprovações e validações.

Não se questiona sua eficácia e as vantagens atribuídas ao serem utilizados. Contudo, novas perspectivas investigativas sobre o seu uso e interpretação podem

surgir à medida que percepções e questionamentos acerca dos seus resultados são investigados. Esta situação pode ocorrer em diversas circunstâncias.

Nesse sentido, esta pesquisa se insere nesse contexto e teve a pretensão de explorar várias áreas científicas que também utilizam questionários como instrumentos de coleta de dados. Esta pesquisa também buscou explorar áreas que possuem comprovada correlação entre elas: (I) o *design* de produtos e a ergonomia; (II) os jogos eletrônicos e os aspectos emocionais; (III) as respostas psicofisiológicas e as tecnologias emergentes.

Cumprir explicar que o *Design* e a Ergonomia enquanto principais áreas de pesquisa desta tese são comprovadamente atividades multidisciplinares e que se aportam nas demais áreas citadas no parágrafo anterior, sendo um vasto campo de pesquisa. Inclusive, incluindo pesquisas sobre a mensuração psicofisiológica do estado e da excitação emocional durante a experiência de uso de um produto.

Vale informar que se entende como psicofisiologia o estudo das relações entre os fenômenos psíquicos e as manifestações fisiológicas. Segundo Cacioppo et al. (2007), as investigações psicofisiológicas podem ser definidas como aquelas que utilizam os sinais fisiológicos para estudar os fenômenos psicológicos.

Diante do exposto, esta pesquisa teve o propósito de coletar as respostas de autorrelato e as reações psicofisiológicas de um grupo de participantes ao utilizarem dois sistemas computacionais: um jogo eletrônico de corrida com seu respectivo equipamento de *cockpit* e um software de treinamento de condução veicular com um simulador de direção geralmente utilizado em estabelecimentos do tipo autoescola.

O *design* entra neste cenário por corresponder a atividade desenvolvida de dispositivos dos sistemas computacionais (*hardware* e *software*) e a ergonomia se insere nesta discussão por ser a disciplina encarregada de investigar a interação entre o usuário e os sistemas, que pode ser verificada através da análise da usabilidade dos sistemas e da experiência do usuário.

As coletas de dados psicofisiológicos e quantitativos foram obtidas através do uso de um eletroencefalógrafo portátil e de uma câmera termográfica digital. Os dados qualitativos foram obtidos com a aplicação de questionários. Todas as coletas ocorreram de acordo com os protocolos da eletroencefalografia, da termografia digital e da metodologia elaborada pelo autor. Os preceitos quanto aos princípios éticos em pesquisas e o respeito à dignidade humana foram atendidos.

Os próximos tópicos apresentarão as características desta pesquisa, seus objetivos, hipóteses e justificativas. Os próximos capítulos apresentam o referencial teórico, os métodos, as análises e finaliza com as conclusões e recomendações.

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

O contexto teórico e metodológico desta tese apresenta cinco grandes eixos de pesquisa que serão detalhados nos capítulos do referencial teórico. Esta divisão teve o objetivo de delimitar os pressupostos teóricos que serviram de base para esta tese, buscando alinhá-los com os objetivos propostos.

- **(I) DESIGN** – No desenvolvimento de um produto é fundamental considerar o usuário como elemento principal e que ele encontre meios para que sua experiência de uso seja segura, eficaz, confortável e prazerosa. Nesse contexto, as investigações sobre *design* e emoção são de suma importância e precisaram ser abordadas nesta tese.
- **(II) ERGONOMIA** – Sendo a experiência do usuário um fator primordial para o sucesso de um produto, compreender a interação entre o usuário e o produto do ponto de vista físico e cognitivo é condição *sine qua non*. Logo, os preceitos ergonômicos e de usabilidade fazem parte desta investigação.
- **(III) EMOÇÃO** – As emoções fazem parte da vida humana em todas as circunstâncias, inclusive na relação de uso com os produtos seja pela estética (*design*), pelas questões funcionais e de uso dos objetos (ergonomia) ou ambas. Entender as emoções é de grande importância e para investigá-las é importante que o experimento se assemelhe a uma situação cotidiana e que possa extrair as opiniões das pessoas de maneira fidedigna.
- **(IV) GAMES** – A área de *games* é uma das mais promissoras no campo multidisciplinar do *Design*, dos projetos tangíveis (*hardwares*) desenvolvidos pelos *designers* de produtos aos projetos intangíveis (*softwares*) concebidos pelos *designers* de *games*. As motivações e justificativas para os estudos sobre o uso de jogos eletrônicos foram ampliadas nas últimas décadas, até mesmo seguindo caminhos além da diversão. Estas questões foram tratadas nesta pesquisa, inclusive sob a ótica das emoções dos usuários.

- **(V) TECNOLOGIAS EMERGENTES** – a multidisciplinaridade do *design* e da ergonomia possibilita a integração com outras áreas do conhecimento, suas ferramentas e técnicas. Em investigações sobre os aspectos emocionais, o uso de ferramentas de mensuração psicofisiológica é de grande importância e esta tese utilizou a **eletroencefalografia** e a **termografia digital por infravermelho** para coleta de dados. O caráter emergente de uso destas ferramentas em pesquisas com *design* e ergonomia justifica sua utilização.

O quadro 1 abaixo apresenta os eixos temáticos da pesquisa considerando a sua subdivisão de acordo com a árvore de especialidades do conhecimento do CNPq (CNPQ, 2019). As células apresentam o desdobramento das áreas temáticas.

Quadro 1 – Os eixos da pesquisa

TESE					
CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS	ENGENHA-RIAS	CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	CIÊNCIAS HUMANAS		CIÊNCIAS DA SAÚDE
Desenho Industrial	Engenharia de produção	Ciência da Computação	Psicologia		Fisioterapia e Terapia ocupacional
	Engenharia do produto	Sistemas de Computação	Psicologia Experimental	Psicologia Fisiológica	
				Neurologia, Eletro-fisiologia e Comporta-mento	
		Software básico		Neurociência	
Desenho de Produto	Ergonomia	Games	Estados subjetivos e Emoções	Tecnologias Emergentes	
				EEG	Termografia
Design Emocional	Interação Humano-Computador	Diversão e treinamento	Opiniões, atividade elétrica cerebral e temperatura facial	Redes Neurais	Temperatura periférica
Emoções positivas e negativas	Experiência do usuário	Autorrelatos	Autorrelatos e mensurações psico-fisiológicas	SNC – Sistema Nervoso Central	SNA - Sistema Nervoso Autônomo
Autorrelatos	Autorrelatos			Respostas psíquicas	Respostas fisiológicas

Fonte: o autor (2019). Baseado na árvore do conhecimento CNPq (2019).

A primeira linha apresenta as ciências como macro-áreas e abaixo de cada uma delas estão as suas subdivisões. No centro do quadro 1 são apresentados os eixos temáticos (células de fundo preto) e as células abaixo apresentam os elementos que foram investigados e que permitiram atingir os objetivos propostos.

O quadro citado anteriormente demonstra a abrangência desta pesquisa e as várias áreas do conhecimento envolvidas, sendo possível verificar que os resultados gerados podem contribuir não apenas para o *design* (área de concentração) e para a ergonomia (linha de pesquisa) enquanto áreas do conhecimento do programa de pós-graduação no qual esta pesquisa está inserida.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO E OBJETO DE PESQUISA

A problematização discorre sobre as respostas subjetivas referentes à experiência do usuário quanto aos aspectos emocionais obtidas através da aplicação de questionários tradicionais de autorrelato.

Questionários geralmente são de caráter subjetivo, passíveis de serem inverídicos por uma série de variáveis intrínsecas e extrínsecas ao ser humano, podendo influenciar nas análises e nos resultados, gerando resultados imprecisos.

Portanto, o **problema** é: como obter informações sobre as respostas emocionais da maneira mais fidedigna possível e gerar diagnósticos mais precisos sobre a real experiência emocional de usuários de sistemas computacionais?

Esta tese utilizou duas ferramentas de mensuração psicofisiológica justamente para verificar se há correlação entre as respostas relatadas conscientemente e as obtidas através das respostas inconscientes do corpo.

1.2.1 Objeto da pesquisa

As respostas emocionais de um grupo de participantes obtidas por questionários de autorrelato e por mensurações psicofisiológicas coletadas através do uso da eletroencefalografia e da termografia infravermelha após utilizarem dois sistemas computacionais.

1.2.2 Perguntas da pesquisa

- Existe correlação emocional entre as respostas coletadas pela termografia infravermelha e as respostas obtidas através do uso da eletroencefalografia em usuários após utilizarem sistemas computacionais?
- A termografia digital por infravermelho pode ser utilizada para identificar alterações emocionais em usuários de sistemas computacionais?

1.2.3 Recorte e mapeamento da pesquisa

Devido à amplitude dos eixos temáticos da pesquisa e dos inúmeros caminhos que poderiam ser investigados, tornou-se importante recortar o objeto de pesquisa e elaborar um mapeamento do contexto no qual ele está inserido.

Este recorte está representado no quadro 2 abaixo, dividido em seis variáveis e suas respectivas particularidades.

Quadro 2 - Recorte da pesquisa

VARIÁVEIS	PARTICULARIDADES
Temporal	• Pesquisa ocorrida entre os anos de 2017 e 2021. • O referencial teórico permitiu verificar aumento nos estudos envolvendo: (1) a termografia infravermelha e as emoções; (2) o uso do Emotiv EPOC; (3) uso de técnicas multimodais em investigações sobre as respostas psicofisiológicas. • O uso de <i>games</i> e da gamificação além do contexto recreativo se intensificaram nos últimos anos.
Histórico	• Com histórico científico bem consolidado em suas respectivas áreas, os eixos temáticos estão constantemente “escrevendo uma nova história” de aplicabilidade em outros contextos, corroborando com o processo evolutivo das ciências, tão importantes para o desenvolvimento e a sobrevivência humana. • Esta pesquisa contribui para estas aplicações, uma vez que estas perspectivas estão gerando novas respostas com grande potencial de evolução. • O uso de <i>games</i> como objetos de estudo em investigações sobre dependência, como elementos para evocar emoções e o uso nas áreas da saúde e educação mostra o amplo alcance dessa área. • O uso de equipamentos como o EEG e a termografia em cenários diferentes da saúde e das engenharias, tais como os estudos das emoções e o uso em pesquisas com jogos eletrônicos.
Setorial	• Esta pesquisa multidisciplinar exigiu a participação de profissionais de várias áreas do conhecimento, a saber:

	• <i>Design.</i> • <i>Ergonomia.</i> • <i>Psicologia.</i> • <i>Neurociências.</i> • <i>Fisioterapia.</i> • <i>Estatística.</i> • <i>Tecnologia em Segurança do Trabalho.</i> • <i>Especialista em termografia infravermelha.</i>
Espacial	• Pesquisa realizada nas cidades de Maceió-AL (coleta dos dados), Recife-PE e Caruaru-PE (elaboração do referencial teórico, das análises dos dados e da confecção da tese) e Belo Horizonte-MG (análise dos dados).
Material	• Uso de equipamentos e insumos do pesquisador; • Locação de diárias dos ambientes de pesquisa; • Locação de equipamentos e consultorias com parceiros; • Aquisição de insumos.
Econômico	• Os sistemas computacionais estão presentes no cotidiano e estudos na área da interação humano-computador podem gerar novos investimentos e otimizar essa relação em vários contextos. • A indústria dos jogos eletrônicos movimenta cifras bilionárias em todo o mundo. Logo, a presente pesquisa se insere na atual conjuntura econômica mundial.

Fonte: o autor (2021).

O recorte da pesquisa mostrou um pequeno panorama do atual contexto no qual a tese se encontra, ajudou a elaborar as estratégias de investigação e permitiu ampliar os horizontes quanto à contribuição desta pesquisa para os eixos temáticos.

1.3 HIPÓTESES

Esta pesquisa propõe duas hipóteses:

Hipótese 1 – Existe coerência do ponto de vista da valência emocional entre as respostas relatadas obtidas através de técnicas tradicionais de avaliação por autorrelato e as respostas psicofisiológicas aferidas por meio do uso da eletroencefalografia e da termografia infravermelha em experimentos com sistemas computacionais.

Hipótese 2 – Existe correlação entre os resultados obtidos com o uso da termografia digital por infravermelho e da eletroencefalografia do ponto de vista da valência emocional de usuários após utilizarem dois sistemas computacionais.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Identificar correlações emocionais e de usabilidade nas respostas dos usuários de dois sistemas computacionais através da aplicação de ferramentas de autorrelato e de mensuração psicofisiológica.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Verificar as respostas emocionais relatadas e sentidas por usuários após utilizarem um sistema computacional de treinamento e outro de entretenimento.
2. Analisar os resultados da termografia e dos questionários de autorrelato visando encontrar correlações emocionais entre o que foi relatado e as respostas fisiológicas.
3. Buscar correlações entre as respostas emocionais obtidas com o uso da termografia infravermelha e da eletroencefalografia.
4. Verificar a coerência entre as respostas emocionais de autorrelatos dos dois experimentos, incluindo as diferenças entre os gêneros dos participantes.
5. Identificar diferenças na usabilidade dos dois sistemas computacionais.

1.5 JUSTIFICATIVAS

Pesquisas envolvendo o **comportamento do ser humano** e a sua relação com os objetos podem fomentar e colaborar para o desenvolvimento de diversas áreas do conhecimento, por exemplo, o *design*, a ergonomia e a neurociência. Esta pesquisa se justifica por trazer contribuições para as áreas supracitadas.

As **emoções** estão diretamente relacionadas à existência humana e pesquisas envolvendo o uso de produtos entram nesse contexto. O estudo das emoções já produziu inúmeras descobertas e benefícios, além de teorias e ferramentas, como é o caso do *Design Emocional*. Nesse contexto, verificou-se que investigações sobre as emoções também podem contribuir na avaliação de sistemas computacionais com o uso de ferramentas de captura de dados psicofisiológicos, no caso, a termografia digital e o EEG.

Estudos com **jogos eletrônicos** já apresentaram resultados sugestivos e benéficos para a saúde e para o aprendizado. Esta pesquisa se justifica por trazer uma investigação sobre o estado emocional de usuários de um jogo eletrônico de entretenimento e um *software* de treinamento. Ter a compreensão das emoções vivenciadas é um aspecto relevante tanto para a indústria de *games* quanto para as metodologias e os processos de aprendizagem.

As pesquisas envolvendo **games** geralmente investigam os dispositivos e os jogos eletrônicos. Nesse sentido, estudos direcionados aos equipamentos são bem mais comuns se comparados àqueles que estudam os usuários de jogos. Esta pesquisa traz como elemento investigativo principal o estudo do ser humano através de suas respostas emocionais e de usabilidade no uso de dois sistemas, incluindo autorrelatos e medidas psicofisiológicas.

As situações de **treinamento** requerem um alinhamento positivo entre os elementos que as compõe: infraestrutura ambiental, profissionais capacitados, metodologias, visitas técnicas, só para citar alguns. Entretanto, o elemento fundamental é o ser humano e como ele se comporta diante dessas situações. Esta pesquisa se justifica por avaliar a experiência emocional de voluntários e a usabilidade de um sistema computacional de treinamento.

Embora o uso de questionários em pesquisas sobre o estado emocional seja validado e muito utilizado, a comunidade científica busca outras maneiras de extrair respostas mais objetivas. Esta pesquisa verifica a correlação entre as respostas obtidas pelo uso de **técnicas subjetivas e objetivas**, confrontando os resultados dos questionários com as respostas das ferramentas de mensuração psicofisiológica eletroencefalografia e termografia.

A **termografia** é aplicada em vários contextos nas áreas da saúde e da engenharia, porém ainda é pouco usada em estudos que apresentem respostas

psicofisiológicas de indivíduos ao utilizarem sistemas computacionais. A presente pesquisa pretendeu contribuir com esse cenário ao verificar o estado emocional de usuários de *game*, de *software* de treinamento e dos seus respectivos dispositivos.

A **usabilidade e a experiência dos usuários** são investigadas há alguns anos. Nesta pesquisa, o fator emocional será verificado em conjunto com a usabilidade dos sistemas, tanto através das respostas subjetivas dos questionários quanto por meio das avaliações psicofisiológicas. A correlação entre emoções e usabilidade possibilita conexões relevantes.

A condução veicular é uma atividade que faz parte da sociedade nos mais diversos contextos. Pesquisas que incluam a **condução veicular** como elemento de investigação pode trazer relevantes benefícios para a sociedade, principalmente quando é explorada por atividades multidisciplinares como a ergonomia e o *design*.

1.6 ETAPAS DA PESQUISA

Esta pesquisa teve quatro etapas distintas. A primeira e a segunda para coleta de informações, elaboração das estratégias e imersão nos cenários investigativos. A terceira compreendeu os preparativos e procedimentos de coleta de dados e a quarta etapa corresponde a interpretação dos mesmos, conforme resumos a seguir.

Etapas **1 – Pesquisa bibliográfica** – consistiu na elaboração do referencial teórico dos eixos temáticos que compõem o corpo teórico da tese e suas inter-relações. Esta etapa reuniu informações que ajudaram a esclarecer dúvidas, elaborar estratégias, estabelecer correlações entre as áreas e gerar dados consistentes para guiar a pesquisa de modo geral.

Etapas **2 – Imersão no contexto investigativo** – Houve a necessidade do pesquisador se inserir no contexto da pesquisa, buscando uma imersão nos eixos temáticos de modo teórico e prático. Foram realizadas viagens para congressos nacionais de *games* e interação humano-computador (IHC), visitas técnicas a diversos estabelecimentos, cursos nas áreas de termografia e neurociência e contatos com profissionais com expertise nos cinco eixos temáticos. Essa etapa ajudou a elaborar as estratégias que resultaram nos testes pilotos onde foi possível utilizar todos os equipamentos e sistemas, além de estudos de *layout* e de logística,

ordem de aplicação dos questionários e contratação da equipe de apoio antes dos experimentos (estudos de caso).

Etapa 3 – Coleta de dados – Compreendeu a própria realização da pesquisa, com a participação dos voluntários e a execução de todas as estratégias de maneira sequenciada e organizada conforme a etapa 2. Esta etapa está detalhada no capítulo dos aspectos metodológicos e só foi iniciada após a obtenção do parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa-CEP da Universidade Federal de Pernambuco aprovando o andamento da pesquisa (Anexo A).

Etapa 4 – Interpretação dos dados – de posse de todos os dados coletados foram realizadas as análises, comparações e demais procedimentos visando buscar respostas para atender aos objetivos da pesquisa e comprovar ou refutar as hipóteses apresentadas. Esta etapa teve a colaboração de profissionais parceiros com expertise nas áreas citadas na variável setorial do quadro 2 (p.36). O texto da tese foi de responsabilidade do pesquisador.

1.7 ESTRUTURA DA TESE

A tese divide-se em três partes. O primeiro capítulo é independente e traz uma abordagem geral dos pontos iniciais e norteadores da pesquisa, incluindo as hipóteses, os objetivos, as justificativas e uma rápida abordagem do tema.

A **primeira parte** apresenta os capítulos do referencial teórico (2, 3, 4 e 5) que compõem o corpo de conhecimentos da pesquisa e serviu de referência para a compreensão dos conceitos e teorias.

A **segunda parte** corresponde ao capítulo 6 com os aspectos metodológicos, incluindo as características da pesquisa, os materiais, os equipamentos e os procedimentos técnicos realizados conforme os protocolos de pesquisa.

A **terceira parte** consiste nos dois estudos de campo, onde o capítulo 7 aborda os resultados obtidos e as correlações entre as respostas. O capítulo 8 apresenta as conclusões dos dois experimentos, as limitações encontradas e as recomendações para estudos futuros.

Após a terceira parte são apresentados os apêndices e os anexos com os questionários utilizados na pesquisa, além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e os pareceres de aprovação do início da pesquisa e do relatório final.

PARTE 1

REFERENCIAL TEÓRICO

2 DESIGN E ERGONOMIA: UMA DÍADE MULTIDISCIPLINAR

Desde as primeiras adaptações que os humanos fizeram nos elementos que encontravam na natureza na busca pela sobrevivência, tais como galhos e pedras, o **processo criativo** e a **necessidade** de desenvolver algo que lhes proporcionasse qualidade de vida e maior efetividade nas tarefas diárias se tornaram as suas duas principais ferramentas. O saber projetar faz parte da essência humana (FONTOURA, 2012, p.29).

Considerando que praticamente todo ser humano, neste exato momento, está inserido em um **ambiente** qualquer, está realizando no mínimo uma **atividade**, está portando e utilizando pelo menos um **objeto** e que faz parte de um determinado **sistema** social, verifica-se que a relação do indivíduo com os elementos que o rodeiam influenciam consideravelmente sua vida e sua própria existência.

Este capítulo apresenta algumas referências entre o *design* e a ergonomia no contexto desta pesquisa, considerando a usabilidade e a experiência do usuário no cenário dos jogos eletrônicos. Os aspectos emocionais são introduzidos na discussão e o texto é finalizado discursando sobre as tecnologias emergentes.

2.1. UMA BREVE EXPLANAÇÃO SOBRE DESIGN E ERGONOMIA

Conceituar *design* é uma tarefa complexa pela abrangência do alcance desta atividade em todos os setores da sociedade. Para Löbach (2001, p.19), *design* pode ser entendido como “um processo de adaptação dos produtos de uso, fabricados industrialmente, às necessidades físicas e psíquicas dos usuários ou grupos de usuários”. Porém, o fato dos seres humanos utilizarem produtos a toda hora abre diversas perspectivas sobre a conceituação.

As definições geralmente seguem a linha de pesquisa e atuação daqueles que buscaram conceituá-la, do *design* de produtos ao *design* gráfico, do *design* de interiores ao *design* de *games*, do *design* de jóias ao *design* de moda. Logo, verificam-se inúmeras aplicações e interpretações.

Este capítulo não tem a pretensão em se aprofundar nas definições, áreas de atuação e aplicações do *design*, porém é importante inserir o(a) leitor(a) de modo introdutório neste cenário.

Por exemplo, a definição de **Design de Produto** por Soares (2022) evidencia o caráter multifacetado desta atividade. O autor define como sendo:

Uma tecnologia de projeto que visa o desenvolvimento de produtos, com configuração definida, em pequenas ou grandes séries, considerando questões de uso, significado, desempenho, operação, custo, produção, comercialização, mercado, qualidade formal e estética e os impactos ambientais, urbanos e ecológicos (SOARES, 2022, p.35).

A definição de **design de jogos (games)**, vertente relacionada aos jogos eletrônicos, também demonstra este aspecto multifacetado. Segundo Salen e Zimmerman (2012, p.24) o *design* de jogos abrange o estudo e a criação das regras do jogo, a interação do usuário com elas, a experiência que o jogo promove, a representação e interação social, bem como a complexidade dos prazeres que os jogos invocam, “as ideologias que incorporam e as histórias que contam”.

Para Salen e Zimmerman (2012), o *designer* de jogos projeta a jogabilidade, as “regras e estruturas que resultam em uma experiência para jogadores” e se apropria de outras áreas do conhecimento, tais como a matemática, a ciência cognitiva, a semiótica, a cultura, etc. Schell (2020) resume dizendo que o *design* de jogos é “o ato de decidir o que deve ser um jogo” conforme figura 1 abaixo.

Figura 1 - *Designers* projetando um jogo eletrônico



Fonte: Staffordshire University² (2021).

Estas e as demais áreas do *design* investigam não apenas as variáveis, as teorias e os elementos relacionados aos seus propósitos finais de utilização. O

² Fonte: <https://www.staffs.ac.uk/course/computer-games-design-programming-bsc>.

usuário, sua experiência de uso e suas emoções também fazem parte das pesquisas em *design*. O fato de lidar com o ser humano exige desta atividade uma rede de colaboração ampla e diretamente relacionada.

Kampa (2020) afirma que as colaborações observadas no campo do *design* geralmente atendem as necessidades das equipes quanto às técnicas e procedimentos no desenvolvimento de projeto.

Aliás, os resultados de colaborações bem sucedidas entre o *design* e outras áreas mostram o quanto a formação de equipes multidisciplinares pode trabalhar em conjunto de maneira colaborativa (TAVARES; SILVA, 2012; TAVARES et al., 2014), sendo fundamental haver semelhança nas percepções individuais de cada um conforme a complexidade dos projetos (KAMPA, 2020).

A atuação do *design* é encontrada em praticamente todos os aspectos do cotidiano das pessoas. Das engenharias à saúde, dos ambientes aos postos de trabalho, dos bens de consumo aos sistemas de informação, da tecnologia aos impressos, das próteses às vestimentas.

O *design* contribui para atender as necessidades da sociedade em geral. De bebês a idosos, de acadêmicos a profissionais, de atletas a deficientes. Enfim, o *design* faz parte da vida no dia a dia. A figura 2 abaixo apresenta quatro níveis do *design* segundo Richard Buchanan³ que representa o alcance de suas ações.

Figura 2 - Os quatro níveis do *design*



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Design Council⁴ (2019).

³ Fonte: <https://weatherhead.case.edu/faculty/george-buchanan>.

⁴ Fonte: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-do-we-mean-design>.

A figura citada anteriormente reforça a característica multidisciplinar do *design* e apresenta uma pequena amostra da grande responsabilidade dos *designers* por serem os profissionais encarregados em desenvolver projetos nos quatro níveis apresentados, considerando os contextos de cada um deles e possibilitando a atuação e parceria com outras áreas do conhecimento.

Segundo Oliveira (2017), os métodos, metodologias, produção bibliográfica e centros de pesquisa sobre *design* (por exemplo, o *Design Research Society*⁵) surgiram “em meados da década de 50 e 60, no mundo pós-guerra”, especialmente pela necessidade dos países e seus parques industriais se reestruturarem após o confronto bélico mundial. Ao longo de tempo, o *design* vem evoluindo e se adaptando de acordo com as necessidades e às conjunturas sociais e tecnológicas.

Couto (2014) fez uma reflexão acerca da relação entre a metodologia do *design* e outras áreas do conhecimento. Embora não tenha encontrado um sentido único e estável, o autor verificou que o termo multidisciplinaridade atende a relação entre o *design* e outras disciplinas uma vez que há um trabalho simultâneo entre elas para gerar resultados que possam atender as necessidades da sociedade.

Apesar da vertente “estética” dos produtos provavelmente ser a face mais conhecida e cultuada do *design*, muito estimulada pela publicidade, esta atividade é bem mais ampla do que a forma do objeto. O *design* está relacionado com toda a cadeia de produção, da concepção até sua comercialização, incluindo sua eliminação e reciclagem. Além, claro, da relação *sine qua non* com o ser humano, o que potencializa sua cientificidade (LORGUS; ODEBRECHT, 2011).

É consenso que um produto mal desenvolvido poderá ser mal utilizado, resultando em diversos problemas para os usuários e o sistema onde ele estiver inserido, de ambientes industriais aos domésticos. Esta condição pode gerar retrabalho, perda de tempo, custos extras, acidentes, baixa produtividade e até processos judiciais (TAVARES et al., 2014; MADAN; DUBEY, 2012).

A necessidade de uso de produtos para atender aos desejos e as necessidades no dia a dia, independentemente do contexto, fez surgir nas últimas décadas estudos relacionados à relação entre humanos e objetos além da funcionalidade. Na busca pela solução de conflitos de uso, tanto físicos quanto cognitivos, desenvolveu-se a importante relação entre o *design* e a ergonomia.

⁵ Fonte: <https://www.designresearchsociety.org/cpages/history>.

Ao utilizar um produto, o usuário precisa interagir com ele para que suas necessidades sejam atendidas. Por exemplo, no uso de um telefone móvel, esta interação corresponde às ações para utilizá-lo (segurar, apertar, tocar, arrastar, falar) e às respostas do telefone (áudios, vídeos, vibração, acesso aos *softwares*). Esta troca de comunicação entre o usuário e o telefone ocorre pela interface do sistema.

Segundo Soares (2022, p.09), a interface é “a mediadora entre o usuário e a tecnologia ou sistema”, correspondendo a informação e a ação. Existem diversos tipos de interfaces conforme o tipo de produto e seus elementos funcionais. Do teclado do computador ao botão de uma furadeira, da palmilha de um calçado ao assento de uma cadeira. A interface é a conexão entre a funcionalidade de um sistema e o ser humano.

Nesse sentido, verifica-se que a interface possui relevante contribuição para o uso adequado de um produto, sendo fundamental entender o tipo de atividade a ser realizada (PREECE et al., 2002). Aliás, os autores dizem que é papel do *designer* a otimização da interação dos usuários com o sistema.

Portanto, se o usuário encontrar dificuldades no uso do produto pode ser um sinal de que a **interface** apresenta problemas a ponto de dificultar a **usabilidade** do sistema. Nesse caso, a **experiência do usuário** foi prejudicada. Porém, os termos em destaque representam elementos de fundamental importância e convém conhecê-los juntamente com a disciplina científica que os engloba: a ergonomia.

2.1.1 Ergonomia: muito além do conforto

Segundo Moraes (2014) a ergonomia pode ser considerada a “tecnologia projetual das comunicações entre homens e máquinas, trabalho e ambiente”, tendo o ser humano como elemento principal. Como os produtos são meios utilizados pelo humano para desempenhar atividades específicas do seu cotidiano (IIDA, 2005), a ergonomia busca eliminar as situações que causem dificuldade na realização de qualquer tarefa (COUTO, 2011).

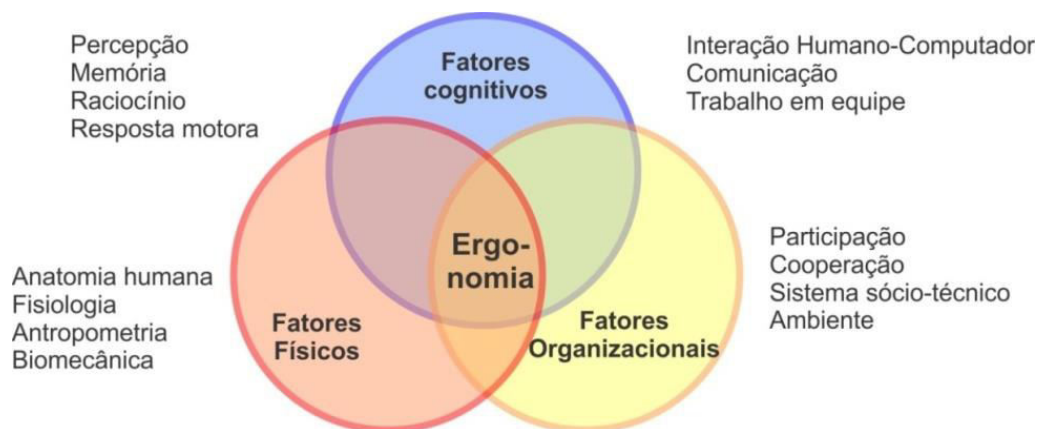
Desde seu surgimento, a ergonomia possui como uma de suas principais características a multidisciplinaridade. Logo, diversos pesquisadores de vários campos do saber já apresentaram uma definição sobre ergonomia, levando em consideração sua área de atuação. No entanto, a definição da Associação

Internacional de Ergonomia (*International Ergonomics Association - IEA*) apresenta os elementos chave desta atividade (IEA, 2021):

Ergonomia (ou fatores humanos) é a **disciplina científica** preocupada com a **compreensão das interações** entre **humanos** e outros elementos de um **sistema**, e a profissão que aplica **teoria, princípios, dados e métodos** para projetar a fim de **otimizar o bem-estar humano** e geral **performance do sistema** (IEA, 2021).

A figura 3 abaixo apresenta as interseções entre as especialidades da ergonomia e as áreas do conhecimento diretamente relacionadas a cada uma delas.

Figura 3 - A ergonomia e suas especialidades



Fonte: o autor (2021). Adaptado de IEA (2021).

Os termos da figura reforçam a multidisciplinaridade da ergonomia. Afinal, se projetar produtos requer a colaboração de profissionais de diversas áreas, atuar na criação de meios que tornem o uso desses produtos mais eficiente e seguro também exige corpo teórico, prático, multidisciplinar e multifacetado (ZAPATA, 2011).

A multidisciplinaridade da ergonomia é fundamental para se entender o comportamento do ser humano diante das tarefas que ele executa e do ambiente onde ele está inserido. São necessárias informações de outras áreas científicas, como a fisiologia, a psicologia e a engenharia, por exemplo (SOARES, 2022, p. 29).

Observa-se que atender as necessidades da diversidade humana através de produtos, ambientes e sistemas é uma tarefa de grande complexidade e as variáveis existentes exigem que o *design* se relacione com áreas que tenham íntima relação com o indivíduo e as atividades que ele executa.

Esse cenário fez surgir um diálogo entre *design* e ergonomia, duas disciplinas que consideram o ser humano como elemento central (SOARES, 1998). Surgiu o ***ergodesign***. Segundo Soares (2022, p.32), o termo *ergodesign* foi adotado por Etienne Grandjean (1984) ao explicar que se trata da “parte da ergonomia que visa sistematicamente analisar artefatos e a sua interação com os seres humanos”.

Inclusive Soares (2022), que desenvolveu uma metodologia de *ergodesign* para o *design* de produtos, também apresenta uma definição para este termo:

Uma metodologia na qual **o conhecimento da ergonomia é aplicado à prática do *design***. Assim, *ergodesign* tem como objetivo a produção de produtos, máquinas, ferramentas ou local de trabalho adaptados às exigências do usuário, operador ou trabalhador, garantindo o seu prazer, conforto, segurança, satisfação, qualidade de vida e consequente aumento da produtividade (SOARES, 2022, p.11).

Paschoarelli (2003, p.8) corrobora ao citar que um *design* ergonômico propõe a “aplicação do conhecimento ergonômico em projetos com o objetivo de alcançar produtos e sistemas seguros, confortáveis, eficientes, efetivos e aceitáveis”.

A múltipla aplicabilidade da ergonomia gerou demandas por pesquisas em todas as áreas do *design*, do tangível ao intangível: do desenvolvimento de produtos aos textos e *links* de *web sites*, da sinalização na arquitetura às vestimentas da moda, dos dispositivos (*hardwares*) aos jogos eletrônicos (*softwares*).

Nesse contexto multidisciplinar, as particularidades de cada projeto devem ser consideradas, como por exemplo, suas funções específicas, as tarefas a serem executadas, as necessidades dos usuários, os sistemas e as interações com os seres humanos (ATTWOOD et al., 2004).

Logo, a ergonomia pode proporcionar melhor adaptação dos objetos para o uso dos usuários, colaborando tanto teórica quanto empiricamente para o desenvolvimento de novos produtos (FRANÇA et al., 2017). Consequentemente também contribui para a melhoria na qualidade de vida dos indivíduos.

Conforme as tecnologias se renovam, outras possibilidades de abordagens surgem para o *design* e para ergonomia. Torna-se necessária a renovação das pesquisas nestas duas áreas frente as novas perspectivas, assim como o aprimoramento dos resultados já encontrados, buscando vencer os desafios e as barreiras da comunicação entre estas disciplinas e as necessidades dos usuários (ZAPATA, 2011; YORK et al., 2017).

Com o surgimento de novas demandas investigativas, elementos e variáveis, as metodologias de *design* e de ergonomia também foram sendo aperfeiçoadas. Com isso houve a necessidade de adaptação de parâmetros e requisitos para atender aos novos cenários, como por exemplo, as pesquisas com jogos eletrônicos.

2.1.1.1 Um pouco de ergonomia nos jogos eletrônicos

Quando um usuário utiliza um jogo eletrônico, a qualidade do equipamento, da interface e do *software* é fundamental para uma boa interação com o sistema, gerando uma boa experiência. Logo, a ergonomia também pode ser aplicada aos jogos eletrônicos e pode fazer muita diferença.

Estudos que evidenciam a aplicação dos preceitos do *design* e da ergonomia em equipamentos e jogos eletrônicos já mostraram esse potencial. Da revisão de literatura sobre o impacto físico do uso de computadores e *games* e a relação da ergonomia (GILLESPIE, 2002) ao desenvolvimento de *joysticks* de duas mãos (OPPOLD et al., 2012). Da análise de manipuladores de braço e punho para teleoperações e *games* (POPP et al., 2016) à avaliação de *games* e dispositivos de jogos no treinamento cognitivo de idosos (YU; CHAN, 2021).

Barros et al. (2012) avaliou o potencial uso de *games* que exigem movimentação do usuário (os chamados *exergames*) como alternativa no combate à obesidade infantil. Os autores apontaram que o desenvolvimento de *games* (*design* de *games*) e sua interação (ergonomia) são essenciais.

Quanto aos equipamentos de Realidade Virtual (RV) e seus jogos com alto grau de realismo, Tori et al. (2018) consideram os equipamentos desta tecnologia ainda pouco práticos e desconfortáveis, apesar da crescente evolução. Os autores enxergam a aplicação da ergonomia na RV um potencial campo de pesquisa.

Estes exemplos apontam uma questão em comum: a necessidade do sistema (*hardware* e *software*) atender e concluir com eficiência as tarefas às quais se destinam. Porém, a eficiência é apenas um dos fatores a serem atendidos e, assim como ocorre com outros tipos de produtos e sistemas, há diversos outros fatores a serem considerados.

Por exemplo, há um consenso de que a segurança (ausência de qualquer natureza de perigo e acidente) e o conforto (ausência de incômodo e fadiga) durante

e após o uso de um produto ou sistema são condições esperadas. Isso implica dizer que os fatores “segurança” e “conforto” devem fazer parte dos requisitos de projeto, seja na metodologia de *design* ou de ergonomia. Ou ambas.

Gomes Filho (2010) elaborou um sistema de leitura ergonômica e incluiu diversos requisitos de projeto que correspondem a uma série de elementos e variáveis que podem ser adotados em projetos de produtos de vários tipos e categorias: automóveis, mobiliários, vestimentas, etc.

Embora os computadores e os *games* não tenham sido diretamente mencionados por Gomes Filho nos exemplos apresentados por ele no seu sistema de leitura ergonômica, observa-se que as necessidades dos usuários deste tipo de sistema computacional podem ser atendidas.

Para enfatizar a complexidade de um projeto de *game* sob a ótica da ergonomia, buscou-se retratar um “diálogo” entre os fatores ergonômicos propostos por Gomes Filho (2010) e o projeto de um equipamento simulador do tipo *cockpit* meio-carro (espaço onde se aloja o piloto) utilizado em jogos eletrônicos de corrida, semelhante ao visualizado na figura 4 abaixo.

Figura 4 - Usuário utilizando jogo de corrida com simulador tipo *cockpit*



Fonte: o autor (2019).

Este diálogo foi escolhido por ter relação com esta tese e está relatado no quadro 3 a seguir. Vale salientar que os fatores são abordados de maneira breve e introdutória, porém é possível verificar o quanto a ergonomia pode se inserir nas etapas de projeto de um simulador utilizado em *games*.

Quadro 3 - Fatores ergonômicos básicos em um *cockpit*

REQUISITOS BÁSICOS	
Tarefa	Conhecer as ações necessárias para o correto acionamento dos comandos do <i>cockpit</i> é condição básica e fundamental, geralmente sendo o primeiro de todos os questionamentos. Quantas e quais são as tarefas a serem realizadas com e no equipamento? Quais os objetivos a serem alcançados com o jogo? O equipamento destina-se a alguma faixa etária ou característica biotípica? Quais os componentes a serem utilizados? Qual modelo de <i>joystick</i> ou simulador <i>cockpit</i> é o mais adequado para a tarefa?
Segurança	A proteção à saúde do corpo humano é fator indissociável na criação de qualquer produto. Sua estrutura, mecanismos, componentes, acessórios e quaisquer elementos devem assegurar a integridade física e cognitiva do usuário direto. O <i>cockpit</i> atende as questões de segurança? Pode haver queda ao utilizá-lo? Por ser eletrônico, pode ocasionar choques elétricos?
Conforto	A percepção do conforto é subjetiva, se diferenciando entre os usuários. No entanto, o desconforto e os incômodos são rejeitáveis a todos e é percebido tanto física quanto psicologicamente. Por isso, o <i>cockpit</i> deve prever essa questão, principalmente porque o uso desse equipamento é estático, utilizado por qualquer faixa etária e pode se prolongar por horas. A estrutura do <i>cockpit</i> pode ser considerada confortável? A região do assento é acolchoada e confortável?
Envoltório de alcance	Compreende a área ou volume espacial dos comandos do <i>cockpit</i> de modo a estarem ao alcance do usuário e evitar posturas inadequadas, pegadas imprecisas, ações incorretas ou equivocadas e erros de execução. Logo, para atender a diversidade humana é importante que o equipamento permita ajustes de alcance para todas as áreas corporais. O usuário tem acesso a todos os comandos e acionadores do <i>cockpit</i> ?
Postura	A postura depende das ações do usuário e do tipo do <i>cockpit</i> . Porém algumas configurações formais dos equipamentos podem exigir posturas consideradas inadequadas do ponto de vista fisiológico, seja na acomodação do corpo ou na execução das tarefas. Se a postura adotada é adequada, a segurança e o conforto são atendidos. O usuário mantém uma postura confortável e adequada durante a realização da tarefa no <i>cockpit</i> ?
Aplicação de força	Por ser um jogo de corrida, para movimentar o veículo são necessários comandos realizados de modo mecânico, sendo as preensões, rotações, toques e compressões nos volantes, alavancas e pedais os mais comuns. Nesse caso, compreender o esforço físico exercido para cada um dos comandos é fundamental para evitar esforços inadequados e fadigas. A interface do usuário com os comandos é realizada com excesso de esforço, movimentos ou preensões inadequadas?
Estereótipo popular	Correspondem as práticas de uso comuns e conhecidas pela população de um determinado local. Tem a ver com a cultura, costumes e corresponde ao modo como os sistemas e produtos são utilizados em um contexto. Se o jogo de corrida adotar o volante à direita (comum na Inglaterra), o jogador brasileiro terá dificuldades. Logo, as particularidades de uso de um jogo devem considerar a cultura dos jogadores, o que os torna mais compatíveis e confiáveis. Todos os comandos, manipuladores e acionadores do <i>cockpit</i> estão compatíveis com o estereótipo de uso do jogador?
Material	A escolha dos materiais é fundamental por considerar diversos aspectos do produto, tais como a durabilidade, uso, funcionalidade, estética, conforto, limpeza, segurança, etc. Observa-se que estes aspectos não são excludentes nem isolados, mas complementares. O projeto de um

simulador do tipo *cockpit* deve considerar os materiais, com destaque especial para aqueles que terão contato direto com o corpo dos usuários. No *cockpit*, os materiais são adequados às exigências estéticas e funcionais do produto e atendem às necessidades dos usuários?

AÇÕES DE MANEJO

Manuseio operacional	Usar um <i>game</i> requer concentração e ações sequenciadas condizentes com a mecânica do jogo e os desafios propostos. No caso de um <i>cockpit</i> simulador, a execução dos comandos deve ser semelhante a uma situação real de condução veicular, tornando a operacionalidade, a imersão no jogo e a experiência o mais próximo possível da realidade. Os manuseios operacionais dos comandos são realistas, eficazes e atendem aos requisitos de uso tanto do ponto de vista físico quanto cognitivo?
Limpeza	Este fator facilita a preservação, funcionalidade e eficiência do <i>cockpit</i> , além de influenciar direta e indiretamente outros requisitos como conforto, segurança, etc. O formato do <i>cockpit</i> e os materiais usados na sua fabricação facilitam o processo de higienização externa e de componentes?
Manutenção	A vida útil de um produto é prolongada se for possível preservar sua estrutura e seus componentes internos, seja pelo uso adequado, pela intercambialidade de suas peças ou pela assistência técnica especializada. O projeto de um simulador precisa prever estas questões, incluindo inclusive as necessidades de sustentabilidade. A manutenção do <i>cockpit</i> pode ser realizada de forma fácil e acessível?
Arranjo espacial	Um simulador de condução veicular é composto por vários elementos manipuláveis para serem acionados. Torna-se essencial que estes elementos estejam organizados de maneira semelhante ao <i>layout</i> de um painel de um veículo real para evitar problemas de compreensão, alcance e execução, bem como eliminar problemas posturais. Então, o arranjo espacial do <i>cockpit</i> foi projetado de forma a otimizar o envoltório de alcance e facilitar a realização das tarefas?

AÇÕES DE PERCEPÇÃO

Visual	Este é o principal elemento da percepção humana. Logo, exerce grande influência tanto no jogo (elementos visuais) quanto na configuração do <i>cockpit</i> . O fator visual pode tornar o produto mais atrativo, funcional e influenciar não apenas na qualidade e facilidade de uso, mas até mesmo na compra do produto. Os fatores visuais contribuem para que o <i>cockpit</i> seja esteticamente atrativo?
Auditivo	Esta percepção complementa, reforça ou substitui a assimilação de informações captadas pela visão. Um ruído, <i>bip</i> ou som pode revelar o sucesso, insucesso ou estado de funcionamento do jogo e do <i>cockpit</i> . O <i>cockpit</i> possui um sistema de áudio que proporcione uma experiência mais realista e que seja corretamente distribuído a fim de simular a experiência de guiar um carro e causar uma sensação de imersão?
Tátil	Tem intensa relação com os requisitos básicos e ações de manejo. O toque é a principal interação entre o jogador e o <i>cockpit</i> . Afinal, todas as ações do jogo dependem do contato do jogador com os componentes do equipamento. Os elementos táteis foram projetados de forma a otimizar as ações do usuário? A textura dos materiais facilita a pega?
Cinestesia	Considera a percepção multissensorial e os movimentos musculares, posição e peso do corpo. Utilizar um <i>game</i> de corrida dentro de um <i>cockpit</i> pode trazer “experiências mais realistas” se comparado ao uso de apenas um <i>joystick</i> . Trata-se de uma ação de percepção complexa, porém de

grande importância na relação de uso dos produtos, inclusive jogos eletrônicos. Os aspectos cinestésicos referentes aos movimentos corporais foram devidamente considerados no *design* do *cockpit*?

Vibração

Alguns produtos possuem *feedbacks* de funcionamento através da vibração de seus corpos. Alguns volantes trepidam de acordo com o que ocorre no jogo, dando uma sensação de maior realidade aos jogadores. Também existem as plataformas de vibração que movimentam o *cockpit* e proporcionam uma experiência mais realista do jogo. O *feedback* de vibração do volante sentida pelo usuário atende as suas necessidades de percepção e fornece uma boa experiência ao usuário?

Fonte: o autor (2019). Adaptado de Gomes Filho (2010).

Os fatores ergonômicos evidenciam o quanto é complexo e repleto de particularidades o *design* de um produto. Negligenciar ou modificar um deles pode fazer diferença no produto final e conseqüentemente na usabilidade e na experiência do usuário. Vale lembrar que no quadro supracitado não foi citado o projeto do jogo (*software*), atribuição dos *designers* de *games* e cujas variáveis tomam outros rumos e são direcionadas para os profissionais de programação e computação.

Os *designers* são os responsáveis por administrar as variáveis nas diversas etapas de desenvolvimento de um produto. No entanto, um elemento exerce uma grande influência em todos os fatores citados, e também são os norteadores e demandantes das pesquisas em *design* e ergonomia: o ser humano.

Sem a opinião dos usuários a interação com os produtos, a usabilidade e interface dos equipamentos (como os simuladores tipo *cockpit*) e dos *softwares* (como os jogos eletrônicos e sistemas de treinamento) não teriam atingido a maturidade tecnológica e o sucesso de mercado observado nos dias atuais.

Os relatos dos usuários fazem parte de inúmeras metodologias de *design* e de ergonomia, assim como foi verificado em Mauer e Proctor (2011) e Soares (2022). Contudo é importante conhecer um pouco mais sobre os elementos que influenciam tais relatos, como a usabilidade e a experiência do usuário.

2.2. USABILIDADE: PRODUTOS MAIS AMIGÁVEIS AOS USUÁRIOS

As primeiras definições, em meados da década de 1980, indicavam que um produto com boa usabilidade deveria ter a capacidade de ser utilizado de maneira fácil e ser eficaz o suficiente para realizar uma atividade específica com eficiência e satisfação (SHACKEL, 1991; ISO, 1998).

O conceito de usabilidade surgiu para aplicações na área da Interação Humano-Computador-IHC (FALCÃO; SOARES, 2013). Ao longo do tempo surgiram muitas ferramentas, técnicas e métodos para atender novas demandas e a usabilidade também passou a ser aplicada em produtos, aumentando o seu alcance e sendo um dos elementos mais importantes das áreas da ergonomia e do *design*.

Para Brooke (1996), o primeiro pensamento a se considerar sobre a usabilidade é que não existe um sentido absoluto para ela. O autor cita que a usabilidade pode ser entendida como “uma qualidade geral da adequação a um propósito de qualquer artefato em particular”, sendo responsável pelas questões pragmáticas e funcionais da interface e como ela pode auxiliar o usuário a atingir seus objetivos ao usar um sistema (FERREIRA; CANEDO, 2020).

Nesse sentido, ao se desenvolver um produto, um dos principais propósitos é que ele atenda as necessidades dos usuários com segurança (sem risco de más interpretações ou acidentes), conforto (sem causar incômodo ou fadiga), autonomia (aptidão para agir por meios próprios) e eficiência (capacidade de realizar tarefas).

Logo, a falta dos princípios da usabilidade pode tornar o produto ou o sistema falho, causando problemas que vão além da insatisfação do usuário, como o desconforto físico e erros de interpretação. A figura 5 abaixo é um exemplo de má usabilidade. A disposição das setas e dos botões pode confundir o usuário.

Figura 5 - Erro de interpretação, má usabilidade



Fonte: Bussa⁶ (2021).

Os fatores ergonômicos básicos apresentados no quadro 3 (p.52) e que fazem parte do sistema de leitura ergonômica de Gomes Filho (2010) mostraram elementos que, trabalhados de modo integrado e colaborativo, podem atender às

⁶ Fonte: <https://uxplanet.org/how-can-we-relate-ux-to-our-daily-life-ade704ad31a3>.

necessidades de usabilidade. Logo, se um produto é considerado de **boa usabilidade** é provável que ele apresente as seguintes características: (I) funcionamento facilmente percebido através de um arranjo espacial; (II) envoltório de alcance adequado para realizar a tarefa; (III) que atenda ao estereótipo popular dos usuários; (IV) que possua elementos de percepção que auxiliem na execução das tarefas; (V) que possibilite a adoção de postura adequada para proporcionar conforto e segurança ao usuário.

Falcão e Soares (2013) afirmam que o “processo de usabilidade começa por olhar para quem usa o produto, entender seus objetivos e necessidades”, para depois definir a técnica de usabilidade mais adequada para analisar as necessidades e proporcionar uma correta interação entre o usuário e o produto. Os fatores supracitados buscam facilitar a interface entre os humanos e os produtos.

Inclusive Falcão e Soares (2013) corroboram com a definição da ISO 9241-11 (1998), que evidencia a complexidade e o alcance da usabilidade considerando o êxito da experiência do usuário como elemento essencial. Nielsen (2012) diz que a usabilidade é um “atributo qualitativo” que analisa e estabelece o quanto a interface é fácil de ser utilizada.

Tullis e Albert (2008) citam que hoje em dia a sociedade tem acesso a uma grande quantidade de bens e serviços devido ao forte impacto que a usabilidade proporciona nas atividades humanas. Esta condição ocorre graças às pesquisas e as contribuições dos usuários que opinam sobre suas experiências de uso através de questionamentos sobre usabilidade, fomentando as soluções e benefícios.

No cenário de uso de jogos eletrônicos já foram realizadas diversas pesquisas sobre usabilidade. Por exemplo, a revisão de literatura de Sweetser e Wyeth (2005) sobre a experiência do jogador e a usabilidade gerou o modelo *GameFlow*. A pesquisa de Breyer (2008) investigou modelos de avaliação de usabilidade aplicados aos *games* e Verkuyl et al. (2019) aplicaram um teste de usabilidade em um projeto de simulação digital interativa para estudantes de enfermagem.

Buscar compreender a satisfação do usuário é mergulhar em um universo de muitas variáveis e subjetividades, em especial pela complexidade humana em seus pensamentos, intenções, comportamentos e atitudes. Nos variados cenários investigativos sobre o uso de produtos e sistemas, a usabilidade apresenta diversas ferramentas para esta compreensão.

2.2.1 Ferramentas de usabilidade: variedade para a diversidade

A necessidade de traduzir a complexidade humana em um contexto de uso de produtos fez surgir vários métodos de avaliação de usabilidade cujas iniciativas se deram na década de 1970 (HESS; WRIGHT, 1972).

Na década de 1980 surgiram os primeiros métodos. Desde então, eles evoluem e tornam-se cada vez mais constantes, possibilitando avaliar experiências interativas com resultados cada vez mais bem-sucedidos (FERNANDEZ et al., 2011; MADAN; DUBEY, 2012; HUSSAIN et al., 2016).

Os testes de usabilidade trazem inúmeros benefícios não apenas para fomentar as pesquisas e o desenvolvimento de novos produtos e sistemas junto aos profissionais que os desenvolve, mas também para os usuários que os usufruirão (NIELSEN, 1999).

A diversidade de categorias de produtos e sistemas existentes também exigiu multiplicidade nos tipos de testes de usabilidade para atender as funções e a variedade de situações de uso (JOHANNESSEN; HORNBÆK, 2013, p.195).

Esse cenário contribuiu para a elaboração de várias métricas, fatores, requisitos e parâmetros para atender particularidades específicas. Entre os modelos criados, destaque para os testes de Eason, Shackel e Nielsen.

Kenneth Eason - considerado um dos pioneiros no estudo da ergonomia e da usabilidade, Eason foi um dos primeiros a usar o termo “usabilidade”, criado no final dos anos de 1970 ou início dos anos de 1980 (JORDAN, 1998, p.25; WANTERSON et al., 2014). A figura 6 abaixo mostra um esquema do modelo de Eason.

Figura 6 - Modelo de usabilidade de Kenneth Eason



Fonte: o autor (2019). Baseado em Eason (1984).

O método caracteriza-se por convergir atributos relacionados à interação das funções do sistema e as características do usuário e da tarefa (EASON, 1984). Eason julga a facilidade de uso do sistema como um fator essencial para medir a usabilidade, a simplicidade do aprendizado e a adequação da tarefa.

Brian Shackel - também é um dos primeiros a utilizar a definição formal de usabilidade (HARVEY et al., 2011). Ele trouxe contribuições tanto de aplicações quanto da relação da usabilidade com o *design* (SHACKEL, 1997) e realizou pesquisas sobre o uso de computadores (GRUDIN, 2009).

Para Shackel (2009), os *designers* devem enxergar os usuários como “o centro do sistema informático e não como um mero periférico”. Os atributos do seu modelo são apresentados na Figura 7 abaixo e compreendem: eficácia (nível de desempenho), capacidade de aprendizado (dentro de um determinado período), flexibilidade (adaptação a alguma variação percentual) e atitude (SHACKEL, 1986).

Figura 7 - Modelo de usabilidade de Brian Shackel



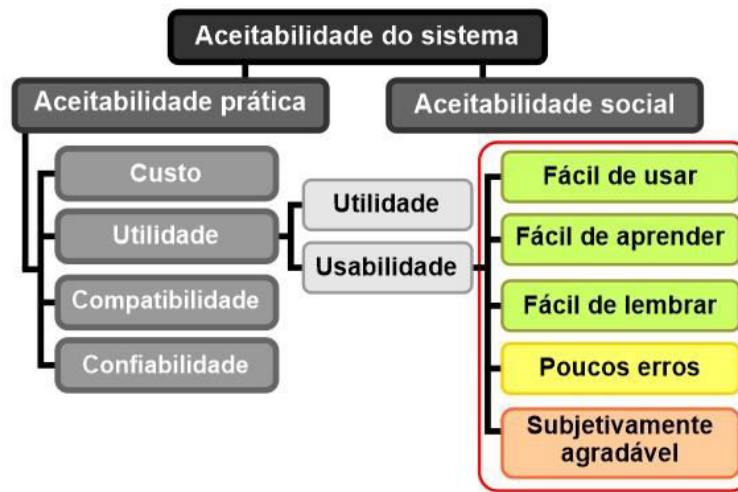
Fonte: o autor (2019). Baseado em Shackel (1991).

De acordo com Chen et al. (2011), adotar os quatro atributos de Shackel no desenvolvimento de projetos possibilita aos usuários a realização de uma série de tarefas específicas. Seu método ainda considera que a medição dos fatores humanos relacionados ao desempenho e a atitude são importantes.

Jakob Nielsen - seu modelo traz uma forte relação com a aceitabilidade social e prática do sistema (NIELSEN, 1993). Possui cinco atributos: facilidade no aprendizado (apreensibilidade), facilidade no uso (eficiência), facilidade de lembrar (memorização), poucos erros (taxa de erros) e agradabilidade (satisfação).

A abordagem de Nielsen é sistêmica e ele a considera a “engenharia da usabilidade” (HARVEY et al., 2011). Seus cinco atributos possuem correlação positiva entre eles, sem conflitos, o que permite gerar bons resultados quando utilizados em projetos de produtos (NIELSEN, 1992). A figura 8 a seguir apresenta a construção estrutural do método de Nielsen e os atributos no quadro vermelho.

Figura 8 - Método de usabilidade de Nielsen (quadro vermelho)



Fonte: o autor (2019). Baseado em Muqtadiroh et al. (2017).

Nielsen também elaborou heurísticas muito utilizadas na área da interação humano-computador, com a vantagem de ser uma aplicabilidade de baixo custo e fácil de ser realizado no início do processo de desenvolvimento de projetos (NIELSEN, 1994). As heurísticas são aplicadas em testes com usuários de sistemas de várias categorias, de *software* de dados culturais (MUQTADIROH et al., 2017) a *software* medicinal de radiologia (DIAS et al., 2017A).

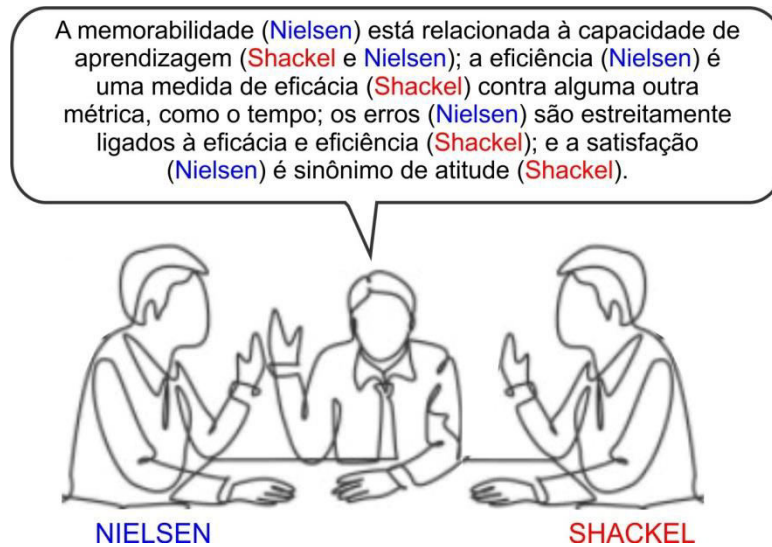
Analisando os três modelos observa-se que eles apresentam pontos em comum, tais como a necessidade do usuário entender os processos da tarefa, a exigência do sistema em facilitar a compreensão e a verificação da eficácia para atender as necessidades. Nesse sentido, é possível encontrar algum modelo que combine elementos dos três? Leventhal e Barnes (2008) apresentam uma proposta.

2.2.1.1 Um modelo híbrido? Leventhal e Barnes pensaram nisso

Conforme já abordado, o conceito de usabilidade é difícil de ser definido e muito se deve à dificuldade em compartilhar e correlacionar a quantidade de métodos e teorias existentes.

Porém, Harvey et al. (2011) afirmam que é possível encontrar semelhanças entre conceitos de usabilidade e conseguiram identificar muitas sobreposições entre as descrições do modelo de Nielsen (cor azul) e de Shackel (cor vermelha) conforme figura 9 a seguir.

Figura 9 - Semelhanças entre conceitos de usabilidade



Fonte: o autor (2019). Baseado em Harvey et al. (2011). Adaptado de Vecteezy⁷ (2019).

Sem pensar em similaridades, mas considerando os elementos como complementares, Leventhal e Barnes (L&B) desenvolveram um modelo com característica híbrida, reunindo os principais fatores dos modelos de usabilidade de Eason, Shackel e Nielsen (LEVENTHAL; BARNES, 2008).

Leventhal e Barnes acreditaram que ao reunir um conjunto de variáveis relativas a uma situação de uso era possível gerar um diagnóstico mais adequado quanto à boa ou má usabilidade, incluindo informações sobre a tarefa, o usuário e a interface do sistema.

Para Falcão e Soares (2013) uma interface deve contemplar os vários elementos que fazem parte do processo de uso por meio de uma visão holística, incluindo a relação entre as características da interface e seus significados, a interface com os usuários e as características situacionais.

O modelo de Leventhal e Barnes é resumido no quadro 4 a seguir. A exemplo dos fatores de Gomes Filho (2010), foi elaborado um diálogo entre suas variáveis e o projeto de um *software* de treinamento destinado a prática de condução veicular. As variáveis são abordadas de maneira breve e introdutória, porém o contexto de sua aplicação, que tem relação direta com essa tese, facilitará o entendimento.

⁷ Fonte: <https://www.vecteezy.com/vector-art/3592459-one-continuous-line-drawing-of-young-male-and-female-sales-managers-meeting-to-discuss-company-goal-target-at-the-office-sales-marketing-strategy-concept-single-line-draw-design-vector-illustration>.

Quadro 4 - Modelo de usabilidade de Leventhal e Barnes (2008)

VARIÁVEIS SITUACIONAIS	
Variáveis da tarefa	FREQUÊNCIA - interfere na usabilidade e tem a ver com a memória humana. A sequência de etapas para realizar uma tarefa de treinamento se torna mais fácil se for realizada com regularidade. Afinal, a repetição faz parte do processo de aprendizagem.
	RIGIDEZ - a quantidade de opções para realizar uma tarefa de treinamento pode influenciar na usabilidade. Será considerada ALTA RIGIDEZ se a quantidade de etapas (ou seja, o número de caminhos para concluir a tarefa) for pequena , sendo considerada uma tarefa simples. Mas será considerada BAIXA RIGIDEZ , se para conclusão da tarefa forem muitas etapas. No caso de um jogo simulador, que exige fidelidade e detalhismo nos comandos, a rigidez geralmente é baixa.
	LIMITAÇÕES DA SITUAÇÃO - atributo relacionado com possíveis barreiras que possam dificultar a realização da tarefa, podendo dificultar o seu entendimento e causar falhas e insucessos. Por exemplo, elementos limitantes ocorrem se o sistema travar, se o sequenciamento das etapas de treinamento for incorreto e confundir o usuário, se a execução do comando não proporcionar a ação esperada ou se a instrução for dada em um idioma diferente.
VARIÁVEIS DO USUÁRIO	
Expertise e Motivação	<u>Expertise</u> – quanto maior o repertório do usuário e/ou o conhecimento sobre o <i>software</i> de treinamento (ou algum <i>software</i> semelhante) mais fácil será o seu uso.
	<u>Motivação</u> – se o usuário estiver motivado para usar o <i>software</i> de treinamento, maior será o seu engajamento e mais prazeroso será o seu desempenho.
CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE	
Facilidade de aprendizagem	Aprender a usar o <i>software</i> de treinamento é fácil? Suas etapas são fáceis de serem compreendidas, memorizadas e executadas? Os novatos terão facilidade? As instruções facilitam o aprendizado?
Facilidade de uso	A interface do <i>software</i> de treinamento, incluindo os elementos visuais, os áudios e principalmente os comandos a serem executados, permitem que ele seja facilmente utilizado?
Facilidade de reaprendizagem	Após utilizar o <i>software</i> de treinamento uma vez, o usuário terá facilidade de utilizá-lo novamente ou encontrará dificuldades? O usuário conseguirá acioná-lo em outro momento, circunstância ou ambiente?
Adequação à tarefa	A correlação entre a interface do <i>software</i> e a tarefa de treinamento ajuda o usuário, novato ou experiente, a esquematizar sua compreensão e facilitar sua aprendizagem? Os comandos do <i>software</i> do ponto de vista da didática estão diretamente relacionados à tarefa ao qual se destina?
Flexibilidade	Caso ocorra algum imprevisto (erro no comando, acionamento acidental, colisão do veículo), a interface do jogo facilita a solução e a retomada da tarefa? É possível desfazer algum comando errado ou voltar para o início do exercício? Quanto mais flexível ele for, melhor será a usabilidade.

Satisfação do
usuário

Se a interface é fácil de aprender e usar, provavelmente sua utilização será satisfatória. A satisfação, nesse caso, corresponde a diferença entre as expectativas geradas e o desempenho obtido com o *software* após o treinamento.

Fonte: o autor (2020). Baseado em Leventhal e Barnes (2008, p.36).
Adaptado de Falcão e Soares (2013), Sukinah et al. (2014) e Tavares et al. (2017).

Observa-se que cada fator está relacionado com particularidades do sistema, porém todas elas se complementam. Destaque para as características da interface que correspondem aos aspectos de uso e de satisfação dos usuários.

Lembrando que a interface é o elemento do sistema no qual o usuário interage, inclusive considerando seus sentidos. A individualidade de cada usuário torna a análise da interface mais complexa e a experiência vivida pode ser considerado um verdadeiro veredicto tanto da satisfação do usuário quanto da aceitação e sucesso de produto (BARROS et al., 2012).

Falcão e Soares (2013) complementam ao afirmar que mesmo a usabilidade sendo uma ferramenta utilizada para melhorar o desenvolvimento de produtos e interfaces, ela ainda não é o suficiente para otimizar a interface humano-produto.

A satisfação do usuário exerce um papel fundamental nesse sentido e está diretamente relacionada com a facilidade de uso durante a experiência. Logo, o conhecimento sobre a experiência do usuário torna-se necessária.

2.2.2 A experiência do usuário: o ponto crucial dos *games*?

A experiência do usuário (*User Experience* = UX) é um dos principais focos de pesquisa e atuação dos *designers* e dos ergonomistas, especialmente pelo fato de que a qualidade da experiência é proporcionada pela interação com o produto e a usabilidade é um fator essencial e decisivo nessa relação.

Afinal, uma situação comum que ocorre constantemente pode ser verificada a seguir: uma pessoa utilizando um produto está interagindo com a sua **interface**. Ela executa ações conforme a sua necessidade e o nível de **usabilidade** que a interface do produto proporciona. Se ela está conseguindo utilizá-lo de modo satisfatório e as suas necessidades estão sendo atendidas, acredita-se que a **experiência do usuário** está sendo boa e que seus objetivos serão alcançados.

Nesse cenário, uma “boa usabilidade, boa interface e boa ergonomia” condicionam uma resposta positiva do usuário quanto a sua experiência de uso (SOARES, 2022). Considerando a variedade de possibilidades da situação supracitada, verifica-se que o estudo da experiência do usuário é muito abrangente e tem como base a opinião do usuário e a relação hedônica com um sistema em um determinado contexto.

Segundo Norman e Nielsen (2018), a experiência de uso compreende todos os aspectos da interação do usuário com os serviços e produtos. Corresponde aos acontecimentos do dia a dia e se relacionam com “todos os aspectos dos produtos e serviços digitais”, incluindo “a forma, o comportamento e o conteúdo dos produtos”.

Aliás, a qualidade da experiência possui como principais fatores a utilidade do produto, sua usabilidade, a capacidade do usuário aprender a utilizá-lo e o apelo estético (UX MATTERS, 2019). Inclusive o fator estético também é visto por Norman (2004) como um componente importante tanto para as interfaces do sistema quanto para as respostas emocionais dos usuários.

Marchi e Hashimoto (2018) reforçam essa questão ao citarem que a UX considera a interação além do uso do objeto, como por exemplo, o processo de compra, onde o fator estético se sobressai e a percepção “preliminar” de uso ocorre. Portanto, diante de tantas opções existentes, é fundamental que objetos e sistemas sejam mais adequados às capacidades humanas (FREY et al., 2014) em todos os sentidos, incluindo as ações executadas e as emoções sentidas.

Hassenzahl e Tractinsky (2006) e Roto et al. (2011) citam que muitos são os aspectos que podem influenciar positiva ou negativamente a experiência do usuário, classificando-os em três categorias principais:

- **Contexto** – onde se inserem o usuário e o sistema. Se o contexto de uso for alterado, a experiência pode ser modificada;
- **Usuário** – enquanto ser dinâmico com particularidades físicas, mentais, motivacionais e limitações. Este é o principal aspecto;
- **Sistema** – compreende o elemento em uso. Suas propriedades, interface, funcionalidade e estética podem influenciar na experiência.

Buscando estabelecer uma relação entre a usabilidade e a experiência do usuário chega-se a figura 10 abaixo. As metas de usabilidade estão no centro. A elipse que as circundam (cor rosa escura) apresenta elementos representados por termos mais operacionais, de caráter objetivo e mais fáceis de serem mensurados.

A elipse externa (cor rosa clara) apresenta as metas que são decorrências da **experiência do usuário**, evidenciando o caráter mais hedônico e representam termos mais subjetivos.

Figura 10 - Metas de usabilidade



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Preece et al. (2002, p.41).

A figura reforça que a usabilidade é um processo complexo. Concentra-se em aspectos que precedem a opinião dos usuários e uma boa experiência será alcançada ao atingir as metas de usabilidade. Para Hassenzahl (2004) a experiência do usuário é vista como uma área “guarda-chuva” que se concentra na avaliação dos aspectos além da usabilidade, de suas ferramentas e do aspecto pragmático.

Vários fatores podem influenciar a experiência do usuário. A escolha de um método ou instrumento de avaliação da UX vai depender do que se deseja avaliar, do tipo do sistema, do público a ser avaliado, do tempo e do custo a ser gasto neste processo (ROTO et al., 2011). Não há uma medida considerada geral, completa, nem mais correta. As circunstâncias na realidade demandam as formas de análise da experiência do usuário.

Um exemplo pode ser verificado com os jogadores de *games*. O jogador também é um usuário. Logo, a experiência do usuário ganha o nome de experiência do jogador (*Player Experience – PX*) e considera, nesse caso específico, as suas emoções (SIQUEIRA et al., 2018). O que diferencia a UX da PX são os “requisitos dos produtos” que irão interagir com os usuários.

Sánchez et al. (2012), Costa e Nakamura (2015) e Cybis et al. (2010) verificaram essa condição heterogênea ao analisarem e considerarem as diversas variáveis existentes entre o uso de um objeto e o uso de um *game*.

Para Togelius e Yannakakis (2016, p.156), a experiência do jogador é uma coleção de padrões afetivos. Nacke e Drachen (2011) afirmam que o enfoque multidisciplinar da experiência do jogador se baseia em várias áreas como a neurociência, a psicofisiologia, a psicologia e a interação humano-computador (IHC). Nesse sentido, torna-se interessante uma breve introdução sobre a IHC.

Ao usar um *game* o usuário está de certa maneira interagindo com um sistema computacional. Geralmente inicia-se com os comandos dados pelo usuário através da interface física com os equipamentos (*joysticks* e *displays*, por exemplo). O computador “responde” através da interface visual, auditiva e até mesmo tátil (vibração), enviando informações compreensíveis aos usuários.

Para Albuquerque e Fialho (2010) o ser humano “é o resultado de interações complexas, indeterminadas e aleatórias com o ambiente e com a própria mente”. Nesse sentido, a interação humano-computador investiga a dinâmica entre as pessoas e os sistemas. Para Lavie e Meyer (2006, p.1004) a IHC tem como objetivo o “estudo dos mecanismos que adaptam o sistema ao usuário, à tarefa, ou à situação”, e esta adaptação é essencial.

Nesse cenário, os estudos dos sistemas são combinados com outras áreas de pesquisa, tais como o *design* de produto (elemento físico de interação), a ciência da computação (elemento lógico da interação), a psicologia (processos mentais do ser humano) e a ergonomia (usabilidade do sistema).

Logo, a IHC também é considerada multidisciplinar e dentre os novos desafios dessa área estão as pesquisas sobre aprendizagem, o bem-estar e saúde, a acessibilidade e o acesso universal (STEPHANIDIS et al., 2019). Inclusive pesquisas sobre jogos eletrônicos também se inserem nestas novas investigações, evidenciando que o uso de *games* vai além da busca pelo entretenimento.

Segundo Callele et al. (2006), os *designers* de *games* geralmente estão preocupados apenas com a experiência do jogador e precisam compreender os requisitos emocionais ainda no projeto de desenvolvimento de *games*. Nesse sentido, a interação com o jogo torna-se um aspecto fundamental no projeto justamente por promover as reações que podem alterar o aspecto emocional e o comportamento do jogador (COSTA; NAKAMURA, 2015).

Salen e Zimmerman (2012) reforçam que a interação é um fator essencial no *design* podendo ser tanto lúdica quanto significativa, ou seja, a interação pode possibilitar um significado para o jogador, excluindo a condição de apenas “jogar por jogar”. Nesse sentido, o jogador poderá usufruir do jogo em sua totalidade, o que aumentará a agradabilidade e consequentemente a satisfação do usuário.

Como a investigação sobre a experiência do jogador é um fator essencial para profissionais envolvidos com pesquisas sobre a interação humano-computador, incluindo os ergonomistas e os *designers*, optou-se em apresentar no próximo subtópico alguns questionários de autorrelato cujos resultados trazem dados que facilitam a compreensão sobre a opinião dos usuários no contexto da IHC.

2.2.2.1 Opiniões dos usuários na IHC: do físico ao cognitivo

Embora seja possível encontrar diversos questionários que possam obter as opiniões dos usuários que utilizam sistemas computacionais, não está no escopo desta tese realizar um levantamento dos tipos e categorias de ferramentas ou técnicas que atendam a esta demanda.

No entanto, optou-se em apresentar três questionários: (I) a Escala de Usabilidade do Sistema (*System Usability Scale* - SUS); (II) o modelo híbrido de Leventhal e Barnes; (III) o Diagrama de Corlett.

O motivo para escolha destes questionários é a relevante aplicação destas ferramentas em pesquisas científicas sobre a usabilidade de equipamentos, a experiência do usuário no uso de *softwares* e a identificação de áreas de desconforto físico, respectivamente. Inclusive a seguir serão apresentadas várias investigações que utilizam estes três questionários.

Escala de Usabilidade do Sistema (*System Usability Scale* - SUS) – O SUS é um questionário considerado eficaz na avaliação de usabilidade de produtos

que funcionam com sistemas digitais e interativos, tais como telefones celulares, aplicativos para TV e até mesmo *web sites* (BANGOR et al., 2009). Este questionário se tornou muito comum para avaliar usabilidade, mesmo sendo considerada uma avaliação rápida e possuir caráter subjetivo (LEWIS; SAURO, 2009).

John Brooke foi o criador e a disponibilizou em 1986, tornando-se uma ferramenta útil em várias situações industriais. Inclusive o autor julgou necessário haver comparações com outros contextos (BROOKE, 1996; BROOKE, 2013).

Embora tenha sido desenvolvido para um contexto britânico (BROOKE, 2013) e terem sido encontradas dificuldades de interpretação de alguns termos em aplicações com indivíduos não nativos em língua inglesa (FINSTAD, 2006), a substituição de alguns termos, por exemplo, de “sistema” para “produto”, não altera os resultados (BANGOR et al., 2008) e ajudou a ampliar sua utilização.

Para Tullis e Stetson (2004), o uso do SUS permite obter uma boa avaliação de usabilidade mesmo diante de uma pequena amostra, composta por oito ou doze voluntários, por exemplo. Peres et al. (2013) fizeram uma pesquisa comparando os resultados de oito estudos de usabilidade que usaram o SUS e encontraram boa relação significativa entre seus escores.

O SUS já foi usado em vários estudos envolvendo *softwares*. Ferreira et al. (2019) utilizaram o SUS para idosos avaliarem o *software Guardian*. Seppen et al. (2020) avaliaram um *software* que monitora os sintomas da artrite reumatóide de pacientes e Moran et al. (2021) avaliaram os aspectos pedagógicos de um *web site* com o objetivo de criar um sistema de gerenciamento de informações.

Equipamentos também já foram investigados. Vanbellingen et al. (2017) analisaram o equipamento *Leap Motion Controller* quando utilizado em treinamentos para destreza manual de pacientes vítimas de AVC. Liang et al. (2018) verificaram a usabilidade em dispositivos vestíveis de *fitness* para promoção da qualidade de vida.

A pesquisa de Thirumalai et al. (2018) envolveu o SUS e os *games*, ao analisaram o equipamento de videogame *Wii Fit Balance Board* utilizado em um experimento com *exergame* por usuários de cadeira de rodas.

Modelo híbrido de Leventhal e Barnes (L&B) - Este modelo considera o fato de que são diversas as interações existentes na experiência do usuário e que é necessário combiná-las para que se compreenda com mais detalhes e maior

assertividade o processo de uso e o que claramente o momento investigado representou (LEVENTHAL; BARNES, 2008; FALCÃO, SOARES, 2013).

Leventhal e Barnes (2008) afirmam que não basta apenas um adequado posicionamento dos elementos gráficos e dos textos para que um *web site* ou um *software* seja considerado de boa usabilidade. Outros fatores como as características do usuário e da tarefa, as limitações e restrições do *software*, além das particularidades socioculturais são de grande importância. Por isso, este modelo híbrido foi concebido.

Quanto às pesquisas que utilizaram esta investigação híbrida, o estudo de Mello (2018) pesquisou um método alternativo para identificação, coleta e análise de requisitos da tarefa “aplicáveis a projetos de interfaces digitais”. Já Madeira (2018) analisou a usabilidade do sistema de informação gerencial SIGA da UFPE. O uso deste método em pesquisas com jogos eletrônicos é escasso.

Diagrama de Corlett – Este questionário corresponde a um mapa de segmentos corporais, subdividido por áreas musculares e representado por um modelo humano simétrico no plano sagital de simetria⁸. Trata-se de uma técnica de avaliação biomecânica e seu principal objetivo é permitir aos investigados que expressem sua opinião quanto às partes do corpo que possam estar acometidas por dor ou desconforto (CORLETT, 1995).

Segundo Falcão (2007), esta ferramenta tem caráter qualitativo e foi adaptada para todo o corpo em 1980 por Corlett e Manenica, facilitando a compreensão das áreas do corpo doloridas ou com desconforto (CORLETT; MANENICA, 1980).

O diagrama já foi aplicado em estudos com postos de trabalho e ambiente industrial. Thomas et al. (1991) avaliou o conforto de bancos de automóveis e verificou a correlação entre postura e desempenho. A avaliação psicofísica da carga de trabalho do setor de pintura de uma indústria automotiva foi analisada por Portich (2001) e Swerts (2013) avaliou distúrbios osteomusculares em condutores de veículos de transporte de cargas. Estas três investigações analisaram aspectos relacionados à fadiga física.

Os questionários supracitados apresentaram algumas possibilidades de investigação sobre a experiência do usuário. Para Sánchez et al. (2009), descrever esta experiência requer algumas propriedades: satisfação, aprendizado, efetividade,

⁸ Plano sagital de simetria: plano anatômico que divide o corpo humano em duas partes simétricas, direita e esquerda (IIDA, 2005, p.124)

imersão, motivação, emoção e socialização. Enquanto isso, Kotsia et al. (2016) concentra as pesquisas da PX nas qualidades do jogo, da interação do jogador e desta interação com um determinado contexto que pode estar relacionado com o desempenho, a motivação, a variedade de emoções e até outros jogadores.

Diante do exposto, verificou-se que os aspectos emocionais são de grande relevância na experiência do usuário (UX) e do jogador (PX) e estes aspectos precisam ser analisados pelos *designers*. Logo, é fundamental entender um pouco sobre a relação entre as emoções e o *design*.

2.3 DESIGN EMOCIONAL – AFETIVIDADE NO USO DE PRODUTOS

Ao adquirir um objeto o usuário está obtendo não apenas um produto que o auxiliará na execução de alguma tarefa. Outras questões estão envolvidas na aquisição além dos benefícios físicos e operacionais. Segundo Denton et al. (2004, p.485), entre as necessidades que os usuários buscam nos produtos podem ser incluídas “aspirações, emoções, necessidades culturais e sociais”.

A emoção sempre esteve presente na relação humano-produto, seja pela satisfação ao se atingir um objetivo após o seu uso, pelo prazer em possuir uma peça ícone do *design* ou pelo status que o objeto proporciona. Löbach (2001) chama atenção para os aspectos psicológicos que um produto pode causar ao usuário, independentemente dele ser o proprietário do objeto ou apenas um contato visual.

Norman (2004, p.08) reflete sobre a questão de o produto ser mais funcional ou mais belo ao citar que a configuração dos produtos é alvo de críticas. O autor afirma que os objetos providos de “beleza” e considerados atrativos podem ser vistos como pouco eficientes. Ao contrário dos objetos “feios” que normalmente são vistos como mais funcionais.

Verifica-se também que a experiência emocional é um fator determinante até mesmo na tomada de decisão nas compras, sendo inclusive investigada pela neurociência neste contexto (KHUSHABA et al., 2013). Portanto, não se pode mais ignorar as emoções ao se avaliar um produto (ZAMAN; SHRIMPTON-SMITH, 2006).

Nas últimas décadas surgiram questionamentos acerca do que os produtos podem proporcionar aos usuários em termos cognitivos, psicológicos e emocionais. Observou-se que o estudo da emoção no uso de produtos trouxe relevantes

contribuições para o *design*, fazendo surgir uma nova vertente que Don Norman chamou de *Design Emocional* (SOARES, 2022).

Para Norman (2008), o *design* emocional é o responsável pela investigação e compreensão da relação emocional entre as pessoas e os objetos, sendo importante estudar as conexões emocionais tanto na aquisição quanto no uso de produtos.

Para Tonetto e Costa (2011), o “projeto de *design* pode atuar na modelação das experiências emocionais desejadas pelas pessoas”. Logo, o *design* emocional pode ser entendido como uma “abordagem holística das necessidades e desejos do usuário” e suas atividades têm o propósito de “projetar com a intenção, métodos, teorias e técnicas específicas para despertar ou evitar emoções pretendidas”.

Aliás, uma das principais etapas do *design* emocional é a pesquisa junto aos usuários. O fato da expressão da emoção ser ao mesmo tempo individual e intrínseca torna a exposição das opiniões emocionais dos usuários causadas durante e após o uso de grande importância.

Tonetto e Costa (2011) afirmam que a relação entre o *Design* e a Psicologia fez surgir metodologias de desenvolvimento de produtos que abordaram e exploraram os aspectos multiculturais das emoções, como elas poderiam ser usadas nos produtos e o que poderiam provocar na sociedade consumista.

Aliás, alguns produtos trazem esse caráter emocional nas suas características estéticas e formais, como demonstrado na figura 11 abaixo. O espremedor de limão que apresenta uma semelhança formal com um polvo.

Figura 11 - Espremedor de limão Juicy Salif de Philippe Starck



Fonte: Crudo ma Buono⁹ (2021).

⁹ Fonte: <https://crudomabuono.com/juicy-salif-spremiagrumi-starck/>.

Há diversos contextos de pesquisas envolvendo as emoções, como por exemplo: os estímulos potenciais relacionados a eventos (LANDA et al., 2014); sua influência na tomada de decisão (WANG et al., 2017); a associação entre emoção, riscos e comportamento (ZHAO, et al. 2016); a relação entre emoção, expressões faciais e cores (TAKAHASHI; KAWABATA, 2017); a avaliação da emoção na publicidade aplicada aos dispositivos móveis (YANG et al., 2013); o uso de escalas de avaliações de emoções (NETZER et al., 2018).

Nesse contexto também surgiram diversos pesquisadores que cooperaram de maneira ampla e complementar com os estudos da emoção aplicada aos produtos. Desmet (2003) e Seva et al. (2011) afirmam que os produtos podem despertar tipos diferentes de emoção. Afinal, os sentimentos estão diretamente ligados a percepção, a emoção e a satisfação do usuário no uso de objetos.

Para Reyes et al. (2014), as emoções têm como principal objetivo garantir o estado de equilíbrio, o bem-estar e a sobrevivência do organismo. Já Ivanovic et al. (2017) corroboram quando afirmam que atualmente o conceito do *design* emocional está relacionado com a melhoria na qualidade de vida e a satisfação do usuário.

Landim (2010) cita que o trabalho do *designer* também inclui a interpretação dos sonhos e das aspirações dos usuários, bem como das ansiedades da sociedade. O *designer* é um dos responsáveis pelo desenvolvimento de produtos que ajudam a formar a identidade individual e coletiva em um determinado contexto. Slater (2003) já apontava para a questão da identidade ao citar que ela é definida pelos seus gostos e desejos de consumo.

Nesse cenário, alguns pesquisadores ajudaram a fundamentar os preceitos do *Design Emocional* e três deles (Donald Norman, Patrick W. Jordan e Pieter Desmet) merecem destaque e serão apresentados a seguir.

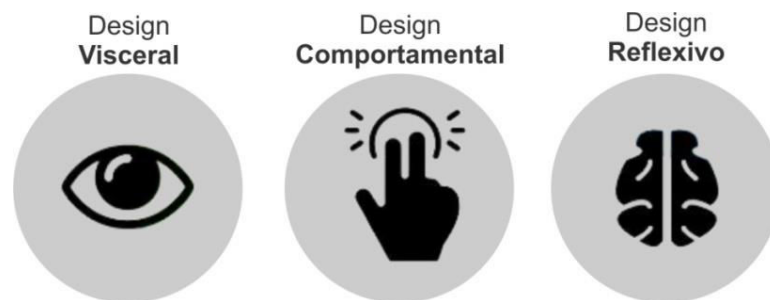
2.3.1 Norman, Jordan e Desmet. São tantas emoções

Sendo o *design* uma atividade onde a “forma” e a “função” são fatores essenciais, o estudo das emoções exerce um papel crucial no contexto de uso do produto. Isso ocorre porque as emoções fazem parte tanto do aspecto estético e atrativo do produto quanto da experiência de uso que ele proporciona. Nesse amplo

campo de pesquisa que incorpora o *design* e as emoções, algumas abordagens se destacaram e serão citadas a seguir.

Donald Arthur Norman – Trata-se de um dos principais pesquisadores da usabilidade e do *design* emocional. Norman atribui a relação entre o usuário e as emoções a três níveis de processamento do cérebro que correspondem a três possíveis avaliações considerando o *design* emocional: quando o usuário vê o produto (visceral), quando ele o utiliza (comportamental) e a análise que ele faz da experiência, considerando suas individualidades (reflexivo) (NORMAN, 2008; TONETTO; COSTA, 2011). Estes níveis são apresentados na figura 12 abaixo.

Figura 12 - Níveis de processamento da relação usuário x emoção



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Design Mantic¹⁰ (2019).

Estes níveis podem ser analisados no cenário dos jogos eletrônicos, uma vez que o aspecto visual do sistema (*hardware* e *software*) é o primeiro elemento a ser considerado, bem como o uso do sistema e a reflexão após o uso, consolidando a opinião do usuário quanto a sua experiência com um *game*.

Norman não costuma pesquisar sobre jogos, porém ele encontrou fortes correlações entre a aprendizagem informal e os *videogames*, refletindo sobre o futuro da educação, os problemas do sistema de ensino tradicional e o aprendizado informal realizado fora da escola (NORMAN, 2008).

Patrick W. Jordan - Considera os produtos como reais fontes de prazer. Jordan investiga tanto os sentimentos prazerosos quanto os desagradáveis que fazem parte do contexto de uso de um produto. E para ele, o prazer é a necessidade máxima do usuário acompanhada, em menor intensidade, pela funcionalidade e pela usabilidade (JORDAN, 1998).

¹⁰ Fonte: <https://www.designmantic.com/blog/interactive-media/3-levels-of-design/>.

Jordan apresenta quatro tipos de prazeres: fisiológico, social, psicológico e ideológico (figura 13 abaixo). Cada uma possui características específicas e complementares. Mensurar a intensidade de cada um deles em um determinado contexto é complexo, porém é consenso que considerá-los em um projeto de produto pode influenciar na usabilidade e na posterior opinião dos usuários.

Figura 13 - Os quatro tipos de prazeres de Jordan



Fonte: o autor (2019). Baseado em Jordan (2000, p.10).

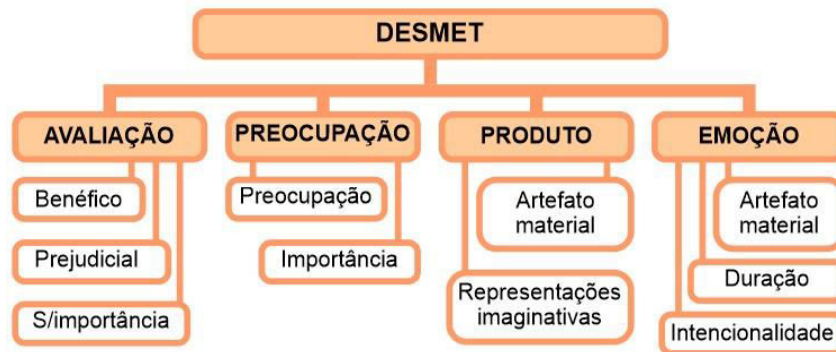
Apesar de Jordan não possuir pesquisas com jogos eletrônicos é possível inserir os prazeres apontados por ele no contexto dos *games*, considerando as suas diversas categorias. Os prazeres fisiológico e psicológico são observáveis nos jogos eletrônicos de entretenimento, onde a diversão proporcionada durante e após o uso foram investigadas em diversas pesquisas com temáticas relacionadas aos *games* e as emoções (COSTA; NAKAMURA, 2015; LI et al., 2015; FANG et al., 2016; O'NEILL; RIEDL, 2016; YANNAKAKIS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018).

Quanto aos prazeres social e ideológico, eles podem ser inseridos no cenário dos “jogos sérios” que possuem características que vão além da diversão. O uso de jogos no contexto educacional (treinamento) e na área da saúde (*exergames*) são bons exemplos do quanto os *games* podem proporcionar reconhecimento e inclusão social (conhecimento adquirido e autonomia conquistada), bem como contribuir com os valores morais e ideológicos gerados com os resultados após o seu uso.

Pieter M. A. Desmet – Estuda a experiência do usuário e a capacidade do *design* em evocar emoções (TUDelf, 2018), trazendo uma abordagem sobre a emoção no *design* de produtos de consumo. Desmet categoriza as emoções em cinco classes conforme o processo de avaliação do usuário: instrumental, estética, social, surpresa e interesse.

A emoção é evocada pelo produto conforme a preocupação e a avaliação que o seu uso pode causar (DESMET, 2003). O modelo de emoções básicas de Desmet possui quatro parâmetros que definem o nível de interação do usuário com o produto ou sistema e está representado na figura 14 abaixo.

Figura 14 - Parâmetros do modelo de emoções de Desmet



Fonte: o autor (2019). Baseado em TUDelft¹¹ e Desmet (2003).

Para Desmet (2003), este modelo ajuda a compreender a relação entre produtos e emoções, considerando a emoção causada pelo produto e o humor do usuário durante o uso. O autor cita que “nossas emoções são influenciadas por nossos humores”. Ou seja, se durante a experiência de uso de um produto o usuário está de bom humor, ele experimentará respostas emocionais mais agradáveis, independentemente da configuração e características do produto.

Não há muitas referências de pesquisas de Pieter Desmet sobre jogos e emoções, embora ele tenha pesquisado sobre “o desenvolvimento e exploração de diferentes formas de protótipos de jogos para contextos sérios e recolher conhecimentos a partir deles” (KNUTZ et al., 2012).

Os três autores citados trouxeram grandes contribuições para o *design* emocional. As suas publicações propiciaram amplas possibilidades de se avaliar como o prazer e a emoção podem influenciar o usuário na utilização de produtos, contribuindo para pesquisas em várias áreas como o *design*, a ergonomia, o *marketing*, a psicologia, a neurociência e, claro, os jogos eletrônicos.

No contexto da interação humano-computador o entendimento sobre as emoções humanas é de grande relevância. No caso dos jogos eletrônicos, essa

¹¹ Fonte: <https://www.tudelft.nl/io/over-io/personen/desmet-pma>.

questão vai além da interação entre o usuário e o produto. As manifestações emocionais podem ocorrer a partir da expectativa gerada pelo lançamento de um jogo até a euforia pelo recorde obtido e o estado de satisfação após usar o *game*.

Estes cenários estimulam novas investigações e “exigem” que os *designers* elaborem sistemas cada vez mais adaptados, como dispositivos mais precisos, *softwares* mais sensíveis às emoções, melhorias no processo de aprendizagem, agentes virtuais (avatares) com maior empatia com o usuário, personagens com expressões e interações mais realistas, sendo com tecnologia de realidade virtual ou não (HERBON et al., 2005).

A emoção é de certa maneira a essência dos jogos e os aspectos emocionais estarão sempre influenciando as escolhas e ações dos jogadores, sendo um fator decisivo em várias situações, do processo de compra ao uso do *game*.

Uma maneira de compreender este fator decisivo pode ser observada no ciclo fechado elaborado por Yannakakis e Paiva (2014), experimentado pelos jogadores de *games*, denominado como “*looping* afetivo” e apresentado na figura 15 abaixo.

Figura 15 - A realização do laço afetivo nos jogos.



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Yannakakis e Paiva (2014).

Ao utilizar um jogo, (1) as emoções são expostas de alguma maneira pelo usuário, podendo ser fisiológicas, comportamentais ou por autorrelato. Nesse momento, (2) o sistema detecta as emoções manifestadas e através de seus parâmetros ele modela o jogo (tanto a narrativa quanto os personagens com

interação direta ou não¹²) para adaptar-se a situação, intensificando ou trazendo novas experiências emocionais que (3) mais uma vez estimularão emocionalmente o jogador até o final da seção, configurando-se como um ciclo fechado.

Embora esta seja uma representação proposta por Sundström (2005) em suas pesquisas sobre jogos e emoções, observa-se o quando os estudos envolvendo estas duas áreas são promissores.

Para Yannakakis e Paiva (2014), os *games* têm um grande potencial investigativo no cenário das emoções na interação humano-computador. Isto ocorre, segundo os autores, uma vez que o uso de um jogo requer interação constante com o sistema e gera “respostas cognitivas, afetivas e comportamentais complexas” que podem atender aos desejos e necessidades do jogador, considerando sua individualidade, preferências e limitações.

Os jogos eletrônicos despertam estímulos e as emoções são reações a estas “provocações”. Contudo, as emoções são multifacetadas, complexas e não se apresentam como simples estados (PETRANTONAKIS; HADJILEONTIADIS, 2011). Nesse sentido, torna-se importante uma introdução sobre as emoções para possibilitar um direcionamento adequado ao contexto desta pesquisa de modo a atender aos seus propósitos.

2.4 OLÁ EMOÇÃO, PRAZER TE CONHECER!

Cada ser humano possui um organismo único, com características, particularidades, experiências e repertórios de vida diferenciados. O seu modo de interação, atitudes e respostas distintas correspondem ao meio em que vive, incluindo a sociedade, a sua cultura e os outros elementos que fazem parte dela.

O ser humano não é sistemático como uma máquina que responde aos comandos de modo automático e metódico. É um ser afetivo, motivado à ação por um sistema complexo de emoções (NG et al., 2012) que corresponde a diversos processos complexos envolvendo múltiplos canais de resposta, incluindo os sistemas fisiológicos (JANG et al., 2014) e que o ser humano experimenta automaticamente todos os dias.

¹² **NPC** = *Non Playable-Character*. Corresponde aos personagens figurantes que fazem parte do jogo, que não são controlados pelo jogador, mas que ajudam a tornar a experiência mais realista. Fonte: <https://mktesports.com.br/blog/dicionario-gamer/o-que-e-npc/>.

Segundo Plutchik e Kellerman (1980, p.4), acredita-se que a maioria das pessoas possua um conhecimento universal sobre as emoções, seja pelo entendimento da existência de boas e más emoções, seja na compreensão de que elas afetam o pensamento e o comportamento, ou ainda pela percepção das emoções através das expressões faciais.

Ao longo das últimas décadas surgiram diversas definições sobre as emoções e muitas delas se basearam nas teorias existentes que evoluíram ao longo do tempo. Tais teorias demonstram alguns pontos em comum, como o fato delas apresentarem um estímulo que influenciam o estado físico e psicológico do indivíduo, tendo como consequência uma reação do corpo.

O quadro 5 abaixo apresenta uma rápida explanação das principais teorias da emoção desenvolvidas ao longo do tempo.

Quadro 5 - Diversas teorias da emoção

TEORIA	CARACTERÍSTICA
Evolucionária	Charles Darwin propôs que os estímulos do meio ambiente motivam as emoções humanas e que elas se adaptam para garantir a sua sobrevivência. O naturalista também propôs que as emoções são universais, instintivas e comuns a todas as espécies.
Fisiológica de James-Lange	Inserida na Psicologia Moderna, esta teoria considera que os estímulos externos provocam alterações (reações) no corpo e no sistema nervoso autônomo. Estes estímulos resultam nas emoções, ou seja, a resposta emocional depende da interpretação destas reações físicas.
Neurológica de Cannon-Bard	Discorda da teoria de James-Lange, pois propõe que as experiências psicológicas e físicas ocorrem ao mesmo tempo , em um processo paralelo. Além do mais, os indivíduos podem apresentar reações fisiológicas para emoções distintas.
Schachter-Singer	Este é um exemplo de teoria cognitiva, insere o raciocínio na interpretação e traz um pouco das teorias fisiológica e neurológica citadas anteriormente. Sugere que a interpretação da emoção ocorre após a análise cognitiva do estímulo e da resposta fisiológica causa por ele.
Avaliação cognitiva de Lazarus	Esta teoria sugere que, ao receber um estímulo, o indivíduo pensa sobre o ocorrido antes de experimentar qualquer emoção e de responder fisiologicamente. Ou seja, nesta teoria o pensamento vem antes da emoção.
Facial-Feedback	Propõe que as expressões faciais têm relevante impacto nas emoções e suas interpretações . As expressões faciais não são apenas respostas emocionais, mas exercem um papel importante na interpretação.
Neurocultural de Paul Ekman	Corroborando com a teoria de Darwin e após pesquisas transculturais (que mostraram que a cultura influencia na exposição das emoções), esta teoria apresenta seis emoções básicas com suas expressões faciais universais: alegria, tristeza, surpresa, nojo, medo e raiva.

Emoções Diferenciadas de Izard	Cada pessoa expressa suas emoções de modo diferente e elas podem ser combinadas entre si devido a sua complexidade, não se resumindo em respostas positivas ou negativas. Por serem processos motivacionais e experimentais, as emoções formam estruturas afetivo-cognitivas, o que as tornam “emoções diferenciadas”.

Fonte: o autor (2019). Adaptado à partir de diversos autores¹³.

Estas teorias mostram a complexidade em explicar as emoções humanas. Inclusive Scarantino e Sousa (2018) fizeram uma análise das principais teorias e seus pontos de vista e encontraram discordâncias sobre questões como motivação, avaliações dos estímulos, evidências empíricas e componentes avaliativos.

Entender os elementos que fazem parte da experiência emocional permite compreender como o corpo humano se comporta diante de um processo que o acompanha desde sempre, em diversos contextos da vida. Seguindo a máxima que diz que “é preciso conhecer para saber lidar”, verifica-se que a gestão da emoção também exige o entendimento desses elementos.

Para Scarantino e Sousa (2018), as emoções possuem várias dimensões: de ocorrências (pânico) a disposições (hostilidade), de vida curta (raiva) a longa (luto), de processamento cognitivo primitivo (susto) a sofisticado (medo de perder um jogo), de consciente (nojo por inseto na boca) a inconsciente (medo de perder emprego), das que possuem expressão facial prototípica (surpresa) as que não possuem. São diversas possibilidades apresentadas em múltiplos contextos e intensidades.

Aliás, a pesquisa de Izard (2010) buscou junto a dezenas de cientistas um entendimento sobre os múltiplos significados da emoção, considerando, dentre outros aspectos, as teorias, o contexto histórico, os processos de regulação e os ativadores de emoções. Os resultados apontaram que o verdadeiro consenso científico relativo às emoções “só pode ser alcançado com base na consistência das descobertas empíricas” (GENDRON, 2010).

Na definição de Myers e Dewall (2015, p.460), emoção pode ser entendida como a resposta do organismo a uma mistura de excitação corporal, de comportamentos expressivos e de experiências conscientes. Segundo Gendron (2010), estes elementos podem fazer parte de um processo investigativo e empírico.

¹³ Fontes: PLUTCHIK (1980); IZARD (1991); EKMAN (2003); MYERS (2004); LENT (2010); MAIA (2011); FERREIRA (2018); UWA (2019).

Para Plutchik e Kellerman (1980, p.198), as emoções correspondem a estados complexos e organizados que “consistem em **avaliações cognitivas, impulsos de ação e reações somáticas modeladas**”. Cada emoção pode apresentar componentes diferentes relacionados a estes três elementos, porém os autores dizem que eles são subjetivamente experimentados como um todo.

Já Nakanishi e Imai-Matsumura (2008) consideram outros três elementos: o **comportamento** do ser humano, a **resposta fisiológica** (autônômica e endócrina) do corpo após sentir uma determinada emoção e o **sentimento subjetivo** ao se tentar explicar o estado emocional. A gestão desses elementos possibilita não apenas o entendimento das emoções, mas também fomenta os estudos para a compreensão da regulação emocional.

Segundo Grillon et al. (2015), a capacidade de regular as emoções possibilita que o indivíduo tenha uma condição e um funcionamento físico e mental saudável. Troy et al. (2017) corroboram ao citar que a regulação emocional é central na saúde psicológica e diversas estratégias de regulação já foram desenvolvidas e consideradas benéficas. Aliás, Elfenbein e MacCann (2017) advogam que a regulação emocional é a gestão adequada das emoções.

Sendo assim, entende-se que a regulação emocional é um campo complexo de investigação e diversos são os obstáculos para estudar e reconhecer tanto as emoções quanto os seus efeitos. Tais contratempos advêm da dificuldade do ser humano em se expressar, das questões laboratoriais, da necessidade em definir e distinguir as emoções ou do debate sobre qual a melhor maneira de “caracterizar as variáveis afetivas” (PHELPS et al., 2014; MÉNARD et al., 2015).

Barrett (2012) relata que “as emoções são, ao mesmo tempo, socialmente construídas e biologicamente evidentes”. Um exemplo disso são as expressões faciais. Elas correspondem a uma maneira de reconhecer as emoções sendo considerada inclusive uma “parte fundamental da vida social”, pois permitem compreender se há empatia ou não entre as pessoas diante de situações diversas (LINDQUIST et al., 2014).

Nesse cenário de gestão e representação das emoções, outros pesquisadores buscaram desenvolver elementos representativos que pudessem “traduzi-las”, de uma maneira que pudessem ser “demonstradas” e interpretadas mais facilmente. Estas estruturas ficaram conhecidas como modelos emocionais.

A revisão de Sreeja e Mahalakshmi (2017) apresenta diversos modelos de emoção (computacionais ou não) que foram divididos em duas categorias principais:

- **Modelo categorial** – o modelo corresponde às emoções básicas ou classes expressivas de emoções, fáceis de serem compreendidas. Alguns exemplos: modelo de Ekman, modelo de Navarasa.
- **Modelo dimensional** – as emoções são posicionadas em um espaço com duas dimensões (valência e excitação) ou três dimensões (valência, excitação e controle). Este modelo busca definir o aspecto positivo ou negativo (valência) de uma experiência e o quanto ela é tediosa ou excitante (excitação), além da influência sobre a emoção (controle). Alguns exemplos: circumplexo, Russell, Plutchik, PAD, Thayer.

Para Boehner et al. (2007), não há um modelo mais correto que o outro, pois “cada modelo fornece uma lente diferente sobre a emoção” nas experiências que o ser humano vivencia no seu dia a dia. As emoções ocorrem de maneira dinâmica e as pessoas não dão tanta importância no cotidiano aos eventos neutros se comparados aos eventos emocionais, principalmente porque estes “são mais susceptíveis de serem codificados na memória” (KAPLAN et al., 2015).

Dentre os modelos citados, o **modelo circumplexo** apresenta boa consistência por já ter sido utilizado em diversas pesquisas e gerado resultados relevantes em estudos sobre o comportamento, o desenvolvimento do afeto e a neurociência cognitiva. Este modelo está representado na figura 16 abaixo.

Figura 16 - Modelo circumplexo de Russell (1980)



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Russell (1980).

Russell (1980) cita que o modelo circumplexo considera que as experiências afetivas são resultados das combinações ou variações das dimensões valência (avaliação) e excitação (grau) (POSNER et al., 2005).

A valência corresponde a avaliação das emoções, ou seja, aferi o grau de atratividade (positivo, prazeroso) ou repulsão (negativo, desagradável) das pessoas a um determinado estímulo ou experiência. Já a excitação compreende o grau da emoção, ou seja, a ativação mental e corporal, o nível de capacidade da resposta (excitação e sonolência ou ativação e desativação) (THAYER, 1989; WATSON et al., 1999; FREY et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2018).

Na valência, as emoções positivas e negativas têm papéis diferentes: as positivas compreendem ampliação e aproximação, enquanto as negativas se relacionam com as questões de fuga e luta (HU et al., 2019). Na realidade, devido a dificuldade dos indivíduos diferenciarem e descreverem as emoções que estão sentindo, eles acabam identificando as emoções como sendo “experiências ambíguas e sobrepostas” (SAARNI, 1999).

Russell e Fehr (1994) identificaram esta dificuldade comparando o problema em estabelecer fronteiras entre uma emoção e outra a um espectro de cores, ou seja, tão difícil quanto descrever apenas uma emoção é descrever somente uma cor.

Quanto à excitação, que está relacionada com a ativação do corpo e da mente, ela é modulada pela tarefa que é realizada pelo indivíduo. Inclusive alterações fisiológicas ocorrem em maior número quando as tarefas são mais complexas (DI STASI et al., 2013).

2.4.1 Emocionalmente falando... e também sentido

As ciências já comprovaram que estudos envolvendo seres humanos devem considerar suas individualidades e especificidades. Afinal, cada indivíduo possui características próprias com suas restrições, limitações e potencialidades. Logo, as pesquisas que envolvem os aspectos emocionais também devem considerar tais individualidades.

Niemic (2002) cita William James como um dos primeiros psicólogos a discutir formalmente as emoções humanas e suas observações acerca das mudanças fisiológicas verificadas após eventos estimulantes.

James aponta que “cada emoção é o resultado de uma soma de elementos”. Estes elementos correspondem às alterações orgânicas e “cada uma delas é o efeito reflexo do objeto excitatório” (JAMES, 1983, p.307).

Apesar das dificuldades no reconhecimento das emoções, diversas áreas do conhecimento buscaram respostas sobre alterações no estado emocional dos indivíduos em variados experimentos.

Enquanto Kline et al. (2010) utilizaram odores agradáveis, desagradáveis e neutros, Benvenuti et al. (2013) analisaram os estímulos emocionais de voluntários que se submeteram a treinamentos de microgravidade simulada e como a postura deitada durante o descanso pode interferir no processamento perceptivo e cognitivo.

Daimi e Saha (2014) classificaram emoções pelas opções de músicas escolhidas. Filik et al. (2017) analisaram as emoções de pessoas que receberam uma crítica irônica sobre seus trabalhos e Grillon et al. (2015) verificaram a regulação emocional diante da fadiga mental.

Nesse amplo cenário de investigação na busca por mais conhecimentos sobre as emoções, verifica-se que tanto acadêmicos (psicólogos, neurocientistas, filósofos, *designers* e demais pesquisadores) quanto profissionais (*marketing*, vendas, publicidade e propaganda, dentre outros) buscam entender e decifrar as emoções por meio de teorias, ferramentas e modelos.

Então surge a questão: é possível reconhecer e representar uma emoção de alguma maneira? Para Russell e Barrett (1999) nenhuma estrutura é suficiente para defini-la, pois se trata de “uma classe de eventos muito ampla” e concluem dizendo que um episódio “é um conjunto complexo de subeventos inter-relacionados que se referem a um objeto específico”, podendo ser uma pessoa, um objeto, um evento ou uma condição.

Para Dzedzickis et al. (2020), o reconhecimento das emoções é uma investigação em constante evidência e muito valorizada na área da interação humano-computador. Apesar dos avanços, a literatura científica ainda não apresentou um método de reconhecimento emocional considerado ideal, sendo a análise multimodal a mais indicada.

As análises multimodais utilizam vários métodos para coleta e análise de dados de modo complementar, aumentam o nível de confiabilidade dos resultados. Por exemplo, utilizar sinais da atividade elétrica cerebral, obtidos através do uso de

um eletroencefalograma (EEG), juntamente com sinais audiovisuais é considerada uma análise multimodal tanto de alta taxa de reconhecimento emocional como de alto desempenho dos resultados (KHAN; SHARIF, 2017).

No cenário educacional, Jaques e Vicari (2005) verificaram a necessidade de considerar as emoções em processos de aprendizagem e citaram que o reconhecimento emocional pode ocorrer pela voz do usuário, pela observação do comportamento, pelas expressões faciais e pelos sinais fisiológicos.

Estas várias possibilidades de investigação das emoções exigem o uso de ferramentas que possam coletar tanto o que os usuários relatam (autorrelato) quanto o que eles realmente estão sentindo (psicofisiologia). Estes dois tipos de coleta de dados emocionais serão discutidos a seguir.

2.4.1.1 O autorrelato das experiências: a opinião é fundamental

Quando o indivíduo está inserido em um contexto investigativo como, por exemplo, os experimentos com jogos eletrônicos, três aspectos passíveis de análise devem ser considerados: a funcionalidade do produto, a usabilidade na interação humano-produto e a experiência do usuário (MCNAMARA; KIRAKOWSKI, 2006).

Destes três aspectos, a experiência do usuário é o que possui a relação mais íntima com o ser humano por expressar a sua opinião, pensamento ou julgamento sobre algo referente ao experimento. Expor suas impressões sobre algo é uma ação intrínseca ao ser humano e enfatiza o seu estado de espírito diante de uma circunstância. Na realidade, consiste na exposição direta dos estados emocionais.

As respostas individuais podem ser consideradas grandes desafios para detecção das emoções. Segundo Trindade et al. (2018), cada indivíduo apresenta diferenças de percepção e de expressividade diante de um determinado estímulo. Os padrões de comportamento e a natureza dinâmica das emoções são algumas das principais razões para tais diferenças.

Para Valenzi et al. (2014), o reconhecimento das emoções é primeiramente afetado pela percepção delas (entrada) e posteriormente pela capacidade individual de descrevê-las (saída). Para Granato et al. (2018), há três “sistemas de saída” para as respostas emocionais humanas: (I) medidas de autorrelato; (II) comportamentos;

(III) reações fisiológicas do Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Tanto Valenzi et al. (2014) quanto Granato et al. (2018) reforçam a importância do autorrelato.

A opinião do usuário pode se manifestar de várias maneiras: gestos, expressões faciais, relatos, respostas psicofisiológicas ou todas elas em conjunto. Porém os questionários de autorrelato possuem várias vantagens: obtenção de informações de modo mais rápido, com maior alcance, em grande quantidade, de baixo custo e com dados qualitativos que atendem as exigências da cientificidade.

Segundo Bos (2017), boa parte da literatura sobre a expressão da opinião emocional baseia-se em associações com este tipo de questionário. Yannakakis et al. (2016, p.126) afirmam que a maneira mais direta de “anotar uma emoção nos jogos” é perguntar aos próprios jogadores sobre as suas experiências. Para Davidson (2004), que utiliza questionários como elementos comparativos em pesquisas sobre assimetria frontal cerebral, o uso dos autorrelatos foram fundamentais nas suas análises multimodais.

Granato et al. (2018) ainda citam que as respostas de autorrelato são mais confiáveis em situações no qual o intervalo de tempo entre a experiência e as respostas é curto. Ou seja, quanto maior o tempo pós-experimento, mais impreciso é o resultado. No caso de experimentos com várias etapas, a confiabilidade nos resultados pode ser verificada através da abordagem dos participantes antes, durante e após o experimento.

Uma questão fundamental na avaliação por autorrelato é saber o que realmente se deseja obter junto ao usuário. Inserindo essa discussão no contexto das experiências emocionais é possível encontrar diversos métodos e ferramentas para identificar a qualidade e a intensidade das experiências sob a ótica das emoções. O quadro 6 abaixo apresenta alguns exemplos.

Quadro 6 - Algumas ferramentas de avaliação da experiência emocional

FERRAMENTA	OBJETIVO(S)	PROCEDIMENTO(S)
3E (TAHTI; ARHIPAINEN, 2004)	Expressão livre dos sentimentos do usuário de maneira informal	Ao ver imagens de rostos e balões de diálogo, os usuários desenham e escrevem suas experiências e emoções para avaliar aplicativos
<i>Differential Emotions Scale – DES</i> (IZARD et al., 1974)	Descrição da experiência emocional através de categoriais de emoção	O usuário marca a frequência de cada uma das 10 emoções citadas, tendo disponível uma lista com 30 adjetivos, sendo três para cada emoção

<i>Affect Grid</i> (RUSSELL et al., 1989)	Avaliação de afeto	Utilizando uma grade bidimensional 9x9 é possível identificar o estado emocional dos indivíduos
EMO2 (LAURANS; DESMET, 2006)	Mede a emoção durante o uso de um produto	O usuário é filmado enquanto interage com um produto. Depois, ao assistir o vídeo, interage e relata os sentimentos
EMOCARDS (DESMET et al., 2001)	Método não verbal para relato de emoções	Após a interação com um produto, o usuário escolhe dentre vários cartões aquele que representa a emoção que está sentindo e relata em um papel
<i>Emotion Sampling Device – ESD</i> (ROSEMAN et al., 1996)	Série de perguntas que visam identificar as emoções	Após uma experiência, o usuário responde a um conjunto predefinido de perguntas que identificarão o estado emocional através de 17 emoções
<i>Facereader</i> (UYL et al., 2005)	Rastreamento do estado afetivo de acordo com a expressão facial	A face do usuário é filmada em tempo real durante uma experiência. Ao final é gerado um modelo da face com os movimentos faciais mais comuns e é feita uma correlação com seis emoções
<i>Geneva Appraisal Questionnaire</i> (SCHERER, 2001)	Ferramenta para descrever experiências emocionais	Um questionário traz diversas perguntas sobre a experiência emocional, incluindo intensidade e duração da experiência
<i>Geneva Emotion Wheel - GEW</i> (SCHERER, 2005)	Descrição de emoções sentidas em eventos ou uso de objetos	20 emoções são organizadas em formato de roda e numa escala de cinco níveis, onde o usuário indicará qual delas é a mais representativa após uma determinada experiência
<i>Positive and Negative Affect Schedule – PANAS</i> (WATSON et al, 1988)	Escala psicométrica que identifica as emoções positivas e negativas	Utilizado para verificar aspectos afetivos em diversas situações, incluindo questões como ansiedade e humor. O usuário opina sobre vinte emoções e é gerado um escore do afeto positivo, negativo ou ambos
<i>Self Assessment Manikin – SAM</i> (BRADLEY; LANG, 1994)	Avaliação da emoção após familiaridade com o produto	Numa escala pictórica e não verbal, são usados personagens de desenhos animados. Eles simbolizam o prazer, o domínio e a excitação, ou seja, representam o sentimento do usuário
<i>Two Dimensional Emotion Space – 2DES</i> (SCHUBER, 1999)	Avalia a afetividade relacionada com o áudio e a música através de um estímulo	São apresentados pictogramas que representam rostos humanos bipolares quanto à valência e à excitação.

Fonte: o autor (2019). Baseado em All About UX¹⁴ (2019).

Todas as ferramentas citadas no quadro são do tipo questionário de autorrelato ou escala Likert. Estes tipos de instrumentos de coleta de dados são muito usados em pesquisas nas áreas do *design* e da ergonomia, incluindo usabilidade e experiência do usuário.

¹⁴ Fonte: <https://www.allaboutux.org/all-methods>.

No entanto, os questionários de autorrelato têm um aspecto que pode ser questionável e até mesmo considerado desvantajoso. Como o respondente possui o controle de suas respostas, ou seja, tem o poder de opinar a seu modo, ele pode alterar as respostas involuntária ou propositalmente.

A “natureza dissipativa da emoção” também contribui com essa discussão, o que pode tornar a avaliação imprecisa e não condizente com a experiência no momento em que ela acontece (STAIANO et al., 2012; SIQUEIRA et al., 2018)

A pesquisa realizada por Oliveira e Amaral (2009) aborda bem essa questão. Avaliando fisioterapeutas comportamentais na interação com clientes, as pesquisadoras compararam o que os fisioterapeutas relataram em questionário com o que foi observado em vídeos sobre suas performances. Foram encontradas distorções, imprecisões e super valorização na comparação entre suas atitudes (relatadas) e a maneira como realmente se comportaram (verificadas por filmagens).

Russell e Barrett (1999) já chamavam a atenção ao dizerem que o autorrelato não é suficiente, mesmo considerando que as pessoas são “boas repórteres” e que esse tipo de coleta de dados é o melhor indicador de respostas emocionais. Hazlett (2006) enfatiza essa desconfiança ao afirmar que questionários de autorrelato podem ser úteis para obter resultados gerais, mas não possuem a capacidade de gerar resultados confiáveis.

A pesquisa de Papousek et al. (2011) encontrou dificuldades quanto a confiabilidade na comparação entre dados objetivos e subjetivos devido a variação insuficiente nas classificações dos resultados de autorrelato.

Porém, devido a enorme contribuição e vantagens obtidas ao se utilizar questionários em pesquisas, é prudente considerar essas observações como resultados pontuais.

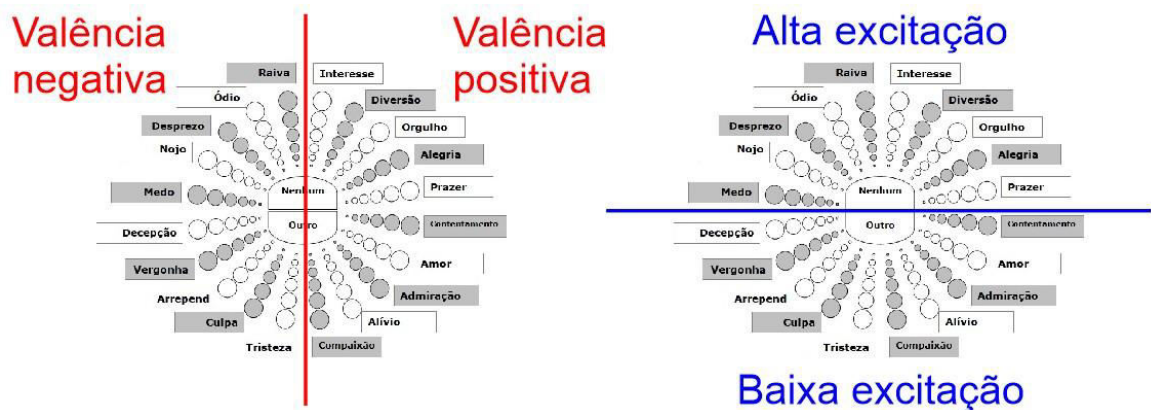
Para enfatizar a importância dos questionários de autorrelato optou-se em apresentar dois questionários de avaliação da experiência emocional. De modo introdutório serão abordadas as origens, a aplicabilidade e algumas pesquisas que utilizaram os questionários GEW e PANAS.

Roda de Emoções de Genebra (*Geneva Emotion Wheel - GEW*) - Desenvolvido pelo Centro Suíço de Pesquisas Afetivas que integra a Universidade de Genebra na Suíça, a Roda de Emoções de Genebra (GEW) corresponde a um instrumento testado empiricamente e teoricamente para medir as reações emocionais de

usuários após utilizarem objetos ou após vivenciarem situações diversas ao participarem de eventos (UNIGE, 2019).

A estrutura do questionário apresenta formato circular com 20 aros representando duas dezenas de emoções. Estes aros convergem para um núcleo que fica no centro onde é possível incluir uma emoção extra, conforme figura 17 abaixo. O que une as extremidades dos aros (que indicam as emoções) e o núcleo são cinco círculos de tamanhos diferentes que representam a intensidade emocional. O menor círculo indica intensidade “1” e o maior círculo indica “5”.

Figura 17 - GEW versão 3 com divisões de valência e excitação



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Unige (2019).

O eixo vertical na cor vermelha divide as valências em positiva e negativa. O eixo horizontal na cor azul divide a excitação (ou estímulo, controle) em alta ou baixa. Este formato mostra de modo simples a teoria das dimensões emocionais, cujas extremidades apresentam significados antagônicos que abrangem graus variados de emoções (FILIPPINI et al., 2020).

Benker (2011) cita que os criadores do GEW tiveram a idéia de elaborar um instrumento que tivesse uma resposta além das dimensões de valência e excitação proposta no modelo circumplexo de Russell (1989), muito usado na representação de afetos e na interpretação cognitiva das emoções (POSNER et al., 2005; REMMINGTON et al., 2000).

De acordo com Scherer (2005), o GEW consegue avaliar o componente sentimental que é um elemento central das emoções. O autor complementa informando que o GEW pode ser considerado uma ferramenta útil dentre os vários

métodos usados em pesquisas sobre emoções. Sacharin et al. (2012) apontam a usabilidade do GEW em vários contextos: da tomada de decisão de gerentes à experiência de consumidores. E também exaltam o seu atraente *design* visual.

Quanto a aplicação em pesquisas com jogos eletrônicos, Lv et al. (2017) utilizou o GEW em um estudo com jogo de reabilitação para disfonia visando avaliar as emoções dos pacientes e os resultados foram positivos. Jercic et al. (2018) investigaram o desempenho dos jogadores ao utilizarem uma versão do jogo sério *Tower of Hanoi* utilizando o GEW para calcular as emoções desencadeadas.

Positive And Negative Affective Schedule - PANAS - O Método PANAS é uma escala psicométrica desenvolvida na Universidade de Minnesota e foi utilizada inicialmente para a área de saúde, porém atingiu um amplo campo de avaliação dos afetos positivos e negativos em diversos contextos (ALL ABOUT UX, 2019). Trata-se de um instrumento validado e com dados e respostas que suportam a sua confiabilidade (WATSON; CLARCK, 1994).

O PANAS possui várias versões e pode ser adaptado conforme as demandas da pesquisa. Consiste em uma lista com vinte emoções, sendo dez positivas e dez negativas. O usuário indica o nível de intensidade de cada emoção através de uma escala de cinco níveis que vai do 1 (muito pouco ou nada) ao 5 (extremamente).

Para Carvalho et al. (2013), o PANAS é “um questionário estruturado que fornece índices independentes de afetos positivos e negativos”. Os autores apresentaram um estudo que teve o intuito de validar essa escala em uma versão brasileira. Para Watkins et al. (2017), o PANAS é uma das avaliações de emoção mais usadas e bem validadas.

Este questionário também permite verificar o afeto sentido em vários períodos de tempo, de um evento ocorrido no ano anterior até uma situação que acabou de ocorrer. Apesar da variedade temporal de aplicação, a confiabilidade verificada pelo Coeficiente Alfa de Cronbach é alta em várias situações (WATSON et al., 1988).

Verificou-se que o PANAS já foi utilizado em várias pesquisas envolvendo *games*. Buelow et al. (2015) avaliaram o estado de humor de estudantes ao examinarem os efeitos dos *games* na performance antes de executarem tarefas. Na pesquisa de Dolgov et al. (2014), o PANAS foi utilizado para avaliar o impacto do afeto na ajuda espontânea após o uso de um jogo cooperativo e competitivo. Já

Evans et al. (2018) aplicaram o PANAS em adolescentes com incidência de vício em jogos, avaliando o estado afetivo em condições de abstinência.

Estes são dois exemplos que reforçam a importância dos questionários de autorrelato. Porém, torna-se importante cogitar outras maneiras de se verificar a resposta emocional dos usuários.

No caso, utilizar outras ferramentas que possibilitem compreender a experiência emocional sob outros pontos de vista e, se possível, somar aos resultados de autorrelato para se obter um melhor entendimento e uma visão mais ampla sobre as emoções.

2.4.1.2 Mensuração psicofisiológica: a experiência à flor da pele

De acordo com Johnson e Proctor (2013), o monitoramento do corpo e do cérebro será cada vez mais comum em estudos que busquem entender o funcionamento do organismo humano com o objetivo de potencializar a cognição humana e as habilidades emocionais.

Seguindo esse pensamento, para o campo do *design* se faz necessário que se ultrapassem os limites das interpretações subjetivas em pesquisas envolvendo os aspectos emocionais (JENKINS et al., 2009).

Nesse sentido, é importante que sejam utilizadas outras ferramentas de coleta de dados além dos autorrelatos e que possam gerar respostas mais objetivas, tais como as que verificam as alterações psicofisiológicas do corpo humano.

Segundo Li et al. (2015), o fato das respostas psicofisiológicas dificilmente serem controladas pela consciência humana as torna mais confiáveis. Mesmo dependentes e sensíveis as condições ambientais, as pesquisas realizadas nesta área conseguiram encontrar respostas emocionais fidedignas.

Aliás, pesquisas envolvendo o *design*, as medidas psicofisiológicas e as emoções são encontradas na literatura. Da avaliação do conforto no uso de quardanapos (PARK; WATANUKI, 2005) às investigações sobre o *design* aplicado na propaganda comercial (VECCHIATO et al., 2011).

Assim como investigações sobre o *design* de mesas e cadeiras (LIN et al., 2011), sobre a análise de uso de garrafas PET (BARROS et al., 2016) e sobre a experiência emocional na preferência por imagens culturais (DENG; WANG, 2019).

Todas apresentaram resultados que reforçam a importância de investigações sobre o *design* e as emoções sob a ótica psicofisiológica.

Por mais distintos que sejam os cenários, as referidas situações geraram estímulos e despertaram emoções de alguma maneira, com alguma intensidade. O corpo humano responde aos estímulos com diferentes alterações físicas e psicológicas. Ou seja, o corpo opina.

Inserindo a interação humano-computador (IHC) nessa discussão, o avanço tecnológico trouxe como desafio a necessidade de se compreender as emoções no contexto da IHC, especialmente porque elas dominam os canais de comunicação fisiológica humana e afetam a aprendizagem, a tomada de decisão, a percepção, etc (KUMAR; KUMAR, 2016).

Estas atividades cognitivas estão diretamente ligadas a Interação Humano-Computador, o que reforça que estudos entre as emoções e a IHC são tão promissores quanto necessários em uma sociedade tecnologicamente “dependente”.

Kumar e Kumar (2016) afirmam ser possível mapear as emoções através de medidas fisiológicas em duas abordagens: (I) pelo mapeamento individual das emoções; (II) pela “representação das emoções no espaço multidimensional”.

Já Dzedzickis et al. (2020) apontam as expressões faciais, análise de gestos e posturas corporais como possibilidades de identificação de reações fisiológicas provenientes de experiências que evoquem emoções.

Porém, estas são algumas das várias possibilidades e esta tese busca verificar as alterações emocionais através da atividade elétrica cerebral e da termografia infravermelha. Os próximos capítulos discorrerão sobre estas duas ferramentas de mensuração psicofisiológica, inclusive evidenciando pesquisas que demonstrem as suas aplicações no *design*, na ergonomia e nos *games*.

Embora sejam duas ferramentas de relevantes aplicações na saúde (EEG e termografia) e na engenharia (termografia), a tese reforça outras possibilidades investigativas e as considera como “tecnologias emergentes”.

2.5 TECNOLOGIAS EMERGENTES: O QUE SÃO?

A definição de termos é uma tarefa de certa maneira complexa, especialmente quando composta por palavras com ampla aplicabilidade. No caso,

torna-se necessária uma contextualização e este é o caso do termo “tecnologias emergentes”. O significado do termo transita de modo temporal entre a contemporaneidade e a perspectiva futura, além de apontar na direção dos avanços científicos aplicáveis em incontáveis circunstâncias.

Vale a pena mencionar que as situações geopolíticas dos países (e até mesmo das regiões de uma mesma nação) tornam a igualdade tecnológica impraticável. Logo, a definição de tecnologias emergentes torna-se mais complexa.

Sem entrar no mérito das classificações gramaticais, morfológicas e sintáticas, é importante entender o significado do termo tecnologias emergentes para confirmá-lo como relevante elemento nesta pesquisa, conforme quadro 7 abaixo.

Quadro 7 - Definições dos termos “Tecnologia” e “Emergente”

	TECNOLOGIA	EMERGENTE
Aurélio¹⁵	• Ciência que estuda os métodos e a evolução num âmbito industrial; • Procedimento ou grupo de métodos que se organiza num domínio específico.	• Que emerge; que surge de dentro para fora; • Que é consequência de algo; • Que se encontra hipoteticamente em desenvolvimento.
Cambridge¹⁶	• O estudo e o conhecimento do uso prático, especialmente industrial, de descobertas científicas; • Os métodos para usar descobertas científicas para fins práticos.	• Começando a existir; • Crescendo e se desenvolvendo; • Apenas começando a existir.

Fonte: o autor (2019). Baseado nas fontes das notas de rodapé (2019).

Verificando as definições de cada termo e as possíveis relações existentes entre eles é presumível identificar características tanto a nível aplicável e técnico quanto a nível temporal.

O termo “tecnologias emergentes” surgiu há algumas décadas e tinha como foco inicial as tecnologias de informação e comunicação. Na última década foram incluídas tecnologias ligadas à área da saúde, como a biotecnologia, o genoma humano e a nanotecnologia (EINSIEDEL, 2008, p.03).

No entanto, a cada nova descoberta tecnológica, os desafios se reformulam e as discussões acerca do uso do termo e como seria sua disseminação em várias áreas do conhecimento se ampliam (O'DOHERTY; EINSIEDEL, 2012, p.08).

¹⁵ Fonte: <https://www.dicio.com.br/tecnologia/> e <https://www.dicio.com.br/emergente/>.

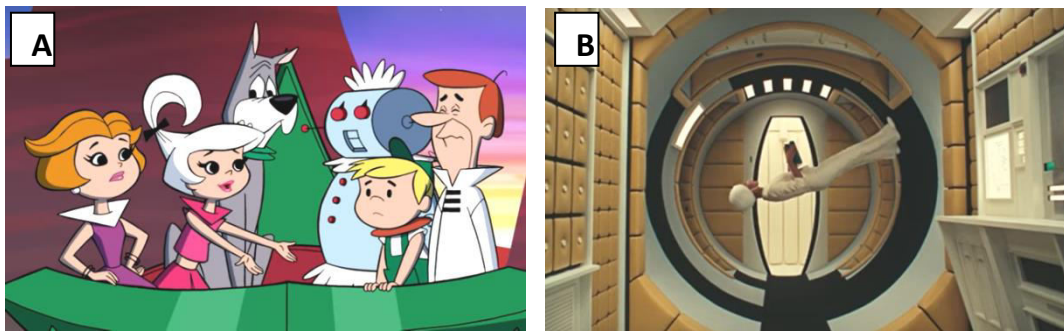
¹⁶ Fonte: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/technology> e <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/emerging>.

O fator temporal é uma condição intrínseca ao termo “emergente”, uma vez que, dependendo da época e das conjunturas econômica, tecnológica, geográfica, política, dentre outras, a velocidade de pesquisas, análises, desenvolvimentos e aplicações variam consideravelmente. Esta questão pode ser comparada em níveis locais, nacionais e mundiais.

Assim, diversas são as variáveis que podem influenciar e afirmar (ou não) se uma tecnologia emergente desenvolvida no ano de 1999 continua emergente em 2019, 20 anos depois. Ou se uma mesma tecnologia aplicada no norte e no sul de um país apresenta os mesmos resultados, considerando as diferenças e variáveis existentes entre suas populações.

Uma maneira de compreender essa idéia pode ser verificada em duas obras fictícias que na época de seus lançamentos apresentavam tecnologias que pareciam muito distantes da realidade: o desenho animado **Os Jetsons**, de 1962, e o filme **2001: uma odisséia no espaço**, de 1968 (Figura 18 A-B abaixo).

Figura 18 - Cena da animação “Os Jetsons” (A) e do filme “2001” (B)



Fontes: Warner Bros. Entertainment (A¹⁷), (B¹⁸).

Criado por Hanna-Barbera, o seriado **Os Jetsons** se passava no ano de 2062 e dentre diversos produtos inovadores, dois se destacam: os aparelhos de comunicação que projetavam a imagem do ouvinte e a empregada-robô Rosie que aguçou a imaginação do público. Hoje em dia, os *smartphones* e as chamadas de vídeo fazem parte do cotidiano, assim como os robôs domésticos. Aliás, ambos podem ser comprados pela *internet* (CARDOSO, 2011).

¹⁷ Fonte A: <https://www.youtube.com/watch?v=fUJkvYf5GZI>. Tempo de captura da figura: (1:02).

¹⁸ Fonte B: https://www.youtube.com/watch?v=oR_e9y-bka0. Tempo de captura da figura: (1:11).

O filme **2001 – Uma Odisséia no Espaço**, do diretor Stanley Kubrick, trouxe imagens impressionantes do como seria o ambiente fora do planeta Terra e também apresentou tecnologias utilizadas naquele contexto que, na época do lançamento do filme, chocaram os espectadores e a crítica especializada (PAIVA, 2018).

A Inteligência Artificial (IA) retratada nas decisões do computador HAL 9000 e os equipamentos que funcionavam com simples toques na tela deram uma idéia do que seriam as telas *touchscreen*, os *softwares* por reconhecimento de voz e os equipamentos com inteligência artificial capazes de compreender o contexto e tomarem “decisões próprias”, ou, digamos, programadas.

Estes são simples exemplos (embora fictícios) que mostram o quanto as tecnologias apresentadas há tempos foram revolucionárias e traziam uma atmosfera emergente de novidades e possibilidades que se concretizaram tempos depois.

Passadas algumas décadas, o que era emergente nos anos de 1960 logicamente não tem mais o ineditismo de outrora. No entanto, novas perspectivas, convergências e possibilidades dessas mesmas tecnologias trouxeram (e trazem) novos horizontes e desafios ao longo do tempo.

Einsiedel (2008, p.09) corrobora quando utiliza a retrospectiva (perspectiva histórica) e a prospectiva (que se relaciona com o futuro) para tratar a tecnologia emergente. A autora considera que as tecnologias emergentes não estão fixadas em uma época, mas fazem parte de ciclos de evolução e convergência de tecnologias.

2.5.1 Convergir para se atualizar

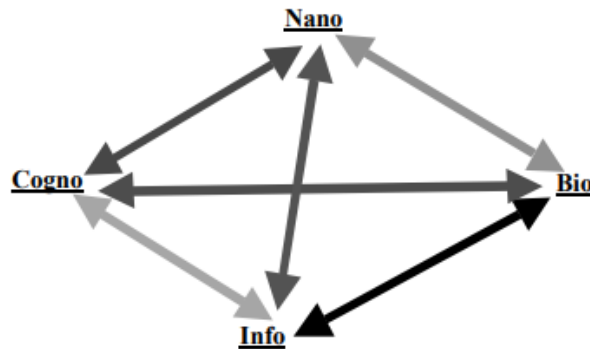
Ao pesquisar tecnologias emergentes é comum encontrar muitos casos de convergência entre tecnologias, apontando para projeções de potenciais aplicações de maneira até certo ponto estratégica (EINSIEDEL, 2008, p.03).

Observam-se esforços para unir as ciências em prol das necessidades dos seres humanos, tomando o devido cuidado com as questões éticas e buscando trazer melhorias em vários campos: das habilidades humanas à produtividade, das questões sociais à qualidade de vida da sociedade de modo geral.

Esta convergência das ciências e das tecnologias foi observada em Roco e Bainbrigde (2003) ao elaborarem um relatório com cenários de unificação e combinação entre a nanotecnologia, a biotecnologia, a tecnologia da informação e

as ciências cognitivas. Roco e Bainbridge (2003) criaram uma estrutura tetraédrica destas interligações e batizaram de NBIC, conforme figura 19 abaixo.

Figura 19 - Estrutura tetraédrica da NBIC



Fonte: adaptada de Roco e Bainbridge (2003, p.02).

O quadro 8 abaixo traz as quatro áreas e algumas divisões e subáreas presentes no relatório de Roco e Bainbridge (2003), aumentando a percepção do alcance das tecnologias e suas convergências.

Quadro 8 - A convergência de quatro tecnologias – NBIC

TECNOLOGIAS CONVERGENTES			
Nanotecnologia	BIOTECNOLOGIA (Bio)	TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (Info)	CIÊNCIA COGNITIVA (cogno)
NANOCIÊNCIA (Nano)	Biomedicina	Computação avançada	Neurociência cognitiva
	Engenharia genética	Comunicações avançadas	

Fonte: o autor (2019). Adaptado de Roco e Bainbridge (2003).

Sem o objetivo de investigar a história das quatro áreas em destaque, convém saber quando elas surgiram: Nanociência nos anos de 1950¹⁹; Biotecnologia na década 1960²⁰; Tecnologia da Informação nos anos de 1950²¹; Ciência Cognitiva na

¹⁹ Fonte: <https://plato.stanford.edu/entries/cognitive-science/>.

²⁰ Fonte: <https://www.britannica.com/technology/biotechnology>.

²¹ Fonte: <https://techwithtech.com/information-technology-history/>.

década de 1980²². No entanto, houve a iniciativa científica de convergir estas tecnologias no início dos anos 2000.

A comunidade científica, inserida nesse contexto de movimentação tecnológica cada vez mais voltada para a convergência, organizou em meados do ano de 2019 os eventos **Emergindo para as tecnologias convergentes - A Conferência Mundial do Futuro**²³ e a primeira **Conferência Internacional sobre a Interação Humana e Tecnologias Emergentes**²⁴.

Estes eventos trouxeram diversos cenários colaborativos e investigativos com temáticas que envolvem inteligência artificial, telemedicina, *internet* das coisas, neurobiologia sintética, agricultura de precisão (GIBS, 2019) e a convergência de tecnologias aplicadas em pesquisas com robôs sociais, assistentes virtuais, realidades virtual e aumentada, processo de aprendizagem, modelos de gestão, *games* na saúde, etc. (SPRINGER, 2019).

Os dois eventos discutiram a importância de pensar as tecnologias em conjunto, indo além das fronteiras de suas particularidades, compreendendo as vicissitudes existentes nesses campos do saber e como eles podem colaborar com a sociedade em tempos de mudanças cada vez mais constantes em intervalos de tempo cada vez menores.

Nesse cenário interdisciplinar, esta tese buscou contribuir com essa perspectiva colaborativa entre tecnologias, tendo como meta sua aplicabilidade destinada ao ser humano enquanto elemento principal da pesquisa.

2.5.2 Tecnologias emergentes na última década: convergências

O nível de alcance das pesquisas em ciências quando aplicadas de maneira colaborativa é praticamente impossível de limitar. Por exemplo, aquela impressão de impossibilidade de alcance tecnológico visto em alguns filmes de ficção científica parece não ser tão assustadora ou chocante quanto antes.

Obviamente não devem ser considerados os exageros fantasiosos tão explorados nas obras cinematográficas. Porém, a convergência entre tecnologias é um processo desafiador e muito promissor.

²² Fonte: <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>.

²³ Fonte: <https://vimeo.com/340390626>.

²⁴ Fonte: <https://ihiet.org/files/IHiet2019-FinalProgram.pdf>.

Conforme já mencionado, os avanços tecnológicos ocorrem constantemente. Na atual década é possível encontrar pesquisas de interesse global que foram noticiadas no início deste decênio, mas que ainda renovam seus propósitos e buscam respostas além daquelas pretendidas inicialmente.

Embora algumas investigações apresentem resultados consistentes uma década após o seu início, outras ainda parecem ser emergentes após esse período, corroborando com o fato de que o termo emergente pode ter uma sobrevida maior conforme a complexidade da pesquisa.

O quadro 9 abaixo traz algumas pesquisas que foram anunciadas em veículos de imprensa no ano de 2011 (início da década). A diversidade de aplicações e a multidisciplinaridade expõem o caráter colaborativo entre as ciências.

Quadro 9 - Alguns estudos com tecnologias emergentes entre 2011 e 2019

Área de pesquisa	Publicação em 2011	Publicação em 2019
Agricultura Vertical	Construção de fazendas dentro das cidades para o combate a fome global. Requer muita energia, logo exige alternativas energéticas. (KRETSCHMER; KOLLENBERG, 2011)	Otimização técnica e combinada, além do barateio de sua implantação são pontos chave para desenvolver a agricultura vertical e este ainda é um dilema (BEACHAM et al., 2019).
Vasos sanguíneos artificiais	Vasos artificiais, impressos em 3D por polimerização multifotônica, para uso em transplantes de órgãos criados em laboratório. Requer novos biomateriais elásticos (MOSKVITCH, 2011).	Atualmente são estudados sistemas de conexão de vasos artificiais para facilitar a conexão no sistema circulatório sem danos aos vasos ou biocompatibilidade (WATANABE; MIKI, 2019).
Tecido inteligente	Revestir fios de celulose com nanopartículas de ouro aumenta a condutividade do algodão e amplia a segurança de bombeiros (SAVAGE, 2011).	O uso de fibras óticas, de relevante importância para as comunicações, é usada para elaboração de tecidos inteligentes (GONG et al., 2019).
Controle de dispositivos usando o cérebro	A IBM prevê que até 2016 será possível controlar dispositivos (<i>smartphones</i> e computadores) com o cérebro, atuando diretamente no campo da neurociência (WAUGH, 2011).	A complexidade de uso das interfaces cérebro-computador (BCI) vai além das aplicações na área da saúde. As pesquisas sobre o impacto social e humano do uso das BCIs é crescente (KÖGEL et al., 2019).
Leitura da mente	O <i>biofeedback</i> por processamento neural e neuroimagens em um estudo sobre o vício em nicotina contribuiu para determinar as áreas do cérebro e as redes neurais ativadas (DAILY MAIL, 2011).	Interfaces cérebro-cérebro (BBI) possibilitaram que o cérebro humano controlasse atividades motoras de um rato, implantando microeletrodos no animal (ZHANG, et al., 2019).
Computador quântico	Criação de uma tecnologia de <i>chips</i> de computador que realiza cálculos muito mais rápidos que os computadores convencionais (PALMER, 2011).	A geração de protocolos de comunicação quântica e a redução de erros são áreas relevantes que estão em fase inicial (ZHUKOV et al., 2019).

Inteligência Artificial (IA)	Cientistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts-MIT (EUA) criaram um chip analógico que se iguala a uma atividade de sinapse (ponto de encontro cerebral). Deu-se início ao desenvolvimento de sistemas inteligentes (ASHFORD, 2011).	O uso da inteligência artificial já alcançou diversas áreas e a medicina é uma das mais exploradas. Por exemplo, através do uso da inteligência artificial houve redução no agravamento de doenças renais diabéticas (MAKINO, et al., 2019).

Fonte: o autor (2019).

O quadro não tem a pretensão de elaborar uma linha do tempo, mas apresentar uma pequena amostra de que as chamadas tecnologias emergentes do início da década de 2010 encontram respostas diversas e de maneira contínua de acordo com a aplicabilidade e as novas fronteiras que surgem a cada descoberta, ampliando o intervalo de tempo de suas investigações.

Esta condição de contínuas pesquisas reforça o caráter atemporal das tecnologias emergentes, mostrando que os desafios contemporâneos também podem ser considerados emergentes, independentemente da época de surgimento de cada tecnologia que está sendo utilizada em conjunto.

Nesse contexto, esta tese traz esse caráter correlativo de várias áreas do saber. Enquanto o *design* e a ergonomia possuem uma correlação investigativa já consolidada, assim como os estudos sobre a emoção humana e o uso da eletroencefalografia (EEG), verificou-se durante a elaboração do referencial teórico que outras perspectivas investigativas continuam surgindo e construindo outras histórias científicas colaborativas, apesar das poucas referências.

Como por exemplo: (I) a termografia em pesquisas com *games*; (II) a termografia aplicada nos estudos das emoções; (III) a ergonomia em pesquisas com *games*; (IV) estudos comparativos entre sistemas computacionais de treinamento e de entretenimento; (V) estudos envolvendo usabilidade e *games*.

2.6 DESIGN, ERGONOMIA, EMOÇÕES: CENÁRIOS EMERGENTES

Este capítulo teve como objetivo abordar de modo introdutório alguns conceitos relacionados ao *design* e a ergonomia, sendo estes os dois principais pilares e as principais áreas beneficiadas com os resultados desta pesquisa. O

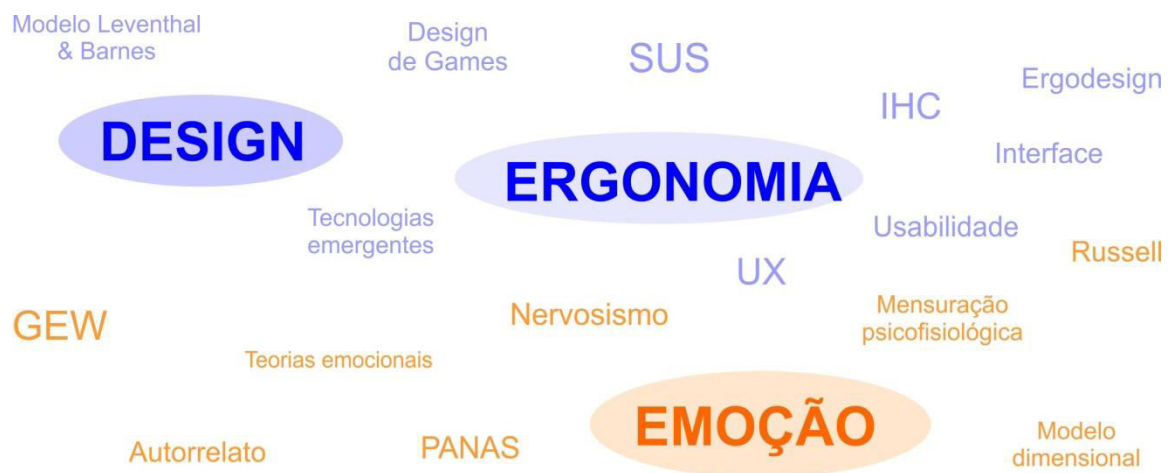
referencial se pautou em citar os tópicos relacionados com os eixos temáticos da tese, sem o objetivo de estender o assunto.

Nesse cenário está incluída a usabilidade do sistema, sendo este o elemento que facilita a interação, e a experiência do usuário, que corresponde ao conjunto de atributos que determinam o quão satisfatório foi o uso dos sistemas.

Como as respostas emocionais de um grupo de participantes é o objeto da pesquisa, houve a necessidade em discorrer sobre as emoções e as suas teorias. Alguns cenários investigativos que pesquisaram o estado emocional em experimentos relacionados ao uso de produtos (*design*) e as experiências do usuário (ergonomia) também foram apresentados.

Estes são os três primeiros eixos temáticos desta pesquisa: design, ergonomia e emoção. A partir deles verificou-se um amplo e emergente cenário de investigação, no qual esta tese pretende contribuir. Nesse sentido, foi iniciada a construção da nuvem de palavras desta tese, apresentada na figura 20 abaixo.

Figura 20 - Nuvem da tese: *Design* + Ergonomia + Emoção



Fonte: o autor (2021).

Cada termo da referida nuvem compreende um tópico importante do capítulo. A quantidade de termos na referida nuvem não tem a pretensão de limitar ou encerrar o assunto, mas evidenciar o caráter multidisciplinar desta pesquisa. Até o final da tese outros termos serão incluídos na nuvem conforme os eixos temáticos forem sendo apresentados nos seus respectivos capítulos.

3 JOGOS ELETRÔNICOS: ALÉM DO ENTRETENIMENTO

Os jogos eletrônicos são estudados há décadas considerando as suas várias possibilidades de uso: do entretenimento ao aspecto didático, do treinamento à terapia. Segundo Lankoski e Björk (2015), pesquisas com jogos “tem aspectos tanto acumulativos quanto transformadores” e se caracterizam pela multidisciplinaridade devido a complexidade de seus temas de pesquisa.

Uma questão essencial para atender as necessidades de cada vertente de aplicação de um jogo eletrônico é que, para ser considerado agradável e divertido, é fundamental que ele provoque algum nível de experiência emocional durante a experiência de uso (HAZLETT, 2006).

Nesse contexto, esta tese analisou dois sistemas computacionais com o objetivo de verificar as diferenças no estado emocional dos usuários após os experimentos.

Contudo, torna-se necessário primeiro conhecer um pouco sobre os jogos eletrônicos, a sua taxonomia, os simuladores e as suas várias aplicações além do cenário de divertimento para entender um pouco sobre esse universo.

3.1 CONCEITOS E HISTÓRIA SOBRE OS JOGOS ELETRÔNICOS

O desenvolvimento tecnológico trouxe incontáveis benefícios para sociedade em todas as suas esferas e os sistemas computadorizados podem ser considerados os que estão mais presentes na vida das pessoas. Antes destinados ao contexto militar, governamental e industrial, estes sistemas atualmente fazem parte da sociedade de modo geral (PAGULAYAN et al., 2012).

Se antigamente a execução das atividades humanas em vários contextos eram demoradas, complexas e realizadas até mesmo de modo mecânico, o surgimento dos sistemas computadorizados facilitou consideravelmente a execução de procedimentos operacionais de modo geral. A solução dos problemas se tornou mais rápida e exigiu o desenvolvimento de interfaces que facilitassem o seu uso (PAGULAYAN et al., 2012).

A discussão sobre sistemas computadorizados é ampla, de grande abrangência e complexidade. Nesse contexto estão inseridos os jogos eletrônicos

por estes serem uma vertente dos referidos sistemas. O avanço tecnológico dos sistemas computacionais também contempla os jogos eletrônicos, os projetos de produtos (*hardware*), os *softwares* e a interação destes com os seres humanos.

3.1.1 Jogos eletrônicos. Foi um prazer conhecê-los!

Conceituar “jogo” pode sugerir uma volta ao tempo para entender como os jogos primitivos surgiram e qual a sua relação com a espécie humana e as sociedades. Esta é uma discussão ampla, histórica e sociológica.

Quando Petry (2010) estudou os aspectos históricos dos jogos sob a ótica da filosofia, analisando os pensamentos de Platão, Aristóteles, Pascal, Kant, Schiller e Heidegger, dentre outros, na busca por compreender o que é um jogo; e Huizinga (2011) citou que o surgimento e o desenvolvimento da civilização humana têm relação com o jogo na sua teoria do *Homo Ludens*, verificou-se que a discussão pode entrar em um cenário histórico e cultural que não são pretendidos nessa tese.

Aliás, a pesquisa de Fang et al. (2016) estudou as preferências dos usuários em relação as versões tradicionais e eletrônicas de jogos de tabuleiros e estes últimos foram os preferidos, conforme figura 21 abaixo. Este exemplo é uma dentre tantas evidências de que os jogos eletrônicos não surgiram para substituir os modelos tradicionais, mas servir como uma nova versão.

Figura 21 - Jogo Jenga nas versões física (A), computador (B) e *tablet* (C)



Fonte: Fang et al. (2016).

O surgimento dos primeiros estudos sobre jogos eletrônicos ocorreram no início do século 20, as primeiras publicações científicas surgiram na década de 1970 (*Simulation & Gaming Journal*) e a publicação *The Art of Computer Game Design*, de

Chris Crawford (1984), é considerada um clássico (LANKOSKI; HOLOPAINEN, 2017). Ou seja, os jogos eletrônicos são bem mais recentes.

Na visão de Gularte (2010), o termo “jogo eletrônico” pode ser considerado uma representação concisa do processo de desenvolvimento das relações sociais (jogo) e da necessidade de inovação do ser humano (eletrônico).

Logo, o estudo dos jogos eletrônicos tem forte relação com a experiência entre as pessoas e com as inovações que elas desenvolveram na contemporaneidade para melhorar o modo de vida e a própria subsistência.

Nesse sentido, as definições sobre jogos aqui citadas têm um caráter mais empírico e contemporâneo e se concentraram na versão eletrônica. Na visão de Stutz (2020), jogos eletrônicos são “sistemas compostos por elementos que interagem entre si”. O autor cita que o senso comum nas várias definições encontradas é que as atividades dos **jogos se baseiam em regras**, sendo este o aspecto que o diferencia dos outros entretenimentos.

Jane McGonigal (2011) contribui citando que para ser considerado um jogo o sistema deve conter quatro elementos básicos: (I) Objetivos (a serem atingidos); (II) Regras (limitações para atingir os objetivos); (III) Sistemas de *feedback* (informam o andamento dos processos para atingir os objetivos); (IV) Participação voluntária (os usuários aceitam os três elementos anteriores). Observa-se que estes elementos dialogam entre si.

Dentre os tipos de jogos eletrônicos mais comuns e de grande aceitabilidade estão os chamados “**jogos casuais**”. Segundo Kuittinen et al. (2007), esta definição abrange não apenas o jogo em si, mas o próprio jogador e quando ele está em uma condição de desocupação.

Ou seja, corresponde a um tipo de jogo usado apenas por diversão ou quando o usuário dispõe de um período de tempo livre, sem nenhum compromisso específico e não tem nada para fazer (KALLIO et al., 2011).

Estas definições convergem para características semelhantes aos observados nos chamados **jogos comerciais**, tais como: proporciona uma experiência lúdica; até mesmo uma experiência apelativa²⁵; jogo de fácil aprendizado; jogo com visual e trilha sonora atraentes; grande diversidade de títulos e categorias; jogo de rápida

²⁵ Fontes: (I) <https://exame.com/bussola/geekonomy-voce-ja-caiu-no-modelo-pega-trouxa-para-jogos-de-celular/>; (II) <https://mktesports.com.br/blog/dicionario-gamer/p2w-o-que-e/>; (III) <https://www.idinheiro.com.br/jogos-para-ganhar-dinheiro/>.

recompensa (dependendo da narrativa, do estilo do jogador, etc.); acessado por muitas plataformas (inclusive *online*); diversidade de dispositivos (do *display* e *joystick* ao RV e os equipamentos de captura de gestos corporais); incontável quantidade de usuários; segmento que movimenta economicamente cifras bilionárias (PAGULAYAN et al., 2012; NEVES et al., 2014; LUCIANO et al., 2018).

Para entender um pouco sobre como esse tipo de sistema está tão fortemente inserido na sociedade é importante ter uma ideia da diversidade de jogos eletrônicos existentes.

A literatura científica especializada já apresentou diversos levantamentos taxonômicos sobre os jogos eletrônicos, não apenas referente aos tipos de *games* (estilos, jogabilidade, interação, plataformas, dispositivos), mas também sobre os tipos de jogadores.

3.1.2 Taxonomia dos *games*: variedade de aplicabilidade

Taxonomia corresponde a “ciência que se dedica à classificação”, ou seja, compreende a “técnica de classificação ou de distribuição sistemática em categorias²⁶”.

No universo dos *games*, Aguiar e Sarinho (2020) definem a taxonomia como “a classificação e o agrupamento de diferentes contextos por suas características semelhantes”. Jäverlä et al. (2015) dizem que as taxonomias são fontes úteis para escolhas de jogos.

A figura 22 a seguir apresenta alguns exemplos de taxonomias em *games*, porém sem a pretensão de aprofundamento nessa discussão:

- Caillois (1961) apresenta seus quatro elementos clássicos;
- Elverdam e Aarseth (2007) mostram as dezessete dimensões relacionadas ao *design* de jogos;
- Bartle (1996) cita a tipologia de quatro tipos de jogadores;
- Mueller et al. (2008) e as categorias de *exergames*.

²⁶ Fonte: <https://www.dicio.com.br/taxonomia/>.

Figura 22 - Alguns exemplos de taxonomias em *games*

Fonte: o autor (2020).

Também são citadas algumas categorias de *games* e plataformas de uso conforme Pagulayan et al. (2008), Järvelä et al. (2015) e Sena (2016). A variedade de possibilidades verificada nos elementos da figura supracitada, de tipos de jogadores a categorização dos jogos e modelos de plataformas, corroboram com a opinião de Crawford (1984, p.35) sobre sua proposta de taxonomia, ao considerá-la “uma manta de retalhos”.

Crawford (1984) cita que uma taxonomia em *games* é complexa pela evolução dos jogos ao longo do tempo, pela criação de outros tipos de jogos conforme o avanço da tecnologia, pela força do mercado e pela inserção dos jogos em contextos diferentes do entretenimento. Como por exemplo, os educacionais.

Para Busarello (2016, p.10), é consenso que os aspectos lúdicos e divertidos dos jogos trazem diversas experiências ao usuário permitindo que ele possa vivenciar uma situação ficcional, controlada e fantasiosa em um fragmento de espaço e tempo. Esta condição permite a aplicação de jogos eletrônicos em outros contextos além do entretenimento.

A diversidade de possibilidades de uso de *games* permite que a comunidade científica encontre inúmeros cenários investigativos da relação do ser humano com sistemas computacionais dessa natureza.

Levantamentos taxonômicos e revisões de literatura já demonstraram que a maioria dos *games* destina-se à diversão do usuário. Porém o seu uso é mais abrangente do que se imagina e torna-se importante compreender a conjuntura dos *games* no cenário nacional e internacional. Uma das maneiras é analisar os resultados de pesquisas setoriais elaborados por entidades especializadas na área.

3.1.3 Pesquisas setoriais sobre *games*: um perfil promissor

Algumas associações setoriais como a Associação Brasileira das Desenvolvedoras de Jogos Digitais - ABRAGAMES²⁷, a Associação Comercial e Industrial das Empresas de Jogos do Brasil - ACIGAMES²⁸ e a Associação Brasileira de Gamers - ABG²⁹ trazem diversas discussões e formalizam políticas públicas para os jogos digitais no Brasil, mostrando a seriedade dessa atividade (ZAMBON; CARVALHO, 2016).

Nesse contexto, relatórios como a **Pesquisa Game Brasil** (PGB) são realizadas anualmente com o intuito de traçar o perfil do jogador (*gamer*) brasileiro e entender esse crescente e promissor mercado.

Na nona edição em 2022 (SIOUX GROUP; GO GAMERS, 2022) a PGB 2022 entrevistou 13.051 usuários de *games* e trouxe um panorama do mercado de *games* nacional abordando não apenas as suas preferências por estilos, plataformas e equipamentos, mas também hábitos de consumo, aspectos do cotidiano dos jogadores e várias análises comparativas.

Já a pesquisa realizada pela Newzoo (NEWZOO, 2021) corresponde a um relatório global de mercado de jogos, onde é possível verificar as tendências em *games* e dimensionar o alcance desse mercado. A versão 2021 do *Global Games Market Report* apresentou as opiniões de 77.000 entrevistados em 33 países relevantes para o mercado mundial de *games*, incluindo Brasil e Argentina.

Outra pesquisa traz um cenário mais profissional da área, apontando as tendências e a situação dos *games* do ponto de vista dos desenvolvedores de jogos. Embora voltado para a indústria dos EUA, 43% dos mais de 3000 entrevistados são de outros países e o relatório anual das indústrias de *games* desenvolvido pela

²⁷ Fonte: <https://www.abragames.org/>.

²⁸ Fonte: <http://acigames.com.br/>.

²⁹ Fonte: <https://somosabg.com.br/>

Game Developers Conference (GDC) em 2021 revela algumas particularidades dos profissionais que desenvolvem jogos eletrônicos (Informa Tech, 2021):

Os desenvolvedores de jogos são os profissionais responsáveis pela “alma” dos *games*. São vários os aspectos que são trabalhados na fase embrionária, tais como: a estrutura na qual o jogo será executado, a implementação da matemática que alimenta a física presente nos jogos simuladores, os mecanismos de Inteligência Artificial, dentre outros aspectos (HUNT, 2019).

Porém as especializações de profissionais que desenvolvem jogos é ampla. Segundo Rogers (2013), o desenvolvimento de *games* conta com “programador, artista, *designer*, produtor, testador, compositor, *sound designer* (projetista sonoro), redator, gerente de produto, gerente de criação, diretor de arte e diretor-técnico.

Logo, os desenvolvedores têm uma enorme contribuição para tornar a experiência de uso do jogo aceitável, agradável e eficiente. O quadro 10 abaixo apresenta alguns resultados das três pesquisas setoriais supracitadas.

Quadro 10 - Destaques das pesquisas setoriais

		
PESQUISA GAME BRASIL 2022	GLOBAL GAMES MARKET REPORT 2021	GAME DEVELOPERS CONFERENCE 2021
74,5% dos brasileiros têm o hábito de jogar jogos eletrônicos e a maioria joga em casa (95,4%).	O mercado irá gerar uma receita de US\$ 175,8 bilhões (estimativa para 2021). Houve declínio de - 1,1% devido à COVID-19.	A maioria dos desenvolvedores (24%) trabalha entre 36 e 40 horas por semana e 21% deles trabalham entre 41 e 45 horas.
O perfil dos jogadores brasileiros apresenta maioria feminina, com 51%. Em 2019 chegou a 53% (SIOUX GROUP et al., 2019).	50% dessa receita provém do mercado asiático e do Oriente Médio, 24% da América do Norte e 18% da Europa.	73% dos que trabalham mais de 40hs semanais relataram que o fazem por pressão pessoal, seja pela sua própria vontade ou por necessidade.
Maioria dos jogadores está na faixa etária abaixo de 30 anos: 1) 25,5% entre 20 e 24 anos; 2) 17,7% entre 16 e 19 anos; 3) 13,6% entre 25 e 29 anos.	A América Latina responde por 4% do mercado global e gerou 7,2 bilhões de dólares.	Quanto ao tempo em que trabalham com games , 22% atua na área entre três e cinco anos e 22% está entre seis e dez anos.
Quanto à classe social, 24,1%	Há uma previsão que em	O público masculino é maioria

são da classe B2 e 21,6% são da C1. Quanto à raça e cor, 46,6% se declararam brancos.	2021 existam 3 bilhões de jogadores no mundo.	na indústria de <i>games</i> , com 73% dos postos de trabalho.
Para 84,4% o jogo digital está entre as suas principais formas de diversão e para 76,5% é a principal forma de entretenimento.	Na Ásia e Oriente médio são 1,615 bilhão de jogadores, 434 milhões da América do Norte, 408 milhões da Europa e 289 milhões de latinos .	O computador pessoal é a plataforma mais usada para o desenvolvimento de jogos eletrônicos (58%). Dispositivos que usam o sistema Android representam 27%.
A plataforma mais utilizada pelo público feminino é o <i>smartphone</i> (60,4%). O público masculino é o que mais utiliza o console (63,9%) e o computador (58,9%).	Há previsão de que os jogos de dispositivos móveis gerarão US\$ 90,7 bilhões e finalmente responderão por mais da metade do mercado global de jogos.	--
63,2% acompanha ou assiste competições de eSports ³⁰ (modalidade competitiva de jogos eletrônicos).	As previsões globais para 2024 são de uma receita global de 218,7 bilhões de dólares e uma estimativa de 3,320 bilhões de jogadores	--

Fonte: o autor (2022). Baseado em SIOUX Group e Go Gamers (2022), NEWZOO (2021), Informa Tech (2021).

Reforçando os dados do quadro acima, a indústria dos jogos eletrônicos é considerada uma das mais lucrativas do mercado do entretenimento, com crescimento anual acima de 9% e já tendo superado a do cinema e a da música há algum tempo (PEREIRA, 2020; BRITTO; PACÍFICO, 2020).

Portanto, o pensamento equivocado e até certo ponto discriminatório sobre o uso infantilizado dos *games* que ainda hoje está presente no imaginário de parte da sociedade brasileira encontra nesses números um campo fértil de pesquisas e cenários a serem explorados.

Outra perspectiva que pode potencializar esses dados é o acesso cada vez maior do público feminino. Elas passaram a ter mais envolvimento com *games* nos últimos anos (FORTIM et al., 2016). Segundo Guercy e Ishitani (2020), até o início do século 21 esse público não tinha representatividade significativa no mundo dos *games*. Os autores realizaram um levantamento sobre preferências e sugestões de jogos e encontraram percepções interessantes e diferentes do público masculino.

³⁰ Fonte: <http://cbesports.com.br/esports/esports-o-que-sao/>

Sendo o jogo eletrônico um “fenômeno social e cultural multifacetado que pode ser entendido, praticado e usado de várias maneiras” (KALLIO et al., 2011), observou-se através da diversidade de categorias e equipamentos que os *games* são atividades que estimulam, requerem ações e provocam emoções e reações físicas e psicológicas.

Ou seja, tem enorme potencial investigativo e a comunidade científica está cada vez mais atenta a este fenômeno.

3.2 PESQUISA COM *GAMES* NÃO É BRINCADEIRA

O estudo de *games* pode ser considerado complexo. Isto ocorre por serem fenômenos que necessitam de métodos mistos de investigação devido à diversidade de elementos envolvidos, dos equipamentos aos *softwares*, do contexto lúdico ao produtivo, do usuário jovem ao idoso, dos especialistas na área aos pesquisadores de outras áreas do conhecimento, além da diversidade de metodologias e técnicas existentes (LIEBEROTH; ROEPSTORFF, 2015).

A variedade de elementos exige um processo investigativo colaborativo de competências variadas que trabalhe em conjunto e com certo grau de coordenação no processo de desenvolvimento de jogos eletrônicos. Estas parcerias permitem investigar e atender a “um número excessivo de variáveis”, tais como “narrativa, desafio, efeitos sonoros, representação gráfica, interação, personagens” (ALBUQUERQUE; FIALHO, 2010; FONTANA et al., 2012; KAMPA, 2020).

Tanto os desenvolvedores de *games* quanto os usuários comuns analisam constantemente essas variáveis e formam a crítica especializada que fomenta a indústria dos jogos eletrônicos. Esta se encarrega, ao lado da tecnologia, de entregar para a sociedade os *hardwares* e *softwares* que atenderão as suas necessidades e aos seus desejos.

A pesquisa de Gonçalves e Macedo (2020) verificou as semelhanças e divergências na opinião dos críticos e dos usuários sobre algumas variáveis e verificaram que a **narrativa** é o elemento mais comentado entre os dois públicos. Os gráficos (**elementos visuais**) são os mais citados pelos usuários comuns e a **jogabilidade** é o foco dos críticos.

Verifica-se que compreender o ponto de vista do ser humano é fundamental na indústria de *games*, justamente para entender os elementos que os estimulam a utilizá-los. O jogo tem o “poder” de manter a atenção do usuário por vários motivos e a busca pelo entendimento desta mecânica é fundamental. Afinal, eles estão cada vez mais presentes no dia a dia e os motivos para o seu uso são variados.

A pesquisa de Klock et al. (2016) verificou que a motivação dos jogadores é a autonomia, os desafios propostos, os relacionamentos e a sensação de poder proporcionada. Para Jane McGonigal (TED, 2010), as pessoas estão encontrando nos jogos aquilo que precisam, além de utilizá-los para “escapar do sofrimento do mundo real”. Os estímulos gerados durante o jogo provocam diversos processos cognitivos e emocionais nos usuários e estas são respostas psicológicas passíveis de investigação.

Järvelä et al. (2015) afirmam que as vantagens ao se utilizar um jogo eletrônico em pesquisas é o fato desta mídia proporcionar estímulos complexos, além de ser envolvente, muito popular e acessível, apresentar familiaridade com os usuários e possuir um grande número de gêneros e tipos. A seguir serão apresentados alguns tópicos que fazem parte do cenário investigativo dos *games*.

Fluxo – Segundo Correia et al. (2016) é fundamental que um jogo tenha a “capacidade de criar uma experiência motivadora de longo prazo” e esta condição recebe o nome de **fluxo** (*Flow*). Criado por Csikszentmihalyi (1990), o conceito de fluxo corresponde a um estado duradouro de satisfação e genuinamente motivante, quando o indivíduo se envolve de uma maneira que nada mais importa, ou seja, o envolvimento e os estímulos são intensos.

O autor diz que o fluxo “leva à integração porque os pensamentos, intenções, sentimentos e os sentidos estão focados no mesmo objetivo”, que no caso é a experiência com o jogo. Para manter este estado de fluxo os jogos precisam ter elementos que “preendam a atenção” dos jogadores, dentre eles uma boa narrativa e uma eficiente jogabilidade.

Narrativa – Numa simples definição, a **narrativa** corresponde à história que está sendo contada no jogo. No entanto, outros elementos fazem parte da narrativa. A figura 23 a seguir apresenta um esquema para compreensão básica sobre os elementos que fazem parte da narrativa. Verifica-se que o roteiro é um dos

princípios da história a ser contada no *game*, porém ele necessita de outros fatores para se comunicar com o jogador.

Figura 23 - Compreensão básica na narrativa em jogos eletrônicos



Fonte: o autor (2021). Baseado em Game Developer³¹ (2021).

Quanto mais contagiante for a narrativa, mais favorável será a experiência do jogador, seja de entretenimento ou de treinamento. Porém, no caso dos *games* educacionais, os componentes pedagógicos fazem parte da narrativa.

Para O'Neill e Riedl (2016), a narrativa pode ser entendida como a comunicação de eventos onde os usuários estarão envolvidos. Ela pode ser linear (em ordem cronológica) ou não linear (não seguir uma sequência cronológica).

Mendonça e Mustaro (2011) dizem que a narrativa é utilizada nos jogos como um auxílio na construção da experiência do jogador, sendo o cenário onde o usuário irá vencer os desafios propostos. Deve focar no objetivo de interação e suas características, mantendo a atenção do usuário para o que realmente é necessário.

Na visão de Ryan (2002), a narrativa é um mundo (cenário), habitado por seres (personagens), inseridos em um contexto, onde ocorrem ações e acontecimentos (eventos, tramas), situados cronologicamente no tempo (dimensão temporal), com uma temática definida e com alguma coerência lógica. Esses elementos podem compor uma infinidade de situações que farão parte da experiência do jogador.

Jogabilidade – Pode ser considerado o grande diferencial dos jogos por estar diretamente relacionado com as ações que o usuário precisa realizar para atingir as metas e por apresentarem uma sequência de atividades acumulativa. Trata-se do conjunto de ações que o jogador precisa executar para e pelo jogo.

³¹ Fonte: <https://www.gamedeveloper.com/design/narrative-design-tips-i-wish-i-d-known>.

A jogabilidade é o fator que possibilita a interação entre o *game* e o usuário. Ela permite que o jogador altere o seu contexto na experiência, diferentemente de um livro ou de um filme onde existe a experiência da leitura ou do audiovisual, mas sem chances de alterar o contexto e o final (GONÇALVES; MACEDO, 2020).

Portanto, a jogabilidade tem forte relação com as emoções por influenciar diretamente a experiência do jogador, seja para a diversão ou para a didática. Afinal, se o usuário não se sente bem com os comandos nem com a mecânica do jogo e encontra dificuldades de ação e percepção, a sua experiência estará comprometida.

Interação – Fundamental na experiência do jogador por ser o meio de comunicação entre o usuário e o produto (equipamento) ou sistema (*software*). A interação permite a troca entre as ações do usuário e as respostas do sistema. Diante de um computador, Wang e Reid (2011) classificam três tipos de interação: (I) “interação centrada em *feedback*”; (II) “interação baseada em gestos” e; (III) “interação baseada em estímulos hápticos”, ou seja, o tato.

Considerando que o avanço da tecnologia permitiu otimizar a interação e consequentemente a experiência do usuário, verificou-se que a jogabilidade de um *game* também passou a ser utilizada em contextos não relacionados a diversão. Por exemplo, o jogo usado na pesquisa de Lai et al. (2013) fez parte de um programa de prevenção de quedas para idosos.

Nesse caso, a jogabilidade se pautou não apenas nas instruções para execução das tarefas, mas também na segurança e saúde dos idosos, considerando as necessidades e limitações dos usuários. A jogabilidade também tem um alcance mais abrangente, incluindo inclusive a interação com outros jogadores e com espectadores (SÁNCHEZ et al., 2009).

Jogos em Realidade Virtual (RV) – Outros elementos que tornam os jogos atraentes são inseridos na experiência do jogador conforme a tecnologia utilizada. No caso dos *games* desenvolvidos com a tecnologia de realidade virtual (RV), a imersão e a presença são dois grandes diferenciais.

Imersão – Conceito objetivo, passível de ser mensurado e que corresponde a precisão que o jogo tem em promover ao usuário a ilusão de estar em outra realidade, diferente daquela na qual ele se encontra (TORI et al., 2018). Rebelo et al. (2012) dizem que imersão é a sensação de estar dentro de um ambiente não

apenas visualmente, mas também diante de outras intensidades e sentidos, como a audição e o tato.

Segundo Cummings et al. (2012) para estar “dentro do jogo” são necessárias algumas variáveis quantificáveis como a qualidade de imagem (fidedignidade e realismo), campo de visão, estereoscopia (imagem em 3D) e rastreamento (tempo de resposta às ações). Se bem aplicadas, podem tornar a imersão mais autêntica.

Presença – Corresponde a “resposta a um sistema de um certo nível de imersão” (SLATER, 2003). Para o autor, a presença é a “unificação de dados sensoriais simulados e processamento perceptual” capaz de gerar no usuário a percepção de estar em um “local coerente” no qual ele pode agir e interagir.

A figura 24 abaixo apresenta a projeção de um ambiente em construção e exhibe o jogador “caminhando” nesse ambiente. Segundo Rebelo et al. (2012), presença corresponde à “capacidade do sistema de detectar eficazmente a entrada do usuário”, ou seja, é um conceito subjetivo.

Figura 24 - A sensação de estar presente no jogo eletrônico



Fonte: CCPA³² (2015).

Tori et al. (2018) citam que a presença é um “estado de consciência”, ou seja, é a percepção que o usuário tem de estar dentro de um ambiente virtual. Essa impressão psicológica é difícil de ser mensurada e os questionários são as ferramentas mais usadas. Para Oliveira et al. (2016), a imersão está relacionada com os fenômenos biológicos, enquanto a imersão e a presença são elementos que estão ligados “aos fenômenos emocionais”.

Compreende-se que se um jogo tiver uma boa **narrativa** e possibilitar uma boa **jogabilidade**, ele poderá proporcionar um estado de satisfação duradouro

³² Fonte: <https://www.ccpa-accp.ca/presence/>.

(**fluxo**). E se este cenário ocorrer em uma experiência em realidade virtual, provavelmente a **imersão** e a **presença** serão alcançadas.

Estes fatores contribuem no complexo objetivo de tornar os jogos mais atraentes, otimizando a experiência com o sistema e consequentemente tem o potencial de alterar o estado emocional dos usuários. Aliás, os estudos envolvendo as emoções e os *games* estão em constante evolução devido ao seu alcance.

3.2.1 Jogar é emocionante. Você tem como provar?

Segundo Hassenzahl e Tractinsky (2006), a importância da emoção e da afetividade em sistemas computacionais é um dos focos dos estudos da experiência do jogador. Os autores dizem que o amadurecimento da tecnologia tornou o uso dos produtos interativos uma experiência mais “encantadora”. Kaza et al. (2016) afirmam que a expectativa do usuário requer uma compreensão do estado afetivo.

O diálogo entre *games* e emoções é muito diversificado: do jogador que concluiu todas as etapas de um *game* considerado difícil ao professor que transmitiu um conteúdo através de um jogo educativo. Do paciente que realizou um exercício terapêutico com o auxílio de um *exergame* ao profissional que concluiu um exercício de treinamento utilizando um jogo sério.

Estas situações podem provocar estados emocionais diversificados e complexos, ocasionando mudanças psicológicas durante e após a experiência em resposta aos estímulos gerados por cada jogo. Os resultados podem influenciar tanto o pensamento quanto o comportamento dos usuários (SHIN; WANG, 2015).

As emoções podem ser o fator determinante para a escolha de qual sistema (*hardware* e *software*) adquirir, de quais experiências o usuário gostaria de vivenciar ou quais benefícios desejaria obter após o uso. Do aprendizado a reabilitação, do prazer a produtividade. Portanto, as emoções podem definitivamente influenciar a opinião dos usuários sobre o *game* que foi utilizado.

O uso de questionários para análise de jogos é muito comum. Escalas de autorrelato são usadas em várias circunstâncias, do processo de elaboração do jogo ao pós-uso dos jogadores. A escala de Likert, por exemplo, é uma ferramenta poderosa nesse cenário (AGUIAR et al., 2011). Todavia, apenas o uso de questionários também é questionado nessa área de pesquisa.

Lieberoth et al. (2015) dizem que é importante o uso de vários métodos para coleta de dados em experimentos com jogos eletrônicos, além dos autorrelatos. Kivikangas et al. (2011) afirmam que o uso de métodos psicofisiológicos são úteis no estudo da experiência dos jogadores. Inclusive estas medidas podem ser usadas “para indexar respostas emocionais, motivacionais e cognitivas”.

Para Yannakakis et al. (2016), a psicofisiologia pode ser considerada uma alternativa relevante na compreensão da experiência do jogo e do comportamento do jogador. Os autores citam que é amplamente comprovado que “o simpático e os componentes parassimpáticos do sistema nervoso autônomo são involuntários e afetados por estímulos afetivos”.

Calvo e D’Mello (2010) trazem uma relevante contribuição sobre sistemas e modelos psicofisiológicos usados na detecção de afeto em *games* ao analisarem teorias, métodos e modelos com aplicações no campo da computação afetiva. A obra de Cacioppo et al. (2007) traz uma abordagem abrangente sobre a psicofisiologia incluindo sua aplicação em *games*.

No contexto dos jogos, alguns estudos mostram a potencialidade da psicofisiologia. Hart et al. (2018) estudou sistemas que permitiam reconhecer e mapear as expressões faciais para que o sistema, ao detectar uma expressão específica, alterasse as ações da personagem do *game*. A figura 25 abaixo mostra um estudo onde o comportamento da visão é analisado para gerar melhorias no desempenho esportivo.

Figura 25 - A psicofisiologia nos jogos e nos esportes



Fonte: Brain Support³³ (2020).

³³ Fonte: <https://www.brainlatam.com/blog/psychophysiology-of-sports-understand-the-conversation-between-body-and-mind-2390>.

O mapeamento fisiológico também se insere no âmbito do aprendizado. A pesquisa de Bodolai et al. (2015) verificou a possibilidade de “monitorar” o estado fisiológico de estudantes através de dispositivos de *biofeedback* como A eletroencefalografia (EEG) ou a eletrocardiografia (ECG).

A pesquisa de Weber et al. (2009) investigou as respostas fisiológicas de jogadores experientes em jogos violentos de tiro. A investigação de Tognetti et al. (2010) buscou reconhecer o prazer de usuários de um simulador de carro de corrida através de sinais fisiológicos. O resultado de precisão foi de 56,95% e foi entendido como considerável devido à complexidade da tarefa.

Os exemplos citados mostram que as emoções dos jogadores podem ser obtidas de maneira multimodal conforme observou Kotsia et al. (2016), ou seja, através de questionários de autorrelato e mensuração psicofisiológica. Isto ocorre não apenas em jogos destinados ao entretenimento, mas também àqueles utilizados em processos de aprendizagem.

3.2.2 Jogo, logo aprendo!

O processo de aprendizagem é complexo e o advento da tecnologia trouxe novos meios de transmissão do conhecimento. Se antigamente as bibliotecas e as salas de aula eram os principais locais destinados ao aprendizado, a tecnologia trouxe novas teorias, ferramentas, ambientes e até mesmo novas realidades, como a virtual (RV), a aumentada (RA) e a mista (RM).

O uso de *games* no cenário educativo se insere nesse contexto. Conforme cita Gee (2005), os jogos podem estimular um aprendizado profundo devido à diversão e ao nível de excitação cognitiva que o jogo proporciona, tornando a experiência de aprendizado duradoura (KANG et al., 2006). Os jogos trazem fatores que contribuem para concentração, autocontrole, atenção, percepção, habilidade cognitiva, raciocínio e planejamento (RAMOS; ROCHA, 2016).

Embora o uso de jogos faça parte do processo de aprendizagem há décadas com relevante aplicabilidade (ALVES, 2008), sua versão digital ganhou notoriedade desde o início dos anos 2000 com as pesquisas de Mark Prensky e Paul Gee (AOKI, 2020) que gerou a teoria da **Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais (ABJD)**.

Segundo Prensky (2012) a teoria da ABJD investiga como os jogos contribuem com a pedagogia, tendo como principais diferenciais a interatividade e a motivação no processo de aprendizagem. Possui diversas técnicas baseadas em tarefas que apresentam correlação com os desafios encontrados nos jogos eletrônicos comerciais.

O aprendizado é um processo de grande complexidade e não cabe nesta tese discutir como ele ocorre, como pode ser medido, nem qual tipo de jogo atende plenamente aos objetivos didáticos, conforme questionam Bellotti et al. (2013).

Porém, alguns fatores presentes dos jogos trazem elementos que podem interferir na qualidade do aprendizado e estes aspectos já apresentaram relevante contribuição educacional através de publicações da literatura especializada.

Segundo Aoki (2020), não se deve confundir a ABJD com a **gamificação**³⁴. Esta segunda estuda a utilização de conceitos, dinâmicas e elementos dos jogos eletrônicos em “cenários sem jogos” como é possível verificar na figura 26 abaixo. A imagem à esquerda mostra uma situação de gamificação no contexto da aprendizagem (educação). A imagem à direita mostra um *game* sendo usado no tratamento de Alzheimer (reabilitação física e cognitiva).

Figura 26 - Gamificação na educação (A) e na saúde (B)



Fontes: (A) adaptado de Harumi³⁵ (2018). (B) Alzheimer Nederland³⁶ (2016).

Segundo Burke (2015), o termo gamificação surgiu após alguns *web sites* terem utilizado elementos de jogos na sua interface. A gamificação faz uso de

³⁴ Fontes: (I) <https://www.gamify.com/what-is-gamification>; (II) <https://www.growthengineering.co.uk/definition-of-gamification/>.

³⁵ Fonte: <https://medium.com/just-design-team/gamifica%C3%A7%C3%A3o-e-as-vantagens-de-utilizar-essa-ferramenta-em-seu-projeto-f7ac77faf62>.

³⁶ Fonte: <https://www.alzheimer-nederland.nl/nieuws/oproep-dagcentra-voor-deelname-aan-exergaming>.

dinâmicas e elementos presentes nos jogos (nível, progressão, pontuação) em ambientes de treinamento, seja analógico ou virtual, que influenciam positivamente na motivação e no engajamento dos usuários na realização de uma determinada tarefa (ALVES, 2014).

Reis e Castro (2020) verificaram que o *Design* Centrado no Usuário-DCU (enquanto processo de *design* que conta com a participação dos usuários) e o *Design Thinking* (método de inovação que mistura o DCU e o *design* estratégico nos negócios) foram os precursores da gamificação. Logo, a atuação do aluno é prioridade e os jogos e simuladores trouxeram grandes contribuições nesse cenário.

Por exemplo, Dias et al. (2017) aplicou a gamificação em procedimentos de reabilitação motora em indivíduos com paralisia cerebral. Seu estudo utilizou o jogo eletrônico *Aladdin Magic Racer* (figura 27 abaixo) e o equipamento Nintendo Wii para captura dos movimentos dos envolvidos. Os resultados apontaram um aumento de 10,06 no escore do protocolo de pesquisa.

Figura 27 - Cena do jogo eletrônico *Aladdin Magic Racer*



Fonte: Video Games Museum³⁷ (2019).

Neste caso o processo de reabilitação utilizou de maneira complementar um jogo eletrônico e um dispositivo eletrônico (Nintendo Wii) e o resultado foi promissor. Este processo é um exemplo de gamificação bem sucedido.

Para Menezes (2015), o processo de gamificação transformou a relação dos *games* com a sociedade permitindo que se beneficiassem do uso desse tipo de

³⁷ Fonte: <https://www.video-games-museum.com/en/game/Aladin-Magic-Racer/93/2/45959>.

software, da sua estrutura narrativa e da arquitetura de *software* para melhor interação com os equipamentos em variados contextos.

Dessa forma constata-se que o processo de gamificação é relevante durante o aprendizado, seja na aquisição de um conhecimento específico ou no apoio a uma atividade física reabilitadora. O conteúdo lúdico e ficcional dos games favorece tanto a geração do conhecimento quanto a motivação no restabelecimento da saúde (DOMÍNGUEZ et al., 2013).

É nesse contexto de “parceria” entre os jogos eletrônicos e os processos didáticos e de aprendizagem que se inserem os jogos desenvolvidos especialmente para esse contexto, os chamados “jogos sérios” ou *Serious Games*.

3.2.3 Jogos sérios. É sério isso?

O termo “sério” como categorização de um tipo de jogo a princípio pode causar estranheza. Há controvérsias na comunidade *game* sobre o uso do termo “jogo sério” pelas palavras parecerem contraditórias e “mutuamente exclusivas” (JERZAK; REBELO, 2014). Porém, os jogos sérios possuem aplicações que o categorizam como uma vertente não relacionada exclusivamente para o entretenimento e para diversão.

Quando o jogo eletrônico *The Oregon Trail* (Figura 28) foi desenvolvido em Minneapolis em 1971 pela *Minnesota Educational Computing Consortium* (MECC), com o objetivo de ensinar a história da expansão americana para crianças, surgia o primeiro exemplar dos jogos considerados educacionais (LOH et al., 2015, p.4).

Figura 28 - Jogo eletrônico *The Oregon Trail*, o “primeiro jogo sério”



Fonte: Jenkins (2017).

Jogos sérios têm como foco principal passar um conteúdo que não seja prioritariamente relacionado à diversão. Oliveira e Costa (2020) dizem que o jogo sério é um sistema com regras onde os usuários realizam atividades voltadas para fins que não são a diversão em si, embora possa tê-los. É a combinação entre um jogo, seus elementos e uma função específica aplicada em um contexto particular.

Os jogos sérios têm uma relevante contribuição no processo de aprendizagem por diversos fatores: aprimoramento de competências, representação contextualizada do problema e comunicação eficiente. Eles são envolventes, fornecem *feedback* imediato, trazem sentimentos de realização, possibilitam a socialização entre os autores e trazem resultados afetivos e motivacionais. Este tipo de jogo tem o potencial de atender a todas as faixas etárias, além de desenvolver habilidades perceptivas, cognitivas e motoras (CONNOLLY et al., 2012; JERZAK; REBELO, 2014; OLIVEIRA; ROCHA, 2020).

Os desenvolvedores de jogos passaram a ter a difícil missão de encontrar o equilíbrio entre os objetivos didáticos e a diversão e motivação. Afinal, o jogo sério também precisa ser envolvente, informativo e divertido, mas sem perder o foco pedagógico e específico. Logo, as comunidades acadêmicas de várias áreas do conhecimento também passaram a dialogar com a indústria de *games* para incluir essa nova alternativa didática (MACAY; CASEY, 2011).

O uso de jogos sérios em processos de simulação e treinamento enriquece a experiência do usuário por explorar o aspecto lúdico dos jogos, facilitando a prática regular e aumentando o engajamento do usuário.

O lúdico e a interação permitem a assimilação do conteúdo de maneira diferenciada, solucionando os problemas expostos sob a ótica do jogo, aumentando a motivação na realização de tarefas e a prática regular, ampliando as possibilidades didáticas (MACHADO et al., 2011; DIAS et al., 2016; VAN DEN BERG, 2019).

Vários exemplos da contribuição dos jogos sérios para melhoria na qualidade de vida das pessoas em diversos contextos são verificados em diversas revisões sistemáticas que mostram o seu potencial, seja na área da educação (CONNOLLY et al., 2012) ou da saúde (BOYLE et al., 2016; TAHMOSYBAYAT et al., 2018).

A união entre aprendizagem e jogos pode ser vista no ensino de línguas (NUNES et al., 2020; DANIEL et al., 2020), na educação financeira de crianças

(FERREIRA et al., 2020), nos conhecimentos agrários (JOFILSAN et al., 2020) e na educação de profissionais de saúde (BARBOSA et al., 2020).

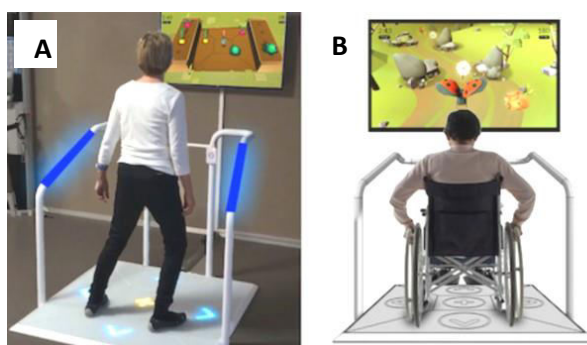
O uso de recursos como a realidade aumentada (RA) contribui para tornar o aprendizado mais interativo, efetivo e divertido (HOUNSELL et al., 2018; YAMABE, NAKAJIMA, 2013; BOMFIM et al., 2020).

A área da saúde é uma das que mais se beneficiaram. Por exemplo, quanto à prevenção, os *games* são utilizados como meio instrutivo na educação sexual de jovens (ALBERT; COSTA, 2020; VAHLICK; ZOCATELLI, 2020) e na difusão de informações sobre nutrição (REMÉDIO; REMÉDIO, 2020). Na prevenção contra o câncer de mama (SANTOS et al., 2020A), o autocuidado do paciente diabético (OLIVEIRA et al., 2020A) e do paciente renal (VASCONCELOS FILHO et al., 2020), além de ajudar a manter a atenção de crianças com dislexia (LEMONS, 2020) e no desenvolvimento de habilidades dos autistas (EDWARDS et al., 2016).

Na reabilitação da saúde os exemplos são diversos. Na recuperação de pacientes com Parkinson (GARCIA-AGUNDEZ et al., 2019), de pessoas com paralisia cerebral (DIAS et al., 2017B), de crianças com limitações nos movimentos dos braços (ARREBOLA et al., 2019) e vítimas de acidente vascular cerebral (LEE; BAE, 2019). Os jogos sérios usados na reabilitação fazem parte da categoria de jogos conhecida como **exergames**, ou **activegames**.

A figura 29 abaixo apresenta dois exemplos de jogos sendo utilizados na reabilitação de pacientes com esclerose múltipla, porém em diferentes estágios da doença. Esta doença causa fraqueza muscular dentre outros problemas.

Figura 29 - Pacientes com esclerose múltipla usando *exergames* (A, B)



Fonte: HDK³⁸ (2020).

³⁸ Fonte: <https://www.zhdk.ch/forschungsprojekt/a-playful-exergame-training-intervention-570978>.

Os jogos podem ser utilizados para treinar as funções motoras e cognitivas. Os *exergames* correspondem a um jogo interativo onde o usuário move seu corpo ou parte dele para atender aos eventos ou comandos exibidos. Os movimentos corporais também são utilizados em jogos de entretenimento, como o ensino da dança e na integração social (BARROS et al., 2012).

Situações de pauta recente também utilizam jogos sérios. A COVID-19 foi o principal tema no jogo digital elaborado na pesquisa de Costa e Xexéo (2020), no jogo tridimensional de Oliveira et al. (2020A) e na criação da plataforma “FazGame” de Ramos et al. (2020) que discute e divulga a ciência. Do processo educativo sobre o combate ao mosquito da dengue (AZEVEDO et al., 2020) aos esclarecimentos sobre o relacionamento abusivo (SANTOS et al., 2020B).

A simulação é parte fundamental no processo didático dos jogos sérios, mas também está presente nas demais categorias de *games* e será abordada a seguir.

3.2.4 Simuladores: aprender no virtual para atuar no real

A **simulação** é uma ação que faz parte da vida em todos os contextos, da dissimulação de uma criança a um animal que finge estar morto para escapar de seu algoz. Ela faz parte da sobrevivência, do aprender a viver, ou seja, do aprender.

Inserindo a discussão em contextos mais pragmáticos, a simulação está tanto em uma situação de entretenimento (de brincadeiras infantis aos jogos eletrônicos) quanto em uma condição de aprendizagem (dos exercícios de física e química aos simuladores para treino esportivo).

Segundo Salen e Zimmerman (2003), cada simulação “tira a sua identidade de uma situação do mundo real”, mas não precisa necessariamente retratar a verdade empírica, concordando com Robinett [1983 ou 1984] de que a simulação é um modelo, uma metáfora. Logo, a simulação se trata de uma representação muito particular de uma situação. Frasca (2003) enfatiza dizendo que os jogos na realidade são simulações do mundo real.

Martin e Hanington (2012, p.160) dizem que os exercícios de simulação podem ser considerados como “aproximações profundas das condições humanas ou ambientais” e foram desenvolvidos com o objetivo de “forjar um sentido imersivo e empático das experiências reais do usuário”.

Nesse sentido, o desenvolvimento de uma simulação permite criar um espaço e um cenário de diversas possibilidades e a diferenciação entre ser realista ou não vai depender de diversos fatores: do propósito da simulação (diversão ou treinamento), do alcance pretendido, da tecnologia empregada, dos equipamentos utilizados, do ambiente de uso ou operacional, dos desenvolvedores dos sistemas, do tempo de exposição e até mesmo da condição física e psicológica dos usuários e de como eles percebem a experiência que está sendo vivenciada.

Mas há um consenso: a simulação ocupa um espaço de grande relevância no processo de aprendizagem e educação (FARIA et al., 2011). Considerando o fato de que os jogos sérios oferecem a possibilidade de treinar e jogar ao mesmo tempo (JERDAK; REBELO, 2014), que há uma preferência no uso de jogos e simuladores em vez dos exercícios normais (CHIN et al., 2009) e que os jogos sérios enriquecem as aplicações de simulação e treinamento (MACAY; CASEY, 2011), observou-se um relevante crescimento na aplicação dessa categoria de jogos na sociedade.

Salen e Zimmerman (2003) definem simulação como uma representação da realidade que retrata uma situação real de maneira dinâmica e operacional. Por isso, a simulação nos jogos é um forte aliado para situações de treinamento, sendo a pois se trata da abstração de um fenômeno real onde os principais elementos, entidades e propriedades são utilizados dentro de uma perspectiva a ser explorada, compondo um cenário específico.

A figura 30 traz a interação entre o processo de aprendizagem e treinamento (pedagogia), a simulação enquanto método e os jogos como ferramentas, evidenciando a convergência desses elementos para os jogos sérios de treinamento.

Figura 30 - Interação entre pedagogia, informática e jogos

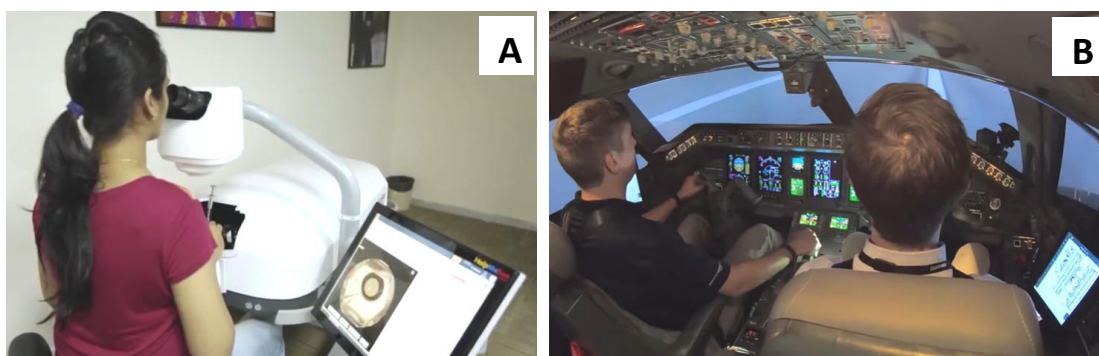


Fonte: o autor (2020). Adaptado de Maciuszek et al. (2012).

De acordo com Lindley (2003), simulação pode ser definida como “uma representação da função, operação ou características de um processo ou sistema por meio do uso de outro”. Essa representação pode apresentar vários graus de realismo, ou seja, dos comandos e ações em simuladores realistas de treinamento para pilotos de avião aos jogos de simulação de carro de corrida em um *videogame* com o uso de um *joystick*.

Os simuladores proporcionam uma experiência altamente participativa dos usuários. De um treinamento simulado de cirurgia oftalmológica a um treinamento de piloto de avião (Figura 31 abaixo), a simulação pode apresentar um aspecto da vida ou uma situação de ficção (DRACHEN et al., 2013).

Figura 31 - Simuladores de cirurgia oftalmológica (A) e pilotagem (B)



Fontes: (A) HelpMeSee³⁹, (B) Swayne Martin⁴⁰.

Gularte (2010) reforça esta diversidade ao citar que as categorias de simuladores vão do militar às engenharias, da aplicação na saúde ao transporte e também compreendem um tipo de categoria de jogos.

Segundo Alves et al. (2010), a simulação no cenário dos *games* comerciais tem a ver com a interação do usuário com um espaço digital fantasioso que vai muito além das ciências exatas necessárias para reprodução real dos fenômenos, como verificado, por exemplo, em situações de treinamento com guindastes da pesquisa de Alves et al. (2010).

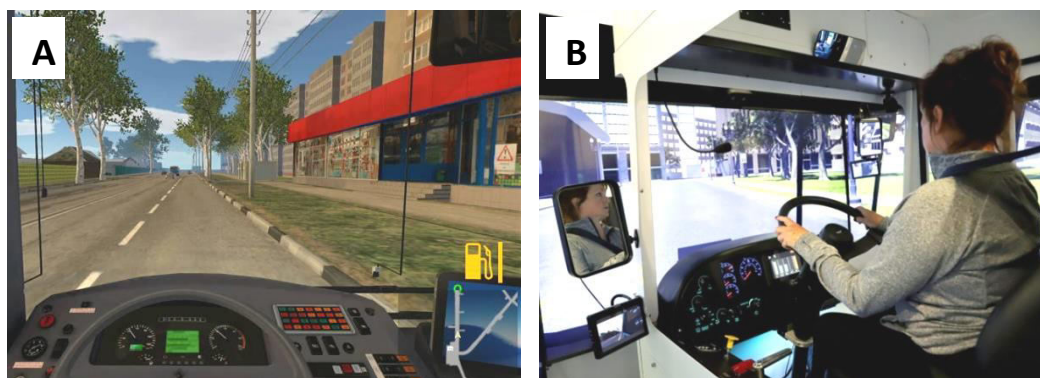
Os autores consideram a simulação um “mundo virtual onde há um explorador e um lugar a ser explorado”, conforme verificado na figura 32 a seguir. Porém,

³⁹ Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Ub0XMzNnKgg>. Tempo da captura (1:24). Acesso: 04 jan.2021

⁴⁰ Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=PED2W6yHcEA>. Tempo da captura (1:08). Acesso: 04 jan.2021

apesar da aparente semelhança na jogabilidade, há muitas diferenças entre um jogo de simulação (A) e um simulador de treinamento (B).

Figura 32 - Guiar um ônibus na diversão (A) e no treinamento (B)



Fontes: adaptado de (A) Khalid⁴¹ e (B) FAAC⁴².

No **jogo de simulação**, por mais realistas que sejam as imagens e os áudios, o aspecto lúdico e o entretenimento são os elementos mais importantes. O aprendizado necessário para usá-lo é direcionado para a experiência de diversão. O usuário tem liberdade de agir de modo espontâneo sem necessariamente se preocupar com aspectos categóricos e cartesianos exigidos em condições de aprendizado e treinamento.

Já o **lador de treinamento** se concentra nas atividades do sistema da forma como elas ocorrem em uma situação real, sem necessariamente apresentar gráficos realistas e sem os riscos que o contexto apresenta. Busca-se adquirir conhecimentos e práticas técnicas para o desenvolvimento profissional (ROCHA; ARAÚJO, 2013).

Nesse tipo de simulador é possível inserir o usuário em situações de perigo parecidas com a realidade, inclusive de maneira repetitiva, mas de modo controlado e seguro. O treinamento possibilita analisar e avaliar os “processos perceptivos e a consciência da situação” dos usuários, suas tomadas de decisões e suas emoções com maior intensidade (ALLEN et al., 2005).

Em um jogo de corrida, algumas particularidades que diferenciam a experiência de um jogo de simulador para um simulador de treinamento são a falta

⁴¹ Fonte: <https://gameshedge.com/bus-driving-simulator-nintendo-switch/>.

⁴² Fonte: <https://www.faac.com/blog/2021/12/10/bus-driver-training-tips-using-sim-buddies-to-nip-motion-discomfort-in-the-bud/>.

de um conceito real de automóvel, o comportamento abstrato dos demais veículos, a relativa estabilidade no fluxo de tráfego que não refletem o dia a dia e os parâmetros de dirigibilidade dos motoristas (YANG et al., 2019, p.70). Algumas destas diferenças serão tratadas a seguir.

3.2.4.1 Condução veicular virtual: do entretenimento à diversão

Um dos tipos de simuladores mais utilizados é o de corrida, especialmente pela diversidade de títulos, de dispositivos e de plataformas, além da classificação etária ser praticamente livre para todas as idades na maioria dos títulos disponíveis.

O jogo comercial de corrida geralmente não considera regras de trânsito e a liberdade de atuação do usuário acompanha uma narrativa fictícia com foco na competição, na exploração e na alta velocidade. Já os *softwares* de treinamento permitem aos usuários aprenderem comandos para guiar veículos específicos e lidar com situações reais no trânsito ou no ambiente de trabalho, como é o caso dos treinamentos com equipamentos automotores do tipo guindaste, trator, etc.

Os simuladores de condução são usados para treinar ou desenvolver habilidades em motoristas e geralmente consistem em cabine (fixa ou móvel), sistema de projeção visual e sonora e um módulo que gera os desafios de acordo com um banco de dados (DUMBUYA et al., 2005).

Para Allen et al. (2005) o treinamento de condução veicular precisa considerar também o desenvolvimento de habilidades e atitudes. Após verificarem que as estatísticas apontaram que motoristas novatos apresentam taxas mais altas de acidentes do que os mais experientes, os autores acreditam que apenas o conhecimento técnico não é o bastante.

Embora o tema “acidentes de trânsito” seja uma questão abrangente que não cabe ser discutida aqui, ela traz indícios do quão importante podem ser os estudos sobre o uso de simuladores de condução veicular, seus usuários, os aspectos fisiológicos e emocionais. Afinal, o uso de veículos se insere no cotidiano da sociedade de modo geral e o ser humano é o condutor.

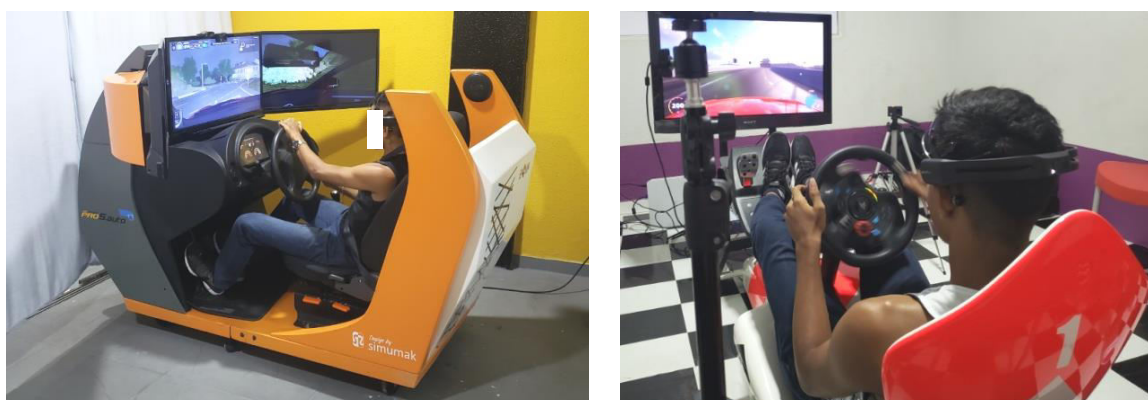
Diversas pesquisas envolvendo jogos de corrida (condução veicular) já foram realizadas. Por exemplo, Tognetti et al. (2010) analisaram o prazer dos usuários através de sinais fisiológicos ao utilizarem um simulador de carro de corrida, Uriarte

et al. (2015) apresentaram um sistema multissensor para *biofeedback* em um jogo de condução e Lee e Bae (2019) avaliaram o desempenho de pacientes de reabilitação neurológica ao usarem um jogo de condução veicular e verificaram melhorias no controle do tronco e na marcha.

Voltando aos propósitos desta pesquisa, que investigou um sistema computacional de diversão e outro de treinamento, verificou-se a necessidade de conhecer algumas particularidades dos *hardwares* e dos *softwares* utilizados nos dois experimentos.

A figura 33 abaixo apresenta o experimento de treinamento (esquerda) e o experimento de entretenimento (direita). É possível ver os participantes em ação e observar as diferenças formais dos dois *cockpits*.

Figura 33 - Os experimentos de treinamento (A) e entretenimento (B)



Fontes: o autor (2020).

O quadro 11 a seguir divide-se em três colunas com diversas variáveis comuns aos sistemas de condução veicular (coluna esquerda), encontradas no sistema de treinamento (coluna central) e no sistema de diversão (coluna direita).

Estas variáveis foram selecionadas através de elementos quantificáveis encontrados na literatura especializada (SALEN; ZIMMERMAN, 2012; DRACHEN et al., 2013; LANKOSKI; BJÖRK, 2015; LANKOSKI; HOLOPAINEN, 2017) e após observações de uso dos dois sistemas durante os testes pilotos.

Para este comparativo foram utilizados o simulador de treinamento para condução veicular **ProS.auto** (ProSimulador), o jogo eletrônico **The Crew 2** (Ubisoft) e seus referidos equipamentos de *cockpits* conforme imagens supracitadas.

Maiores detalhes podem ser encontrados no capítulo 6. Além de informar os aspectos metodológicos, também inclui os estágios (etapas) escolhidos para os experimentos e que serviram de base para as informações do quadro 11 abaixo.

Quadro 11 - Particularidades em dois sistemas de condução veicular

VARIÁVEL	ProS.auto (Treinamento)	The Crew 2 (Entretenimento)
Detalhes básicos	- <i>Software</i> em primeira pessoa, para uso individual (usuário único). - Ponto de vista do usuário “dentro do carro”.	- Jogo em primeira pessoa, possibilidade de uso coletivo (múltiplos jogadores). - Diversos pontos de vista, incluindo “dentro do carro”.
Hardware	- <i>Cockpit</i> individual em formato meio carro de passeio, com painel, poltrona unitária e acessórios semelhantes a um veículo real. - Uso de 3 monitores (<i>displays</i>) de TV 32”, alinhadas horizontalmente e ângulo de visão de 120°. - Modelo estável, com rodízios para movimentar o equipamento e sem sistema de trepidação.	- <i>Cockpit</i> individual de fibra de vidro, no formato de cabine de piloto de Fórmula 1. - Equipamentos individuais e necessidade de instalação: pedais, volante, console e TV. - Modelo estável, sem rodízios para movimentação nem sistema de trepidação.
Plataforma do jogo	- Computador pessoal com <i>software</i> instalado no próprio <i>cockpit</i>. - Sistema operacional <i>Windows</i>. - Uso do teclado para acesso ao sistema e possibilidade de uso do mouse. Os comandos também são acessados pelo painel do <i>cockpit</i>.	- Console de <i>videogame</i> interligado ao <i>cockpit</i> e a uma TV. O jogo eletrônico é acessado por conta <i>online</i> ou por mídia física. - Sistema operacional próprio do console <i>Playstation</i> (SONY). - Uso de <i>joystick</i> para acesso ao jogo, mas também pode ser acionado pelo volante.
Narrativa interativa	- No treinamento a narrativa não é interativa, ou seja, os usuários não conseguem alterar o enredo. - Possibilidade de escolha do exercício (acesso restrito) e de ajustes no volume do áudio.	- Apesar da sequência das etapas para finalizar o jogo, o usuário pode alterar o enredo. - Possibilidade de escolha: pista, personagem, trilha sonora, veículo, cenários e detalhes dos carros (cores). Alterar condições climáticas e desempenho.
Tutoriais	- O tutorial se inicia com uma ficha de dados do voluntário, imagens do trajeto e do automóvel, com duração de 35 segundos. - Os áudios trazem informações sobre a tarefa a ser executada, por exemplo: (1) <i>Bem vindo ao exercício de situações de risco em estrada secundária</i>; (2) <i>Neste exercício deverá circular por uma</i>	- Não há tutorial inicial. Há uma prévia da dirigibilidade (familiaridade) onde o usuário guia o carro por até 17 segundos até o local de partida para início da corrida. - Durante todo o trajeto há uma linha guia no alto da tela que orienta o usuário a seguir o

	<i>estrada secundária de noite.</i> - Animações e orientações de como proceder surgem no display.	caminho correto. - Não há áudios explicativos.
Instruções na tela	- Surgem antes e durante a etapa informando sobre procedimentos a serem adotados conforme a legislação nacional de trânsito. - De maneira didática e sequenciada, elas surgem conforme o desempenho dos usuários. - Ao final de cada etapa é possível verificar a evolução do usuário com demonstrativos de desempenho. - Elementos gráficos surgem na tela e auxiliam na instrução.	- Limitadas a dinâmica do jogo, com poucas instruções e o objetivo de motivar o usuário e mantê-lo dentro da narrativa. - O caráter explicativo das orientações é limitado às instruções da missão. Alguns vídeos surgem para complementá-las. - Elementos gráficos surgem no <i>display</i> e auxiliam na instrução.
Feedback do sistema	- Visual – O <i>display</i> central do <i>cockpit</i> exibe informações nas laterais da tela: instruções dos comandos, desempenho em tempo real e um mapa do trajeto. Um cronômetro regressivo mostra o tempo restante. - Auditivo – Dois alto-falantes emitem sons característicos de um veículo que auxiliam na percepção do funcionamento do carro e da ação cometida: do som de “<i>tic-tic-tic</i>” das setas e da buzina até a aceleração, frenagem e troca de marchas. O barulho do ambiente externo e dos demais veículos também simula a realidade. - Cinestésico – O volante é calibrado automaticamente no início de cada rodada, podendo gerar vibração.	- Visual – Um GPS aéreo orienta o usuário conforme a meta a ser alcançada. Um percentual progressivo informa o quanto falta para conclusão. Há um mapa de orientação. Quando o usuário sai do trajeto um alerta visual é emitido. - Auditivo – é possível ajustar o áudio priorizando a trilha sonora ou os ruídos do carro, tais como o barulho do motor e barulhos externos (buzina e colisões). O áudio também traz instruções sobre o trajeto, lembretes sobre as metas a serem cumpridas e frases motivacionais. - Cinestésico – O volante vibra quando ocorre colisão do carro ou em aterrissagens após “decolar” em lombadas ou rampas.
Métricas do jogo	- Número de colisões - Número de erros condução - Número de infrações - Trajeto percorrido - Objetivos traçados	- Tempo de conclusão da seção - Ranking de pontuação - Classificação por corrida
Cenários	- Cenário urbano simples, com poucos detalhes, gráficos limitados e baseados na infraestrutura de uma cidade de pequeno porte, sem edifícios e cenários campestres. Não há presença de pedestres. - Imagens simples, de qualidade razoável, sem riqueza de detalhes e realismo, priorizando a experiência didática.	- Configura-se como um dos grandes atrativos, com cenários urbanos, paisagens, veículos, pedestres, vegetação, painéis luminosos e edificações com riqueza de detalhes. - Baseado em uma cidade de grande porte com viadutos, túneis e edifícios.

Áudios emitidos	- Áudio gerado pelo computador e exibido pelos alto-falantes do <i>cockpit</i>, podendo ser som ambiente ou uso de fones de ouvido. - Locução feminina em português, com informações de cunho didático. As frases se repetem caso o usuário cometa os mesmos erros. - Algumas mensagens: (1) <i>Ponha o cinto de segurança</i>; (2) <i>Ponha a chave na posição inicial</i>; (3) <i>Coloque o veículo em ponto neutro</i>; (4) <i>Ligando o motor</i>. - Não há trilha sonora. O áudio é composto por sons que representam o contexto real de um ambiente externo, com o barulho do motor do carro, dos outros veículos e do entorno urbano.	- Áudio gerado pelo console e exibido pela TV, podendo ser som ambiente ou uso de fones de ouvido. - Locução masculina em português com frases de cunho motivador e desafiador e não há informações didáticas. - Algumas mensagens: (1) <i>Dirija como se valesse algo para você</i>; (2) <i>Você está em último! O Que você está pensando?</i> (3) <i>Você tem o carro perfeito na pista perfeita, é hora de ser o motorista perfeito</i>. - Além dos sons do motor dos carros, a trilha sonora é um dos pontos fortes. Várias músicas, som estéril e efeitos sonoros.
Sequenciamento das etapas	- Ocorrem conforme a evolução didática. Possibilidade de escolha das fases pelo instrutor e usuário. - Ao todo são cinco lições com instruções e comandos específicos.	- A sequência é dinâmica, embora haja diversas missões ao longo do jogo. - Etapas são liberadas com o acúmulo de pontos e vitórias.
Componentes do jogo	- Perímetro das vias urbanas e estradas, veículos nas vias, animais na via, ciclista na via, cones, vegetações, mobiliários urbanos, edificações, placas de trânsito. Ausência de pedestres.	- Perímetros das vias, canteiros, calçadas, veículos adversários, estacionados e avulsos, vegetações, mobiliários urbanos, cones, edificações, muitos pedestres, placas e barracas.
Ações dos componentes	Os componentes móveis seguem um fluxo sem interferir nas ações do jogador. Os carros e o ciclista seguem nas vias. Os animais cruzam a pista.	- Alguns componentes móveis seguem um fluxo independente, como os carros e os pedestres. - Os veículos adversários vão de encontro ao usuário.
Ações do jogador	- Mover o veículo pra frente, trás e para os lados com o uso do volante e dos pedais. - Desviar dos componentes. - Acionamento do câmbio de marchas e demais elementos do <i>cockpit</i> para o jogo seguir.	- Mover o veículo pra frente, trás e para os lados com o uso do volante e dos pedais. - Desviar dos componentes. - Seguir o GPS aéreo e passar por entre as placas verticais de <i>checkpoint</i>.
Ações do sistema	- Veículos, animais e ciclista surgem na via exigindo desvio do usuário. - Semáforos exigem atenção.	- Veículos e pedestres surgem na via exigindo desvio do usuário. - Veículos adversários colidem contra o usuário.
Jogabilidade	- A precisão, atenção e agilidade são fundamentais. O uso do câmbio é essencial. - O jogo permite apenas transitar no espaço destinado as vias. Qualquer transgressão para fora	- A precisão, atenção e agilidade são fundamentais. O câmbio de marchas não foi utilizado. - O jogo permite transitar fora das vias propostas pelo desafio. Devido a velocidade, as colisões

	desse limite é considerada uma colisão e o sistema reinicia do ponto da infração. - A amplitude de movimento do volante atende ao manuseio direcional necessário para o desafio.	são inevitáveis. - A amplitude de movimento do volante atende ao manuseio direcional necessário para o desafio.
Desafios (considerando os estágios escolhidos, p.270)	- Percorrer um determinado trajeto com diversos desafios pré-programados. O usuário deve seguir as regras de trânsito e evitar infrações e erros de condução. - O nível da dificuldade é considerado o mais alto do sistema de treinamento.	- Percorrer um trajeto urbano duas vezes e chegar à frente dos adversários. - O nível da dificuldade é considerado razoável. - Tarefas básicas: vencer os adversários, acelerar o veículo ao máximo e desviar de obstáculos.
Tipo do veículo simulado	- O modelo único de veículo de passeio, semelhante ao veículo GOL, da Volkswagen.	- No estágio escolhido, o veículo é um Audi TTRS Coupé 2017.
Tempo de jogo (por rodada)	- O tempo do estágio 5 é de 4 minutos e 30 segundos. - A contagem do tempo é do tipo regressiva . - Cada etapa tem um tempo de duração específico conforme as tarefas exigidas.	- O tempo do estágio escolhido é aberto por ser progressivo, não há como especificar. Nos testes pilotos foram realizadas 20 seções e o tempo médio foi de 3 minutos e 04 segundos.
Relação com os demais veículos e transeuntes	- Tráfego nos dois sentidos, porém os veículos do sistema obedecem às regras de trânsito quanto ao fluxo e a velocidade. - O <i>software</i> não apresenta transeuntes. Contudo alguns animais atravessam a pista e um ciclista surge na estrada, ao longo do trajeto.	- Tráfego em mão dupla. Os veículos: (1) compõem o cenário e obedecem as leis de trânsito; (2) são adversários, atrapalham o jogador e causando colisões. - Os transeuntes surgem em várias situações, mas não é possível atropelá-los. Não há presença de animais.
Áreas corporais acionadas durante a experiência	<u>Lado direito do corpo:</u> - Membros superiores: uso do volante, acionamento do motor e uso do câmbio. - Membros inferiores: pedal de aceleração e de frenagem. <u>Lado esquerdo do corpo:</u> - Membros superiores: Cinto de segurança, volante, alavanca de sinalização (setas). - Membros inferiores: pedal de embreagem.	<u>Lado direito do corpo:</u> - Membros superiores: uso do volante. - Membros inferiores: pedal de aceleração. <u>Lado esquerdo do corpo:</u> - Membros superiores: volante. - Membros inferiores: pedal de frenagem.
Ajustes antropométricos	- O usuário entra no <i>cockpit</i> pelas laterais. Não há portas. - A posição da poltrona pode ser ajustada por alavanca com aproximação ou distanciamento do painel, semelhantemente a um	- O usuário entra no <i>cockpit</i> por cima. Não há portas. - O <i>cockpit</i> é tamanho único, sem ajustes. No entanto, como o volante, câmbio e pedais são adicionados, eles podem ser

automóvel real.

- Não é possível ajustar a altura da poltrona nem a altura dos monitores (*displays*).

ajustados individualmente, o que otimiza o distanciamento dos comandos.

- A altura da TV pode ser ajustada e o suporte de rodízios permite alterar o distanciamento.

Fonte: o autor (2020).

A explanação das características dos dois sistemas permitiu verificar elementos operacionais, questões de usabilidade e aspectos relacionados aos usuários, sendo possível identificar semelhanças e diferenças entre eles e evidenciando o quanto uma análise comparativa é relevante. Aliás, alguns estudos utilizando jogos comerciais e educativos já foram realizados.

Luciano et al. (2018) analisaram os aspectos motivacionais de crianças ao utilizarem esses dois tipos de jogos e concluíram que os desenvolvedores de *games* precisam considerar os fatores motivacionais como fonte de diversão e prazer.

Erhel e Jamet (2013) verificaram em quais situações a aprendizagem baseada em jogos digitais (ABJD) é mais eficaz, se numa instrução para um jogo de diversão ou para um jogo de treinamento. A segunda opção venceu.

Diante do exposto, verifica-se que avaliar as respostas dos usuários após utilizarem sistemas computacionais, sendo um para o aprendizado e outro para diversão, pode trazer importantes contribuições para os dois cenários.

Os beneficiários são tanto os usuários quanto os desenvolvedores desses tipos de sistemas, além dos profissionais de outras áreas, como por exemplo *design*, ergonomia, neurociência e fisioterapia.

Este alcance multidisciplinar é observado não apenas sob a ótica dos pontos positivos, mas também dos aspectos negativos no uso dos jogos eletrônicos. E essa é uma questão que precisa ampliar as investigações.

3.3 JOGOS ELETRÔNICOS: CONSUMA COM MODERAÇÃO!

Os jogos eletrônicos podem ser utilizados a qualquer momento e pelo período preterido conforme o desejo e as possibilidades dos usuários, sendo uma das principais alternativas de diversão. O alcance que a sociedade tem dos *games*

apresenta inúmeros cenários de diversão e os benefícios do uso dos *games* estão em constante investigação. Inclusive com diversas comprovações.

Da gamificação no aprendizado à gameterapia no tratamento da saúde (MIOTEC, 2017; DIAS et al., 2017B), o uso de *games* traz vários benefícios aos usuários, tais como aumentar as habilidades de raciocínio e de tomada de decisão, a capacidade em manter a atenção, a criatividade, melhorias na percepção visual e na percepção físico-espacial, habilidades espaciais, aprendizagem, reabilitações motoras, desenvolvimento cognitivo e promissora terapia cognitiva (BARLETT et al., 2009; RAOUAFI; SOSSO, 2017; LUZ, 2010).

No entanto, o uso em excesso dos *games* vem chamando a atenção da comunidade científica há algum tempo. Investigações sobre possíveis malefícios físicos e psicológicos causados pelo uso descomedido de jogos eletrônicos, seja pelo excesso de tempo de uso ou pelas categorias “politicamente incorretas”, já proporcionaram diversas discussões e apresentaram vários indícios, demonstrando que a frase “consuma com moderação” também se adéqua ao uso dos *games*.

A tecnologia trouxe novas compatibilidades de plataformas para o acesso aos jogos eletrônicos. Além dos consoles de *videogame*, hoje em dia é possível jogar em TVs (*smartTVs*), relógios (*smartwatches*) e telefones móveis (*smartphones*). Soma-se a disponibilidade de dispositivos e a possibilidade de utilizar jogos *online*, sendo mais uma alternativa aos antigos cartuchos ou “fitas” e CDs de jogos. A diferença agora é que com apenas alguns cliques o usuário tem acesso a uma grande quantidade de jogos e pelo tempo que quiser.

Nesse cenário, com uma sociedade cada vez mais conectada, aumentou consideravelmente o tempo de uso de jogos eletrônicos *online*, o que contribuiu para o início das investigações sobre a dependência (vício) em *games*. Nesse cenário estão incluídas as investigações relacionadas às apostas em dinheiro, os conhecidos jogos de azar (*gambling*). A comodidade proporcionada pela *internet* tornou este ambiente virtual o maior ambiente de uso (e abuso) dos jogos *online*.

3.3.1 Diga-me com quem jogas e te direi quem tu és. Como assim?

O entretenimento trazido pelos *games* é consenso pela maioria dos usuários, porém o uso excessivo é passível de investigações por vários motivos negativos e

alguns deles serão citados neste subtópico. Iniciando pela **dependência em games**, que segundo Cover (2006), recebe o conceito de dependência por carregar consigo “o desejo para ou a experiência da repetição” e a “mudança de comportamento”.

Há algumas décadas Young (1998) apresentou os resultados de três anos de pesquisa sobre o vício de *internet* e apontou o quanto é nocivo esse tipo de compulsão, especialmente pela necessidade do acesso ao conteúdo *online*. Ou seja, inicialmente as qualidades compulsivas da *internet* não se limitavam somente aos jogos (COVER, 2006), mas também ao conteúdo *online* de modo geral.

Widyanto e Griffiths (2007) relatam que a *internet* é um “meio para alimentar outros vícios”, ou seja, o vício não é da *internet* em si. O vício já faz parte dos usuários e o meio virtual apenas os expõe e os potencializa, considerando também as facilidades que o “anonimato” da *internet* lhe confere.

Grüsser et al. (2007) chamaram a atenção quando verificaram junto a 840 usuários de jogos *online*, utilizando critérios de dependência descrito na OMS ICD-10⁴³, a presença de aspectos que potencializam o caráter viciante e agressivo. Huanhuan et al. (2013) encontraram distorções cognitivas em grupos de adolescentes que jogaram *games online* através do uso de questionários.

Soares (2022, p.144) discorre sobre a chamada “dependência digital” ao citar que ela “produz prejuízo nas relações sociais e familiares, podendo trazer também consequências físicas”. O autor faz referência ao uso cada vez maior de produtos e plataformas digitais, inclusive cita estudos que afirmaram que o isolamento social provocado pela pandemia de COVID-19 contribuiu para esse crescimento.

Porém, Cover (2006) cita que o estereótipo de vício em jogo precisa ser largamente discutido. O autor discute sobre o uso prolongado dos *games*, compara com outras práticas compulsivas, como o uso prolongado da TV ao uso de drogas, e discorre sobre algumas práticas do cotidiano dos jogadores que podem potencializar o desejo de uso constante de jogos eletrônicos.

A relação dependência e comportamento está inserida no contexto de uso de *games* independentemente da categoria do jogo, seja em menor ou maior grau de intensidade. Logo, o vício em *games* é uma discussão complexa que não cabe aqui ser detalhado, mas mencionado como um aspecto negativo do uso prolongado de jogos eletrônicos cujas investigações estão em constante crescimento.

⁴³ Fonte: <https://www.who.int/classifications/icd/en/bluebook.pdf>.

Inclusive é necessário afirmar que as pesquisas sobre a dependência em *games* ainda são de certo modo recentes. Muitas perguntas ainda precisam ser respondidas, especialmente devido à quantidade e variedade de jogos eletrônicos, dispositivos e plataformas existentes. Esta diversidade é verificada nas várias taxonomias existentes sobre *games*. Portanto, não se deve estereotipar uma pessoa simplesmente porque ela passa muito tempo jogando jogos eletrônicos.

Outro aspecto “negativo” em discussão é a preferência por alguns **estilos de jogos**, especialmente os que apresentam narrativas e ações com alto grau de violência e realismo. Embora os jogos que apresentam características violentas correspondam a uma pequena parcela dos títulos existentes, o que também se reflete na quantidade de usuários, isso não quer dizer que esta questão não seja relevante e passível de investigações. Aliás, vários estudos já foram apresentados.

A revisão de literatura de Barlett et al. (2009) apresentou os “efeitos confirmados, suspeitos e especulativos” de caráter negativo em usuários desse tipo de jogo: sentimentos, cognições e comportamentos agressivos.

Ribeiro et al. (2011) verificou que a violência nos *games* pode ser considerada um “estopim” para a discussão sobre o “impacto no psiquismo humano” causados pela exposição desse tipo de jogo em crianças. O estudo de Polman et al. (2008) já apontava para essa agressividade, sendo mais intensa nos meninos.

Para muitas pessoas a cena da figura 34 abaixo pode representar uma situação negativa, desagradável, constrangedora e que pode futuramente influenciar o comportamento da criança. Porém, muitas questões precisam ser consideradas.

Figura 34 - Agressividade e diversão: complexa relação?



Fonte: The Guardian⁴⁴.

⁴⁴ Fonte: <https://www.theguardian.com/science/head-quarters/2016/feb/12/violent-video-games-aggression-a-complex-relationship>.

O problema é do jogo em si ou dos pais da criança que permitiram o acesso? O alvo dos tiros são pessoas inocentes ou monstros alienígenas? O objetivo é derrubar obstáculos ou matar pessoas? E se o personagem for um super herói que está tentando salvar o mundo? A agressividade para eliminar os inimigos não é necessária nesse caso? A imagem por si só não traz respostas conclusivas.

Estudos apontam que os adolescentes possuem uma visão simplista e ingênua sobre a violência dos jogos digitais, havendo polarização entre aqueles que acham que a violência virtual influencia na vida real e os que não acreditam nisso (PIMENTEL, 2020). No entanto, outras pesquisas afirmam que a exposição a esse tipo de jogo afeta até mesmo quem não joga, mas frequenta as mesmas redes sociais dos adeptos (GREITEMEYER, 2018; GREITEMEYER, 2019).

Essa é uma questão a ser investigada e não basta tirar ou reduzir o tempo de uso dos jogos, pois isso não representa a solução definitiva para o vício como se pensava. O critério do tempo gasto no uso de *games* é discutível e inadequado (JHEE et al., 2019). Ou então tentar mudar o estilo de jogo do usuário.

Vale lembrar que atualmente existe a profissão de jogador de *games* profissional (FAUST et al., 2013) e para ser um “bom” atleta (ou *cyber* atleta), é necessário destinar tempo e dedicação aos treinamentos. Portanto, embora a quantidade de tempo destinado aos *games* seja grande, o perfil do profissional de *game* e o do viciado em *game* são bem diferentes.

A revisão de John et al. (2019), que analisou bancos de dados *online* dos efeitos dos jogos no comportamento, saúde geral e mental dos usuários, também identificou várias consequências biopsicossociais. A pesquisa de Weaver III et al. (2009) verificou que, ao comparar jogadoras e não usuárias, as adeptas relataram estado de saúde mais baixo e maior depressão.

Além do desconforto psicológico, também são observados **incômodos físicos**, devido à adoção de posturas prolongadas pelo longo tempo de uso do computador ou console de *videogame* e a falta de uma rotina de exercícios físicos.

Para Heins et al. (2007), os problemas de saúde começam ainda na idade infantil, com crianças destinando mais tempo para o computador e se esquecendo das atividades físicas. Carter et al. (2016) verificaram essa questão numa revisão sistemática sobre a “associação do acesso e uso de dispositivos de mídia com desfechos do sono”. Na pesquisa de Husárová et al. (2015) 8.042 crianças foram

analisadas e verificou-se que o tempo gasto com exercícios físicos semanais diminuía com o aumento da idade.

A revisão de Bilgrami et al. (2017) mostrou que as “implicações das tecnologias da nova era na saúde do adolescente” podem afetar a composição corporal e o bem-estar mental. Já Gilman et al. (2015) observaram que o jogo em excesso pode causar problemas no tendão da mão. No entanto, verificaram que essa condição ocorreu porque o engajamento no jogo foi tão grande a ponto de reduzir a percepção da dor.

As pesquisas de Jacobs e Baker (2002) e Gillespie (2002) verificaram desconforto musculoesquelético de crianças no uso do computador incluindo o uso de *games*, inclusive encontrando semelhanças com o que a literatura relata sobre os adultos. Já Siu et al. (2009) verificaram desconforto musculoesquelético em adolescentes relacionados ao uso do computador.

O desconforto não se aplica apenas ao excesso de uso, mas também a dificuldade em utilizar algum equipamento, inserindo o público com alguma deficiência nessa discussão.

Segundo Araújo et al. (2020) as pessoas com deficiência encontram muitas dificuldades em encontrar jogos e dispositivos acessíveis, sendo um grande desafio para a indústria dos *games*, especialmente pela falta de familiaridade dos desenvolvedores com as peculiaridades dos deficientes.

A proposta de Souza et al. (2020) propõe justamente “o desenvolvimento de uma plataforma de entretenimento digital” com um *joystick* adaptado (figura 35 abaixo). O objetivo é que pessoas sem os membros superiores possam controlar um personagem digital da mesma forma que uma pessoa sem deficiências.

Figura 35 - *Joysticks* adaptados para pessoas com deficiência



Fonte: Souza et al. (2020).

Corroborando com Cover (2006) quando afirmou que os estudos sobre os *games* também devem enveredar para as questões da análise de sociabilidade, este tópico mostrou alguns exemplos de investigações que vão além dos quesitos relacionados ao caráter de entretenimento.

As questões relacionadas à dependência em *games*, ao uso de jogos violentos e ao desconforto físico ao utilizar dispositivos (*hardwares*) encontram nas áreas do *design*, da ergonomia e nos estudos sobre as emoções grandes possibilidades de investigações e soluções. Ou seja, pesquisas com *games* têm o potencial de estudar o comportamento dos usuários, permitindo entender um pouco mais sobre a idiossincrasia humana.

3.3.2 A experiência pode ser virtual, mas o desconforto é real

Outro segmento de experiências com jogos eletrônicos que já apresentaram resultados de desconforto físico e psicológico nos usuários é a realidade virtual (RV). Embora haja divergências quanto à definição do que seria um mundo virtual (NEVELSTEEN, 2018; TORI et al., 2018, p.13), esta tecnologia permite aos usuários experiências que seriam difíceis de serem vividas em um mundo real.

Embora a vertente do entretenimento tenha popularizado essa tecnologia, inclusive tornando os equipamentos desta tecnologia mais acessíveis, a RV tem uma enorme aplicabilidade em atividades ligadas a indústria de um modo geral, na área da saúde e em situações de risco, treinamento e simulação.

A realidade virtual corresponde a um ambiente gerado por computador que permite a imersão do usuário em um mundo imaginário, aparentemente real ou físico. Através do uso de equipamentos eletrônicos especiais o usuário consegue em tempo real manipular um produto virtual ou se movimentar em um ambiente virtual (VALERIO NETTO et al., 1998; MCMILLAN et al., 2017).

Entrar em um ambiente estranho e desconhecido é sempre uma experiência nova e requer do nosso cérebro alta carga de percepção para interpretar o local e seu entorno até compreender os elementos que o compõe, tomar decisões e realizar as atividades que deseja desempenhar. A orientação espacial nesse sentido é fundamental (ARTHUR; PASSINI, 2002).

Ao entrar em um mundo virtual através da RV, o cérebro e os sentidos humanos entram em conflito por saberem que estão imersos em um ambiente artificial e não “real”. Afinal, enquanto o visual está no virtual, o tato está no real.

Esta mistura de sentimentos que vão da expectativa e curiosidade à surpresa e ao estresse são ricas fontes de análises dos aspectos emocionais e do comportamento dos usuários. A RV trouxe uma nova experiência e com ela veio o desconforto. Embora a inquietação seja parte da experiência, esse comportamento deve estar relacionado diretamente à diversão, sem causar qualquer dano aos usuários (PORCINO et al., 2017).

Tori et al. (2018) chamam a atenção sobre o uso contínuo de dispositivos do tipo HMD (*Head-Mounted Display*), aqueles “capacetes” usados pelos usuários, e citam que eles podem provocar fadiga e desconforto por serem pouco práticos. O'Donnell (2018) corrobora ao citar que os jogos em realidade virtual causam desorientação e náuseas, sugerindo medidas para diminuir o desconforto⁴⁵.

Porém, não se pode desconsiderar o potencial dessa tecnologia e se faz necessário mais pesquisas sob o aspecto psicofisiológico dos humanos tanto para entender o comportamento dos usuários diante da RV quanto para o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais adequadas às limitações humanas.

Estes foram alguns exemplos do quanto os *games*, assim como os sistemas computacionais e a realidade virtual, podem apresentar situações desconfortáveis do ponto de vista da usabilidade e da experiência do usuário. Estas são questões que precisam ser ampliadas, investigadas e discutidas. É fundamental poder contar com a participação de equipes multidisciplinares nestes estudos.

3.3.3 Dependência em *games*: um “GAS” para iniciar esta pesquisa

Nesta tese, para verificar a resposta emocional dos voluntários usando dois sistemas computacionais: um *software* de treinamento e um jogo eletrônico de entretenimento. Nesse contexto, acredita-se que a experiência de uso que os voluntários tenham com esses tipos de sistemas pode influenciar nos resultados das análises propostas nesta tese e citadas nos objetivos.

⁴⁵ Fonte: <https://itigic.com/pt/do-you-get-dizzy-with-virtual-reality-glasses-fix-it/>.

Afinal, como os *games* estão no mercado há décadas é comum encontrar adultos que os utilizam desde a infância. Logo, a experiência e familiaridade com a dinâmica do jogo, a interpretação e o entendimento da narrativa, além da agilidade adquirida com os comandos, dentre outras questões importantes e inerentes ao ato de jogar, podem reduzir o efeito surpresa e alterar ou dificultar o entendimento sobre as emoções dos jogadores. Nesse contexto, a literatura já mostrou diversos métodos para verificar de alguma maneira o nível de experiência dos jogadores.

Cuperschmid e Hildebrand (2013) verificaram 33 heurísticas em uma avaliação de jogabilidade e a revisão de Oliveira et al. (2016) apresentou 11 questionários sobre a avaliação dos jogos sob a ótica do fluxo, imersão, presença e engajamento. Estes quatro fenômenos foram medidos através do caráter emocional, racional e biológico.

Federoff (2002) diz que é possível avaliar alguns aspectos do jogo, como a sua jogabilidade, a sua mecânica e até mesmo a sua interface através do uso de heurísticas de usabilidade. No entanto, medir a experiência do jogador é uma tarefa complexa e não há uma medida considerada a mais correta, sendo necessário verificar diversas variáveis (ROTO et al., 2011).

Apesar da maioria dos métodos de medição da experiência do usuário no uso de *games* serem utilizadas após o seu uso, esta tese utilizou uma ferramenta que permitisse obter estas informações antes da participação dos voluntários nos experimentos propostos. O instrumento escolhido foi a Escala de Dependência em Games (*Game Addiction Scale – GAS*).

Apesar de possuir o termo dependência (vício) no nome, o objetivo em utilizar esta ferramenta foi verificar o quanto familiar é a relação de cada participante com os sistemas computacionais sem se aprofundar nas questões que envolvem o real diagnóstico de uma pessoa dependente de jogos.

A GAS é um instrumento com 21 itens que utilizam a escala de Likert com cinco níveis para indicar a intensidade da resposta e aborda questões e termos que fazem parte do universo da psicologia relacionada ao vício (LE MOS et al., 2015). Esta escala já foi utilizada em diversos países e vários estudos validaram o seu uso de acordo com as especificidades de cada nação.

Segundo Petry et al. (2014, p.1404), é importante que instrumentos relacionados a avaliação de propriedades psicométricas sejam aplicados em

diversos contextos culturais, buscando uma perspectiva intercultural. Nesse sentido, Irles et al. (2018) estudaram, adaptaram e validaram a *Game Addiction Scale for Adolescents - GASA*, versão espanhola da GAS. Os resultados indicaram a sua eficácia na avaliação de problemas comportamentais.

Gaetan et al. (2014) utilizaram a versão reduzida da GAS, com sete itens, para investigar as propriedades psicométricas de adolescentes franceses, sendo considerada confiável. Khazaal et al. (2016) realizaram pesquisas na França e na Alemanha e concluíram que o questionário GAS de sete itens possui boas propriedades psicométricas e parece ser adequada para o uso com adultos.

Koga e Kawashima (2018) desenvolveram uma versão japonesa da GAS (GASJ-7) gerando um instrumento com nível aceitável de confiabilidade. Já Lemos et al. (2016) avaliaram as propriedades psicométricas da população brasileira. Os resultados mostraram boa consistência interna, boa estabilidade e confiabilidade.

Para esta tese foi utilizada a versão da GAS em português (LEMOS et al., 2015, p.13), correspondendo a síntese final do modelo proposto por Lemmens et al. (2009). Logo, o questionário GAS aqui utilizado é composto por 21 itens e com resultados que apontaram alto *score* no Alfa de Cronbach.

Este modelo possui sete critérios de diagnósticos (categorias centrais), conforme proposta de Lemmens et al. (2009) e que foram abordados pelo DSM-V (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*) para jogos patológicos (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014, p.795-978).

A pesquisa de Petry et al. (2014, p.1399) aponta que há consenso teórico internacional dos critérios do GAS que são apresentados na figura 36 abaixo. Em seguida são apresentados os significados de cada um dos critérios conforme Lemmens et al. (2009, p.79) e Abreu et al. (2008, p. 159).

Figura 36 - Os sete critérios do *Game Addiction Scale-GAS*



Fonte: o autor (2019).

Conflito - Correspondem a todos os conflitos interpessoais originários pelo excesso de uso dos jogos. Os conflitos incluem de argumentos e negligências a mentiras e enganos.

Problema - Refere-se principalmente aos problemas de locomoção das pessoas causados pelo excesso de jogo, ou seja, quando o jogo se torna preferência sobre atividades sociais como escola, esporte e trabalho. Os problemas também podem ser intrapsíquicos, ou seja, do usuário com ele mesmo devido ao jogo excessivo.

Tolerância - O processo pelo qual uma pessoa começa a jogar por um número maior de vezes, aumentando de modo gradual a quantidade de tempo gasto em jogos. Esse aumento no período de jogo visa atingir a mesma modificação do humor vivenciada na experiência anterior (ficar mais alegre, por exemplo).

Modificação de humor/euforia – compreende as experiências subjetivas informadas como resultado do envolvimento em jogos, podendo ser relatado como alívio de ansiedade, euforia ou experiência subjetiva de prazer. Também estão incluídos sentimentos relaxantes relacionados ao escapismo (tendência de fugir da rotina ou da realidade).

Saliência – Quando o jogo passa a ser a atividade mais importante da vida de uma pessoa. Seus pensamentos (preocupação, saliência cognitiva), sentimentos (ânsia) e comportamentos (uso excessivo, saliência comportamental) são dominados pelo jogo.

Abstinência/retirada - Considerar a ocorrência de desconforto nos estados emocionais e físicos quando há redução súbita ou descontinuação do ato de jogar. Embora consista principalmente em humor e irritabilidade, também inclui sintomas fisiológicos como é o caso de tremores, por exemplo.

Recaída - Após o período de abstinência a pessoa tem a tendência em retornar rapidamente ao padrão anterior de excesso de jogo.

A versão do GAS utilizada nesta pesquisa pode ser encontrada no Anexo B. Este foi o primeiro questionário aplicado aos voluntários e ocorreu uma única vez, antes do experimento de treinamento, que foi primeiro dos dois experimentos realizados.

Os resultados serviram para se ter uma ideia do nível de intensidade dos *games* na vida dos voluntários.

3.3.4 Gameover? A conversa sobre jogos não acaba aqui

Este capítulo fez uma breve abordagem sobre os jogos eletrônicos e apresentou algumas questões além do cenário de entretenimento tão fortemente relacionado ao uso desse tipo de sistema. Esta sucinta explanação corrobora com Wazlawick (2014, p.07), ao citar que a ciência da computação (principal berço dos jogos eletrônicos) e as suas subáreas estão inseridas nas demais ciências formais e empíricas, mostrando a sua multidisciplinaridade.

Usar jogos eletrônicos traz diversos benefícios não apenas por divertir os usuários, mas também pela sua aplicação em processos didáticos e no restabelecimento da saúde mental e física, verificados na gamificação e na *gameterapia*, por exemplo. Estes cenários exploram os *games* enquanto sistemas e abrem novas perspectivas para discussões mais complexas e desafiadoras.

O uso de *games* também apresenta cenários de caráter questionável. O vício em *games* (jogado na *internet* ou não) e a exposição aos jogos de categoria violenta já apresentarem resultados nocivos a saúde mental, influenciando no comportamento dos usuários (GRÜSSER et al., 2007; HAGHBIN et al., 2013; HUANHUAN; SU, 2013; PETRY et al., 2014; JHEE et al., 2019). Além do excessivo tempo destinado aos jogos que diminuam os cuidados com a saúde física.

As questões citadas nesse capítulo ajudam a reforçar o quanto os estudos sobre *games* são propícios a intervenção do *design* e da ergonomia e alguns termos abordados neste capítulo foram inseridos na nuvem de palavras (figura 37 abaixo).

Figura 37 - Nuvem da tese: *Design + Ergonomia + Emoção + Games*



Fonte: o autor (2021).

O *design* e a ergonomia, bem como suas especializações podem contribuir com o cenário investigativo dos jogos eletrônicos por também terem uma forte relação com os humanos e suas emoções. É nesta ampla discussão que esta tese foi desenvolvida.

Serão apresentadas a seguir as ferramentas para a análise de *biofeedbacks* que foram utilizadas para avaliar as emoções.

4 A TERMOGRAFIA E SUAS VÁRIAS POSSIBILIDADES

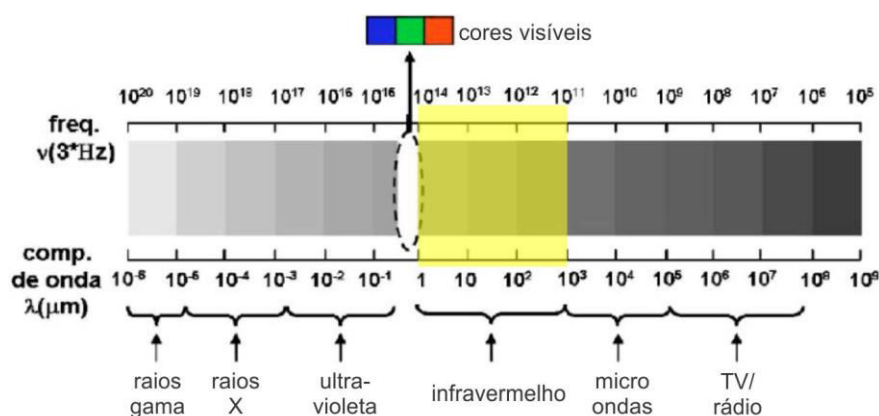
A termografia é uma técnica utilizada em diversos contextos com variados propósitos. O objetivo desse capítulo é fazer uma breve explanação do seu uso antes de focar na sua aplicação para os propósitos desta pesquisa. Inicialmente abordará os conceitos relacionados à termografia, a sua origem e a importância dos conhecimentos sobre a temperatura corporal.

Depois será feito um breve panorama das pesquisas que envolvem a termografia incluindo aquelas que tenham relação com os objetos de estudo desta tese. Por fim serão apresentadas algumas informações técnicas adotadas nesta pesquisa que serão detalhadas no capítulo dos aspectos metodológicos.

4.1 A RADIAÇÃO TÉRMICA: DADOS INTRODUTÓRIOS

O primeiro ponto a se considerar é que tanto os corpos humanos quanto os objetos emitem radiação eletromagnética. Segundo Robinson et al. (2012), esta radiação é distribuída por meio do espectro eletromagnético que corresponde ao conjunto de todas as frequências de ondas de acordo com o seu comprimento, podendo ser ondas elétricas, ondas de rádio, o espectro visível, infravermelho, a faixa ultra violeta, raios-x, gama e cósmico⁴⁶. A figura 38 abaixo traz uma representação do espectro.

Figura 38 - O espectro eletromagnético



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Micha et al. (2011).

⁴⁶ Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/espectro-eletromagnetico/>.

Conforme verificado na faixa amarela da figura supracitada, as ondas infravermelhas localizam-se entre a faixa visível (cores visíveis) e a faixa de microondas. Os seres humanos não conseguem ver as ondas infravermelhas, sendo necessário usar equipamentos específicos.

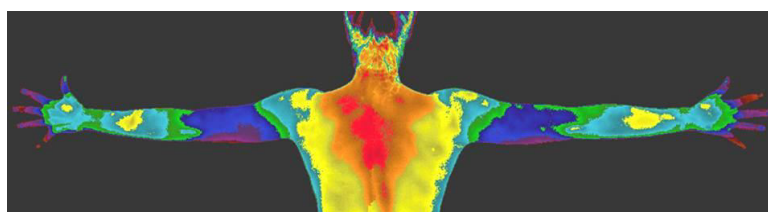
A radiação infravermelha é emitida pela agitação das moléculas do corpo quando a temperatura aumenta (AIRES JUNIOR, 2018, p.20). Os objetos que possuem temperatura acima do zero absoluto⁴⁷ (0°C) emitem radiação infravermelha e também absorvem essa radiação do ambiente ao redor (JENKINS et al., 2009).

A emissão da radiação infravermelha de um corpo ou objeto ocorre tanto pela temperatura que ele possui quanto pela eficiência em emitir radiação infravermelha, também conhecida como emissividade.

Dentre as ondas infravermelhas, as que permitem a medição da radiação são as de banda térmica de onda média e longa. Elas “permitem a medição da radiação baseada no calor emitido por objetos humanos, incluindo os rostos humanos”, o que possibilita a sua interpretação (ROBINSON et al., 2012).

Nos objetos, a emissividade varia de acordo com os materiais. Já na pele humana, a quantidade de radiação emitida é de 0.98 ($\pm 0,01$), considerada uma relevante vantagem para a medição da temperatura (ROBINSON et al. 2012; JENKINS et al., 2009). A figura 39 abaixo mostra uma imagem térmica humana.

Figura 39 - Imagem termográfica do corpo humano



Fonte: Authentic Healthsc (2019)⁴⁸.

A imagem apresenta um espectro de cores que identifica a temperatura de cada região do corpo conforme o gradiente térmico, que vai da cor vermelha (região mais quente) para a cor violeta (região mais fria). O espectro de cores também permite compreender a assimetria corporal do ponto de vista da temperatura, algo que não é possível enxergar a olho nu.

⁴⁷ Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Terrimar/Zero%20Absoluto.html>.

⁴⁸ Fonte: <https://www.authentichealthsc.com/thermography-breast-scan-full-body-scans/>.

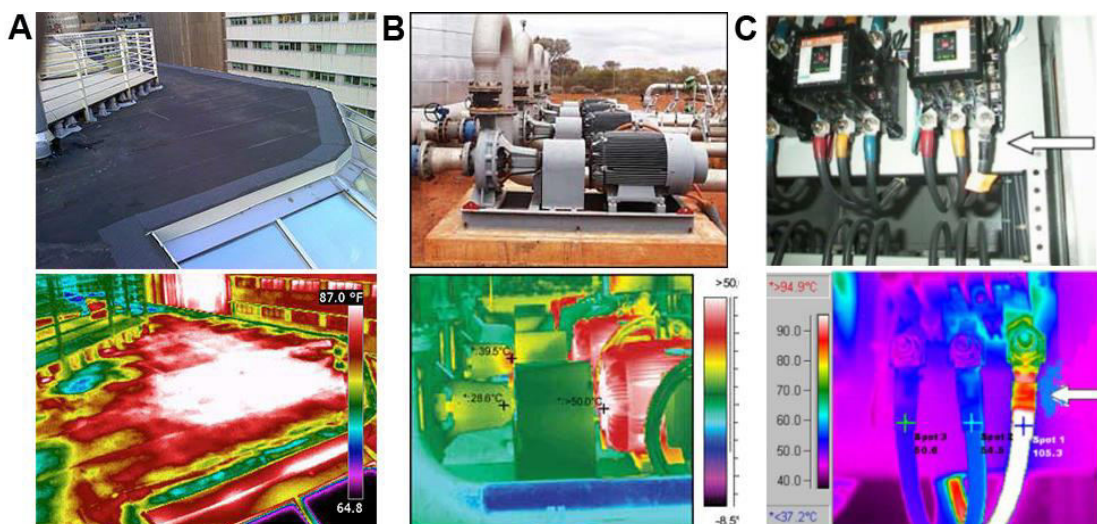
4.1.1 Termografia: Conceitos e Equipamentos

Inicialmente alguns termos precisam ser esclarecidos. De acordo com Jones (1998), a **termologia** compreende o “estudo da natureza e dos efeitos da energia térmica” e a **termometria** corresponde “a medida de um parâmetro do estado térmico de um corpo, que é a temperatura”.

A **termografia** consiste no registro ou distribuição da temperatura de um corpo obtido por condução, convecção ou radiação. A **termografia infravermelha** é o “registro da temperatura (distribuição) de um corpo usando radiação infravermelha emitida pela superfície desse corpo em comprimentos de onda entre 0,8 μ m e 1,0mm” (JONES, 1998).

Segundo o Instituto Brasileiro de Termologia Médica-IBTM (2020), a termografia também pode ser chamada de teletermografia ou termometria cutânea infravermelha e diz respeito a “um método diagnóstico por imagem que capta e registra a emissão de calor da superfície do corpo humano”. Trata-se de uma tecnologia não destrutiva (não gera resíduos), não invasiva, segura, versátil e de rápida resposta. Estas características e vantagens possibilitaram o seu uso em diversas áreas, conforme figura 40 A-C abaixo.

Figura 40 - A termografia infravermelha em diversos contextos



Fontes: (A)⁴⁹, (B)⁵⁰ e (C)⁵¹ (2021).

⁴⁹ Fonte: <https://randpc.com/ask/surveys-and-inspection/infrared>.

⁵⁰ Fonte: <https://www.machinerylubrication.com/Read/583/thermal-imaging-lubrication>.

A figura 40 supracitada apresenta três situações diferentes: (A) Arquitetura – cobertura de uma edificação, (B) Mecânica – geradores, (C) Elétrica – capacitores de energia. As três figuras superiores mostram as imagens reais dos objetos investigados e as três figuras inferiores apresentam as imagens através do espectro de cores que indicam as temperaturas mais quentes (avermelhadas) e as mais frias (azuladas) conforme paletas de cores apresentadas ao lado de cada imagem.

Por meio de *softwares* específicos é possível fazer um mapeamento de estruturas, materiais e componentes, além de tecidos e organismos vivos e converter esta radiação em termogramas (imagens térmicas).

Os termogramas utilizam o espectro de cores para demonstrar por meio de quadros visuais as variações de temperatura e distribuição de calor, possibilitando encontrar alguma alteração que possa significar potenciais problemas (FORCELINI; MERINO, 2019; SALES et al., 2017).

4.1.1.1 Equipamentos de termografia infravermelha

As últimas décadas atestaram o avanço dos estudos em termografia especialmente pela evolução tecnológica dos equipamentos. A termografia como se conhece atualmente é fruto de grandes evoluções tecnológicas iniciadas há mais de 200 anos.

No ano de 1800 William Herschel descobriu os raios infravermelhos. Quarenta anos depois, utilizando o método de evaporografia, John Herschel produziu o primeiro termograma. Em 1929 Czemy conseguiu avanços na qualidade da imagem e no ano de 1946 a indústria militar conseguiu desenvolver o primeiro *scanner* para imagens bidimensionais numa operação que durava uma hora (HOLST, 2000).

Apenas em 1966 foram geradas imagens em tempo real com o primeiro equipamento comercial (HOLST, 2000) e nesta época foi aceita pela comunidade médica por ser um método diagnóstico indolor, não invasivo, objetivo e quantificável, apesar das imagens com pouco contraste (CONNELL JUNIOR et al., 1966).

Nos anos de 1980 o foco continuou em diagnósticos e laudos sugestivos. Na década seguinte os aparelhos com sensores infravermelhos de alta sensibilidade, capazes de capturar com mais detalhes os raios do espectro, permitiram a captura

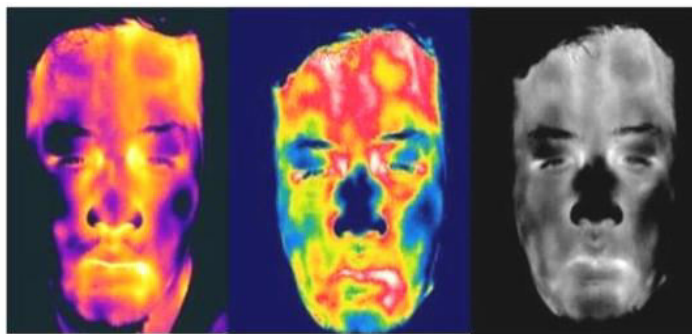
⁵¹ Fonte: <http://www.lceng.com/services/infrared-thermography-services-malaysia>.

de imagens térmicas eletronicamente (figura 41 a seguir), tornando possível novas aplicações (BRIOSCHI et al., 2003; JENKINS et al., 2009; FERNÁNDEZ-CUEVAS et al., 2015; RING; AMMER, 2012).

Neste contexto de descobertas e inovações tecnológicas, os equipamentos chegaram a um padrão de mensuração da temperatura de alta precisão que permitiu compreender o calor humano e os seus significados.

Logo, os profissionais da área da saúde puderam lidar com as suas particularidades e complexidades, tornando possível identificar e investigar novos cenários de pesquisas, abrindo novos horizontes para compreensão da termorregulação do corpo humano.

Figura 41 - Imagens térmicas capturadas eletronicamente



Fonte: Latif et al. (2016).

O corpo irradia calor naturalmente e esta radiação é a base da imagem térmica que consegue rastrear a temperatura por meio dos vasos sanguíneos próximos à superfície da pele (JONES; PLASSMANN, 2002). No entanto, conforme já citado, esta irradiação não é visualizada a olho nu, mas capturada por câmeras termográficas infravermelhas (termógrafos ou termovisores) e os modelos atuais possuem diversos recursos (JENKINS et al., 2009; RING, 2014).

Para obter uma mensuração mais precisa e que atenda as necessidades do pesquisador, estes termógrafos possuem comandos que possibilitam diversas regulagens, tais como sensibilidade, resolução, resfriamento, tipo e campo de visão da lente, foco, paleta de cores, definição de contrastes, ajustes de ruídos e a possibilidade de filmagem.

Estas são algumas das possibilidades de ajustes conforme o modelo de câmera utilizado e que podem fazer diferença na qualidade do termograma e nos

resultados pretendidos. Embora existam modelos de alto custo, no mercado é possível encontrar câmeras portáteis com configurações e sistemas de captura de termogramas para atender a ampla possibilidade de uso desses equipamentos.

A figura 42 abaixo apresenta cinco formatos de câmeras: (I) modelo para drones, (II) para *smartphones*, (III) com formato de *smartphone*, (IV) tipo filmadora e (V) três câmeras com manopla e gatilho.

Figura 42 - Diversas configurações de câmeras termográficas



Fonte: Kras Engenharia⁵² (2019).

Estes equipamentos são providos de lentes especiais com sensores que capturam a radiação ou a refletância térmica emitida pela pele (KRIŠTO; IVAŠIĆ-KOS, 2018). A maioria dos modelos possui um visor na parte posterior que permite visualizar a reprodução da assinatura térmica (por vídeo ou imagem) gerada em tempo real ou verificar aquelas que estão armazenadas em sua memória interna, seja um objeto ou corpo humano, conforme figura 43 abaixo.

Figura 43 - Imagem termográfica na câmera e no computador



Fonte: Claudia Sá Dermatologia⁵³ (2019).

⁵² Fonte: <https://www.krasinspecao.com.br/wp-content/uploads/2020/11/camera-termografica-infravermelho-comprar-01.jpg>.

Para medir a temperatura é necessário posicionar a câmera próxima ao motivo (objeto ou humano), lembrando que cada situação de uso, da engenharia à saúde, requer uma distância específica.

Para realizar a mensuração da temperatura da pele é importante adotar alguns procedimentos técnicos a serem aplicados tanto no ambiente de pesquisa (controle da temperatura) quanto junto aos participantes (tempo de aclimação). Essas medidas são necessárias para atingir os requisitos do protocolo de pesquisa conforme as particularidades de cada investigação.

Além do controle da temperatura do ambiente e dos procedimentos pré-experimento, o tempo de aclimação deve ser obedecido, exigindo que a área a ser fotografada esteja desnuda e não possa ser tocada durante todo o experimento. (FANGER, 1982; MERLA; ROMANI, 2007; RING, 1983; RING et al., 1984).

Estes e outros métodos adotados nesta pesquisa estão contidos no protocolo de pesquisa da termografia (Anexo C), na metodologia e na coleta de dados, denominados pelo termo “Procedimentos de Pré-teste”.

4.1.2 O estudo da termografia em vários contextos

No início desta pesquisa, em janeiro de 2017, foi realizado um levantamento bibliográfico na base de dados do Periódico da CAPES⁵⁴ com o intuito de verificar a aplicabilidade da termografia. É importante informar que o pesquisador autor desta tese não tem familiaridade com o tema e que não houve pretensão em elaborar uma revisão bibliográfica naquele momento.

Foram escolhidos os descritores “Termografia Infravermelha” e “*Infrared Thermography*” para buscas apenas no título e nos resumos das publicações. Foram considerados os seguintes critérios para relevância dos artigos:

1. Buscar apenas artigos científicos de periódicos revisados por pares;
2. Selecionar artigos de periódicos nacionais e internacionais com Qualis igual ou acima do nível B1, consultados no portal **Sucupira – Periódicos Qualis**⁵⁵;

⁵³ Fonte: <http://claudiasa.com.br/termoimagem/>.

⁵⁴ Fonte: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?>

⁵⁵ Fonte: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>.

3. Os periódicos mais comuns entre os artigos encontrados tiveram seus fatores de impacto verificados no site **Journal Database**⁵⁶. Apenas aqueles com fator igual ou acima de 1 foram escolhidos;
4. Quanto ao fator de impacto considerou-se o **biênio 2013/2014**, por ser a versão mais atual utilizada pelo Journal Database na época do levantamento;
5. Foi utilizado o recorte temporal entre 2012 e 2017, considerando os artigos publicados nos últimos cinco anos do momento da pesquisa, em 2017.

Foram encontrados 5.613 artigos e selecionados 107 artigos para verificação do conteúdo. Após leituras dos resumos (*abstracts*) foi possível traçar um panorama das pesquisas realizadas, evidenciando a abrangente possibilidade de aplicação desta ferramenta em várias áreas do conhecimento.

As temáticas são diversificadas. Alguns artigos tratam das questões de conteúdo técnico e de aplicabilidade como conceitos, tecnologia, equipamentos, acessórios, condições laboratoriais, normalização, estatística, captura e qualidade de imagens. O quadro 12 abaixo apresenta o panorama dos assuntos mais abordados que foram encontrados neste levantamento.

Quadro 12 - Subdivisões de áreas de aplicação da termografia

Aplicação	Assuntos citados
Área industrial	Indústria aeronáutica
	Indústria automobilística
	Aplicações na área militar
	Manutenção elétrica e eletrônica
	Monitoramento da deformação de materiais diversos
	Inspeção estrutural mecânica e arquitetônica
	Energia renovável (turbinas eólicas, painéis e células solares)
	Estudos da temperatura interna no ambiente construído
	Estudos na área da construção civil
	Monitoramento de vigilância e segurança
	Estudos dermatológicos e da transpiração da pele
	Estudos de fadiga muscular no âmbito esportivo
	Diagnóstico de lesões causadas por treinamento físico
	Análise de fluxo sanguíneo
	Variação de temperatura cutânea e estudos da febre
	Padrões de respiração metabólica

⁵⁶ Fonte: <http://www.journal-data.com>.

Área da Saúde	Operações odontológicas
	Doenças vasculares, cardíacas e pulso cardíaco
	Diagnostico de cânceres e tumores diversos
	Problemas de saúde e qualidade de vida de trabalhadores
	Estudo referente ao repouso ou estimulação de indivíduos
	Estudos nas áreas agrárias com animais
Aspectos hedônicos e emocionais	As emoções humanas e a relação com a temperatura corporal
	Atuação do Sistema Nervoso (estresse e relaxamento)
	Estudos cognitivos e psicológicos
Ergonomia (fatores humanos)	Conforto térmico em tecidos e vestimentas
	Testes de pega e aplicação de força
	Conforto termo-fisiológico e fadiga no uso de produtos
	Gestão de saúde e segurança ocupacional (esforço operacional)
	Performance e desempenho em tarefas diversas
	Modelos humanos 3D

Fonte: O autor (2017).

O quadro apresenta um cenário de pluralidade na aplicação da termografia, dos contextos relacionados à engenharia, indústria e materiais, aos aspectos direcionados ao ser humano e as investigações com animais.

Fazendo um rápido comparativo, verificou-se que nos artigos nacionais há predominância de aplicação da termografia na área da saúde, na sua grande maioria em pesquisas com seres humanos, mas incluindo os animais. Já as pesquisas dos artigos internacionais trazem um maior número de resultados nas áreas tecnológicas e de engenharia, além de também contemplarem a área da saúde.

Com mais de seis décadas de atividade, a aplicação da termografia infravermelha acompanha o contexto social, tecnológico e econômico mundial, além de se inserir nas complexas relações entre o ser humano, os produtos que ele utiliza, as atividades que realiza e os ambientes que frequenta.

Inicialmente utilizado para vigilância e segurança na área militar e policial para rastreamento de material bélico e/ou pessoas em atitude suspeita em ambientes de fronteiras, a termografia ganhou notoriedade ultimamente na triagem de doenças infecciosas e na medição da temperatura corporal com o objetivo de identificar pessoas eventualmente infectadas com a COVID-19, conforme figura 44 a seguir.

Tornou-se cada vez mais comum o uso dessa ferramenta em ambientes de grande aglomeração e circulação de pessoas, como estações e terminais de transporte aéreo, terrestre e marítimo para monitorar a temperatura dos indivíduos.

Figura 44 - A termografia no controle da COVID-19



Fonte: Vantageit⁵⁷ (2021).

Alguns estudos apontam métodos para o reconhecimento facial por meio do espectro térmico. Hermosilla et al. (2012) apresentou um comparativo entre cinco métodos (*Local Binary Pattern* - LBP, *Weber Linear Descriptors* - WLD, *Gabor Jet Descriptors* - GJD, *Speeded Up Robust Features* - SURF e *Scale-Invariant Feature Transform* - SIFT), com destaque para os dois últimos que se baseiam na identificação de regiões de interesse (áreas corporais que são investigadas). O SIFT foi o escolhido como aquele que obteve os melhores resultados.

Alguns estudos trazem potencialidades e limitações de uso da termografia (LAHIRI et al., 2012; IOANNOU et al., 2014A; FERNÁNDEZ-CUEVAS et al., 2015; SINGH; ARORA, 2020). Nesse contexto multidisciplinar estão os estudos nas áreas do *design* industrial, da ergonomia, das emoções humanas e dos aspectos psicofisiológicos.

Os próximos tópicos irão abordar a termografia em pesquisas com humanos e serão apresentados estudos nas áreas supracitadas, incluindo exemplos de investigações que apontam resultados qualitativos e quantitativos de interesse para esta tese. Ao final do capítulo serão informadas as regiões de interesse que foram investigadas nesta pesquisa.

4.2 O CORPO HUMANO E A SUA TEMPERATURA

Popularmente julga-se um corpo em estado febril como um sinal de saúde debilitada e há décadas esta “crença popular” encontra veracidade científica na identificação de anormalidades no organismo. A associação entre um possível

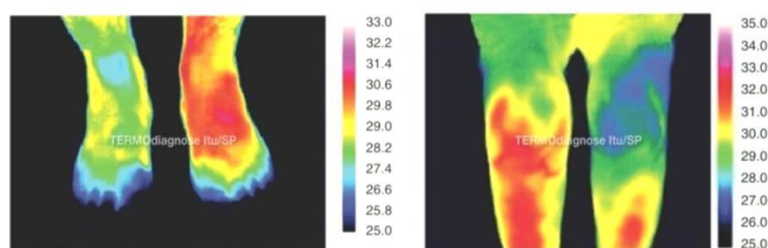
⁵⁷ Fonte: <http://vantageit.com.br/cameras-termograficas/>.

quadro patológico e a temperatura corporal é uma relação que surgiu bem antes dos instrumentos que atualmente comprovam essa condição (AIRES JUNIOR, 2018).

O equilíbrio entre a geração e a perda de calor torna a temperatura corporal central constante. Este controle é fundamental para o sistema nervoso autônomo, sendo a digestão (metabolismo) e a flexão muscular (exercício) as duas principais fontes de calor. Segundo Jones (1998), o sistema circulatório é o responsável pelo transporte do sangue para as regiões periféricas do corpo, influenciando suas respectivas temperaturas.

A fisiologia humana pode ser investigada sob a ótica da assimetria corporal considerando o seu estado térmico. É possível verificar se um indivíduo apresenta “simetria contralateral na distribuição da temperatura da pele” ao se comparar regiões do corpo conforme observado na figura 45 abaixo.

Figura 45 - Comparativo entre termogramas



Fonte: Termodiagnose⁵⁸ (2021).

Segundo Jones (1998), ao serem encontradas diferenças térmicas nas regiões corporais é possível identificar malignidades, inflamações e infecções. A figura supracitada é um bom exemplo da afirmação do autor. A imagem da esquerda mostra a temperatura dos pés de um indivíduo, onde o pé esquerdo apresenta temperatura mais elevada, denunciada pela cor avermelhada conforme a paleta de cores ao lado. A imagem à direita apresenta duas pernas e uma delas (direita) é a que apresenta maior temperatura na região do joelho e abaixo dele.

A troca de calor entre o ambiente e o corpo humano é o que determina a temperatura da pele, buscando permanecer constante (homeostase) e “manter as funções e a composição dos fluidos e tecidos do corpo”. Sendo transportado pela

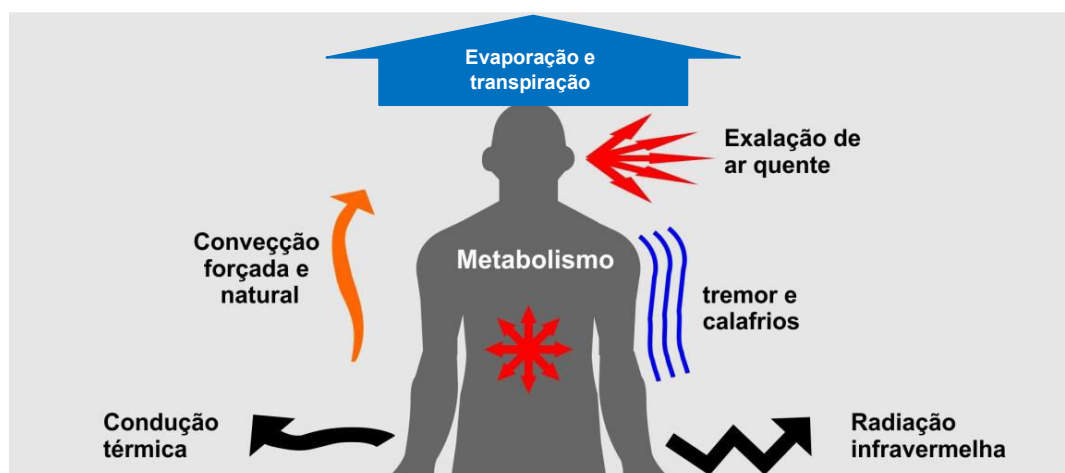
⁵⁸ Fonte: <https://termodiagnose.com.br/index.php/blog/item/1-abordando-o-joelho-artritico-por-termografia-infravermelha>.

circulação sanguínea, o calor gerado pelo metabolismo do corpo e pela contração dos músculos é “monitorado” por uma pequena área do hipotálamo (região do cérebro), que é parte do sistema nervoso autônomo (SINGH; ARORA, 2020).

Segundo Haddad (2014), a região do hipotálamo é a que “controla o fluxo sanguíneo cutâneo de maneira uniforme e simétrica”, permitindo a identificação de um padrão térmico bilateral. Ao sinal de qualquer alteração na temperatura corporal ele atua como um “circuito de *feedback* negativo” e envia sinais que ativam os métodos de perda de calor (JONES; PLASSMANN, 2002).

A figura 46 abaixo traz um esquema desta dinâmica com representações dos elementos que simbolizam os métodos de perda de calor.

Figura 46 - Balanço dinâmico do calor corporal



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Jones e Plassmann (2002).

Jones e Plassmann (2002) citam que o **metabolismo** corporal (transformações das substâncias químicas no interior do organismo) gera calor, assim como a contração muscular, diante de **tremores e calafrios**. A pele é aquecida por **condução térmica** a partir dos vasos sanguíneos e a vasodilatação permite o aumento da **condução térmica** e **radiação**, embora estes não sejam grandes efeitos.

Jones e Plassmann (2002) prosseguem ao afirmar que após detectar aumento na temperatura uma região do hipotálamo “ativa métodos de perda de calor como vasodilatação, **transpiração**, **exalação** de ar quente e uma redução na taxa

metabólica”. E ainda complementam ao citar que a maneira mais eficaz de reduzir o calor é através da transpiração (**convecção forçada e natural**).

A termografia consegue detectar e produzir imagens infravermelhas que representam “a dinâmica microcirculatória da superfície cutânea” em tempo real (HADDAD, 2014). Segundo Nhan e Chau (2010), nesta dinâmica, as mudanças na temperatura da pele se dividem em duas categorias:

- 1) Termorregulação fisiológica – responsável pelos processos que o corpo humano utiliza com o intuito de controlar a sua temperatura central. Tem como consequências naturais alterações térmicas através da sudorese, tremores, alterações no ritmo cardíaco etc.;
- 2) Termorregulação emocional – corresponde às alterações na temperatura facial resultantes de alguma influência emocional ou mental.

As mudanças de ambas são mensuráveis, porém é na segunda categoria que esta tese se norteia. Nesse cenário, a temperatura da pele funciona como “indicador funcional dos processos que ocorrem no interior do corpo” (SINGH; ARORA, 2020).

Por ser o maior órgão do corpo, a pele humana desempenha um papel fundamental na regulação da temperatura corporal (JENKINS et al., 2009). O desenvolvimento contínuo do calor nos seres vivos, conhecido pelo termo **termogênese**, possibilita o monitoramento da condição interna do corpo.

Verifica-se que a mensuração e a quantificação da temperatura do corpo na busca pela homeostase é um processo complexo e a Medicina vem investigando e buscando respostas para a termorregulação corporal, tão importante para a saúde corporal (MAGALHÃES et al., 2001; LIM et al., 2008).

Outra questão relevante é que a observação e análise térmica dos lados direito e esquerdo do corpo humano, ou de uma região específica dele, permite verificar a existência de potenciais problemas.

Nesse sentido, torna-se fundamental a adoção de protocolos que garantam a cientificidade e assegurem a sistematização, padronização e confiabilidade dos procedimentos de aferição.

Protocolo para a captura da imagem térmica

A temperatura corporal é um fenômeno que corresponde a um estado térmico. Pode ser alterado rapidamente por diversos motivos: características (dimensão, temperatura, velocidade do ar, iluminação) do ambiente; fisiologia humana; atividade que está sendo realizada; qualidade tecnológica e precisão do equipamento para captura térmica; enquadramento e distância entre o equipamento e o corpo ou objeto; técnica utilizada pelo usuário e interpretação dada as imagens obtidas; isolamento em torno da área investigada, etc. (ZAPROUDINA et al., 2008; AIRES JUNIOR, 2018).

Tais fatores estão correlacionados entre si, podendo fazer parte de uma mesma situação, se concentrando no ambiente, no equipamento, no *software* e no manipulador do equipamento. Logo, as possibilidades de ocorrerem oscilações na temperatura do objeto de estudo são reais, podendo gerar resultados e diagnósticos imprecisos, insuficientes ou incorretos.

Em 2001 foi realizado um estudo multidisciplinar e colaborativo chamado *The Anglo-Polish Database Project* e uma de suas ações teve o objetivo de “identificar e resolver as fontes de erro e problemas na imagem térmica médica”. A padronização gerada pelo estudo permitiu normatizar os procedimentos a serem adotados em pesquisas envolvendo a termografia (RING et al., 2007).

Já o estudo realizado por Fernández-Cuevas et al. (2015) gerou um protocolo para coleta da radiação térmica que resultou na classificação de três fatores a serem verificados, conforme quadro 13 abaixo.

Quadro 13 - Fatores a se considerar no uso da termografia em humanos

FATOR	DEFINIÇÃO	ATRIBUTO	ELEMENTOS
Ambiental	Características naturais do ambiente	Fator controlável: equipamentos e acessórios para controle térmico	Dimensão da sala, umidade relativa, atmosférica, fontes de radiação (calor), iluminação, insolação, ventilação.
Individual	Relacionado ao assunto (objeto ou humano, inteiro ou parte); As características pessoais	Complexo e de difícil controle devido à diversidade humana e a resposta individual de cada organismo	<u>Intrínsecos</u> – Parâmetros biológicos e anatômicos do ser humano: sexo, idade, antropometria, emissividade da pele, histórico médico, taxa metabólica, fluxo sanguíneo da pele, emoções. <u>Extrínsecos</u> – Parâmetros externos

que podem afetar a temperatura da pele humana: (I) fatores de consumo (*medicamentos, bebida, cigarro, estimulante, alimento*); (II) de aplicação (*cosméticos, pomadas, luz solar*); (III) terapias (*eletroterapia, ultrassom, massagem, acupuntura, tratamento térmico*), (IV) atividades físicas (*nível do exercício, atividades recentes, sudorese*).

Técnico	Relacionado ao equipamento que será utilizado e o usuário	Fatores controláveis: tanto o <i>software</i> instalado quanto a experiência do usuário podem alterar a qualidade dos dados	Validade, confiabilidade, protocolo usado, expertise do manipulador, características da câmera, seleção de ROI (regiões de interesse), <i>software</i> e análise estatística.

Fonte: O autor (2018). Baseado em Fernández-Cuevas et al. (2015).

Estes fatores incluem as principais variáveis e envolvem basicamente quatro elementos: ambiente, usuário, equipamento e *software*. Com exceção do ser humano, os outros elementos estão em constante análise, avaliação e aperfeiçoamento, seja pelo avanço da tecnologia ou por melhorias nas metodologias e processos de captura de imagem (AIRES JUNIOR, 2018).

Voltando aos fatores do quadro 13 supracitado, é fundamental considerar o máximo possível as variáveis apresentadas de modo a evitar diagnósticos incompletos, inexatos ou a perda das imagens. Vale lembrar que na presente tese os referidos fatores foram considerados nos testes pilotos e na coleta final dos dados, por meio do protocolo da termografia apresentado no Anexo C.

4.2.1 A saúde sob a ótica da termografia infravermelha

Não faz parte do escopo de investigação desta tese uma análise aprofundada sobre o uso da termografia infravermelha no diagnóstico patológico. No entanto, cumpre mencionar algumas pesquisas sob a ótica da saúde de forma a contextualizar o uso desta ferramenta.

A aplicação da termografia na saúde é muito extensa, com pesquisas plurais em diversas regiões internas e externas do corpo humano. Para uma visão global é possível verificar revisões de literatura que apontam um amplo uso da termografia.

Na área da saúde, Ring e Ammer (2012), Lahiri et al. (2012) e Meira et al. (2014) verificaram a evolução da tecnologia termográfica e a detecção de patologias. O estudo de Owen e Ramlakhan (2017) investigou a população pediátrica, Vardasca et al. (2019) trouxe análises sobre aplicações biomédicas e Bunn et al. (2020) apresentou uma revisão sobre o uso e a eficácia da imagem térmica para detectar lesões músculo-esqueléticas. A temperatura da face merece um maior detalhamento por ser o local do corpo humano com contribuições em pesquisas relacionadas com as emoções e que foram exploradas nesta tese.

4.3 A FACE HUMANA E A TERMOGRAFIA

Embora a metáfora “vermelho de raiva” seja uma expressão popular sobre a condição de estresse ou raiva de um indivíduo, esta expressão é explicada fisiologicamente.

O rubor da face é uma das características que pode exprimir emoções, tais como raiva, vergonha, alegria (SILVA; SILVA, 1995). A vermelhidão é uma das ações involuntárias que ocorre através da microcirculação da pele na região facial e mudanças fisiológicas causadas pela ativação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) Simpático.

O rubor ocorre pelo aquecimento (vasodilatação) causado pela emoção, um processo complexo de controle corporal da temperatura (SHASTRI et al., 2009; KREIBIG, 2010). A literatura já comprovou que a temperatura facial se altera conforme o estado de espírito (FERNÁNDEZ-CUEVAS et al., 2015).

Os componentes fisiológicos estão incluídos na reação imprevista do organismo causada pelas emoções (LELORD; ANDRE, 2002) e a termografia infravermelha é considerada um método adequado para verificar a temperatura ao nível da pele, analisando sua microcirculação e verificando o que ocorre no Sistema Nervoso Autônomo (SNA) Simpático (BRIOSCHI et al., 2003).

O SNA é o responsável pelo controle da perfusão (bombeamento) sanguínea que é transportada pelos vasos que irrigam a pele em todo corpo, podendo configurar-se como vasodilatação ou vasoconstrição (contração dos vasos sanguíneos) (KOSONOGOV et al., 2017).

O sistema nervoso autônomo simpático é aquele relacionado às alterações do organismo em situação emergencial que corresponde ao fluxo sanguíneo (KOJI et al., 2004). Algumas variáveis fisiológicas mensuráveis estão relacionadas a este sistema, inclusive algumas podem indicar estados emocionais (PURI et al., 2005).

O fato dos vasos periféricos estarem localizados logo abaixo da superfície da pele torna possível a investigação da alteração da temperatura da pele e, no caso da face, a avaliação do estado emocional do indivíduo (NOZAWA; TACANO, 2009).

Segundo Fu e Frasson (2016) as expressões faciais são ótimos “delatores” do estado emocional e um dos motivos da mudança na temperatura é o estímulo do sistema nervoso.

Quando um evento psicológico causa a queda na temperatura da face, indica que ocorreu vasoconstrição subcutânea medida pelo SNA Simpático (OR; DUFFY, 2007), ou seja, a ativação desse sistema causa a vasoconstrição (redução de qualquer canal, ducto)⁵⁹. Nesse caso, o fluxo sanguíneo nos vasos capilares periféricos diminui, ocasionando a queda da temperatura local, em uma região de interesse devidamente delimitada (OR; DUFFY, 2007; YAMAKOSHI et al., 2008).

Após o referido evento, quando a excitação causada pela situação diminui, a atividade nervosa simpática que estava ativada também reduz. Então ocorre a vaso dilatação, o fluxo sanguíneo nos vasos periféricos aumenta e a temperatura também aumenta (NOZAWA; TACANO, 2009).

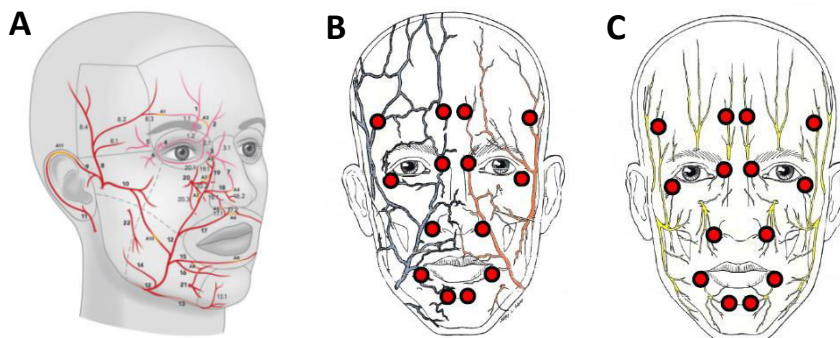
Emoções negativas e o estresse mental são dois estados emocionais já estudados na literatura que indicam se tratem da indução de respostas metabólicas periféricas medidas pelo SNA Simpático. A transpiração também é um fenômeno fisiológico do referido sistema (GOULART et al., 2019). Aliás, o estado estressante pode ser observado tanto em atividades que causem exaustão física e/ou emocional quanto em tarefas monótonas (YAMAKOSHI et al., 2008).

A região da face é bastante enervada por vias neuronais, com microcirculação regional com várias funções e a sua estrutura é anatômica, complexa e envolve muitos sistemas.

Quanto a estrutura vascular da face humana, a figura 47 A-C a seguir traz três exemplos da vascularização facial.

⁵⁹ Fonte: <https://www.dicio.com.br/constricao/>.

Figura 47 - Perspectivas do sistema circulatório da face



Fonte: adaptados de Arx et al. (2018) (A) e Haddad (2014) (B, C).

A figura supracitada apresenta de três maneiras a distribuição vascular que preenche boa parte das regiões da face, permitindo o transporte sanguíneo de maneira mais homogênea e simétrica possível. (A) mostra as artérias da face, (B) exibem o suprimento nervoso e (C) o suprimento vascular superficial da face, ambos com pontos de referência termoanatômicos.

Observa-se na figura 47 (B e C) que os pontos de referência termoanatômicos (círculos vermelhos definidos na tese de Haddad, 2014), evidenciam a “distribuição térmica da superfície cutânea da pele”. Aliás, a autora conseguiu “identificar, mapear e quantificar pontos de referência baseados na termoanatomia da face” a partir de gradientes térmicos.

Esta condição permite que as mudanças fisiológicas resultantes de situações que afetem o sistema nervoso possam ser analisadas pela temperatura facial (ZHU et al., 2007; HADDAD, 2014).

A tecnologia permite verificar variações em pequenas dimensões e frações de temperatura de milímetros quadrados de área da pele e décimos de grau centígrado (BRIOSCHI et al., 2003; ABERNATHY et al., 1984).

Essas áreas específicas são fundamentais para os propósitos da maioria das pesquisas que envolvam a termografia, inclusive as emoções.

4.3.1 Regiões de interesse: vamos ao que interessa

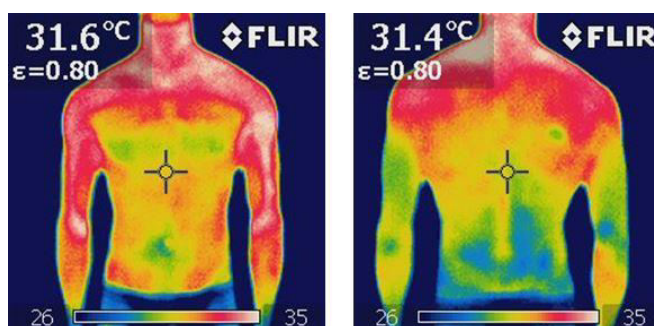
Para realização de medições térmicas é fundamental determinar as áreas do corpo que realmente serão estudadas, ou seja, definir as áreas que irão nortear a investigação comparativa entre a temperatura inicial e a temperatura final.

A versatilidade permitida pelo uso das câmeras portáteis exige do pesquisador e usuário do equipamento a adoção de alguns procedimentos para obter a imagem o mais adequada possível, de modo coerente e evitando erros espaciais e dimensionais da área capturada e interferências ambientais.

A literatura recomenda, como a investigação de Aires Junior (2018), que a captura da imagem térmica contemple de maneira enquadrada a área de relevância e interesse, evitando o máximo possível que outros elementos além do motivo principal sejam capturados pela câmera.

A figura 48 abaixo é um bom exemplo, onde é possível verificar os limites entre o corpo e a imagem (cenário) de fundo.

Figura 48 - Termogramas de um humano e o contraste com o fundo preto



Fonte: EFDesportes⁶⁰ (2015).

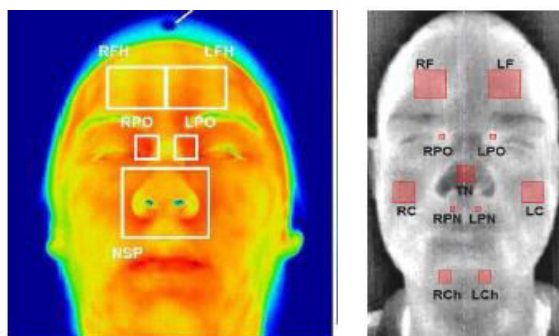
As regiões de interesse (*Regions Of Interest - ROI*) são pontos de referência utilizados como áreas específicas de análise da temperatura. Estas regiões são previamente delimitadas para o uso investigativo conforme uma demanda estabelecida, podendo ser uma imagem ou cena (SEOANE, 2012).

Considerando a análise da assimetria térmica é fundamental que estas áreas tenham as mesmas dimensões em ambos os lados. A figura 49 a seguir exibe duas imagens térmicas que destacam os seus respectivos polígonos que correspondem à delimitação dos ROIs a serem analisados e destaca a simetria entre eles.

Observa-se que os ROIs não seguem um padrão dimensional. No entanto, os polígonos que delimitam as áreas geralmente possuem formato geométrico para atender à assimetria térmica, o chamado “efeito espelho”.

⁶⁰ Fonte: <https://www.efdeportes.com/efd205/termografia-efeito-do-aquecimento-no-andebol.htm>.

Figura 49 - Regiões de interesse faciais



Fontes: adaptados de Nhan e Chau (2010) e Goulart et al. (2019).

A tese de Haddad (2014) foi desenvolvida na área da odontologia e pesquisou a termoanatomia da face humana. Ao identificar 28 pontos termoanatômicos fixos na face de adultos, a autora reforçou o potencial da termografia em identificar alterações funcionais por meio da temperatura facial. Além de facilitar a localização de potenciais regiões de interesse.

A correta delimitação das regiões de interesse traz cientificidade às análises da temperatura facial por vários motivos:

- As regiões capturadas são realmente aquelas que apresentam variações significativas de emissividade térmica passíveis de serem analisadas estatisticamente.
- As áreas escolhidas possuem coordenadas devidamente delimitadas para as regiões a serem analisadas, considerando o tamanho, quantidade de pixels e a área de cálculo térmico (RAJOUB; ZWIGGELAAR, 2014).
- Com a delimitação é possível reproduzir manualmente ou automaticamente as mesmas áreas em outras pesquisas.
- Ao delimitar a área é possível verificar a simetria térmica facial considerando as regiões bilaterais da face e compará-las posteriormente.
- A delimitação dos ROIs torna as investigações de rastreamento facial (térmico ou não) mais uniformes e autênticas (MARZEC et al., 2015).

Logo, a escolha e a segmentação das áreas de interesse são fundamentais e devem ser encaradas como um passo inicial para qualquer investigação que envolva

os seres humanos e a termografia. Independentemente da investigação ser para diagnósticos médicos ou para análises dos aspectos cognitivos e emocionais (SINGH; ARORA, 2020).

4.4 A TERMOGRAFIA ALÉM DA SAÚDE: *DESIGN* E ERGONOMIA

A diversidade de aplicação da termografia encontrou em atividades multidisciplinares demandas de grande relevância, ampliando a variedade de possibilidades de uso dessa ferramenta. Este é o caso do *design*, da ergonomia e os estudos referentes aos aspectos emocionais.

Quando utilizada em experimentos, a termografia permite que o usuário mantenha o seu comportamento natural e a sua espontaneidade por não ser invasiva, sendo esta considerada como uma grande vantagem diante de outras técnicas. A coleta de dados sem o risco de desconforto, distração, intolerância e limitação de ações ou comportamentos dos investigados traz promissoras perspectivas nos campos tecnológicos, sociais e da saúde, lançando um novo olhar na investigação da interação do usuário com objetos do cotidiano.

Essa percepção foi observada por Jenkins et al. (2007) ao afirmarem que a termografia passou a ser enxergada pelos pesquisadores em *design* como um novo método de avaliação de estímulos físicos e emocionais de usuários de produtos e sistemas por meio da mensuração da pele.

Aliás, o *design* enquanto atividade multidisciplinar destinada ao desenvolvimento de produtos e sistemas, dentre outras vertentes, é considerada uma prática de grande complexidade justamente por direcionar seus resultados para atender às necessidades do ser humano.

Das incontáveis interações entre um indivíduo e os objetos ao seu redor é possível enxergar o seguinte cenário padrão: se o usuário ao utilizar um objeto precisa sustentá-lo, pressioná-lo ou aplicar uma força para acionar algum comando (apertar um botão ou manusear um manípulo).

Estas ações e estes contatos necessitarão de energia o suficiente para executar tais tarefas e conseqüentemente as áreas de contato entre o produto e o usuário sofrerão alteração na temperatura.

Essa troca térmica é comum em contatos entre dois corpos, mesmo sendo um humano e um objeto. A condutibilidade de calor do material do objeto influencia na temperatura, mesmo que ele não produza calor.

Nessa perspectiva, observa-se que é possível projetar inúmeras situações passíveis de investigação integrando o *design* (desenvolvimento de produtos), a ergonomia (interação usuário-produto), a opinião dos usuários (experiência do usuário) e a termografia (temperatura do corpo humano).

Várias pesquisas envolvendo o *design* e a termografia já foram realizadas. Luz et al. (2010) verificaram o potencial da termografia na avaliação do conforto do usuário de prótese. Marcelino et al. (2018A) analisaram o conforto térmico e um protocolo de usabilidade para adaptadores de escrita para crianças deficientes foi elaborado (MARCELINO et al., 2018B).

Investigações envolvendo o uso de produtos e a termografia ocorreram nos estudos de Rossignoli et al. (2014), que analisaram a distribuição da temperatura no corpo de usuários de cadeiras de rodas.

As pesquisas de Merino et al. (2018) e Merino et al. (2019) realizaram estudos sobre projetos de próteses e propuseram um protocolo de obtenção de dados com a inclusão da termografia como ferramenta de avaliação da marcha de pacientes.

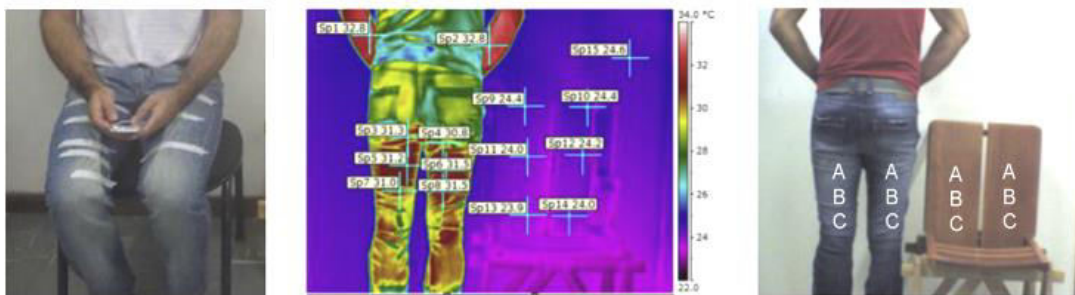
A experiência com assentos foi verificada em Cengiz e Babalik (2007) ao investigarem o conforto térmico de assentos de automóveis durante um teste de estrada estendido.

A pesquisa de Liu et al. (2011) analisou o comportamento dos materiais de assentos de cadeiras, considerando as características térmicas, após um grupo de usuários usarem os mobiliários em três posições diferentes.

Pereira (2013) analisou o conforto sob a ótica da termografia ao verificar o “comportamento da temperatura de aquecimento e resfriamento (conforto térmico) nos assentos de oito cadeiras escolares, fabricadas com materiais diversos”. Os resultados permitiram identificar qual material mais aquece.

Já a pesquisa de Sales et al. (2017) investigou as partes das cadeiras que as pessoas tem contato quando estão utilizando. Também investigaram a resposta térmica dos materiais destas partes ao aquecimento e ao resfriamento, conforme mostrado na figura 50 a seguir.

Figura 50 - Análise do conforto térmico em assento



Fonte: Sales et al. (2017).

Também são encontradas pesquisas que trazem a termografia na análise do conforto em diversas perspectivas. Mcloone et al. (2000) avaliaram os *mouses* para computador e Silva e Mira (2016) verificaram o conforto sob a ótica da percepção tátil em vários objetivos de polímero. Schacher et al. (2009) encontraram mapas de zonas quentes em roupas usadas por dentistas em condições de trabalho e Ghahramani et al. (2016) avaliaram o conforto térmico e o estresse de pessoas em uma pesquisa que avaliou o conforto ambiental de um edifício.

A termografia também se insere em estudos quantitativos relacionados à carga de trabalho cognitivo e medidas que visam reduzir danos (STEMBERGER et al., 2010), além de pesquisas sobre a postura, o desconforto postural e o surgimento de DORTs⁶¹, sobrecarga e dor em trabalhadores (MARÇAL et al., 2016A; MARÇAL et al., 2016B).

Silva et al. (2015) trouxeram reflexões sobre o uso da termografia como ferramenta de verificação da temperatura em vários contextos relacionados ao *design*. Já Forcelini e Merino (2019) realizaram uma revisão bibliográfica sistemática e apresentaram diversos estudos sobre o uso da termografia no desenvolvimento de produtos, reforçando o potencial de uso dessa ferramenta.

Os exemplos citados são uma pequena amostra de que a termografia encontra um imenso campo de atuação no *design* e na ergonomia, corroborando com o pensamento de Love (2004) ao propor a necessidade da compreensão dos processos fisiológicos na área do *design*.

Embora as pesquisas com a termografia se destaquem no campo físico (JENKINS et al., 2009), herança das aplicações nas ciências da saúde e

⁶¹ DORT - Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho.

investigações fisiológicas, observou-se um crescimento nos estudos envolvendo as áreas da psicologia e psicofisiologia, incluindo a mensuração das atividades cognitivas, as mudanças nos estados afetivos e as investigações de ambas na interação humano-computador.

4.5 PSICOFISIOLOGICAMENTE FALANDO SOBRE A TERMOGRAFIA

Pesquisas multimodais permitem verificar as possíveis correlações entre resultados quantitativos e objetivos obtidos pela termografia e os resultados qualitativos e subjetivos das ferramentas de autorrelato, como os questionários. Nesse cenário, a comunidade científica já apresentou diversos experimentos.

O estudo multimodal de Merla (2014) conseguiu verificar o quanto a temperatura corporal pode influenciar outros aspectos fisiológicos, como a taxa de respiração, o pulso cardíaco, a taxa de perfusão cutânea e a atividade eletrodérmica e sudomotora. Uma visão geral das aplicações térmicas em psicofisiologia foi realizada, apontando os estados de aflição, medo, susto e excitação sexual.

Dentre as várias perspectivas investigativas multimodais destaque para aquelas que comparam as respostas de autorrelato (o que se fala) com as respostas obtidas pela termografia (o que se sente). Pavlidis (2004) trouxe um método para pontuar os testes de polígrafo (detector de mentiras) usando a imagem térmica do rosto e verificou que a área periorbital (ao redor dos olhos) é a região da face de maior fluxo sanguíneo em estados de ansiedade.

Já Warmelink et al. (2011) buscaram detectar a veracidade nas respostas de passageiros em um aeroporto. Aqueles que “mentiram” ao informar sobre o destino de sua próxima viagem tiveram aumento na temperatura da pele, enquanto os que falaram a verdade mantiveram a temperatura constante.

As referidas pesquisas não apresentam uma relação direta com alguma emoção específica, mas são investigações que tratam do dualismo entre verdade e mentira, verificadas por meio do confronto entre a alteração da temperatura facial (o que foi sentido) e os autorrelatos (o que foi relatado).

A verificação dos estados emocionais através da termografia é um campo de amplas possibilidades e alguns estudos realizados serão citados a seguir no intuito de contextualizar este promissor cenário de investigação.

4.5.1 A termografia e os aspectos emocionais

A característica não invasiva para obter informações sobre os processos psicofisiológicos é uma grande vantagem dessa ferramenta. Inclusive essa característica aumenta o campo de atuação das investigações sobre o estado emocional e cognitivo dos seres vivos como, por exemplo, os estudos que envolveram de macacos (KURAOKA; NAKAMURA, 2011) a crianças (NAKANISHI; IMAI-MATSUMURA, 2008), de trabalhadores saudáveis (OR; DUFFY, 2007) a pacientes esquizofrênicos (JIAN et al., 2017).

O reconhecimento das emoções por meio da termografia encontra atualmente um número crescente de investigações, bases de dados e referências que vão de experimentos específicos a levantamentos diversificados (ZENG et al., 2009).

Esta condição favorável aponta para um cenário investigativo próspero e desafiador, embora ainda não seja possível afirmar categoricamente que a temperatura da face consegue especificar emoções. Por exemplo, a figura 51 abaixo mostrar quatro expressões faciais com estados emocionais diferentes. Da esquerda para direita, as expressões são: neutra, feliz, dor e relaxado.

O espectro de cores apresenta rubores (vermelhidão) mais intensos em algumas regiões de interesse da face. Embora possa haver correspondência entre as expressões e os rubores, estas são particularidades do indivíduo representado na figura. Logo, não há como determinar esta relação com apenas este exemplo.

Figura 51 - Imagens térmicas da face com expressões faciais



Fonte: adaptado de Medina et al. (2018).

O estudo das emoções é um campo vasto, heterogêneo, multidisciplinar e não poderia ser diferente quando investigada pela temperatura facial. Nesse sentido, a

quantidade de variáveis pode interferir de modo expressivo nos resultados: temperatura do ambiente, características fisiológicas individuais, sudorese, consumo de medicamentos, o tipo da experiência ou da tarefa proposta, situações vivenciadas momentos antes da participação no experimento.

Até mesmo a assimetria facial pode influenciar nos resultados. A pesquisa de Benedicic et al. (2006) apresentou diferenças assimétricas de microcirculação entre os lados direito e esquerdo da testa, reforçando o quanto é complexo se chegar a um resultado padrão envolvendo a temperatura facial e as emoções sentidas.

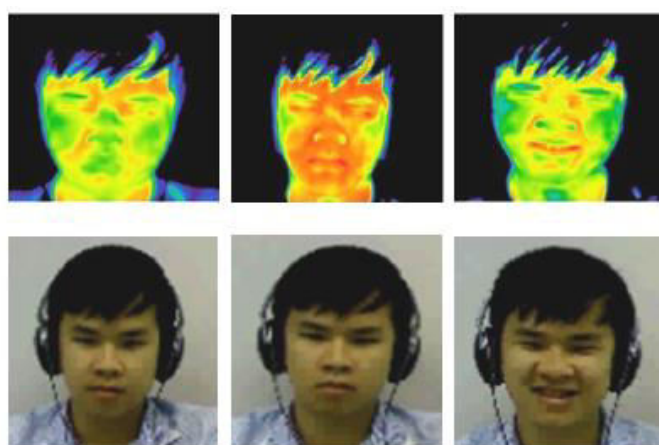
Alguns estudos tiveram a intenção de gerar bancos de dados que pudessem trazer informações relacionadas à temperatura facial e as emoções, visando uniformizar o reconhecimento facial baseado na temperatura.

Nguyen et al. (2014) propuseram o *Kotani Thermal Facial Expression Database-KTFE* para o reconhecimento da expressão e da emoção por meio da termografia, sendo utilizado em várias investigações (BASU et al., 2015).

Outros bancos de dados sobre a temperatura corporal: Selinger e Socolinsky (2001); Socolinsky e Selinger (2002); Khan et al. (2004); Li et al. (2007); Wang et al. (2010); IRIS *Thermal* (2013); OTCBVS (2013); Akula et al. (2014).; Bilodeau et al. (2014); NVIE *Database* (2016); Mallat e Dugelay - Eurocom (2018); Brahmabhatt et al. (2019); *Face-Rec* (2021); NIST (2021); Cheema e Moon (2021).

A figura 52 abaixo mostra três exemplos de faces e suas respectivas representações térmicas do banco de dados KTFE citado acima. As expressões são, da esquerda para direita, uma face neutra, outra com raiva e outra feliz.

Figura 52 - Expressões de neutralidade, raiva e felicidade (KTFE)



Fonte: adaptado de Nguyen et al. (2014).

Embora alguns procedimentos investigativos sejam encontrados com certa frequência, como os estudos com as expressões faciais, pesquisas envolvendo indivíduos em situações de estresse, os estudos com banco de dados de imagens como o *International Affective Picture System* (IAPS) (LANG et al., 1997), experimentos com emoções positivas e negativas e a existência de vários bancos de dados, o reconhecimento das emoções humanas pela termografia ainda não encontrou um modelo padrão que seja usualmente aceito (FILIPPINI et al., 2020).

Uma questão interessante foi verificada por Nhan e Chau (2010) ao concluírem que imagens térmicas “podem fornecer características para diferenciar os níveis de efeito dimensional relatados pelo sujeito da linha de base” e gerar resultados promissores na classificação do estado de excitação e valência. Já Ioannou et al. (2014B) verificou a alteração da temperatura facial diante da troca de olhares e proximidade interpessoal.

No entanto, pesquisas passaram a analisar de modo mais efetivo e objetivo a correlação entre as emoções evocadas e a modificação da temperatura de algumas áreas específicas da face. Vários estudos trouxeram conclusões de alterações ou mudanças significativas em determinadas regiões de interesse (ROIs), mas sem especificar se houve incremento ou decremento da temperatura.

Mais do que indicar alterações térmicas faciais diante de uma emoção evocada, que foi a tônica das primeiras pesquisas nesta área, as mais recentes investigações buscam identificar com maior efetividade, por meio de monitoramento específico, a alteração térmica e a relação entre as regiões de interesse da face.

Nesse sentido, verificou-se que pesquisas que incluíam estudos com emoções específicas ou modelos bidimensionais, como o modelo circumplexo de Russell (valência e excitação), poderiam trazer bons resultados.

A pesquisa de Merla e Romani (2007) verificou que a excitação sexual causou aumento na temperatura da face de modo geral, com destaque para a testa, os lábios e o nariz. Ioannou et al. (2013) observou excitação simpática por meio de vaso constrição periférica na ponta do nariz causada pela experiência de culpa, o que ocasionou diminuição da temperatura nasal.

Ioannou et al. (2014) apresentaram uma tabela com um resumo obtido através de uma revisão bibliográfica com 23 artigos onde foi possível verificar

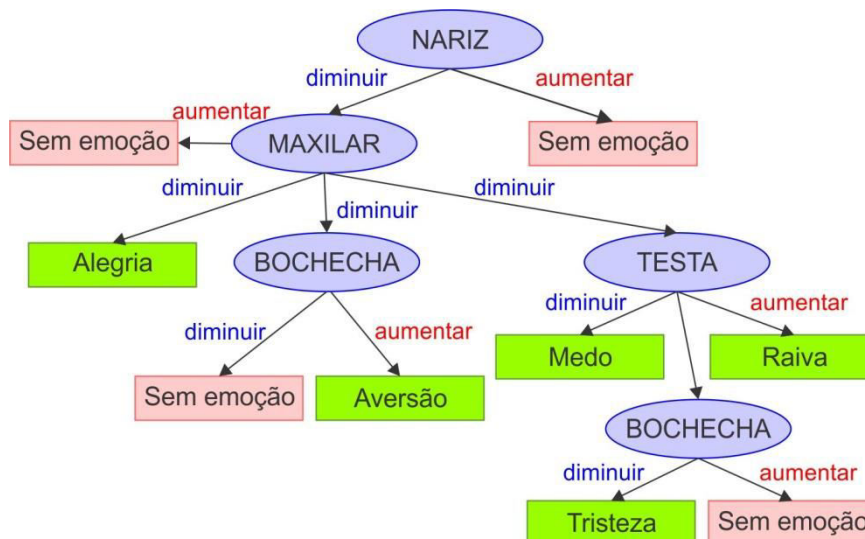
emoções, a mudança da temperatura e os ROIs correspondentes, sendo a testa, o maxilar e o nariz como as regiões mais citadas.

Salazar-López et al. (2015) realizou uma pesquisa com 80 voluntários e identificou que a temperatura do nariz aumentou na experiência com valência positiva e alta excitação, caindo diante de valência negativa.

Cruz-Albarran et al. (2017) criaram um sistema de diagnóstico térmico inteligente que monitora imagens biomédicas, detecta regiões de interesse e “diagnostica” emoções. O método chama-se **classificação hierárquica Top-Down** e analisou apenas cinco emoções (alegria, aversão, medo, raiva e tristeza) em um experimento com estímulos visuais através de vídeos de 8 minutos.

A figura 53 abaixo demonstra que o sistema de Cruz-Albarran et al. (2017) funciona conforme a calibração do aumento e da diminuição da temperatura das regiões de interesse, sendo possível, na avaliação dos autores, “diagnosticar as emoções”.

Figura 53 - Sistema inteligente de diagnóstico térmico

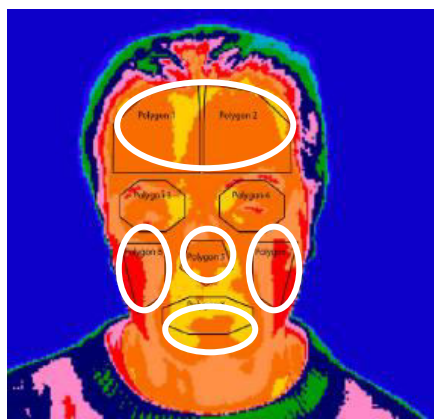


Fonte: o autor (2019). Adaptado de Cruz-Albarran et al. (2017).

Os resultados finais indicaram que, enquanto a temperatura do nariz caiu em situações de medo, raiva, tristeza e alegria, a temperatura das bochechas aumentou em situações de aversão e tristeza. Os resultados permitiram identificar tendências correlacionais entre determinados ROIs e algumas emoções.

Diante de variedade de regiões de interesse da face que podem ser analisadas e considerando as informações que foram obtidas neste capítulo, serão apresentadas de maneira resumida algumas características e resultados de quatro ROIs da face humana: a testa, o nariz, o queixo e as bochechas. Estas regiões estão em destaque através de círculos brancos na figura 54 abaixo.

Figura 54 - Delimitação das regiões de interesse da face



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Salazar-López et al. (2015).

Nariz – Esta região é considerada um indicador de grande consistência emocional, com destaque para as emoções negativas e o estresse, pois sofre pouca interferência das expressões faciais (GOULART et al., 2019). Trata-se de uma região muito sensível “às mudanças de temperatura e manipulação psicológica” (SALAZAR-LÓPEZ et al., 2015).

Esta região é sensivelmente vasoconstrigida pelo estresse (YAMAKOSHI et al., 2008). Sua alteração térmica ocorre por variações no fluxo sanguíneo dos vasos periféricos que são controlados pela inervação simpática (NOZAWA; TACANO, 2009). Logo, respostas simpáticas, como transpiração e vaso constrição subcutânea, acabam diminuindo a sua temperatura (GOULART et al., 2019).

De acordo com Genno et al. (1997), a queda de temperatura do nariz ocorre pela alteração do sistema nervoso autônomo. Diante de sensações estressantes ocorre o estímulo da atividade autonômica dos nervos, causando a contração dos vasos sanguíneos das extremidades (nariz). Já o aumento da temperatura ocorre em situações de aumento na carga de trabalho mental e estresse (OR; DUFFY, 2007), bem como com emoções positivas e padrões de excitação (SALAZAR-LÓPEZ et al., 2015).

Testa - Embora a temperatura de sua superfície já tenha sido considerada como substituta para a temperatura do nariz em pesquisas envolvendo períodos de descanso (GENNO et al., 1996), investigações mais recentes apontaram diferenças e particularidades entre estas duas regiões de interesse.

A testa humana é considerada como a região de maior estabilidade térmica da superfície do corpo (OR; DUFFY, 2007) e vista como “a parte do rosto menos sensível às mudanças de temperatura e manipulação psicológica”, com baixa variação de emissividade se comparada com outros ROIs (GOULART et al., 2019).

No entanto, sua área de relevante extensão pode ser analisada tanto de modo uniforme (toda a superfície), quanto bilateralmente (lado esquerdo e direito).

Sendo considerada uma das mais confiáveis regiões de interesse para discriminar alta e baixa valência (WANG et al., 2014), já foi aplicada em estudos com detectores de mentiras (ZHU et al., 2007) e “fortemente associada a assimetria frontal subjacente do EEG em um indivíduo”, suportando a hipótese de sua importância quanto “ao *status* interno do indivíduo” (JENKINS et al., 2009).

Outras investigações apontam relevante associação entre o aumento de sua temperatura e a alta excitação (IOANNOU et al., 2014B; SALAZAR-LÓPEZ et al. 2015) e o estresse (PURI et al., 2005). Também são encontradas correlações entre a queda de sua temperatura e o medo (IOANNOU et al., 2014B; CRUZ-ALBARRAN et al., 2017; ZHANG et al., 2019; GOULART et al., 2019).

Bochechas - Possuem um comportamento térmico diferenciado. Esta região se enquadra nos chamados pares bilaterais que possuem dois lados, assim como as regiões dos olhos (periorbital, supraorbital) e do nariz (perinasal). Embora faça parte do mesmo organismo, esta bilateralidade encontra diferenças e variações térmicas.

A bochecha esquerda é normalmente mais fria do que a direita, ou seja, há “uma diferença de tendência térmica nas bochechas, com uma diminuição térmica geral no lado direito e um aumento no lado esquerdo” (FU; FRASSON, 2016). Segundo Goulart et al. (2019), esta diferença apresenta “variações significativas para todas as emoções”.

Robinson et al. (2012) realizaram uma pesquisa onde 114 estudantes de graduação deveriam realizar uma tarefa social de comunicação (figura 55 a seguir). Verificou-se que a temperatura das bochechas aqueciam com *feedback* negativo. Também verificou-se que o incremento da temperatura das bochechas ocorreu na

redução da potência, ou seja, quando a excitação estava baixa. Portanto, níveis baixos de emoção positiva levam a picos de temperatura mais altos na bochecha.

Figura 55 - Duas possíveis delimitações (em azul) da área da bochecha



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Robinson et al. (2012).

Legrand et al. (2015) corroboram com este resultado ao verificarem que a temperatura das bochechas aumentou com o declínio afetivo gerado após exercícios de alta intensidade propostos no experimento que eles realizaram.

Queixo - Se comparado aos demais, a região do queixo é a que apresenta um número de experimentos mais reduzido. Engert et al. (2014) verificaram que houve alteração na temperatura do queixo nas três fases (antecipação, estresse e recuperação) de dois testes de estresse de laboratório.

A pesquisa de Ioannou et al. (2016) demonstrou incremento na temperatura do queixo diante de um experimento onde o choro foi incentivado através da exibição de vídeos. Já o estudo de Goulart et al. (2019) apresentou vídeos afetivos e a diminuição da emissividade do queixo ocorreu para felicidade, tristeza e surpresa. Embora a felicidade e a tristeza sejam emoções contrastantes, a felicidade foi que obteve maior precisão.

4.5.1.1 Termografia x modelo bidimensional: sintonia promissora

A abordagem dimensional proposta por Russell e Barrett (1999) é um dos modelos teóricos sobre emoção mais utilizados em pesquisas. Sua estrutura bidimensional possibilita verificar a valência (positiva e negativa) e a excitação (alta ou baixa), facilitando o entendimento do afeto e consistentes para a percepção emocional (GOULART et al., 2019).

Pesquisas com a termografia e modelos bidimensionais já encontraram respostas bastante promissoras. A pesquisa de Jenkins et al. (2009) utilizou em conjunto a termografia, a eletroencefalografia e o *Affective Self Report* (ASR) na busca por um entendimento entre as respostas dessas três ferramentas. Ao considerarem o grupo amostral complexo, concluíram que os resultados iniciais demonstraram “evidências inconclusivas de triangulação entre os três métodos”.

Goulart et al. (2019) utilizaram a termografia infravermelha e a ferramenta de autorrelato *Self-Assessment Manikins* (SAM) para analisar cinco emoções (desgosto, medo, tristeza, surpresa e felicidade) e verificar o estado emocional através das dimensões emocionais de valência e excitação.

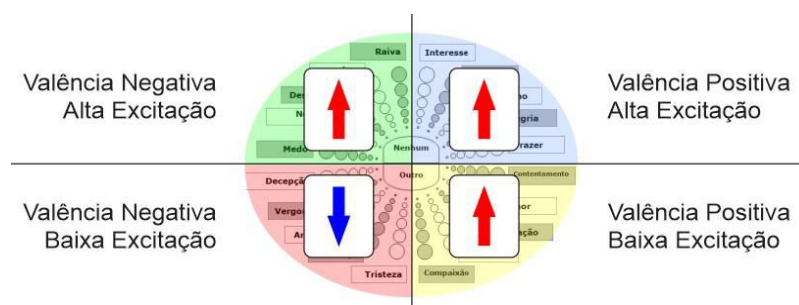
Para Nhan e Chau (2010), os resultados da termografia aplicada à face “podem fornecer características para distinguir os níveis de efeito dimensional” se comparados os dados da linha de base com os obtidos após o experimento.

Robinson et al. (2012) também utilizaram o modelo bidimensional e observaram aumento da temperatura da sobrancelha e da bochecha relacionados com a valência negativa e com a alta excitação.

Salazar-López et al. (2015) verificavam que diante de imagens de valência positiva evocadas pelo IAPS houve incremento na temperatura da face, independentemente do nível de excitação estar baixo ou alto. Também verificaram que houve aumento na temperatura da face diante da alta excitação e queda em baixa excitação quando as imagens eram de valência negativa.

Fazendo outra leitura da análise de Salazar-López et al. (2015), utilizando a estrutura circular e bidimensional da Roda de Emoções de Genebra (GEW), sendo dividida por quadrantes e cores específicas, é possível observar uma nova perspectiva de interpretação, conforme figura 56 abaixo.

Figura 56 - Alteração térmica de valência e a excitação



Fonte: o autor (2020). Baseada nos resultados de Salazar-López et al. (2015).

De acordo com a figura citada anteriormente, a seta em vermelho para cima indica que houve aumento (incremento) na temperatura. A seta direcionada para baixo e na cor azul representa queda (decremento) na temperatura. Verifica-se que a temperatura facial de modo geral aumentou nas valências positivas. Quanto à valência negativa, a temperatura da face caiu somente quando a excitação foi baixa.

Estes foram alguns exemplos de que utilizar um modelo bidimensional e a termografia no entendimento das emoções humanas pode trazer contribuições relevantes. Nesse contexto, observa-se também que há um esforço para identificar esta correlação de maneira mais pontual, ou seja, evoluindo das pesquisas da face inteira para as pesquisas das regiões de interesse da face.

Logo, conforme a literatura apresenta novas correlações entre as emoções e as regiões de interesse, torna-se possível verificar alguns resultados constantes, como o estudo da temperatura da região do nariz e o estresse, apesar de alguns resultados divergentes.

O quadro 14 abaixo mostra alguns resultados de pesquisas que incluem as quatro regiões de interesse citadas anteriormente (testa, nariz, bochechas e queixo), os estados emocionais encontrados e as alterações térmicas.

Quadro 14 - Correlações entre regiões de interesse faciais e emoções

Aspecto Emocional	°C	Fontes									Resumo
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
VALÊNCIA POSITIVA	↑	--	--	--	--	N	--	--	--	--	N
	↓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
FELICIDADE (Alegria)	↑	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	↓	--	N	--	--	--	--	N	--	N, Q	N, Q
VALÊNCIA NEGATIVA	↑	B	--	--	B	--	--	--	--	--	B
	↓	--	--	--	--	N, T	--	--	--	--	N, T
TRISTEZA	↑	--	--	--	--	--	--	B	--	--	B
	↓	--	--	--	--	--	--	N, T	--	Q	N, T, Q
CULPA	↑	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	↓	--	N	--	--	--	--	--	--	--	N
AVERSÃO (Desprezo)	↑	--	--	--	--	--	--	B	--	--	B
	↓	--	--	--	--	--	--	N	--	N, T	N, T
RAIVA	↑	--	--	--	--	--	--	T	--	--	T
	↓	--	--	--	--	--	--	N	--	--	N
MEDO	↑	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	↓	--	N, T	--	--	--	--	N, T	T	N	N, T

SONOLÊNCIA (Alívio)	↑	--	--	--	--	--	N	--	--	--	N
	↓	--	--	--	--	--	T	--	--	--	T
ESTRESSE	↑	--	T	Q,T,N	--	--	--	--	--	--	T
	↓	--	N, T	--	--	--	--	--	--	N	N, T
EXCITAÇÃO (alta)	↑	--	N, T	--	--	N, T	--	--	--	--	N, T
	↓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EXCITAÇÃO (baixa)	↑	B	--	--	--	--	--	--	--	--	B
	↓	--	--	--	--	N	--	--	--	--	N

LEGENDA: N = nariz, B = bochecha, T = testa, Q = queixo

Fonte: o autor (2020). Adaptado à partir de diversos autores⁶².

A primeira linha apresenta o título das colunas e estas foram divididas em quatro grupos: (I) A primeira coluna apresenta o aspecto emocional; (II) A segunda coluna informa a alteração da temperatura de cada aspecto emocional. A seta vermelha para cima indica que houve incremento (aumento) da temperatura e a seta azul para baixo indica que houve decremento (queda); (III) Um conjunto de nove colunas apresenta as nove fontes que foram consultadas. Elas são citadas na nota de rodapé e constam nas referências ao final da tese; (IV) A última coluna apresenta um resumo dos ROIs de cada estado emocional.

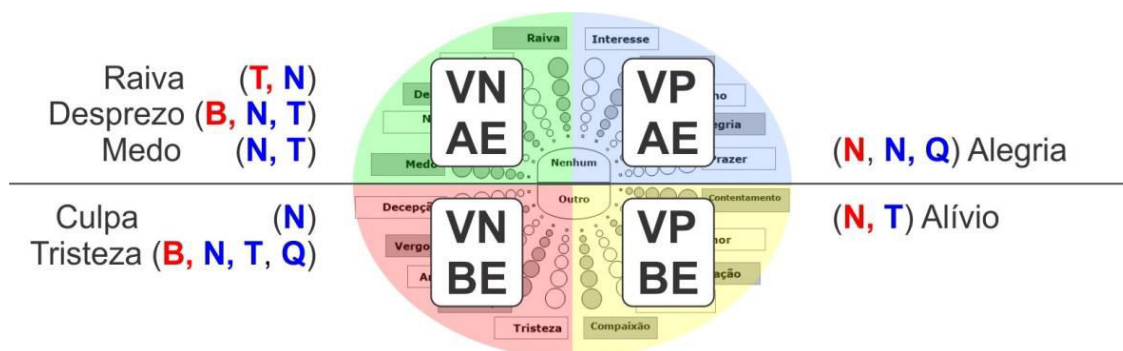
Observa-se que as células da primeira coluna aparecem em cores diferentes. Com exceção das três últimas (estresse, excitação alta e baixa), as demais células correspondem as mesmas cores adotadas no esquema de cores do GEW utilizados na figura 56 (p.174) apresentada anteriormente. Estas cores foram definidas de maneira aleatória para facilitar as análises de valência e excitação e serão detalhadas e explicadas mais adiante (quadro 26, p.281).

A figura 57 a seguir apresenta novamente o modelo do GEW, porém com algumas emoções inseridas nos quadrantes conforme os itens que foram informados na coluna “Resumo” do quadro 14 supracitado.

As siglas com quatro letras correspondem à valência e a excitação de cada quadrante: **VPAE** (Valência Alta, Alta Excitação), **VNAE** (Valência Negativa, Baixa Excitação), **VNBE** (Valência Negativa, Baixa Excitação), **VPBE** (Valência Positiva, Baixa Excitação).

⁶² Ordem das fontes: (1) Robinson et al, 2012; (2) Ioannou et al, 2014B; (3) Engert et al, 2014; (4) Legrand et al, 2015; (5) Salazar-López et al, 2015; (6) Bando et al, 2017; (7) Cruz-Albarran et al, 2017; (8) Zhang et al, 2019; (9) Goulart et al, 2019.

Figura 57 - Correlação entre o GEW e as regiões de interesse



Fonte: o autor (2020).

No lado externo do GEW, dentro de parênteses, são informadas as regiões de interesse representadas pelas suas iniciais: **T** (testa), **N** (ponta do nariz), **B** (bochechas) e **Q** (queixo). A cor azul indica decremento térmico e a vermelha representa aumento na temperatura.

Quanto à modificação na temperatura ao final de cada uma das nove pesquisas, o resultado final considerou justamente a diferença entre a temperatura inicial da linha de base (mensuração inicial) e a temperatura obtida ao final do experimento (mensuração final).

O ROI mais citado foi o nariz, presente nos quatro quadrantes, seguido pela testa, presente em três quadrantes. Verifica-se que os resultados de modo geral demonstram maior número de quedas na temperatura (ROIs com iniciais de cor azul) se comparadas com os aumentos (ROIs com iniciais de cor vermelha).

Quanto à valência, predominaram as respostas na valência negativa (lado esquerdo da figura). Quanto à excitação, os quadrantes superiores, que indicam nível alto, apresentam o maior número de regiões de interesse.

Voltando ao quadro 14 (p.175), nas três últimas linhas, verifica-se que diante do estresse houve predomínio na queda da temperatura do nariz e no aumento térmico na testa. Quanto à excitação, houve menção direta desse estado, mas sem especificar qualquer emoção. Na excitação alta houve incremento térmico no nariz e na testa. Já a baixa excitação apontou aumento na temperatura da bochecha e queda na temperatura do nariz.

Vale lembrar que cada um dos nove experimentos foi elaborado com objetivos particulares, públicos distintos e experimentos específicos, o que gerou esta

diversidade de respostas com os resultados, apresentando harmonia em alguns casos (como o aumento da temperatura da bochecha sempre na valência negativa) e resultados conflitantes em outros (o nariz está presente em todos os quadrantes).

No entanto, o quadro 14 (p.175) é uma pequena amostra da diversidade de resultados obtidos com a termografia, mostrando ser um promissor e desafiador campo de investigação para as áreas do *design*, da ergonomia e dos *games*.

4.6 A TERMOGRAFIA E A INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR

O uso de ferramentas de coleta de dados subjetivas, como os questionários, que expõem as opiniões dos usuários por meio de autorrelatos, é largamente utilizado em pesquisas referentes à interação humano-computador (IHC). Contudo, são questionados quanto à precisão de seus resultados (JENKINS et al., 2009). O uso de outras ferramentas que possibilitem uma leitura objetiva do estado emocional se tornou importante para reforçar e trazer mais consistência aos resultados. Por exemplo, Jenkins et al. (2009) utilizou o eletroencefalograma (EEG) e o *Affective Self Report* (ASR) em conjunto com a termografia. Fu e Frasson (2016) utilizaram o EEG e a termografia nas suas pesquisas.

Kosonogov et al. (2017) utilizaram a termografia e a atividade eletrodérmica (EDA) e Rebelo et al. (2022) apresentaram biossensores que capturaram vários sinais fisiológicos como atividades cerebrais, batimentos cardíacos, sudorese, respiração e resposta galvânica da pele.

Há certo consenso quanto ao entendimento de que a compreensão do estado emocional dos usuários possibilita o desenvolvimento de soluções mais adequadas em um contexto de uso de sistemas computacionais, o que posteriormente pode facilitar a sua aplicação em áreas diversas como a educação, a medicina e a indústria (JERRITTA et al., 2011).

Nesse cenário, a termografia é uma relevante opção de investigação em situações de uso de produtos computadorizados interativos ou possuidores de *display*, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de projetos que proporcionem uma interface mais suave (JERRITTA et al., 2011). Mais uma vez fica evidenciada a importância do uso da termografia no campo investigativo do *design* e da ergonomia.

Em pesquisas referentes à interação humano-produto, o conforto é uma das questões mais investigadas pela termografia, havendo predomínio nas análises de nível físico. Quanto às investigações sobre a análise do aspecto emocional e cognitivo, há um constante crescimento.

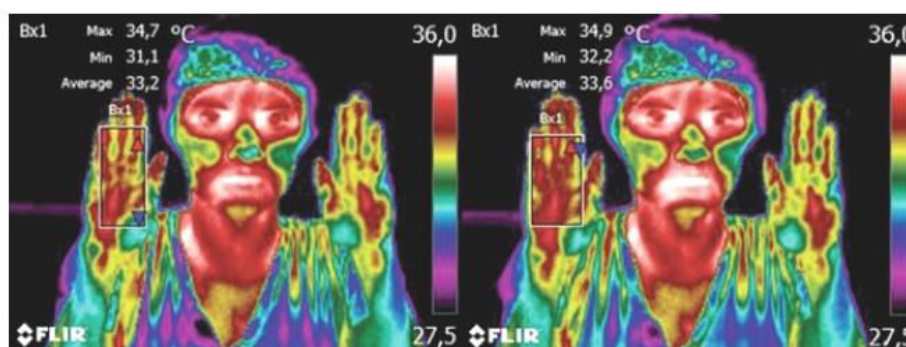
Puri et al. (2005) investigaram usuários de computador para verificar os níveis de frustração e estresse, identificando um aumento na temperatura da testa ao final dos experimentos. Os autores também desenvolveram uma metodologia aplicável no contexto da interação humano-computador para quantificar emoções.

A pesquisa de Barros et al. (2016) investigou indivíduos abrindo garrafas PET e a termografia foi utilizada como uma das ferramentas para verificação das alterações psicofisiológicas.

Foram encontradas mudanças metabólicas, porém sem sucesso na identificação de respostas que pudessem configurar emoções. No entanto, foi possível verificar o relevante potencial da termografia na mensuração das “atividades cognitivas e mudanças de estados afetivos durante interações usuário-produto” (BARROS, 2016).

A figura 58 abaixo apresenta a captura térmica em dois momentos da pesquisa de Barros (2016): antes e depois da abertura da garrafa.

Figura 58 - Comparação de imagens (antes e depois) em teste de emoção



Fonte: Barros et al. (2016).

Forcelini e Merino (2019) fizeram um levantamento sobre o uso da termografia no *design* e encontraram 21 estudos referentes à aplicação dessa ferramenta no desenvolvimento de produtos: da aplicação na tecnologia assistiva aos estudos com cadeiras de rodas; do uso em órteses aos assentos de cadeiras

escolares. Observou-se que os exemplos citados neste levantamento possuem estreita relação com a usabilidade dos produtos.

Vitorino et al. (2017) verificaram o aumento no nível de estresse de usuários do *software* de modelagem *3D Sculpting* e o dispositivo *Leap Motion*. A interação com esse sistema não ocorre por meio físico (toque), mas por sensores que capturam os movimentos dos braços numa espécie de “interação virtual”. Os resultados apresentaram o fator emocional e a existência de problemas de usabilidade com potencial para proporcionar fadiga muscular nos membros superiores (SOARES et al., 2019).

Outro campo promissor é a Interação Humano-Robô (*Human Robot-Interaction* - HRI), onde pesquisas buscam respostas emocionais de seres humanos na comunicação com robôs. Estudar a capacidade dos sistemas computacionais em compreenderem e discernirem as emoções humanas é um dos principais focos de investigação da interação humano-computador e humano-robô, pois podem propiciar respostas e ações apropriadas desses sistemas (JERRITTA et al., 2011).

Khan et al. (2006) estudaram o reconhecimento e classificação das expressões faciais positivas e negativas fingidas no contexto da interação humano-robô utilizando a termografia. Já Boccanfuso et al. (2016) exploraram a possibilidade de inserir a detecção de emoções por meio da termografia em conjunto com um formulário em escala de Likert e a atividade eletrodérmica. Foi duas seções para evocarem emoções, uma interagindo com robô e outra assistindo vídeos.

Outra importante vantagem da interação humano-robô (HRI) é a “ausência” do equipamento (termógrafo) direcionado para o investigado, pois a câmera térmica normalmente é instalada discretamente no robô, facilitando a captura, evitando a presença do pesquisador e o incômodo de ter um equipamento direcionado para seu rosto (FILIPPINI et al., 2019; YU; TAPUS, 2019; SPEZIALETTI et al., 2020).

4.6.1 A termografia aplicada aos sistemas interativos

O uso da termografia em pesquisas com sistemas computacionais pode ser verificado tanto sob a ótica física quanto cognitiva, pois a interação do humano com esse tipo de sistema normalmente ocorre através de dois elementos: (I) Hardware – corresponde ao dispositivo que o usuário irá pegar, acionar e manusear. Ou então o

equipamento que o usuário terá algum tipo de contato físico, como por exemplo, se apoiar ou se acomodar; (II) Software – o elemento lógico do sistema, não físico, que corresponde ao *software* propriamente dito (ou um jogo eletrônico, por exemplo) e que responderá as ações acionadas através do manuseio do *hardware*.

Sob esta dupla perspectiva verifica-se a possibilidade de estudos variados, podendo ser dividida de modo sintetizado em três grandes grupos: (I) humano x *hardware* = aspecto físico; (II) humano x *software* = aspecto cognitivo; (III) humano x *software* x *hardware* = ambos os aspectos.

A aplicabilidade da termografia se faz presente nesses cenários, evidenciando a convergência de estudos entre a termografia, a usabilidade, a experiência do usuário e os sistemas computacionais.

A multiplicidade de tipos de sistemas computacionais encontra nos jogos eletrônicos um campo de investigação favorável e versátil para o estudo da termografia, pela variedade de tipos de *games*, pelos objetivos de sua aplicação (diversão ou treinamento) e por atingir praticamente todos os públicos.

Diante do exposto e já buscando identificar pesquisas que se enquadrem na temática desta tese foram encontrados alguns estudos envolvendo experimentos de condução veicular e a termografia, seja em nível de treinamento ou entretenimento.

Or e Duffy (2007) avaliaram a carga mental de participantes em dois experimentos: (I) um simulador de direção (virtual); (II) um automóvel real. Utilizando a termografia verificou-se alteração térmica da testa e do nariz. Tanto o decremento térmico do nariz quanto a pontuação na carga de trabalho subjetiva foram maiores no experimento com o simulador se comparado ao uso do veículo real.

Kajiwara (2014) também utilizou um simulador de condução veicular em sua pesquisa, porém com caráter de entretenimento. O autor identificou aumento na temperatura do nariz e da testa quando o estado de tensão e a carga cognitiva dos usuários aumentavam.

A figura 59 a seguir apresenta de modo sucinto o *layout* adotado no ambiente de pesquisa do experimento de Kajiwara (2014), onde é possível visualizar o *cockpit* de Fórmula 1, o *notebook* para monitoramento dos dados e a imagem do *software* de condução veicular refletida na parede.

Figura 59 - Experimento com simulador de direção tipo *cockpit*



Fonte: Adaptado de Kajiwara (2014).

Yamakoshi et al. (2008) investigaram o nível de estresse de motoristas enquanto “eram submetidos a viagens monótonas simuladas a uma velocidade constante”. Em conjunto com outras ferramentas de mensuração fisiológica, a termografia identificou alteração térmica na face devido ao estresse.

Diaz-Piedra et al. (2019) demonstraram que a temperatura da ponta do nariz se altera consideravelmente conforme o nível de excitação durante atividades de condução simulada. Zhang et al. (2019) verificaram a reação de 18 voluntários diante de eventos de ameaça e desafio em simuladores, buscando verificar a condição de “medo”. A diminuição da temperatura da testa foi maior em ameaças.

Já Cardone et al. (2020) utilizaram a termografia como um dos métodos para monitorar o estresse de motoristas utilizando um simulador de direção. Através do uso dos princípios de aprendizagem de máquinas (*machine learning*⁶³) foi possível compreender e classificar o nível de estresse em condições de simulação.

As pesquisas citadas mostram um cenário favorável para novas investigações de uso da termografia na análise do estado emocional em indivíduos que utilizam sistemas computacionais. Esta tese pretende contribuir nesse cenário.

4.7 A TERMOGRAFIA “AQUECENDO” OS ESTUDOS SOBRE EMOÇÕES

Este capítulo trouxe uma breve explanação sobre a termografia infravermelha: da origem aos conceitos adotados, da abrangente aplicabilidade aos tipos de equipamentos, da investigação do corpo humano aos estudos direcionados às

⁶³ Fonte: <https://www.ibm.com/br-pt/analytics/machine-learning>.

emoções e cognição. Além do uso dessa ferramenta em pesquisas relacionadas à interação humano-computador, ao uso na área da saúde e sua aplicação no *design*.

Conhecer esta tecnologia e conectá-la ao *design* e a ergonomia amplia os horizontes científicos e a torna mais uma ferramenta para atender aos anseios e as necessidades de uma sociedade cada vez mais conectada com as tecnologias, incluindo nesse contexto os jogos de entretenimento e os *softwares* de treinamento.

Esse cenário multidisciplinar é sutilmente representado na nuvem de palavras representada na figura 60 abaixo.

Figura 60 - Nuvem: *Design* + Ergonomia + Emoção + Games + Termografia



Fonte: o autor (2021).

A presente tese está inserida neste cenário. Afinal, participantes foram submetidos a duas experiências utilizando sistemas computacionais distintos e a termografia foi uma das duas ferramentas utilizadas para captura da resposta fisiológica em várias etapas.

A outra ferramenta de mensuração psicofisiológica utilizada foi a eletroencefalografia (EEG) e este assunto será abordado no próximo capítulo.

5 NEUROCIÊNCIA: REFLEXÕES INTERDISCIPLINARES

Este capítulo aborda de maneira breve a neurociência e a leitura da atividade cerebral. Devido à pluralidade de aplicações e a amplitude de alcance dos estudos relacionados ao cérebro, amplificado pelo advento da tecnologia especialmente nas últimas décadas, o texto a seguir não pretende se aprofundar em detalhes, mas abordar de maneira introdutória os aspectos que tenham alguma correlação com esta pesquisa.

Foi considerada como foco principal a relação da eletroencefalografia (EEG) com os outros eixos temáticos e com a temática da pesquisa, considerando suas possíveis correlações.

O capítulo aborda o sistema nervoso central com ênfase nas atividades cerebrais e a sua conexão funcional com as emoções humanas, além de citar hipóteses investigativas que buscam explicar as emoções do ponto de vista da assimetria cerebral.

A neurotecnologia é mencionada reforçando a abrangência das investigações sobre o cérebro. O uso da eletroencefalografia também é discorrido, incluindo algumas vertentes de uso não clínico, com destaque para as recentes soluções portáteis de baixo custo.

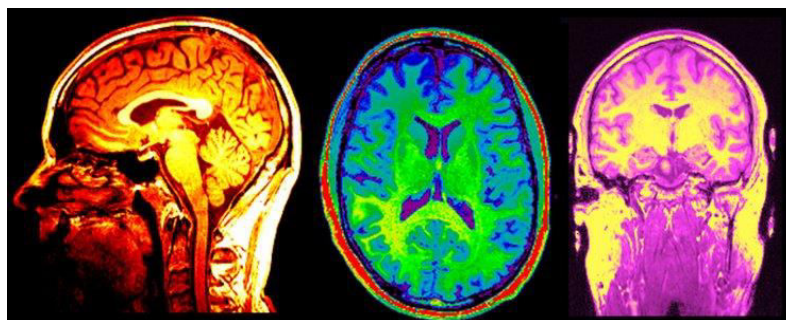
O uso do equipamento Emotiv EPOC+ é evidenciado no texto, ressaltando a sua utilização em diversas pesquisas científicas, inclusive sob temáticas relacionadas à emoção. Ao final do capítulo são mencionadas pesquisas sobre a atividade cerebral e os jogos eletrônicos.

5.1 CONEXÕES ENTRE A NEUROCIÊNCIA, O *DESIGN* E A ERGONOMIA

A neurociência corresponde ao estudo do complexo Sistema Nervoso humano (SN) e seus objetivos compreendem a investigação da estrutura, do desenvolvimento e do seu funcionamento (LOVO, 2019).

A figura 61 a seguir exibe três neuroimagens nas vistas lateral, superior e posterior respectivamente. Esse tipo de registro é muito utilizado nas investigações supracitadas.

Figura 61 - Neuroimagens do sistema nervoso



Fonte: BNA⁶⁴ (2021).

Para Lent (2013) a neurociência compreende um conjunto de disciplinas que estuda as relações entre as funções cerebrais e mentais, além do comportamento humano, da compreensão da consciência humana e dos processos cognitivos.

A neurociência é uma área multidisciplinar e ampla cujas investigações se dividem em vários campos específicos. Questões peculiares do sistema nervoso, acompanhadas pelo aprofundamento do tema ao longo do tempo, contribuíram para a subdivisão da neurociência em cinco tipos: (I) neurofisiologia; (II) neuroanatomia; (III) neuropsicologia; (IV) neurociência comportamental; (V) neurociência cognitiva (IBND, 2020). Estes tipos possuem suas subdivisões investigativas, muitas vezes inseridas em centros de pesquisas dentro de universidades.

Estas subdivisões evidenciam a enorme dimensão explorativa da neurociência. Verificou-se que esta tese se insere especialmente em dois campos: (I) **neurofisiologia**, que envolve o sistema nervoso central e periférico, além da investigação dos impulsos nervosos do corpo; (II) **neurociência comportamental**, considerando os estudos relacionados ao contato entre o organismo e fatores internos, incluindo as emoções (IBND, 2020).

Além das categorias já citadas, constata-se que outros campos do conhecimento estenderam suas investigações e se conectaram com a neurociência, como o *design* e a ergonomia. Reforçando a intenção de apresentar a neurociência de modo sucinto e evidenciar as áreas que possuem conexão com os eixos temáticos desta tese, optou-se em enfatizar e discorrer sobre três campos: neurociência afetiva, neuroergonomia e neurodesign.

⁶⁴ Fonte: <https://www.bna.org.uk/about/about-neuroscience/>.

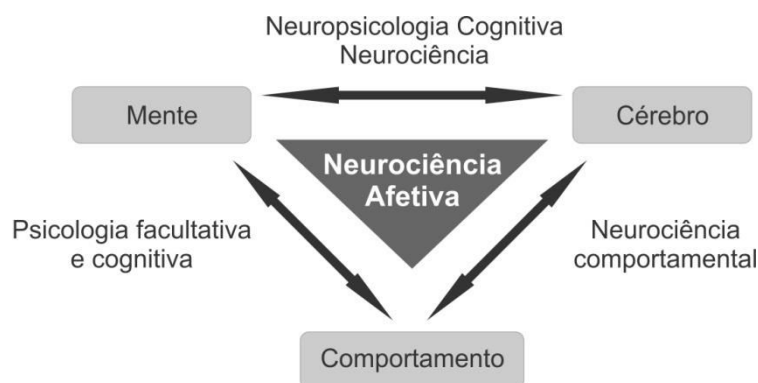
5.1.1 Neurociência afetiva

A neurociência afetiva é uma subdivisão da neurociência que envolve as pesquisas associadas aos sistemas cerebrais que possuam relação com as emoções, compreendendo “o mais promissor caminho de compreensão da natureza da experiência emocional” (ALMADA, 2014).

A versão mais conhecida da neurociência afetiva corresponde aos estudos experimentais de Jack Panksepp quando explorou emoções básicas por meio da estimulação elétrica em regiões cerebrais subcorticais de ratos, influenciando nas posteriores metodologias sobre a neuroimagem, cujos resultados foram rotulados como comportamentos instintivos emocionais (PANKSEPP; WATT, 2011; ALMADA, 2014; CALVO et al., 2015, p.83).

A figura 62 abaixo apresenta um modelo triangular com a integração das abordagens neurocientíficas, comportamentais e psicológicas, indicando os componentes que permitem a “compreensão da natureza biológica dos processos afetivos”: mente, cérebro e comportamento (SPENCER, 1998).

Figura 62 - Natureza dos estados afetivos



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Spencer (1998, p.31).

Spencer (1998) afirma que, de alguma maneira, as várias disciplinas que compõem esta multidisciplinar área do conhecimento fazem a ponte entre dois ou três destes componentes. E a figura supracitada reforça esta integração demonstrando as disciplinas da neurociência e da psicologia servindo como elementos que interligam a mente, o cérebro e o comportamento.

Segundo Panksepp (1998), as escolhas comportamentais dos humanos são baseadas nos processos emocionais vivenciados. Almada (2014) cita que tais processos, bem como as ações e experiências emocionais humanas, são sustentadas pela neurociência afetiva, uma vez que esta estuda os sistemas neurobiológicos que geram uma série de processos emocionais.

De acordo com Sander (2013, p.06), a neurociência afetiva pode ser considerada como uma subdivisão integrada ou complementar às ciências cognitivas, apesar dos constantes debates e investigações acerca da diferenciação entre emoção e cognição, e também da maneira como é concebida a relação entre cognição e afeto.

Sander (2013) também cita que a neurociência afetiva pode contribuir com debates construtivos sobre as teorias emocionais, sendo um “caminho real para colocar à prova as teorias da emoção”. E finaliza apontando para direções futuras desta área, indagando sobre como os modelos computacionais e como as simulações computadorizadas poderão testar os modelos neurocientíficos afetivos.

CALVO et al. (2015) afirmam que são muitos os desafios a serem vencidos na neurociência afetiva, sendo importante adotar abordagens multimodais para detectar emoções através do cérebro e do corpo.

Mesmo a avaliação de estímulos emocionais sendo um processo individual, descobrir os fatores que explicam essas diferenças particulares é uma das questões centrais da neurociência afetiva (SUO et al., 2017).

A pesquisa de Gelder (2009) já chamava a atenção para os desafios encontrados nas investigações sobre neurociência, inclusive apontando o quanto esta área subestima o uso de alternativas ao apontar o grande número de pesquisas envolvendo apenas rostos humanos como estímulos investigativos. O autor aponta para as escassas pesquisas envolvendo corpos inteiros e expressões corporais não permitem um avanço maior dos estudos neurocientíficos.

Acredita-se que os resultados gerados na presente tese podem contribuir com as pesquisas desta vertente da neurociência, estando em consonância com os estudos futuros citados por Sander (2013), com a necessidade de pesquisas mais diversificadas de acordo com as observações de Gelder (2009), além de atentar para o fato de que a assimetria alfa frontal é um importante elemento a ser investigado na neurociência afetiva (WANG et al., 2018).

5.1.2 Neuroergonomia

A neurociência encontrou na ergonomia um campo vasto para pesquisas. Conhecer a atividade cognitiva em condições de trabalho é uma das atividades que fazem parte de uma das especialidades da ergonomia: a ergonomia cognitiva, que trata das questões relacionadas aos processos mentais na realização de tarefas.

Logo, estudar a relação do humano com o seu ambiente de trabalho do ponto de vista cognitivo, comportamental e operacional utilizando a neurociência é de suma importância para a análise das condições de trabalho na busca pela satisfação e pelo bem-estar do trabalhador.

Visando atender a esta demanda surgiu a neuroergonomia, que corresponde ao estudo do cérebro e do comportamento humano no ambiente de trabalho (PARASURAMAN, 2003). A neuroergonomia considera as interações entre o cérebro humano e o seu entorno através do corpo físico e dos seus sentidos (PARASURAMAN; RIZZO, 2007).

A neuroergonomia é uma derivação da neurociência e dos fatores humanos e ergonômicos cujas atividades se concentram na explicação sobre como é a interação e a percepção entre as pessoas e o seu entorno “dadas as características humanas específicas, limitações e capacidades de desempenho” (AHRAM et al., 2016).

Dehais et al. (2020A) citam que as pesquisas em neuroergonomia podem trazer novas perspectivas sobre o funcionamento do cérebro em sua natureza, além das investigações em ambientes laboratoriais. Dessa forma, é possível estudá-lo em “tarefas irrestritas do mundo real, em contextos da vida cotidiana” bem como a “sua relação com a ação, comportamento, corpo e ambiente”.

Parasuraman (2003) aponta como foco principal da neuroergonomia a otimização do desempenho mental durante o trabalho físico e cognitivo, enquanto Barros (2016) menciona que a interligação entre a ergonomia “convencional” e a neurociência “tradicional” traz benefícios para estas duas áreas.

O fato de o sistema nervoso controlar as ações humanas, inclusive no ambiente de trabalho, reforça o quanto a neuroergonomia direciona os seus estudos para o desempenho na execução de tarefas do dia a dia.

Analisar como o cérebro se comporta diante de atividades cognitivas (ouvir, ver, decidir e planejar) e na execução de tarefas de caráter físico (movimentar o braço para acionar uma alavanca, digitar um texto, aplicar força para agarrar um objeto ou pressionar um botão), independentemente de ser uma tarefa simples ou complexa, evidencia sua natureza potencial, inovadora e transformadora.

Os estudos da neuroergonomia permitem analisar a complexa dinâmica entre as redes cerebrais, as funções cognitivas e o desempenho (DEHAIS et al., 2020B). Bear et al. (2007) e Karwowski (2013) apresentam subdivisões da neurociência para facilitar a compreensão sobre a interação entre o ser humano e o trabalho:

- Neurociência de sistemas: investiga a função dos sistemas e circuitos neurais. Estuda a codificação neural (representação das informações) e a dinâmica neural (padrões de atividade elétrica e seu envolvimento com tomada de decisões e planejamento de tarefas)⁶⁵;
- Neurociência comportamental: analisa a aplicação dos “princípios biológicos ao estudo dos mecanismos genéticos, fisiológicos e de desenvolvimento do comportamento”. Explora o pensamento, o comportamento e as emoções⁶⁶;
- Neurociência cognitiva: pesquisa “o substrato neural dos processos mentais e como a atividade do cérebro cria o que é conhecido como a mente humana”. A compreensão da natureza do pensamento é vista de modo interdisciplinar⁶⁷.

Este cenário investigativo exigiu o desenvolvimento e o uso de sistemas que atendessem a esta demanda. Mehta e Parasuraman (2013) e Parasuraman e Rizzo (2007) realçam a importância de considerar o comportamento cerebral, a sua estrutura e os mecanismos durante a execução de tarefas do ponto de vista perceptual, cognitivo, físico e emocional como elementos importantes. Logo, gerar respostas objetivas, precisas e mensuráveis é fundamental.

As técnicas de neuroimagem atendem a esta necessidade, permitindo capturar e entender todo esse processo. Para isto, várias alternativas encontram-se disponíveis: Ressonância Magnética Funcional (fMRI), Espectroscopia por

⁶⁵ Fonte: <https://pni.princeton.edu/centers/mcdonnell-center-systems-neuroscience/introduction-systems-neuroscience>.

⁶⁶ Fonte: <https://www.wvu.edu/majors/behavioral-neuroscience>.

⁶⁷ Fonte: <https://www.cogneurosociety.org/background/>.

Infravermelho Funcional (fNIRS), Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), Potenciais Evocados (ERPs), Espectroscopia por infravermelho e Eletroencefalografia (EEG) (BARROS, 2016).

Segundo Liu et al. (2012), ao passo que as pesquisas em neuroergonomia crescem, aumentam as demandas por novos estudos e pela geração de novos modelos computacionais que possam trazer respostas significativas para auxiliar na integração e interpretação de “descobertas empíricas e fazer previsões para a pesquisa científica e aplicação prática”.

Por exemplo, a pesquisa de Parasuraman et al. (2012) trouxe diversas aplicações colaborativas com a Força Aérea dos EUA: (I) estudos sobre sistemas de aprendizagem adaptativa, interrupções e multitarefas; (II) sincronidade neurocomportamental durante o desempenho da equipe; (III) vigilância e descuido.

Enquanto o estudo de Funke et al. (2017) analisou os “efeitos de fatores psicofísicos na vigilância” e por meio da neuroergonomia conseguiram identificar fadiga oculomotora nos participantes.

A neuroergonomia também encontrou nos *games* um campo promissor. Chamberland et al. (2015) criaram o projeto FUNii e verificaram que esta disciplina pode gerar relevantes melhorias no desenvolvimento de jogos e na experiência do jogador, além de reforçar seu potencial impacto no desenvolvimento de tecnologias centradas no usuário e na aplicação em educação e em processos de treinamentos.

A figura 63 abaixo apresenta um esquema que evidencia o quanto os sinais psicofisiológicos do jogador são usados em tempo real enquanto ele utiliza o equipamento. Inclusive este equipamento é o seu fator de diversão. Dessa forma, o computador lê estes sinais e adapta o jogo para maximizar o entretenimento.

Figura 63 - Esquema da arquitetura do sistema FUNii



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Chamberland et al. (2015).

Observa-se que os objetivos desta tese dialogam com questões e demandas neuroergonômicas. Acredita-se que os experimentos com simuladores (*hardware* e *software*), envolvendo indivíduos realizando tarefas com objetivos distintos (diversão e treinamento), que exijam interação com sistemas computadorizados, concentração e tomadas de decisão estão inseridos na esfera investigativa da neuroergonomia.

5.1.3 Neurodesign

Pesquisas sobre a relação entre o ser humano, os produtos e o seu entorno apontam para a existência de fortes influências nos processos perceptuais e cognitivos. Buscando um maior aprofundamento no entendimento dos aspectos neurológicos desta relação, verificou-se a necessidade de ampliar o conhecimento entre as práticas e teorias do *design* e o conhecimento neurocientífico.

Para Hevner et al. (2014), o crescimento das pesquisas em neurociência permitiu sua aplicação em áreas como o *design*, gerando novas perspectivas de investigação para uma área já conhecida tanto pela multidisciplinaridade quanto pela complexidade. Inclusive Ren et al. (2020) assinalam que o neurodesign pode ser considerada uma “área de pesquisa de ponta”.

O **Neurodesign** corresponde a um conjunto de informações que compatibilizam o “funcionamento dos sistemas artefatos-humanos com relação às inter-relações complexas e incertas (cognitivas e perceptuais)”, considerando o *design*, os usuários, os ambientes e as máquinas (AHRAM et al., 2016).

A figura 64 abaixo apresenta alguns campos que contribuem para o caráter multidisciplinar, contemporâneo e promissor do neurodesign.

Figura 64 - Campos que contribuem com o neurodesign



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Bridger (2017).

Kirkland (2012) cita que o neurodesign considera a experiência do cliente (usuário) e busca investigar os gatilhos cerebrais envolvidos nesse contexto. Dessa forma o autor julga ser possível, através do comportamento humano, otimizar os processos e as tomadas de decisões baseadas nas referidas interações existentes.

Bridger (2017) corrobora ao citar que o neurodesign “trata de *insights* da psicologia e da neurociência sobre como nossos cérebros criam diferentes reações aos *designs*”. Através de princípios como fluência de pensamento (facilidade de decodificação), primeiras impressões (reação com a configuração do objeto) e saliência visual (elaboração de mapa visual), o neurodesign otimiza o trabalho dos pesquisadores.

Esta otimização é fruto de “interpretações e orientações a nível profundo e multi-ângulo para o *design*”. Essa abordagem sobre o *design* ocorre por métodos neurocientíficos que atuam na “memória, sentimento, percepção, comportamento, emoção e consciência” (REN et al., 2020).

Nesse sentido, observa-se que é possível classificar a experiência dos usuários como sendo agradável ou desagradável e dessa maneira direcionar sua tomada de decisão.

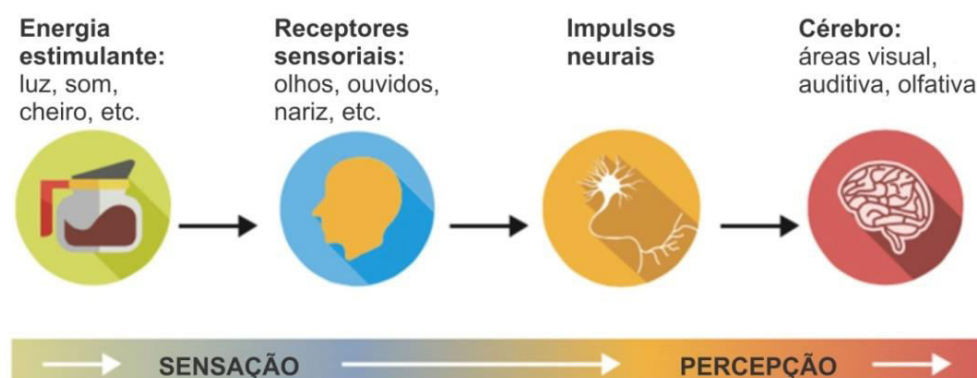
Alguns estudos trazem resultados quanto à agradabilidade da experiência vivenciada. Lu e Hou (2020) analisaram a congruência semântica na identificação de sinais gráficos em sistemas de sinalização de informação pública na China. Usando o EEG e o Potencial Relacionado a Eventos (*Event-Related Potential* - ERP) verificou-se que a relação entre a neurociência e o *design* pode gerar soluções mais aceitáveis pelos usuários.

Wang et al. (2020) exploraram a neurociência afetiva para obter informações sobre o neurodesign, as funções cerebrais, o comportamento do consumidor e o *marketing* de automóveis. Os autores citam que as respostas podem contribuir para discussão sobre a “concepção de elementos que atraem o ser humano em geral”.

Conforme cita Bridger (2017), nossa mente processa o que vemos e sentimos, moldando nossas reações antes, durante e após as experiências vivenciadas.

A figura 65 a seguir mostra um modelo do que seria o “trajeto” percorrido pelo estímulo até a percepção do ser humano.

Figura 65 - Caminho pelo qual a sensação se torna percepção



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Jackrabbit *Design* (2015).

A figura evidencia que os estímulos estão ao redor dos seres humanos e podem apresentar elementos (luz, som, cheiro) que são capturados pelos receptores sensoriais (visão, audição, olfato). Ao receber esses sinais, ocorrem impulsos neurais que direcionam esses estímulos para áreas do cérebro que levam até a cognição (JACKRABBIT DESIGN, 2015).

Bridger (2017) reflete sobre a analogia entre o neurodesign e o *design* ergonômico ao citar que enquanto a vertente ergonômica do *design* se refere ao entendimento do movimento, do tamanho e da forma do corpo físico para adequar os projetos ao ser humano, o neurodesign “tem a ver com a compreensão das peculiaridades e processos de nossas mentes não-conscientes a fim de criar desenhos que o atraiam”.

Observa-se o quanto a conexão entre neurociência, ergonomia e *design* reforça a importância das pesquisas multidisciplinares. Esta ampla visão permite a exploração de novas perspectivas e possibilidades investigativas, outros ângulos para problemas e dilemas existentes, gerando novas propostas de soluções e experiências mais agradáveis para os seres humanos.

Logo, melhorar a interação dos usuários com os complexos sistemas de trabalho e suas categorias traz amplos benefícios para a sociedade. Diante do exposto, reforça-se a motivação em realizar esta pesquisa e a intenção em contribuir com este cenário.

Embora o texto supracitado tenha feito diversas menções sobre a neurociência, seus tipos e o uso da avaliação da atividade do cérebro, informações sobre a anatomia cerebral precisam ser citadas com o objetivo de demonstrar, de maneira sucinta, como funciona a atividade cerebral, especialmente diante de experiências emocionais.

5.2 O CÉREBRO E A EMOÇÃO: ANATOMIA E HIPÓTESES

Em constante interação com o meio em que vive, o ser humano necessita identificar os sinais e as informações do ambiente e da sociedade para garantir a interação com o que o rodeia e a sua própria sobrevivência. Esta interação é complexa, percebida e assimilada através dos seus sentidos. Compreendem-se como sentidos as aptidões do ser humano para receber as impressões externas pelos órgãos sensoriais.

A percepção, compreensão e as respostas a estes sinais correspondem às emoções e o entendimento do seu papel no comportamento humano é fundamental na sua interação com o meio ambiente e a sociedade (RAMOS, 2015). Inclusive, o processo fisiológico que tem o objetivo de reconhecer as sensações e estímulos corresponde aos sentidos.

Para compreender tais sinais através dos sentidos é importante que o corpo humano possua um sistema capaz de perceber, captar, entender e responder a estas informações. Este sistema deve provocar uma resposta a algum estímulo, permitir a execução de alguma atividade ou ação, e possibilitar a conclusão de alguma meta. Ou então todas estas respostas em conjunto. Este sistema corresponde ao Sistema Nervoso (SN).

5.2.1 O sistema nervoso

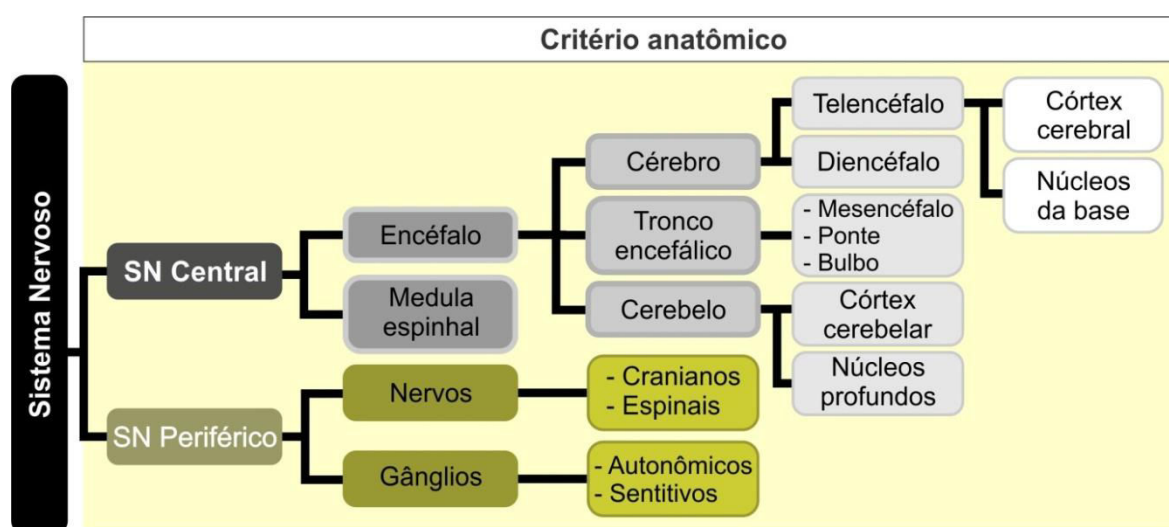
O sistema nervoso é formado por células que agem como canais de comunicação entre os sentidos (que recebem os estímulos externos, chamados **receptores**), e os órgãos (**efetores**), que são aqueles responsáveis pelas reações aos estímulos percebidos.

De acordo com Brandão (2004):

O sistema nervoso funciona como dispositivo capaz de perceber variações energéticas do meio externo ou interno no organismo, analisá-las quanto à sua qualidade, intensidade e localização para organizar comportamentos que constituam uma resposta adequada ao estímulo que foi apresentado ao indivíduo (BRANDÃO, 2004, p.31).

Segundo Lent (2013) e Brandão (2004) é possível classificar o sistema nervoso por meio de critérios como, por exemplo, o anatômico e o embriológico. A figura 66 abaixo apresenta alguns componentes conforme o critério anatômico e divide o sistema nervoso em Sistema Nervoso Central (SN Central) e Sistema Nervoso Periférico (SN Periférico).

Figura 66 - Divisão do sistema nervoso conforme critério anatômico



Fonte: o autor (2020). Baseado em Lent (2013, p.21) e Brandão (2004, p.05).

Verifica-se na figura que o sistema nervoso central (SN Central) representa as estruturas neurais situadas dentro do crânio e da coluna vertebral. Optou-se em elaborar uma figura que apresentasse hierarquicamente a estrutura do cérebro até o córtex cerebral, por esta ser a região investigada nesta pesquisa. Como esta pesquisa investiga emoções, este será o sistema mais evidenciado.

Quanto ao sistema nervoso periférico, verifica-se na figura que é nele onde estão os componentes nervosos que se espalham por todo o organismo, como os nervos e os gânglios.

Quanto à estrutura fisiológica, o sistema nervoso central apresenta alta complexidade funcional e anatômica, constituído por matéria branca e cinzenta

(LENT, 2010, p.09). A maior área estrutural é o cérebro, sendo o órgão incumbido de controlar as atividades humanas como os movimentos, a imaginação, as respostas e o comportamento humano (YING et al., 2019).

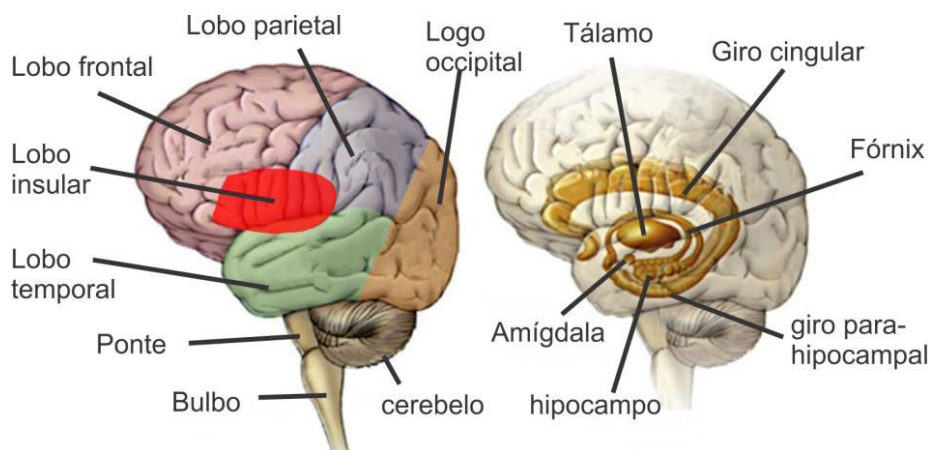
Atuando de modo permanente, o cérebro se divide em várias regiões que operam em paralelo, onde cada uma delas executa ações específicas conforme as necessidades a serem atendidas pelas atividades humanas (LENT, 2010, p.30).

O córtex compreende a região superficial e enrugada do cérebro, cheia de sulcos e formada por “camadas múltiplas de neurônios interconectados de forma complexa” (BRANDÃO, 2004, p.13). Nesta região ocorrem as mais complexas funções psíquicas e neurais (LENT, 2010, p.12),

O córtex é considerado a estrutura mais nova do cérebro em termos evolucionários e se divide em vários lobos cerebrais, conforme a imagem da esquerda na figura 67 abaixo. Os lobos visualizados são: frontal, parietal, occipital, temporal, insular e límbico (BRANDÃO, 2004, p.13).

A imagem da direita apresenta algumas áreas funcionais do cérebro relacionadas com as emoções, como o tálamo, o hipocampo e a amígdala.

Figura 67 - Lóbulos e áreas funcionais do cérebro



Fonte: o autor (2019). Adaptado de BrightFocus Foundation (2019).

O lobo insular, que desempenha um papel essencial na base neurológica da emoção, localiza-se em uma região mais profunda dos hemisférios cerebrais, não sendo possível visualizá-lo (LENT, 2010, p.12; CALVO et al., 2015, p.79).

A ínsula corresponde ao córtex relacionado ao límbico e na figura da esquerda é sinalizada na área em vermelho. Já a figura da direita mostra a

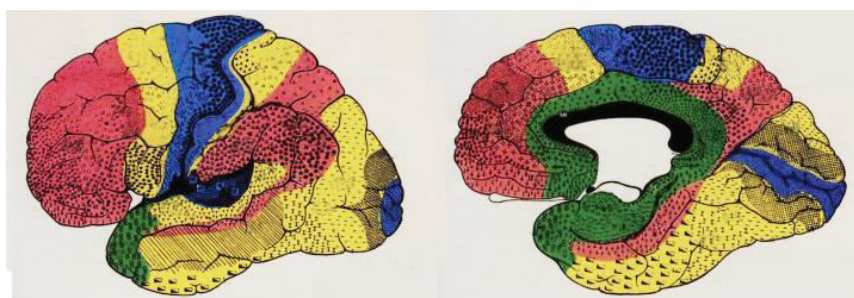
localização do sistema límbico, sendo este um “anel cortical ao redor do tronco cerebral” (BOS, 2017). Lovo (2019, p.69), Brandão (2004) e Lent (2002) citam que as áreas funcionais do córtex se dividem em três:

1. **Área primária** (cor azul) – chamada de área de projeção, está relacionada à sensibilidade e correspondem as áreas para onde as informações que chegam ao cérebro se dirigem no intuito de levar dados sensoriais ao corpo;
2. **Área secundária** (cor amarela) – tem relação com o entendimento e a categorização do estímulo. A área associativa sensorial permite comparar as características do estímulo recebido com o que está na memória;
3. **Área terciária** (vermelha e verde) – A área associativa corresponde as atividades psíquicas que definem o estímulo, seja cognitivo ou emocional, além de controlar a resposta dada a este estímulo por meio do comportamento.

Na figura 68 abaixo, a imagem da esquerda apresenta o hemisfério esquerdo cerebral em vista lateral e o lobo frontal localiza-se a esquerda. A imagem da direita exhibe um corte sagital (plano que divide em metades esquerda e direita) do cérebro, onde a região verde no centro corresponde ao lobo límbico.

Verifica-se nas duas figuras que as áreas terciárias, relacionadas com a emoção, correspondem aos lobos frontal e límbico com maior intensidade.

Figura 68 - Áreas funcionais do córtex



Fonte: Adaptado de Rutten (2017, p.219).

Lovo (2019, p.70) resumiu as três áreas da seguinte maneira: o estímulo é identificado pelas áreas primárias, é processado pelas áreas secundárias e o seu significado ocorre nas áreas terciárias, influenciando no comportamento humano conforme o referido estímulo através “das emoções, da cognição e da memória”.

O córtex também se divide em hemisfério direito (HD) e hemisfério esquerdo (HE), onde as pesquisas em neurociência já identificaram atividades assimétricas obtidas por investigações eletrofisiológicas e neurológicas, além das análises comportamentais. As assimetrias permitem investigar as emoções provocadas por estímulos (LENT, 2002; BRANDÃO, 2004; LOVO, 2019).

Observou-se que o sistema nervoso como um todo corresponde não apenas a uma rede de comunicação, mas a uma parte do organismo humano de grande complexidade funcional.

Com as pesquisas realizadas ao longo do tempo em neurociência foi possível descobrir parâmetros funcionais dos neurônios (células nervosas) que facilitaram a compreensão da atividade cerebral humana.

Tais investigações permitiram observar e identificar padrões de atividades processadas pelo cérebro conforme situações específicas vivenciadas e que posteriormente geraram aumentos significativos nas possibilidades e perspectivas de entendimento do comportamento humano.

Dentre estas perspectivas estão os fundamentos que se relacionam com as emoções humanas. Uma das regiões cerebrais mais relevantes nesse sentido é o sistema límbico.

5.2.1.1 Sistema Límbico

Enquanto o neocórtex possui cinco lobos (frontal, parietal, occipital, temporal, insular) e é considerado “a porção cerebral tida como racional”, o lobo límbico “pertence ao cérebro emocional” (LOVO, 2019, p.69). Este sistema corresponde a “um grupo de estruturas que formam uma fronteira ao redor do tronco cerebral” (KROPOTOV, 2009, p.186).

O sistema límbico compreende várias estruturas subcorticais localizadas no meio do cérebro e inclui estruturas como a amígdala, o hipotálamo, o córtex cingulado, o tálamo, o corpo mamífero e o hipocampo.

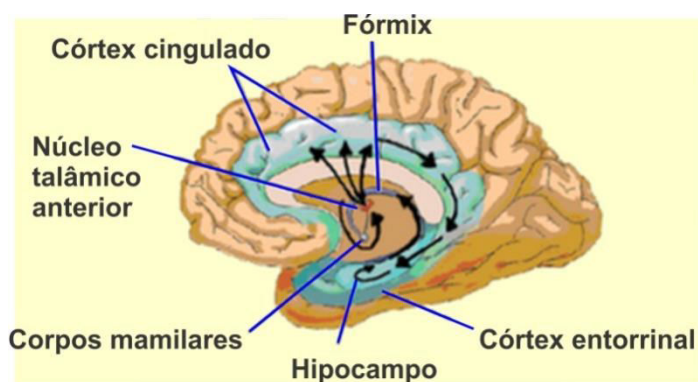
Desempenhando diversas funções, destaca-se por processar informações emocionais dando significado aos estímulos e influenciando no comportamento humano em resposta ao referido estímulo (BANICH; COMPTOM, 2018; LOVO, 2019, p.69).

Apesar de cada estrutura do sistema límbico possuir uma função específica, Berridge (2004) chama atenção para o fato de que todas elas funcionam entre si de maneira semelhante.

Berridge (2004) informa que não existem áreas especializadas em estados emocionais, mas o “trabalho em conjunto” de regiões cerebrais para se chegar ao desenvolvimento das emoções. O progresso nas pesquisas sobre o entendimento da estrutura cerebral diante dos estados emocionais resultaram na inclusão de novas estruturas conforme novas respostas foram sendo encontradas.

Por exemplo, o circuito de Papez (1937) trouxe uma visão histórica e interessante sobre o ciclo das emoções na estrutura cerebral, sendo considerado o início dos estudos sobre esse aspecto e a “base anatômica das emoções” (DAVIDSON, 1992). A figura 69 abaixo apresenta um esquema do circuito.

Figura 69 - Esquema do circuito de Papez



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Brandão⁶⁸.

De acordo com a figura é possível observar que este circuito apresenta algumas estruturas específicas devidamente conectadas: hipocampo, corpo mamilar, giro cíngulo e giro para-hipocampal. As setas dão uma ideia do funcionamento do circuito de Papez, que inicia e finaliza o ciclo no hipocampo (KROPOTOV, 2009, p.83). Informações mais detalhadas podem ser encontradas em Ribas (2007) e Dutta (2021).

Outras investigações vieram complementar o chamado circuito das emoções. De acordo com Kropotov (2009), em 1949 foi apresentada a proposta de Paul MacLean que reintroduziu o sistema límbico e ampliou o número de estruturas

⁶⁸ Fonte: <http://pedrorpb.blogspot.com/2009/04/circuito-de-papez-e-o-lobo-limbico.html>.

envolvidas, incluindo a amígdala, o córtex orbito frontal (OFC), a área septal (septo) e o nucleus accumbens.

A inclusão destas estruturas possibilitou um crescente número de investigações de situações e fenômenos diversos. A correlação entre as estruturas do cérebro ampliou os cenários e não bastava analisar apenas o sistema límbico, afinal ele também recebe informações de outras áreas e lobos (KROPOTOV, 2009).

Segundo Bos (2017) a informação referente aos estímulos que desencadeiam emoções passa para a amígdala a partir do hipotálamo, ocasionando a conexão entre os estímulos e as reações emocionais, de modo a avaliar os estímulos recebidos e compará-los com experiências anteriores guardadas na memória. A proposta de MacLean somou-se ao circuito de Papez para facilitar o entendimento do sistema nervoso central.

Aliás, a complexidade do sistema nervoso é abordada por Esperidião-Antonio et al. (2008), informando que enquanto diferentes estímulos (têrmicos, táteis, visuais, etc.) chegam ao sistema nervoso central por vias neuronais, incluindo receptores e nervos periféricos, as respostas a estes estímulos são programadas nas áreas corticais por refinamento.

Porém, seguindo o intuito de não se aprofundar na neurociência devido à amplitude do tema e para não fugir ao escopo desta pesquisa, optou-se em finalizar esta revisão sobre o sistema nervoso abordando o papel do córtex frontal no cenário investigativo das emoções.

Marín-Morales et al. (2018) citam que é no córtex cerebral que as emoções humanas se originam. Assim, os autores também reforçam a importância do estudo do sistema nervoso central na investigação das emoções. A estrutura e a funcionalidade do neocortex são complexas e o seu entendimento continua sendo um grande desafio para os neurocientistas (LENT, 2010, p.659).

Para Damásio (2013), quando estímulos acionam regiões cerebrais que possuem relação com as emoções, elas são desencadeadas, como é o caso do córtex frontal e da amígdala. Nesse momento se configura uma resposta emocional diante de um estímulo.

A estrutura do córtex traz uma grande vantagem. Enquanto o sistema límbico localiza-se no interior dos hemisférios cerebrais, o córtex cerebral corresponde à região mais superficial do cérebro. Essa característica permite o uso de técnicas e

ferramentas não invasivas para a captura dos sinais elétricos neurais e consequentemente o monitoramento de sua atividade.

Dentre as diversas linhas de pesquisa que investigam a atividade cerebral, uma delas se destaca há décadas com resultados relevantes e que apresentam elementos que atendem aos propósitos desta tese: a lateralização cerebral.

5.2.2 Lateralização cerebral e a sua relação com as emoções

Embora os dois hemisférios cerebrais pareçam simétricos visualmente, eles possuem diferenças operacionais muito significativas largamente comprovadas cientificamente há muito tempo. As experiências na vida do ser humano exigem maior atividade cerebral de um dos hemisférios (e até mesmo de ambos) de acordo com inúmeras variáveis.

Do raciocínio lógico, matemático e estratégico do hemisfério esquerdo (HE) à imaginação, intuição e sentimentos do hemisfério direito (HD), os estudos sobre a lateralidade cerebral permitiram que a comunidade científica compreendesse seus funcionamentos e as diferenças entre eles.

Segundo Lent (2010, p.680), cada hemisfério apresenta funções distintas. O hemisfério esquerdo é responsável pelo cálculo matemático, avaliação métrica do espaço e identificação precisa de objetos, ou seja, pela análise lógica. O hemisfério direito se encarrega da percepção musical, identificação genérica das pessoas, é mais intuitivo e criativo. A configuração da figura 70 abaixo retrata estas diferenças.

Figura 70 - Representação da diferença entre os hemisférios



Fonte: adaptado de Harvard Health Blog⁶⁹.

⁶⁹ Fonte: <https://www.health.harvard.edu/blog/right-brainleft-brain-right-2017082512222>.

Por exemplo, a lateralização evidenciou diferenças entre destros e canhotos, além de evidenciar maior atividade na linguagem em homens se comparados com as mulheres (MARTIN; ALTARRIBA, 2017). Já a pesquisa de Park e Shin (2017) verificaram uma “superioridade do hemisfério esquerdo durante o dia na maioria das pessoas destros”.

Porém as pesquisas sobre lateralidade surgiram a mais de um século através de numerosos estudos sobre a observação do comportamento emocional humano e das diferenças encontradas nos hemisférios do cérebro após lesões cerebrais que ocorriam de maneira unilateral.

No ano de 1912 o médico C. K. Mills observou diminuição da expressão emocional em indivíduos com danos do lado direito da cabeça (ALVES et al., 2008B). Ao longo das décadas posteriores surgiram diversas outras pesquisas, observações clínicas e dados experimentais que reforçaram as singularidades de cada hemisfério (PRETE et al., 2015).

Em cenários mais recentes, Hagemann et al. (2005) apresentaram várias pesquisas sobre as diferentes alterações no comportamento emocional após danos cerebrais em ambos os hemisférios. Já Harmon-Jones et al. (2010) informam que pessoas com lesões no hemisfério esquerdo tendem a sentimentos depressivos.

Estes e outros resultados ajudaram a desenvolver padrões de atividade cerebral que tentaram explicar, conforme as experiências vivenciadas, a relação entre os danos ou lesões cerebrais dos voluntários, as respostas aos experimentos propostos e a lateralidade da atividade cerebral.

Nesse contexto foram inseridos os estudos do estado emocional e do comportamento humano. Este amplo cenário gerou linhas de pensamento que foram sendo fomentadas e alicerçadas por experimentos que buscaram explorar e explicar os mecanismos neuropsicológicos do cérebro, a sua assimetria hemisférica, as lesões cerebrais, o comportamento humano e o estado emocional.

As discussões provocadas foram determinantes para a concepção de diversas hipóteses sobre a origem das emoções. Três hipóteses que apresentam um número relevante de investigações e respostas relevantes na literatura são citadas a seguir: a Hipótese de Valência, a Hipótese do Hemisfério Direito e a Hipótese Integrativa.

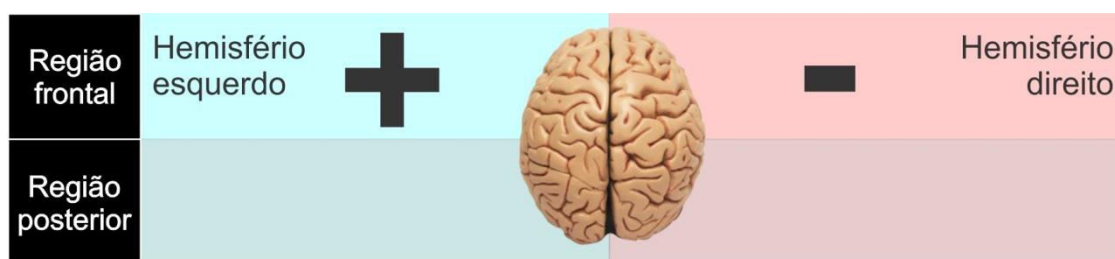
5.2.2.1 Hipótese de Valência - HV

A proposição desta hipótese parte do pensamento que a produção e a percepção das emoções ocorrem por meio da assimetria frontal, onde as emoções positivas são verificadas pela ativação do hemisfério esquerdo do cérebro e as emoções negativas são observadas quando o hemisfério direito é estimulado ou ativado (ZHANG; ZHOU, 2014; PRETE et al., 2019).

Richard J. Davidson chamou a atenção para as interpretações inconsistentes sobre a lateralidade cerebral e as emoções, além de investigar os achados de outros pesquisadores, como J. Hughlings-Jackson (século 19) e Kurt Goldstein (século 20), sobre a resposta cerebral frente às emoções (DAVIDSON, 1992).

A equipe de Davidson conseguiu verificar o envolvimento entre a assimetria do córtex frontal e as reações emocionais, demonstrando a consistência dessa proposição em várias investigações (DAVIDSON; FOX, 1982; FOX; DAVIDSON, 1986; FOX; DAVIDSON, 1987; FOX; DAVIDSON, 1988; DAVIDSON et al., 1990; DAVIDSON et al., 2000; URRY et al., 2004). A figura 71 abaixo divide o cérebro em lado esquerdo positivo (cor azul) e lado direito negativo (cor vermelha).

Figura 71 - Hipótese de valência



Fonte: o autor (2020).

Os estudos que utilizaram essa hipótese cresceram, foram aplicados em demandas diversificadas e um possível motivo para esta “preferência” foi verificado por Shobe (2014) ao afirmar que o processamento das emoções positivas é mais fácil do que as emoções negativas.

Prete et al. (2014) trouxeram resultados positivos e ampliaram a validade da hipótese de valência no “domínio específico do processamento de emoções inconscientes” durante análise de rostos híbridos.

Numa pesquisa onde os voluntários escutavam palavras e termos com conteúdos emocionais positivos e negativos, Martin e Altarriba (2017) sustentaram a “hipótese de valência na representação da palavra emoção no cérebro”. O estudo resultou na constatação de que o cérebro reage conforme a sua valência ao escutar palavras com significados emocionais.

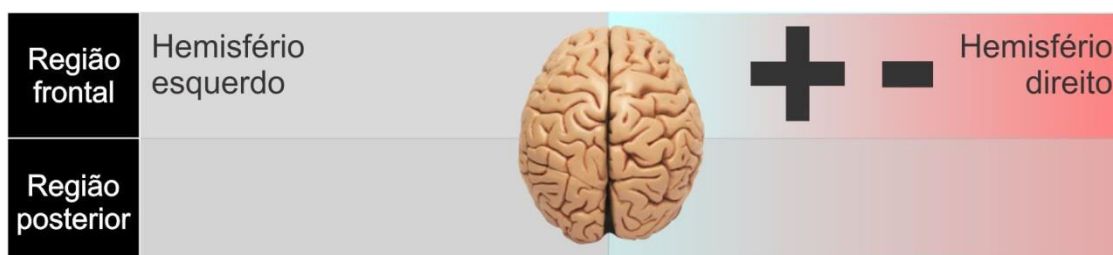
5.2.2.2 Hipótese do Hemisfério Direito - HHD

Esta hipótese tem como proposição o domínio do hemisfério direito na geração de experiências e expressões emocionais. Esta hipótese contrasta com a hipótese de valência. Hagemann et al. (2005) e Zhang e Zhou (2014) citam que o hemisfério direito é dominante na experiência e na percepção emocional se comparado ao hemisfério esquerdo.

Portanto, é o hemisfério esquerdo que apresenta “prevalência de processamento cognitivo, consciência e intencionalidade” (GAINOTTI, 2012). A revisão mais recente de Gainotti (2019A) reforça a dominância do hemisfério direito no sistema emocional.

Citando historicamente esta hipótese, Ross et al. (1994) sugeriram que a modulação das emoções primárias ocorria no hemisfério direito e as emoções sociais ficavam a cargo do hemisfério esquerdo. A figura 72 abaixo evidencia a predominância das emoções positivas e negativas no lado direito do cérebro.

Figura 72 - Hipótese do hemisfério direito



Fonte: o autor (2020).

A pesquisa de Spence et al. (1996) verificou que apenas o hemisfério direito produz resposta autônômica “adequada à apresentação de material emocional”. Hagemann et al. (2005) observaram que indivíduos ao assistirem filmes de valências

positiva e negativa apresentaram maior atividade cortical no hemisfério direito se comparado ao esquerdo.

Tanto Prete et al. (2015) quanto Alves et al. (2008A) verificaram que o hemisfério direito apresentou superioridade na percepção e no processamento das emoções, em oposição ao que é verificado na hipótese de valência.

Embora as duas hipóteses apresentem proposições diferentes, Killgore e Yurgelun-Todd (2007) apontam que é possível utilizar os aspectos de ambas, uma vez que as duas não são opostas e o uso em conjunto pode trazer outras possibilidades investigativas e ampliar a discussão acerca da complexa relação entre o sistema emocional e a atividade cerebral.

Wyczesany et al. (2018) corroboram ao relatarem que as duas hipóteses “parecem coexistir durante a percepção afetiva” após a conclusão de um estudo envolvendo a apresentação de faces felizes (positivas) e zangadas (negativas).

Prete et al. (2019) também concordam com esse pensamento, citam que diversas investigações apóiam o uso conjunto das duas hipóteses e que elas não são mutuamente exclusivas.

Nesse contexto, enquanto a hipótese de valência e a hipótese do hemisfério direito seguiam sendo investigadas em separado ou em conjunto (especialmente de modo comparativo), outra linha de pensamento foi desenvolvida com o intuito de apresentar uma proposição que viesse a utilizar elementos das duas hipóteses. Trata-se da hipótese integrativa.

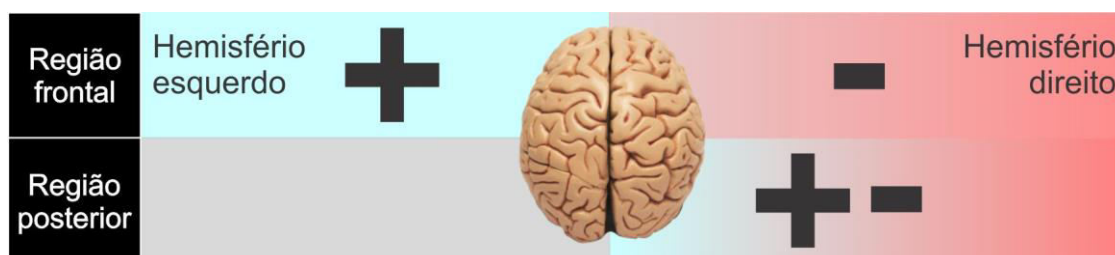
5.2.2.3 Hipótese Integrativa - HI

Nesta hipótese a verificação das redes neurais ocorre na região frontal e na região posterior do cérebro. Os circuitos anatômicos frontais estão relacionados com a hipótese de valência (emoção positiva no hemisfério esquerdo e negativa no hemisfério direito).

E a hipótese do hemisfério direito (emoções positivas e negativas no hemisfério direito) está associada aos circuitos da região posterior do cérebro, sendo um amálgama entre as duas hipóteses (HAGEMANN et al., 2005).

A figura 73 a seguir apresenta estas particularidades.

Figura 73 - Hipótese integrativa



Fonte: o autor (2020).

A pesquisadora Wendy Heller investigou as possíveis relações e integrações entre os aspectos cognitivos e biológicos da função emocional (HELLER, 1993). Foi observado em pesquisas anteriores que as teorias da emoção se concentravam mais nas funções do sistema nervoso autônomo e deixavam de lado os mecanismos de controle do cérebro, como por exemplo, a tomada de decisão (HELLER, 1990).

Após realizar várias investigações, Gainotti (2019B) chegou à conclusão de que a existência de uma versão que integre as hipóteses de valência e do hemisfério direito deveria ser apoiada, mesmo após constatar dominância do hemisfério direito para as emoções.

Essa hipótese trouxe várias possibilidades de verificação emocional em outras regiões cerebrais, além do lobo frontal. Zhang et al. (2011) apontam que a hipótese integrativa permitiu verificar que além da relação entre as emoções e os hemisférios, foi possível verificar o papel essencial das regiões parietotemporais nas experiências emocionais.

Diante das possibilidades de investigação e das três hipóteses citadas, optou-se em utilizar a hipótese de valência nesta pesquisa por ser a hipótese que pode apresentar a melhor distinção entre a lateralidade positiva e negativa. Vale lembrar que esta tese também utiliza outras ferramentas de coleta de dados cujos resultados podem apresentar respostas adversativas, ideias de oposição, ou seja, respostas que podem ser positivas ou negativas.

Logo, a hipótese de valência atende a esta demanda, se adequando principalmente ao cenário a ser explorado e permitindo que os resultados obtidos possam ser comparadas entre si. Aliás, Reznik et al. (2018) cita que a maioria dos estudos de assimetria cerebral ocorrem em três situações: situações de repouso, pesquisas referentes a fenômenos psicológicos e tarefas emocionalmente evocadas.

As respostas obtidas pelas análises da atividade cerebral devem ser obtidas de modo mensurável, preciso, claro e passível de comparação. Portanto é essencial utilizar equipamentos e técnicas que melhor se adéquem a esta circunstância e que possa gerar respostas (neuroimagens) que atendam as necessidades, como o EEG.

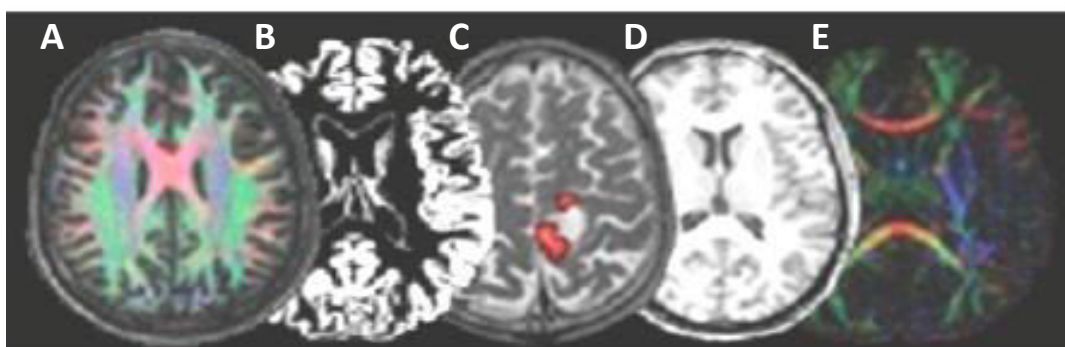
5.3 A ELETROENCEFALOGRAFIA E AS ATIVIDADES CEREBRAIS

Os mistérios da mente humana sempre despertaram a curiosidade de cientistas e pesquisadores. O passado das investigações da atividade cerebral demonstrou condições e situações inimagináveis através da análise de cérebros de pessoas mortas. Contudo, além da estrutura física do cérebro houve a necessidade de investigar o cérebro em funcionamento, ou seja, vivo e em plena atividade.

O advento tecnológico gerou novas técnicas, equipamentos e ferramentas, ou seja, um avanço considerável para os estudos do cérebro. Procedimentos invasivos, como os testes de pneumoencefalografia que trouxeram conhecimentos introdutórios sobre a estrutura cerebral e os contornos ventriculares (ISHAQUE et al., 2017), deram lugar as novas e modernas técnicas de escaneamento cerebral.

A figura 74 abaixo apresenta diversas imagens do cérebro capturadas por técnicas diferentes. As neuroimagens dividem-se em: (I) Imagem Tensora de Difusão (*Diffusion Tensor Imaging* - DTI) – tipo de ressonância magnética de difusão (figuras A e E); (II) Ressonância Magnética (*Magnetic Resonance Imaging* - MRI) (figuras B e D); (III) Ressonância Magnética Funcional (*Functional Magnetic Resonance Imaging* - fMRI) (figura C).

Figura 74 - Diversas neuroimagens: DTI, MRI, fMRI, MRI, DTI



Fonte: Wright (2010).

A obtenção de imagens do cérebro (neuroimagens) cada vez mais nítidas impulsionou o entendimento sobre o seu funcionamento em vários estágios da vida, nas mais diversas condições e estados fisiológicos e psíquicos.

Além de facilitar a identificação de neuropatias (doença do sistema nervoso) ou lesões e localizar atividades cognitivas após a execução de alguma tarefa e diante de um estímulo (BUNGE; KAHN, 2009).

As aplicações técnicas da neuroimagem se concentraram em duas categorias: (I) “indicadores metabólicos indiretos de atividade neuronal”; (II) “indicadores diretos da atividade neuronal em resposta a estímulos” (MEHTA; PARASURAMAN, 2013).

Dentre as técnicas de captura mais utilizadas estão: Tomografia Computadorizada (TC), Tomografia por Emissão de Pósitrons (TEP ou *Positron Emission Tomography* – PET), Avaliação do Fluxo Sanguíneo Cerebral (FSC), Imagem por Ressonância Magnética Nuclear (MRI), Ressonância Magnética Funcional (fMRI), Magnetoencefalografia (MEG), Espectroscopia por Infravermelho Próximo (*Near Infrared Spectroscopy* - NIRS) e a Eletroencefalografia (EEG) (BRANDÃO, 2004; BUNGE; KAHN, 2009; DEMITRI, 2016).

Estes métodos utilizam fluxo sanguíneo, fluxo elétrico ou algum material para desencadear reações do cérebro, facilitando a identificação das atividades, capturá-las e posteriormente verificar a reação e a atividade cerebral por meio de imagens.

Após analisar as características de cada técnica de acordo com as referências supracitadas, com as necessidades logísticas e a exigência de uma técnica que apresente a atividade neuronal em resposta a estímulos, verificou-se que a eletroencefalografia é a técnica mais adequada para captura das imagens cerebrais a serem investigadas nesta tese.

O EEG tem melhor resposta temporal (precisão de classificação na avaliação das emoções) e relevante facilidade para identificação dos estados emocionais conforme a valência. Por isso esta técnica será mais detalhada a seguir.

Quando Hans Berger registrou os primeiros sinais do EEG no couro cabeludo humano em meados da década de 1920, registrando pela primeira vez alterações nas ondas cerebrais durante o sono e após uma atividade mental, deu-se início a um marco nas tecnologias da neurociência (WANG et al., 2013; INCE et al., 2020).

As décadas se passaram e o processo de captura foi otimizado com a digitalização dos registros e os eletrodos embebidos com solução salina, de equipamentos com poucos eletrodos até aqueles com centenas deles, dos modelos de grande porte aos modelos portáteis.

Lecoutre et al. (2015) apontaram a eletroencefalografia como uma ferramenta promissora para avaliação da carga de trabalho mental. Valenzi et al. (2014) afirmam que a partir dos sinais obtidos é possível coletar informações adequadas para se estudar a emoção humana, podendo ser considerada uma das ferramentas mais pertinentes para se obter dados fisiológicos dos sistemas nervosos central e periférico.

Bhatti et al. (2016) corroboram ao citarem que a eletroencefalografia pode ser considerada como a melhor escolha para o registro de informações devido às suas características únicas em resposta aos estados emocionais humanos. Mesmo diante da complexidade em interpretar as neuroimagens, esta tem sido uma técnica que incentiva muitos pesquisadores (ZHANG et al., 2016).

As características notáveis do EEG são diversas: natureza não invasiva, contínua, sensível, captura do sinal em tempo real e com excelente resolução temporal quanto às alterações cerebrais, ou seja, “apresenta excelente resolução da atividade neural no domínio do tempo”, chegando a uma precisão de milissegundos (MEHTA; PARASURAMAN, 2013; HAIRSTON et al., 2014).

De acordo com Niemic (2002), o EEG realiza um processo de gravação da atividade elétrica cerebral, seja em situações de repouso ou de estímulo e identifica as diferenças entre os dois hemisférios cerebrais. Além do mais, segundo Petrantonakis e Hadjileontiadis (2011), a captura dos sinais ocorre diretamente do sistema nervoso central, ou seja, “da origem da gênese das emoções”, conforme já mencionado no início deste capítulo.

Segundo Kumar e Kumar (2016), o EEG é capaz de exibir a atividade neuronal de modo sincronizado de uma determinada área do cérebro, registrando a atividade cerebral através de um sinal oscilante. A eletroencefalografia consegue identificar a atividade elétrica do cérebro ao longo do couro cabeludo (ABHISHEK; SUMA, 2014).

Nesse sentido, a eletroencefalografia permite o registro contínuo das correntes elétricas extracelulares geradas pela dinâmica neural em vários locais da

cabeça através da instalação de eletrodos colocados no couro cabeludo (HAIRSTON et al., 2014; WILLIAMS et al., 2020).

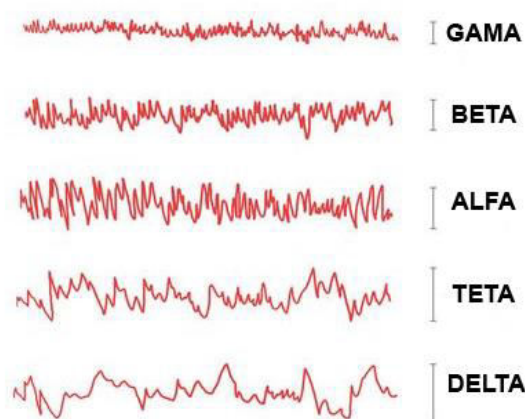
Igualmente inclui a frequência e a amplitude da atividade elétrica gerada pelo cérebro (NIEMIC, 2002). Logo, a banda de frequência exerce um papel fundamental na análise das atividades cerebrais relativas às emoções.

5.3.1 Bandas de frequência: nas ondas do cérebro

Os sinais elétricos capturados pelo EEG são identificados conforme o seu ritmo e classificados por bandas de frequência. Estas bandas foram criadas para refletir a interação entre o meio ambiente, a atividade do córtex e as atividades realizadas pelo ser humano, ou seja, estão associadas com variados estados físicos e cognitivos (PFURTSCHELLER; NEUPER, 2001; LANG, 2012; JARDIM, 2017).

As bandas possuem limites conforme o tamanho e a frequência da onda medida em Hertz (Hz), o que lhe confere características diferentes. Elas se dividem em cinco tipos (figura 75 abaixo): ondas **Delta** (entre 0,5 e 4 Hz), ondas **Teta** (entre 4 e 8 Hz), ondas **Alfa** (entre 8 e 13 Hz), ondas **Beta** (entre 13 e 30 Hz) e ondas **Gama** (40 e 50 Hz) (KROPOTOV, 2009; URIGÜEN; GARCIA-ZAPIRAIN, 2015).

Figura 75 - Bandas de frequência de sinais elétricos do cérebro



Fonte: o autor (2019). Baseado em Stroski (2019).

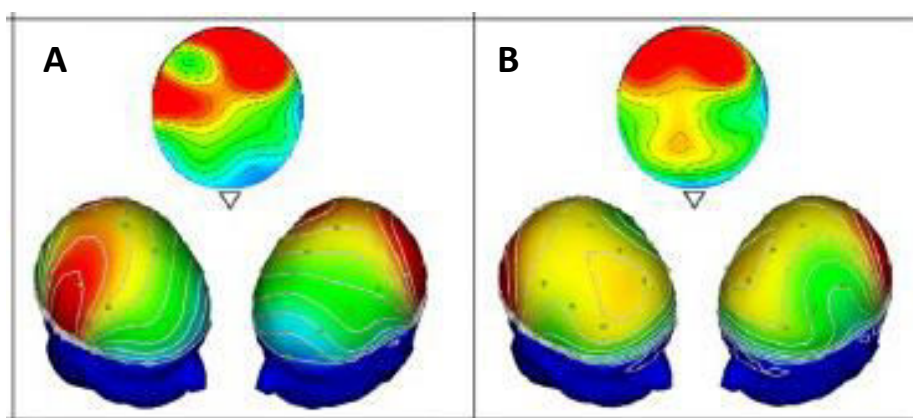
A figura mostra as bandas de frequência. Stroski (2019) e Caimar e Lopes (2020) citam que as ondas cerebrais são medidas em ciclos por Hertz ou segundos e se modificam conforme as atividades elétricas emitidas pelo cérebro.

A banda Gama está relacionada aos processos de aprendizagem e a memória, por isso sua frequência é maior e mais agitada. A banda Delta possui relação com o sono profundo, a hipnose e a meditação, por isso a frequência é baixa, ou seja, menos agitada.

Ao serem capturados no formato original, os sinais precisam passar por pré-processamentos para “limpá-los” até chegar à classificação final, e “a potência de cada banda de ondas cerebrais pode ser usada como uma das características em tal processo” (MROZIK et al., 2017). Ou seja, a identificação do sinal possibilita reconhecer quais atividades humanas estão associadas ao sinal capturado.

A figura 76 abaixo mostra uma representação de duas leituras de eletroencefalografia em picos de potência. A imagem da esquerda (A) indica condição de depressão. Observa-se que a região posterior da cabeça apresenta maior ativação, denunciada pela cor mais avermelhada (área quente).

Figura 76 - Assimetria alfa frontal do EEG em dois momentos



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Gollan et al. (2014).

Enquanto isso a região frontal apresenta pouca atividade (área fria). A imagem da direita (B) apresenta uma condição saudável e embora a região posterior também esteja mais ativada, verifica-se maior uniformidade nos sinais cerebrais.

Considerando a relação entre as emoções e a lateralidade da atividade cerebral, informada anteriormente pelas hipóteses sobre a origem das emoções, verificou-se estudos mais específicos na região frontal onde também foram constatadas pesquisas envolvendo a ligação entre o lobo frontal, a assimetria frontal, as emoções positivas e negativas e a banda de frequência alfa.

5.3.1.1 Banda alfa e a sua relação com as emoções

As particularidades que cada banda de frequência evidencia o amplo campo de pesquisa das atividades cerebrais através do EEG. A literatura já identificou íntima relação entre a banda alfa e a região frontal. As investigações sobre a assimetria frontal e as emoções correspondem à diferença na atividade alfa das regiões frontais entre os hemisférios direito e esquerdo (SILVA, 2021, p.63).

Stewart et al. (2010) encontraram associações entre a psicopatologia afetiva e a assimetria no EEG frontal. Suo et al. (2017) verificaram que a banda alfa pode ser vista como um correlato confiável da atividade frontal, além de registrarem que a regulação do processo emocional pode ser verificada pela lateralização funcional do córtex frontal. Wang et al. (2018) relataram que as pesquisas sobre neurociência afetiva investigam a assimetria alfa frontal.

Davidson (2004) já chamava a atenção para as pesquisas sobre as emoções e a assimetria frontal. A pesquisa de Kline et al. (2010) utilizou odores agradáveis, desagradáveis e neutros para verificar alterações nas assimetrias do alfa frontal. Como resposta, os autores observaram que a ativação frontal esquerda ocorreu em resposta a estímulos olfativos agradáveis.

Zhang et al. (2011) direcionaram a assimetria cerebral para a região frontal ao apontarem que tanto a produção quanto a percepção de emoções “dependem da valência emocional”. Moridis et al. (2017) relatam que a assimetria frontal pode ser utilizada como métrica em estudos que busquem avaliar a experiência do usuário.

Estes são alguns exemplos do uso da assimetria frontal para análise do estado emocional. Para obtenção dos valores quantitativos que ratificam os resultados são utilizadas fórmulas matemáticas e possibilidades investigativas são diversificadas.

5.3.1.2 Assimetria cerebral, como medir?

As respostas da assimetria da atividade cerebral são obtidas através do trabalho conjunto de vários elementos: equipamento para captura da atividade cerebral, *software* integrado para o correto registro e armazenamento, demanda devidamente definida, ferramenta apropriada para a obtenção dos resultados,

profissional habilitado para a execução e a finalização do processo com o tratamento dos sinais. Entre as ferramentas utilizadas estão as fórmulas matemáticas.

A fórmula desenvolvida por Davidson (2004) permite quantificar a assimetria, chama-se **Índice de Assimetria** (*Davidson Index - DI*) e é representado pela fórmula “ $DI = (L - R) / (L + R)$ ”. A letra “L” representa o valor numérico da atividade do hemisfério esquerdo (*Left*) e o “R” corresponde ao lado direito (*Right*). Diversos estudos utilizaram esta fórmula, incluindo os próprios estudos de Davidson (KAHNEMAN; RIIS, 2006, p.298; PETRANTONAKIS; HADJILEONTIADIS, 2011).

A lateralidade pode ser obtida através do **Coeficiente de Lateralidade** (*Laterality Coefficient - LC*), cuja fórmula é: $LC = ((L - R) / (L + R)) \times 100$. O resultado é capaz de gerar valores positivos ou negativos, indicando maior atividade alfa no hemisfério esquerdo ou no direito respectivamente (SUO et al., 2017).

Outro modo de identificar a lateralidade compreende a investigação sobre a assimetria cerebral da atividade frontal, verificada através do uso do **Índice de Assimetria do Alfa Frontal** (*Index Asymmetry Alpha Frontal - IAAF*), na figura 77.

Figura 77 - Índice de Assimetria do Alfa Frontal (IAAF)



IAAF = $\text{Log}\mu V^2 \text{AlfaFD} - \text{Log}\mu V^2 \text{AlfaFE}$

Fonte: o autor (2019). Baseado em Gollan et al. (2014).

A fórmula do IAAF considera o Log ($\text{Log}\mu V^2$) para o cálculo da potência espectral dos eletrodos especificados da região frontal. Este cálculo decompõe a amplitude do sinal nas potências da faixa de frequência de alfa frontal.

Como a atividade do alfa representa a redução da atividade em uma determinada região, o calculo considera o alfa frontal direito (AlfaFD) subtraindo o alfa frontal esquerdo (AlfaFE). Ou seja, “o direito menos o esquerdo”.

Este tipo de investigação da assimetria cerebral, com foco na atividade frontal, tem sido estudado há décadas tanto em situações clínicas como não clínicas e apresenta resultados consistentes (HARMON-JONES, 2003; OHME et al., 2010; GOLD et al., 2013; LAURENTINO, 2015; DHARMADHIKARI et al., 2019).

Segundo Valenzi et al. (2014), se a atividade cerebral está relativamente alta indica que a ativação de alfa está baixa e vice versa. Esta **relação inversa** entre a atividade da potência da banda alfa e a ativação cerebral é considerada na estrutura do IAAF. A função logarítmica garante a “relação inversa entre a atividade dentro da faixa alfa e o processamento cortical” (COAN; ALLEN, 2004; SUO et al., 2017).

Nesse sentido, se o resultado do IAAF for um valor positivo, indica maior ativação no hemisfério esquerdo. Consequentemente, o hemisfério direito apresentará maior ativação se o valor final do cálculo da assimetria apresentar resultado negativo (NIEMIC, 2002; WANG et al., 2018).

Este tipo de cálculo é bastante utilizado diante dos aspectos emocionais e cognitivos (TOMARKEN et al., 1990; STEWART et al., 2010). Observa-se que o resultado final do IAAF corrobora com o que rege a hipótese de valência.

Conhecidas as áreas cerebrais a serem analisadas (região frontal), a banda de frequência (alfa) e o índice para realização do cálculo da atividade elétrica (IAAF), observa-se a importância em detalhar a delimitação da região a ser analisada.

5.3.2 Sistema Internacional 10/20: delimitar para padronizar

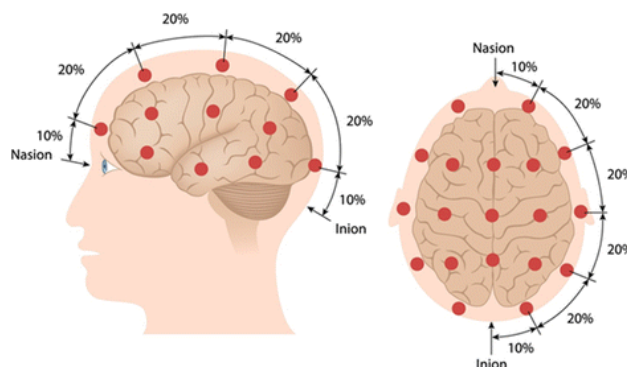
O resultado da eletroencefalografia permite identificar as diferenças de voltagens entre eletrodos ativos em várias posições e áreas cerebrais. Diversos estudos já demonstraram que cada região do cérebro é responsável por atividades específicas como a memória, o controle dos movimentos e as emoções (SOARES et al., 2016).

A coleta dos sinais depende do equipamento escolhido. Geralmente ocorre através de eletrodos que entram em contato com o couro cabeludo e o resultado é apresentado por “canais” do EEG. Conforme cita Kropotov (2009, p.170), um canal é “um registro referencial que mede a diferença de potencial entre um eletrodo físico e uma referência”, podendo ser a média local ou a média comum, por exemplo.

Nesse sentido, os equipamentos utilizados para coleta dos sinais devem possibilitar o correto posicionamento dos eletrodos. Em 1959 foi elaborado o Sistema Internacional 10/20, sendo considerado o padrão mais utilizado em pesquisas com EEG.

O termo “10/20” significa que qualquer eletrodo de um equipamento está a 10 ou 20 por cento de distância do outro (KROPOTOV, 2009). Malmivuo e Plonsey (1995) citam que são ao todo 21 eletrodos e a figura 78 abaixo demonstra a localização dos eletrodos através dos círculos vermelhos.

Figura 78 - Sistema Internacional 10/20



Fonte: Alotaiby et al. (2015).

O sistema 10/20 possibilita um *layout* padrão para o posicionamento dos eletrodos no couro cabeludo, havendo simetria entre os hemisférios. Cada eletrodo é identificado por um código com uma letra que representa a área onde o eletrodo está localizado e um número que informa o hemisfério.

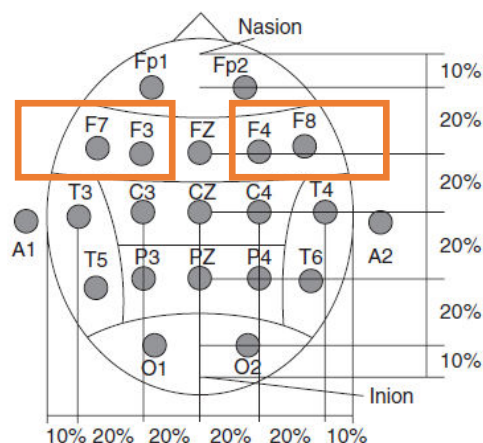
Se o número for ímpar corresponde ao hemisfério esquerdo e se for par indica o hemisfério direito (KROPOTOV, 2009). Dessa forma é possível identificar qual área do cérebro está sendo monitorada. Mais detalhes são encontrados em Oostenveld e Praamstra (2001) e Kropotov (2009, p.118).

Essas características tornam a eletroencefalografia uma ferramenta promissora para avaliar diversas situações, da carga de trabalho mental (LECOUTRE et al., 2015) à previsão de micro-expressões faciais (BENLAMINE et al., 2016); do engajamento na realização de tarefas (MCMAHAN et al., 2015) ao estado de fluxo (envolvimento) com jogos eletrônicos (BERTA et al., 2013).

Quanto a configuração dos equipamentos é possível encontrar pesquisas com três canais (PETRANTONAKIS; HADJILEONTIADIS, 2011), 14 canais (MCMAHAN et al., 2015), 19 canais (KLINE et al., 2010), 62 canais (NIE et al., 2011), 64 canais (BARROS, 2016), 128 canais (BATBYAL et al., 2018) e 256 canais (PAPADANIIL et al., 2015).

Considerando o *layout* do Sistema 10/20 e a escolha da região frontal para investigação dos aspectos emocionais nesta tese, verifica-se que os eletrodos a serem investigados são: F7, F3, F4 e F8. A figura 79 abaixo destaca os eletrodos.

Figura 79 - Localização dos eletrodos F7, F3, F4 e F8



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Kropotov (2009, p.118).

Segundo Bos (2017), conforme a figura supracitada, observa-se que os eletrodos F3 e F4, por estarem localizados acima do córtex pré-frontal dorsolateral, são as posições mais usadas para se observar a atividade de alfa.

A pesquisa de Reznik e Allen (2018) apresentou uma revisão sobre a regulação emocional e a atividade frontal esquerda relativa (rLFA) e apontaram que dos 57 artigos selecionados, 51 apresentavam como elementos de investigação os eletrodos F3 e F4 e 30 artigos citavam os eletrodos F7 e F8.

Diversas outras pesquisas analisaram estes eletrodos e atingiram os seus objetivos quanto à investigação emocional (PETRANTONAKIS; HADJILEONTIADIS, 2011; BADCOCK et al., 2013). Suo et al. (2017) relataram que focaram na banda alfa e nos eletrodos F3 e F4 com o objetivo de obter consistência com pesquisas anteriores. Já Moridis et al. (2017) investigaram a aceitação de usuários por sistemas da Tecnologia da Informação (TI) e examinaram as assimetrias frontais alfa por meio dos eletrodos (F3-F4) e (F7-F8).

Enquanto pesquisas de caráter clínico utilizam equipamentos tradicionais em ambientes laboratoriais, os estudos não clínicos trouxeram novas perspectivas de investigação com equipamentos portáteis e aplicação em ambientes não convencionais. Estava declarada a “popularização” da eletroencefalografia.

5.4 A NOSSA NEUROTECNOLOGIA DE CADA DIA

A busca pela compreensão dos pensamentos sempre fez parte da imaginação do ser humano, sendo um dos maiores e mais complexos desafios da humanidade. O advento tecnológico dos equipamentos e as técnicas utilizadas no monitoramento da atividade cerebral permitiram investigar diversas circunstâncias: o cérebro sob efeito de drogas, após sofrer alguma lesão, respondendo emocionalmente a um estímulo, analisando o perfil psicológico, diante de situações de estresse, dentre outras situações.

Nesse cenário, a tecnologia tornou-se um dos principais pilares para o desenvolvimento das pesquisas neurológicas. A “transição” do ambiente clínico para o não clínico vem encontrando possibilidades interessantes, como sua aplicação, por exemplo, nas expressões artísticas ou indústrias do entretenimento, alimentando a chamada revolução neurotecnológica (LYNCH, 2011, p.28).

O termo “**Neurotecnologia**” surgiu há algumas décadas como uma visão mais abrangente do avanço tecnológico na busca por novos conceitos, métodos, ferramentas e aplicações científicas sobre o sistema nervoso central do ser humano, em especial o cérebro (LYNCH, 2004), sendo uma questão central nos diagnósticos e tratamentos neurológicos (PAEK et al., 2021), mas aplicável em outros contextos.

Este termo apresenta um conceito amplo, sendo explanado conforme o cenário no qual se aplica e basicamente compreende qualquer meio artificial que possa interagir de alguma maneira com o sistema nervoso humano (UNIFREIBURG, 2020). Ou seja, se refere ao uso de procedimentos, técnicas e metodologias tecnológicas na investigação do sistema nervoso.

A neurotecnologia vem apresentando resultados promissores sobre a compreensão da estrutura e das funções dos circuitos neurais por meio de soluções diversas: de sistemas de interface neural sem fio a elaboração de estratégias mentais para uso em procedimentos de interface cérebro-computador (BCI), de próteses neurais a estimulação cerebral profunda (*Deep Brain Stimulation* - DBS), de implantes cocleares a injeção intracérebro de agentes farmacológicos.

Outros resultados encontrados foram: estimulação magnética não invasiva do couro cabeludo para ampliação de estados emocionais específicos, captação e adaptação da experiência do entretenimento aos desejos do indivíduo, passando por

experiências em realidade virtual, inteligência artificial, tecnologias de sensoriamento, robótica e projetos colaborativos como o *Brain Initiative*⁷⁰ (BERGER et al., 2008; LYNCH, 2011, p.29; DHINDSA et al., 2017; MAHARBIZ et al., 2017; CHAVARRIAGA et al., 2021).

O impacto proporcionado pelas descobertas da neurotecnologia fez surgir outro termo que representa o atual estágio da realidade em vigor: **sociedade neurocientífica**. Este termo traz consigo a amplitude de alcance e o impacto que as pesquisas envolvendo a neurociência trazem para a sociedade e seus variados contextos, demandas e necessidades.

Segundo Lynch (2011, p.18), o conhecimento da mente humana poderá criar novas maneiras de “aprender, trabalhar, distribuir riquezas, valorizar culturas e exercer a criatividade”. A busca pela compreensão da resposta cerebral antes, durante e após experiências controladas sem o caráter clínico observado anteriormente ampliaram os cenários investigativos.

Nesse novo cenário, o avanço tecnológico trouxe para o mercado equipamentos externos, portáteis e de baixo custo capazes de possibilitar a conexão e o monitoramento da atividade cerebral por usuários leigos, ou seja, a chamada “**neurotecnologia vestível**” a serviço dos consumidores (PAEK et al., 2021).

Estas novas perspectivas de uso se configuraram como a “nossa neurotecnologia de cada dia”, uma democratização das práticas investigativas e de uso dos equipamentos de interface cérebro-máquina (*Brain-Machine Interfacing* - BMI) e interface cérebro-computador (BCI).

Embora não esteja no escopo desta pesquisa enveredar por estes caminhos extensos e complexos, cabem algumas abordagens acerca de técnicas e ferramentas utilizadas no contexto onde a tecnologia e a neurociência caminham juntas, gerando resultados tão conclusivos quanto promissores e desafiadores.

5.4.1 Biofeedback: reações e respostas corporais

As primeiras investigações sobre o termo “*biofeedback*” surgiram através da convergência de várias disciplinas no final dos anos de 1950 (SCHWARTZ; OLSON, 2003, p.03). O termo surgiu por volta do ano de 1969 (MCKEE, 2008).

⁷⁰ Fonte: <https://www.braininitiative.org/>.

Biofeedback corresponde a um método onde o usuário aprende a “entender” e “controlar” os sinais fisiológicos do seu corpo. A figura 80 abaixo mostra o *biofeedback* da atividade muscular do antebraço visto através do *smartphone*.

Figura 80 - O *biofeedback* no treinamento muscular



Fonte: Neuroup⁷¹ (2021).

Os processos controlados correspondem às atividades do sistema nervoso autônomo que funcionam sem necessariamente o humano comandar ou ficar vigilante, uma vez que são controlados pelo cérebro (HAMON et al., 2018).

Segundo Soares et al. (2016), o *biofeedback* corresponde a um “método de obtenção de variáveis biológicas humanas em resposta de estímulos em tempo real” e estas variáveis podem ser de duas categorias: biomecânica ou fisiológica.

O *biofeedback* propõe um contínuo acompanhamento da atividade fisiológica, fornecendo informações para que o indivíduo desenvolva a capacidade da autorregulação e possibilita que o investigado afete seus “estados internos” (KARAMNEJAD et al., 2014).

Esta condição também pode ser entendida como um processo de “detecção e rotulagem dos estados viscerais”, cujo termo “percepção visceral” criado por Brener (1977, p.235) resume bem esta condição. Perceber o estado do próprio corpo pode ajudar o indivíduo a lidar com situações que vão de dores de cabeça (NESTORIUC et al., 2008) até mesmo adotar tratamentos terapêuticos de modo a auxiliar na adoção de medidas que lhe tragam melhorias fisiológicas (SILVA, 2018, p.12)

O ser humano não costuma prestar atenção aos seus estados internos (KARAMNEJAD et al., 2014), mas a busca pela compreensão dos estímulos e reações fisiológicas se disseminaram por cenários clínicos e não clínicos,

⁷¹ Fonte: <https://neuroup.com.br/vantagens-do-uso-de-biofeedback-no-treinamento-muscular/>.

especialmente após o surgimento de equipamentos de leitura psicofisiológica portáteis (HAMON et al., 2018).

Os equipamentos usados para *biofeedback* geralmente são os mesmos de investigações clínicas, como o eletroencefalograma, por exemplo. Logo, permite a captura adequada dos sinais psicofisiológicos. O modelo do equipamento utilizado nas pesquisas, a expertise dos pesquisadores e as demandas de cada investigação interferem no sucesso ou falha da obtenção e análise dos dados.

Quando Giggins et al. (2013) realizaram uma revisão com foco na reabilitação física, eles verificaram que o corpo fornece “respostas biológicas”. As respostas que são possíveis de serem interpretadas são a tensão muscular, o fluxo sanguíneo, os batimentos cardíacos, a reação eletrodérmica e as ondas cerebrais.

Outras questões a considerar para o uso do *biofeedback* são, dentre outros: a acessibilidade do usuário, a facilidade de instalação e de implementação, o quanto o equipamento utilizado é invasivo, o sistema fisiológico a ser monitorado, o estado do usuário e a quantidade de dados a ser utilizado (BISCHKE; DEBNATH, 2014).

Os cenários de uso do *biofeedback* são variados: de métodos de treinamento aos processos de autorregulação em processos de recuperação clínica, dos usos em ambientes educacionais e empresariais às experiências de entretenimento com *games*. Aliás, o uso com jogos eletrônicos não é nenhuma novidade.

A figura 81 abaixo mostra uma paciente em um procedimento de *neurofeedback* para obter melhorias na atenção e na concentração.

Figura 81 - *Biofeedback* com *game*. Novas perspectivas terapêuticas



Fonte: Biofeedback Neurofeedback Therapy⁷² (2019).

⁷² Fonte: <https://biofeedback-neurofeedback-therapy.com/>.

Kuikkaniemi et al. (2010) desenvolveram um jogo do tipo “tiro em primeira pessoa” (*First-Person Shooter* - FPS) com o objetivo de “experimentar diferentes técnicas de *biofeedback*”, enquanto Soares et al. (2017) avaliou o uso dessa técnica no cenário dos *games*, visando conhecer o comportamento de jogadores diante de jogos eletrônicos de vários gêneros.

Zafar et al. (2020) elaboraram jogos de *biofeedback* para melhorar a condição respiratória. Shapoval et al. (2021) elaboraram um jogo sério interativo com o intuito de auxiliar pacientes idosos com problemas no sistema musculoesquelético no processo de reabilitação e Weerdmeester et al. (2017) verificaram a autoeficácia de jogos de *biofeedback*.

A figura 82 abaixo apresenta, na imagem da direita, a projeção do rastreamento do movimento corporal do indivíduo. Este sistema, que foi pesquisado por Shapoval et al. (2021), chama-se *OpenPose* e foram investigados ao todo 21 pontos de rastreamento espalhados pelo corpo.

Figura 82 - Sistema de rastreamento corporal



Fonte: Shapoval et al. (2021, p.11).

Por meio do *neurofeedback* foi possível gerar “procedimentos de treinamento ecológico” em ambiente virtual. Jeunet et al. (2020) utilizaram marcadores de EEG para o desenvolvimento de ferramentas de treinamento esportivo para a promoção de habilidades de goleiros. Já Gao et al. (2016) verificaram mudanças na atividade neural induzidas por treinamento esportivo, onde foram utilizados sinais de EEG.

Verifica-se que a técnica de *biofeedback* possibilita uma grande gama de investigações não apenas para compreender a atividade cerebral, mas também utilizar-se do conjunto de processos para adquirir melhorias em várias situações.

Compreender que o corpo pode emitir sinais psicofisiológicos identificáveis pela tecnologia e compreensíveis ao ponto de melhorarem a qualidade de vida em inúmeros contextos tornam as investigações sobre a técnica de *biofeedback* um grande campo de atuação do *design* (desenvolvimento de dispositivos de *biofeedback*) e da ergonomia (experiência do usuário dos referidos dispositivos).

5.4.2 BCI: um “papo cabeça” com o computador

A interface cérebro-computador (*Brain-Computer Interaction* - BCI) é uma grande aliada do *biofeedback* e uma maneira de expor e transpor o seu controle através da execução de ações diversas, da realização de algum comando em um *software* ao controle de algum equipamento, ambos através da atividade cerebral.

A BCI possibilita a interpretação de sinais cerebrais através de equipamentos e *softwares*. Consiste no uso da alteração da atividade elétrica do cérebro para controlar dispositivos eletrônicos (WOLPAW et al., 2002; MROZIK et al., 2017).

Segundo Sung et al. (2012), as aplicações da interação cérebro-computador detectam o estado e a atividade do cérebro através de medidas padrão preestabelecidas das ondas cerebrais conforme as necessidades e as ações desejadas pelo indivíduo.

As ondas cerebrais são aplicadas ao BCI para gerar a comunicação entre pessoas e dispositivos. Logo, após o “acionamento” do comando, o sistema processa a ordem e executa a ação. Isto é, a interação cérebro-computador é uma ficção científica que se tornou realidade (SMALLEY, 2019).

Apesar dos padrões, comandos e parâmetros pré-estabelecidos, a atividade cerebral é um fator individual e intrínseco. Cada ser humano se difere dos demais por diversas variáveis particulares, de peculiaridades a existência de patologias.

A troca de conhecimentos, informações e experiências entre pesquisadores multidisciplinares, atuando de maneira cada vez mais integrada e atualizada, permitiu o avanço nas pesquisas em vários contextos, considerando os resultados obtidos com a execução de comandos através do controle do cérebro.

O uso da interação cérebro-computador nas ciências da saúde configura-se como uma grande alternativa para tratamentos patológicos, especialmente para pessoas com deficiência neurológica e motora. Foi proposta como tecnologia

assistiva, possibilitando que as pessoas com deficiência tivessem contato com o mundo exterior através dos seus sinais cerebrais, o que impactou positivamente suas vidas e aumentou consideravelmente sua participação social (HWANG et al., 2013; BURWELL et al., 2017; KÖGEL et al., 2020).

A autonomia que esta tecnologia trouxe é um efeito positivo incomensurável para os usuários. A pesquisa de Marshall et al. (2013) aponta que os usuários julgaram como mais divertidas as atividades realizadas com dispositivos de interação cérebro-computador. Kögel et al. (2020) corroboram ao realizarem um estudo comparativo dos métodos de classificação de sinais e terem verificado que a BCI é uma técnica altamente apreciada pelos usuários.

Esse cenário possibilitou outras perspectivas de uso, especialmente após o surgimento dos equipamentos portáteis e de baixo custo, aumentando o acesso a esta tecnologia. Afinal, os modelos tradicionais de alta precisão exigem grandes investimentos e altos custos com sistemas, ambientes e profissionais capacitados.

Com a popularização, os dispositivos de interação cérebro-computador de baixo custo passaram a ser usados em jogos eletrônicos de entretenimento e *softwares* de treinamento (SUNG et al., 2012). Marshall et al. (2013) analisou a aplicabilidade da BCI em *games* verificando diversas particularidades como jogabilidade, paradigmas e mecânica de jogo, além do desempenho dos usuários.

Um dos jogos apresentados por Marshall et al. (2013) é o Alphawow (figura 83 abaixo), onde a personagem do jogo é um elfo (gênio da mitologia nórdica) e o nível de estresse do usuário define o nível de transformação do elfo em urso. Ou seja, quanto maior o estresse, maior a aparência de urso. O estresse é “capturado” pelo BCI e “transmitido” para o *game* que altera a configuração da personagem.

Figura 83 - Alphawow. A BCI controlando o estresse



Fonte: Marshall et al. (2013).

Marshall et al. (2013) também citam que o tempo de reação da BCI é decisivo para a escolha do jogo. Ao passo que jogos de RPG, ação e simuladores de veículos são inadequados, jogos de quebra-cabeça e estratégia são ideais.

Outras pesquisas envolvendo BCI e *games*: (I) um jogo de tênis para melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência severa de Lopetegui et al. (2011); (II) um jogo de futebol executado de maneira colaborativa por dois usuários de Bonnet et al. (2013); (III) um *game* de beisebol controlado por eletroencefalografia (EEG) e eletrooculografia (EOG) de Chen et al. (2014).

Outra possibilidade de uso da interface cérebro-computador é verificada em sistemas relacionados com a condução veicular, como a Interação Motorista-Máquina (*Human-Machine Interaction* – HMI) e a Interação Humano-Veículo (*Human-Car Interaction* - HCI⁷³).

Algumas aplicações nesse cenário são: (I) monitoramento da carga de trabalho mental em situações de condução; (II) interação de veículos em movimento; (III) conexão com o ambiente externo sem diminuir a atenção do condutor; (IV) aumento na segurança por meio da cooperação de informações entre frotas de automóveis, dentre outras (DAMIANI et al., 2009; BROOKHUIS; WAARD, 2010; DIJKSTERHUIS et al., 2013).

Nesse contexto, Brookhuis e Waard (2010) já se referiam aos estudos de condução veicular com simuladores e o uso de medidas fisiológicas na captura da carga de trabalho mental. Os autores apontam que o monitoramento da capacidade de uso de simuladores de condução veicular através das respostas fisiológicas traz uma nova perspectiva: um “olhar para o corpo do condutor”.

Em suma, os avanços que venham a facilitar a vida dos usuários de BCI são mais do que tendências, trata-se de uma questão imprescindível para a sociedade (HWANG et al., 2013).

Portanto, o desenvolvimento de dispositivos (*design*) e sistemas mais práticos, adaptáveis e com interações mais “amigáveis” aos usuários (ergonomia) compreende um grande e crescente desafio na área da interação cérebro-computador. Estes desafios também passam pela compreensão da experiência dos usuários e do estado emocional dos indivíduos.

⁷³ Fonte: <http://humancarinteraction.com/>.

5.4.3 Computação afetiva: a informática e as emoções

Com o acesso cada vez maior dos sistemas de interação humano-computador, as investigações tomaram outros rumos, passando a analisar a condição e a relação afetiva do usuário com o próprio sistema. Atualmente as pesquisas buscam respostas de como moldar os sistemas de acordo com as características do usuário. Por exemplo, os postos de trabalho com configuração física e sistemas individualizados.

Nesse contexto, Kögel et al. (2020) verificaram que o uso da tecnologia coloca o indivíduo em uma condição de conflito com o seu lado afetivo, seja uma experiência comum ou complexa. Ou seja, ao realizar uma tarefa, o usuário pode apresentar vários comportamentos e expressar diversos sentimentos e emoções.

Ao final de uma experiência o indivíduo pode avaliar se os objetivos foram alcançados, resultando em um estado de satisfação ou frustração, orgulho ou decepção, ou seja, positivo ou negativo. E é esta situação de avaliação afetiva sobre o uso do sistema que está cada vez mais sendo debatida e pesquisada.

As investigações sobre a interação humano-computador com foco no reconhecimento das emoções tem sido um dos principais campos investigativos na atualidade e compreende a chamada computação afetiva (ZHENG et al., 2019).

Esse campo da computação considera as emoções no IHC, sendo um campo promissor, emergente e interdisciplinar da inteligência artificial que busca desenvolver sistemas e dispositivos capazes de perceber, detectar, processar, interpretar, expressar e regular automaticamente as emoções (BENLAMINE et al., 2016; BHATTI et al. 2016; MARÍN-MORALES et al., 2018; ZHENG et al., 2019).

A computação afetiva foi proposta por Rosalind Picard em 1997 como um campo interdisciplinar baseado em ciência da computação, engenharia biomédica e psicologia. A possibilidade de os computadores serem capazes de reconhecer emoções humanas eram verificadas, inclusive em experiências com ambientes virtuais imersivos (PICARD, 1997; PICARD, 2003; MARÍN-MORALES et al., 2018).

Segundo Hu et al. (2019), a computação afetiva também busca o desenvolvimento da capacidade de compreensão e resposta dos computadores aos estados afetivos dos usuários. Esse processo ocorre por meio da análise do comportamento e das respostas fisiológicas dos indivíduos através de métodos de

aprendizagem da máquina onde os sistemas “aprendem” com a interação e alteram o seu *modus operandi* para otimizar a experiência humana.

A tríade tecnológica apresentada aqui (*biofeedback*, BCI e computação afetiva) possui como ponto em comum a multidisciplinaridade envolvendo várias áreas do conhecimento. Verificou-se forte correlação com a interação humano-computador, a usabilidade, a experiência do usuário, a neurociência, a neurotecnologia, o *design*, a ergonomia e os aspectos emocionais. Embora sejam correlações em intensidades diferentes, podem ocorrer de maneira integrada.

Nessa conjuntura também são encontradas pesquisas com *games* e a seguir serão citadas algumas delas, concentrando as investigações na eletroencefalografia.

5.4.4 A atividade cerebral e os jogos eletrônicos

O EEG possui como característica a captura da atividade cerebral em situações de estabilidade do indivíduo (quanto ele está parado) devido à configuração do equipamento, geralmente composto por fios que dificultam a movimentação do indivíduo, exigindo sua imobilidade. Essa característica do EEG é interessante para pesquisas com jogos.

Salminen e Ravaja (2007) examinaram respostas psicológicas de usuários do jogo eletrônico *Super Monkey Ball 2*. Foi possível observar alterações oscilatórias diferenciais em várias bandas de frequência após três tarefas. O experimento de Nacke et al. (2011) conseguiu verificar o quanto “facetas da experiência de jogo” podem ser avaliadas com a eletroencefalografia, evidenciando o impacto do tédio, da imersão e do fluxo.

Kivikangas et al. (2010) analisaram o método psicofisiológico na investigação da experiência com jogos, destacando o papel do EEG. Anguera et al. (2013) citam que o uso dos jogos eletrônicos proporcionam bem-estar mental, melhorando o controle e o desempenho cognitivo. O estudo de McMahan et al. (2015) utilizou o EEG para verificar o comprometimento com a tarefa e a valência, e o estímulo dos voluntários, utilizando intensidades diferentes do *game Super Meat Boy*⁷⁴.

Kerous et al. (2017) apresentaram uma “revisão sistemática das interfaces cérebro-computador (BCI) baseados em eletroencefalografia” utilizadas em

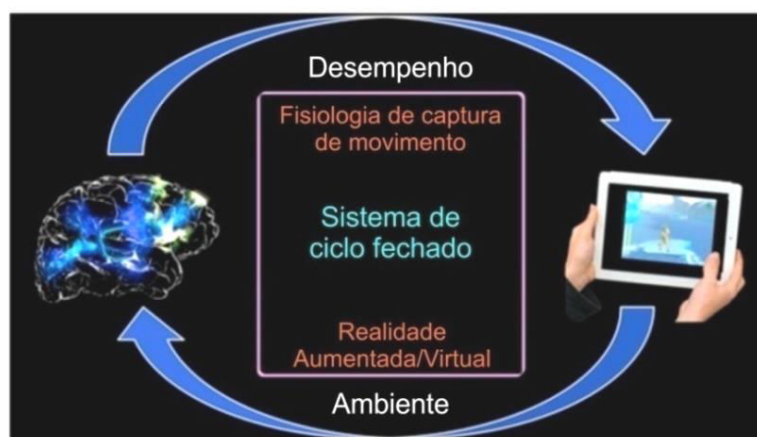
⁷⁴ Fonte: <http://supermeatboy.com/>.

videogames, enquanto Mondéjar et al. (2016) mostraram que “os *videogames* exercitam a área pré-frontal do cérebro” e melhoram as habilidades, “o diagnóstico e o tratamento de problemas cognitivos”.

Mishra et al. (2016) amplia essa discussão apontando cenários futuros que incluem o uso de jogos imersivos juntamente com programas de treinamento cognitivo e o uso de equipamentos de *biofeedback* e *neurofeedback*, evidenciando as vantagens neurocognitivas.

A figura 84 abaixo evidencia esse cenário futuro apresentando um sistema multimodal de ciclo fechado elaborado por Mishra et al. (2016). Neste sistema, a fisiologia humana gera respostas que são coletadas através do desempenho do indivíduo durante o uso do próprio sistema. Estas respostas possibilitam a otimização da experiência vivenciada e do ambiente do jogo com o objetivo de proporcionar uma experiência melhor.

Figura 84 - Circuito fechado de alta tecnologia em *videogames*



Fonte: o autor (2019). Adaptado de Mishra et al. (2016).

Muitos são os cenários não clínicos que utilizam a eletroencefalografia e este movimento é cada vez mais crescente, principalmente devido a “popularização do EEG”. O próximo tópico discorrerá sobre esse assunto.

5.5 DEMOCRATIZAÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE ATIVIDADE CEREBRAL

Os primeiros registros de sinal do EEG foram realizados de maneira analógica, utilizando a gravação em papel como resultado e não permitindo a

seleção de trechos para análises específicas. O advento da tecnologia trouxe uma nova maneira de documentar a atividade elétrica do cérebro: o registro digital do EEG, também conhecido como “DEEG”, ou seja, EEG Digital (LUCCAS et al., 1999).

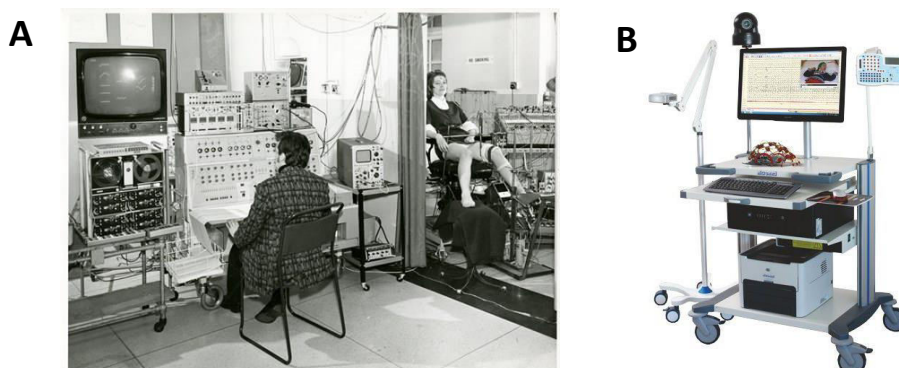
No EEG Digital, o equipamento coleta e exibe o resultado no computador, em tempo real ou não, podendo ser armazenado, analisado e manipulado posteriormente. De acordo com Luccas et al. (1999), “os parâmetros de registro e de execução do DEEG são os mesmos do EEG convencional”.

Este processo de avanço tecnológico também trouxe evoluções na configuração dos equipamentos. Surgem os modelos de equipamentos de EEG portáteis que permitem o transporte para qualquer ambiente, a instalação em diversos sistemas computacionais e o seu uso em várias situações não clínicas. Estavam dados os primeiros passos para a “democratização do EEG”.

Essa nova condição também exigiu dos pesquisadores maior capacitação devido aos novos *softwares* de captura, leitura e análise de dados. Os procedimentos de uso e os protocolos de uso do eletroencefalograma tradicional continuaram válidos, mas com adaptações.

A figura 85 A-B abaixo mostra dois modelos de eletroencefalógrafos. O da esquerda (A) é um modelo dos anos 70 de grande porte, composto por diversos aparelhos, fios, monitor e que exigia um amplo espaço para ser instalado. O modelo da direita (B) é compacto, fabricado no ano de 2020, e sua pequena dimensão ocupa o espaço de um carrinho auxiliar.

Figura 85 - Eletroencefalógrafos dos anos de 1970 (A) e 2020 (B)



Fonte: Saunders⁷⁵ (A); Medicaexpo⁷⁶ (B).

⁷⁵ Fonte: <http://journal.sciencemuseum.ac.uk/browse/issue-10/wired-up-in-white-organdie/>.

⁷⁶ Fonte: <https://www.medicaexpo.com/pt/prod/micromed-italy/product-117876-810918.html>.

Com as novas possibilidades e expectativas proporcionadas pela evolução do EEG, diversas empresas lançaram modelos ainda mais compactos, alguns com seus respectivos *softwares* e com configurações formais e computacionais diferenciadas.

Alguns modelos destes equipamentos encontram-se disponíveis no mercado: (I) *CGX Quick Series*⁷⁷; (II) *Neurocap*⁷⁸; (III) *NeuroSky MindWave*⁷⁹; (IV) *Emotiv*⁸⁰; (V) *Muse*⁸¹; (VI) *G.TEC*⁸²; (VII) *EEGO Mylab*⁸³; (VIII) *Enobio*⁸⁴; (IX) *Starstim*⁸⁵; (X) *Smarting Pro*⁸⁶; (XI) *BioSemi*⁸⁷; (XII) *B-Alert X10*⁸⁸; (XIII) *Quasar's HMS DSI 10/20*⁸⁹.

Quanto aos *softwares* de leitura e análise da atividade cerebral tanto de EEG Digital quanto de interação cérebro-computador (BCI), são citados a seguir alguns sistemas, novamente sem categorizar versões.

Vale informar que alguns deles são exclusivos para alguns modelos e outros podem ser acessados por várias plataformas e modelos: (I) *OpenBCI*⁹⁰; (II) *OpenVibe*⁹¹; (III) *Muse App*⁹²; (IV) *MindWave Mobile*⁹³; (V) *Imotions*⁹⁴; (VI) *Emotiv Pro*⁹⁵; (VII) *G.Suite 2020*⁹⁶; (VIII) *NIC2*⁹⁷; (IX) *CGX Software*⁹⁸; (X) *EEGLab*⁹⁹.

Dos diversos modelos existentes será destacado no próximo tópico o modelo de EEG portátil da empresa Emotiv Inc. Este foi o equipamento escolhido para captura da atividade elétrica cerebral nesta pesquisa.

⁷⁷ Fonte: <https://www.cgxsystems.com/products>.

⁷⁸ Fonte: <https://www.brainscientific.com/neurocap/>.

⁷⁹ Fonte: <http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/biosensors/>.

⁸⁰ Fonte: <https://www.emotiv.com/comparison/#>.

⁸¹ Fonte: <https://choosemuse.com/>.

⁸² Fonte: <https://www.gtec.at/>.

⁸³ Fonte: <https://www.ant-neuro.com/products>.

⁸⁴ Fonte: <https://www.neuroelectronics.com/solutions/enobio/8/>.

⁸⁵ Fonte: <https://www.neuroelectronics.com/solutions/starstim>.

⁸⁶ Fonte: <https://mbraintrain.com/smarting-pro-32/>.

⁸⁷ Fonte: <https://www.biosemi.com/headcap.htm>.

⁸⁸ Fonte: <https://www.advancedbrainmonitoring.com/products/b-alert-x10>.

⁸⁹ Fonte: http://www.quasarsusa.com/products_dsi.htm.

⁹⁰ Fonte: <https://openbci.com/>.

⁹¹ Fonte: <http://openvibe.inria.fr/>.

⁹² Fonte: <https://choosemuse.com/muse-app/>.

⁹³ Fonte: <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>.

⁹⁴ Fonte: <https://imotions.com/>.

⁹⁵ Fonte: <https://www.emotiv.com/emotivpro/>.

⁹⁶ Fonte: <https://www.gtec.at/product/gtec-suite-2020/>.

⁹⁷ Fonte: <https://www.neuroelectronics.com/solution/software-integrations/nic2>.

⁹⁸ Fonte: <https://www.cgxsystems.com/software>.

⁹⁹ Fonte: <https://sccn.ucsd.edu/eeglab/index.php>.

5.5.1 EEG portátil: o papel do Emotiv EPOC nesse cenário

A Emotiv Inc. é especializada em bioinformática, tem a missão de capacitar as pessoas a compreenderem as atividades cerebrais e lançou em 2010 o primeiro dispositivo de interface cérebro-computador chamado Emotiv EPOC (EMOTIV, 2019; WILLIAMS et al., 2020). Uma das versões mais recentes é o EPOC+.

Este modelo é apresentado na figura 86 abaixo e é conhecido comercialmente pelo nome de “*EMOTIV EPOC+ 14 channel Mobile EEG*”, ou simplesmente Emotiv EPOC+. Ele possui 14 eletrodos devidamente organizados espacialmente obedecendo ao *layout* do Sistema Internacional 10/20 e fixados por hastes semi-rígidas de plástico flexível para envolver a cabeça do usuário.

Figura 86 - Emotiv EPOC+



Fonte: o autor (2019).

A localização dos sensores, conforme o sistema 10/20 são as seguintes: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 e FC4. Os sensores M1 e M2 são referências e ficam por trás das orelhas (RODRÍGUEZ et al., 2013; BADCOCK et al., 2013; HAIRSTON et al., 2014; MCMAHAN et al., 2015; BENLAMINE et al., 2016; EMOTIV, 2020).

O modelo une características como baixo custo, portabilidade, leveza, comunicação sem fio, baixo tempo de instalação, *software* interativo de fácil configuração e manipulação, compatível com *softwares* profissionais, possibilidade de combinação com *softwares* de código aberto (BLANCO et al., 2019).

Além de não ser um dispositivo invasivo e facilitar a higienização dos usuários (pois não utiliza o gel condutor), o Emotiv EPOC+ possibilitou o acesso deste sistema fora do contexto clínico à qualquer pessoa interessada na temática do EEG.

O dispositivo apresenta na ponta de cada haste um eletrodo folheado a ouro, material que possibilita um contato de baixa impedância e baixa resistência (ALVES, 2013). Cada eletrodo precisa estar encaixado em uma haste por rosqueamento e a almofada de feltro em sua ponta deve estar embebida em solução salina (BADCOCK et al., 2013; HAIRSTON et al., 2014). Maiores detalhes técnicos podem ser verificados no Manual do Usuário, no *web site* do Emotiv¹⁰⁰.

Essa portabilidade permitiu a investigação dos sinais neurais e da atividade elétrica cerebral em diversas situações: da arte à medicina, da robótica à pesquisa de mercado, da diversão ao aprendizado, passando pelas indústrias automotivas, sistemas de controle mental, ambientes inteligentes e de segurança, e até em ambientes rurais (PARAMESHWARAN; THIAGARAJAN, 2017; EMOTIV, 2019).

Um dos experimentos que ganharam os holofotes mundiais foi realizado em 2017 no Brasil, quando um tetraplégico conseguiu guiar um carro de corrida de Fórmula 1 (F1) utilizando um dispositivo Emotiv EPOC¹⁰¹ (figura 87 abaixo).

Este experimento é mais um resultado obtido pela tecnologia BCI do Emotiv que se divide em Interface Mente-Máquina (MMI), Interface Neural Direta (DNI) e Interface Cérebro-Máquina (BCI) (EMOTIV, 2019).

Figura 87 - Rodrigo Hubner Mender, o Emotiv EPOC e carro de Fórmula 1



Fonte: Instituto Rodrigo Mendes¹⁰².

¹⁰⁰ Fonte: <https://emotiv.gitbook.io/epoc-user-manual/>.

¹⁰¹ Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NhmXaeaHkDc>.

¹⁰² Fonte: <https://institutorodrigomendes.org.br/campanha-movido-a-respeito-reflete-sobre-inclusao/>.

O equipamento também consegue detectar comandos mentais e métricas de desempenho como excitação e estresse, além da possibilidade de ser acionado em várias plataformas: Windows, MAC, iOS e Android. As informações citadas anteriormente demonstram a potencial aplicação do Emotiv.

5.5.1.1 O uso do Emotiv na comunidade científica

Os equipamentos de EEG portáteis trouxeram, de certa maneira, uma desmistificação acerca das pesquisas sobre a atividade cerebral. Porém, ao passo que surgiram expectativas e curiosidades, também apareceram desconfianças e resistências ao seu uso pela configuração mais simples se comparada aos modelos tradicionais.

Logo, houve a necessidade de buscar pesquisas na literatura que verificassem a contribuição do Emotiv e o quanto este dispositivo de BCI pode atender as necessidades desta pesquisa.

Williams et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática sobre o uso do Emotiv EPOC para fins científicos desde o seu lançamento. Foram identificados 382 estudos considerados relevantes entre 2010 e 2020. Mais de 72,5% utilizaram para fins de BCI (incluindo o uso em experiências afetivas), seguido por pesquisas experimentais (13,3%) e por estudos de validação do EPOC (8,11%). Apenas 11 foram para fins clínicos.

Quanto a usabilidade do Emotiv EPOC é possível encontrar dados relevantes na pesquisa de Hairston et al. (2014). Os autores investigaram quatro dispositivos de BCI, dentre eles o Emotiv EPOC. Dezesesseis participantes realizaram diversas tarefas cognitivas e as impressões foram as seguintes:

- Pontos positivos - preferência razoável dos usuários, preparação dos eletrodos antes da instalação, solução salina com boa conexão para a maioria dos tipos de cabelo, feltros permanecendo úmidos durante o experimento.
- Pontos Negativos - baixo conforto com pontos de pressão indesejáveis, dificuldade de contato com couro cabeludo em cabeças menores ou maiores, movimentos do usuário podem desconectar o Emotiv e gerar baixa precisão.

Vale ressaltar que esta avaliação foi apresentada em 2014 com a análise de um dispositivo de versão anterior ao modelo utilizado nesta pesquisa. Embora seja possível que o EPOC+, versão atualizada e utilizada nesta tese, possua melhorias na usabilidade, não está no escopo desta pesquisa comparar os modelos.

Os resultados desfavoráveis citados acima e reforçados por Kotowski et al. (2018) não impediram que o Emotiv EPOC fosse o escolhido para esta pesquisa pelos seguintes motivos: (I) pelos resultados apresentados em pesquisas científicas anteriores, inclusive de validade do equipamento; (II) pelo uso cada vez maior desse equipamento; (III) pela portabilidade e logística proporcionadas.

5.5.1.2 A relação entre o Emotiv EPOC, as emoções e os *games*

O uso do Emotiv EPOC no contexto dos *games* o tornou conhecido como “EEG para jogos” (BADCOCK et al., 2013). Pham e Tran (2012) apresentaram uma pesquisa onde os participantes assistiram filmes com temáticas emocionais e o resultado apontou que o Emotiv EPOC possibilitou o reconhecimento de emoções.

Ahn et al. (2014) fizeram uma pesquisa de opinião com quase trezentas pessoas entre pesquisadores, desenvolvedores e usuários de *games*, com o objetivo de verificar a influência e a aplicabilidade da BCI e de jogos dessa tecnologia. O Emotiv EPOC de 14 canais foi o dispositivo mais utilizado (43%).

Vachiratamporn et al. (2014) analisaram os estados afetivos em um *game* de terror, verificando o estado emocional antes e depois de um evento assustador. Os resultados com o Emotiv EPOC de 14 canais possibilitaram verificar o estado emocional dos jogadores.

Rodríguez et al. (2013) conseguiram “monitorar a atividade cerebral durante um procedimento positivo de indução emocional” utilizando o Emotiv EPOC após visualizarem imagens do IAPS.

Chandra et al. (2016) avaliaram psicologicamente cinco indivíduos que utilizaram o Emotiv EPOC como instrumento de coleta psicofisiológica em conjunto com o *Vienna Test System* (VTS) e o *Psychology Experiment Building Language* (PEBL). Ao final consideraram ser possível haver melhorias nas habilidades cognitivas por meio do uso de *games*.

McMahan et al. (2015), ao analisarem as ondas cerebrais utilizando o Emotiv EPOC e conseguiram avaliar a excitação, valência e engajamento. Ramirez e Vamvakousis (2012) investigaram a detecção de emoções através da abordagem de aprendizagem da máquina utilizando o EPOC e Abhishek e Suma (2014) analisaram o nível de estresse em jogos de corrida e de tiro em primeira pessoa.

Este equipamento também foi utilizado em ambientes virtuais. Rodríguez et al. (2015) avaliaram as atividades cerebrais “durante procedimentos de indução de humor em realidade virtual”. Enquanto Alchalcabi et al. (2017) verificaram o foco de pessoas com Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtornos de Déficit de Atenção (DDA) em um jogo de realidade virtual.

Estas foram algumas investigações que demonstraram o uso e o potencial desse equipamento em pesquisas com emoções e jogos eletrônicos. Diante do exposto, o Emotiv EPOC+ foi considerado o equipamento adequado para ser utilizado nesta tese.

5.5.2 Atividade cerebral para todos: também uma questão de ética

A diversidade e facilidade de monitorar as atividades cerebrais levantam diversos questionamentos quanto à ética na captura e no uso dos dados: da autonomia à identidade psicossocial, da privacidade de dados à segurança dos mesmos e dos indivíduos, da responsabilidade ao consentimento, passando pelo respeito à personalidade e possíveis estigmas causados pela experiência vivenciada (BURWELL et al., 2017; KÖGEL et al., 2020).

Segundo McGlanaghy et al. (2015), o campo de estudo que se dedica a compreensão “do impacto ético, legal e social da pesquisa sobre o cérebro” é conhecido como **Neuroética**. Hamdan (2017) afirma que a neuroética é a institucionalização da ética na neurociência, ou seja, “o estudo dos avanços éticos, legais e sociais em neurociência”.

Toninato (2007) chamou a atenção para a urgência em se discutir a neuroética por acreditar que “o potencial de abuso da tecnologia contemporânea é imenso”. Simões e Nogaro (2019) também reforçam a necessidade do “debate ético e olhar crítico para que sejam evitadas condutas inadequadas, distorcidas e com entraves ao ser humano”.

Vale ressaltar o papel fundamental dos comitês de ética em pesquisa-CEP dentro das universidades. Através de minuciosas análises e pareceres de profissionais com alta capacidade são asseguradas a integridade e a seriedade de pesquisas nesse contexto.

Não cabe aqui se aprofundar no assunto, mas é importante abordar essa questão e que futuros trabalhos possam reforçar essa discussão. Outras informações e discussões sobre a neuroética podem ser consultadas em Marcus (2004), Marino Junior (2010), Kleeber et al. (2011), Glannon (2011), Kleeber et al. (2013).

Resumos, apresentações e palestras organizadas pela *International Neuroethics Society* (INS) podem ser consultados no *web site* da própria instituição (INTERNATIONAL NEUROETHICS SOCIETY, 2022).

5.6 A ATIVIDADE CEREBRAL COMO EIXO TEMÁTICO

Neste capítulo foi possível observar a complexidade das neurociências e o quanto seu alcance é abrangente, estando presente em praticamente todas as atividades da sociedade, especialmente pelo envolvimento direto com os aspectos cognitivos e psicológicos dos seres humanos.

O capítulo também trouxe abordagens que dialogaram com os demais capítulos desta tese, especialmente com as áreas do *design*, ergonomia e jogos eletrônicos, apresentando resultados de diversas pesquisas nessas áreas envolvendo os aspectos emocionais.

Ficou evidenciado que a neurociência contribui tanto na teoria quanto na prática com estas áreas, especialmente através de suas técnicas e ferramentas como o *biofeedback*, a BCI e a computação afetiva, que são áreas em evidência.

Enquanto pesquisa não clínica, buscou-se apresentar o uso do Emotiv EPOC em estudos sobre emoções com o objetivo de consolidar a escolha desse equipamento para leitura da atividade cerebral e os resultados encontrados mostraram que este equipamento tem enorme potencial investigativo.

A figura 88 a seguir apresenta a nuvem de palavras com os principais tópicos tratados nesse capítulo, além dos demais que foram abordados ao longo da tese, reforçando o caráter multidisciplinar desta pesquisa.

Figura 88 - Nuvem de palavras da tese com todos os eixos temáticos



Fonte: o autor (2021).

Esta nuvem não tem a pretensão de limitar o alcance das áreas do saber nem influenciar nas possíveis conexões entre eles, mas facilitar a geração de novas conexões entre os tópicos para estudos futuros.

PARTE 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

6 METODOLOGIA: CALMA, EU EXPLICO!

A metodologia possibilita a compreensão de todo o processo investigativo, evidenciando o caminho escolhido, a linha de raciocínio e o passo a passo adotado em cada etapa, legitimando as conclusões e tornando seus procedimentos e resultados passíveis de reprodução em futuras pesquisas.

Método é o conjunto de processos e etapas devidamente organizados para investigação de fatos específicos e que devem ser concluídos de maneira lógica e ordenada (RUIZ, 2006). Porém, é importante considerar que os métodos são flexíveis, adaptáveis, que não há receita para o sucesso e que a rigidez excessiva corre o risco de “reduzir os aspectos visíveis da sociedade” (VAN DER LINDEN; LACERDA, 2012).

No entanto, a articulação do conhecimento organizada de modo sistemático é fundamental e possibilita que os resultados de um fenômeno estudado sejam mais bem detalhados, aprofundados e compreendidos.

Este capítulo divide-se em dois tópicos. O primeiro corresponde às características da pesquisa e traz informações sobre a sua sistematização. O segundo tópico baseou-se nas estratégias adotadas após os testes pilotos que possibilitaram otimizar os métodos, a aplicação dos instrumentos de coleta de dados e permitiu esquematizar os procedimentos para atingir os objetivos propostos.

6.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

A metodologia aplicada foi de caráter **quantitativo**. Composto por dois estudos de campo realizados em ambientes não-naturais. A coleta dos dados ocorreu por meio de instrumentos manipulados: questionários de autorrelato e equipamentos eletrônicos de mensuração psicofisiológica. Os resultados foram representados por figuras, quadros e tabelas.

Com uma amostragem de 13 participantes foi possível obter resultados que pudessem responder as hipóteses e aos objetivos, além de respaldar e ampliar os questionamentos acerca dos assuntos envolvidos.

Aliás, este tipo de abordagem tem como característica a busca por conhecimentos de uma nova área, podendo inclusive gerar outras hipóteses

complementares ou análogas, especialmente pelo caráter multidisciplinar da pesquisa e pelas correlações entre as áreas envolvidas.

A pesquisa também possui caráter **qualitativo**, pois foi necessário tanto o entendimento quanto a descrição dos fenômenos. A amostragem em números reduzidos também revela esse caráter, bem como o modo de análise indutivo, ou seja, parte da avaliação dos dados particulares precisou ser observada com o intuito de se conhecer e descobrir a relação entre eles e fazer interpretações dos seus significados (CRESWELL; CRESWELL, 2018).

A abordagem pode ser considerada **qualitativa**, uma vez que a coleta de dados transcorreu conforme os fenômenos foram ocorrendo e significados foram sendo atribuídos, havendo preocupação com todo o processo e não somente com os resultados. Os dados coletados foram os autorrelatos obtidos por questionários e as mensurações psicofisiológicas adquiridas com o uso de duas ferramentas tecnológicas. Todos os dados foram avaliados e interpretados.

O método de abordagem é considerado **indutivo** pelo fato desta pesquisa partir de um caso particular (usuários utilizando um *game* e um *software* de treinamento) visando gerar conhecimentos para um cenário geral (o uso de sistemas computacionais de modo geral). No caso, esta pesquisa considerou como ponto inicial a observação de fatos ou fenômenos ocorridos nos dois experimentos.

O método também pode ser considerado **hipotético-dedutivo**. As hipóteses levantadas foram verificadas após o término dos experimentos e conclusões foram geradas. A pesquisa partiu de um problema de realidade empírica, cujos experimentos e resultados tinham a intenção de gerar consequências que verificaram a validade ou a falseabilidade.

O método de procedimento foi **comparativo**, pois foram verificadas semelhanças e divergências entre o que os voluntários relataram em questionários e o que eles realmente estavam sentindo através do uso de ferramentas de leitura das atividades cerebrais e da temperatura facial.

A natureza da pesquisa é do tipo **aplicada**. Pesquisas dessa natureza buscam produzir conhecimentos cujos resultados possam ser aplicados de maneira prática, “dirigidos à solução de problemas específicos” (PRODANOV, 2013). A pesquisa é multidisciplinar, abrange várias áreas do saber e conexões são construídas entre si, reforçando o grau de aplicabilidade de seus resultados.

O objetivo do estudo é considerado **exploratório**, uma vez que, para o desenvolvimento da pesquisa, foi necessário buscar familiaridade com um determinado problema buscando uma base sólida de conhecimento. Esta familiaridade foi desenvolvida por meio de pesquisas bibliográficas sobre os eixos temáticos, inclusive com a elaboração de hipóteses a serem verificadas.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003, p.188) e Martin e Hanington (2012), o estudo exploratório tem como objetivo a formulação de questões com tripla finalidade: (I) desenvolver as hipóteses; (II) aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, ato ou fenômeno, configurando-se como uma experiência imersiva, e; (III) clarificar conceitos.

A pesquisa bibliográfica buscou obter na literatura informações e conexões sobre os temas pesquisados, bem como análises de exemplos e pesquisas similares, além de investigações de possíveis correlações entre os eixos temáticos que possibilitassem a compreensão dos temas.

O objeto do estudo também possui caráter **descritivo**, caracterizada pela observação semi-estruturada dos fenômenos, registro e análise dos mesmos através de instrumentos de autorrelato (questionários) e avaliação de respostas psicofisiológicas (termografia e EEG), além da descrição das correlações entre eles.

6.1.1 Etapas da pesquisa

Considerando as características da pesquisa, foi estabelecido que os procedimentos técnicos deveriam ser divididas em três fases:

1 - Pesquisa bibliográfica – elaborada a partir de material publicado em periódicos nacionais e internacionais, anais de congressos nacionais e internacionais, livros e apostilas de cursos relacionados aos cinco eixos temáticos: *Design*, Ergonomia (Usabilidade), Emoção, *Games*, Tecnologias Emergentes (Termografia e EEG). Buscou-se utilizar fontes publicadas nos últimos cinco anos a contar a partir do início da pesquisa, no primeiro trimestre de 2017. Somou-se a este tempo os impactos do isolamento social causados pela pandemia da COVID-19. Logo, a janela temporal priorizou publicações entre os anos de 2012 a 2021.

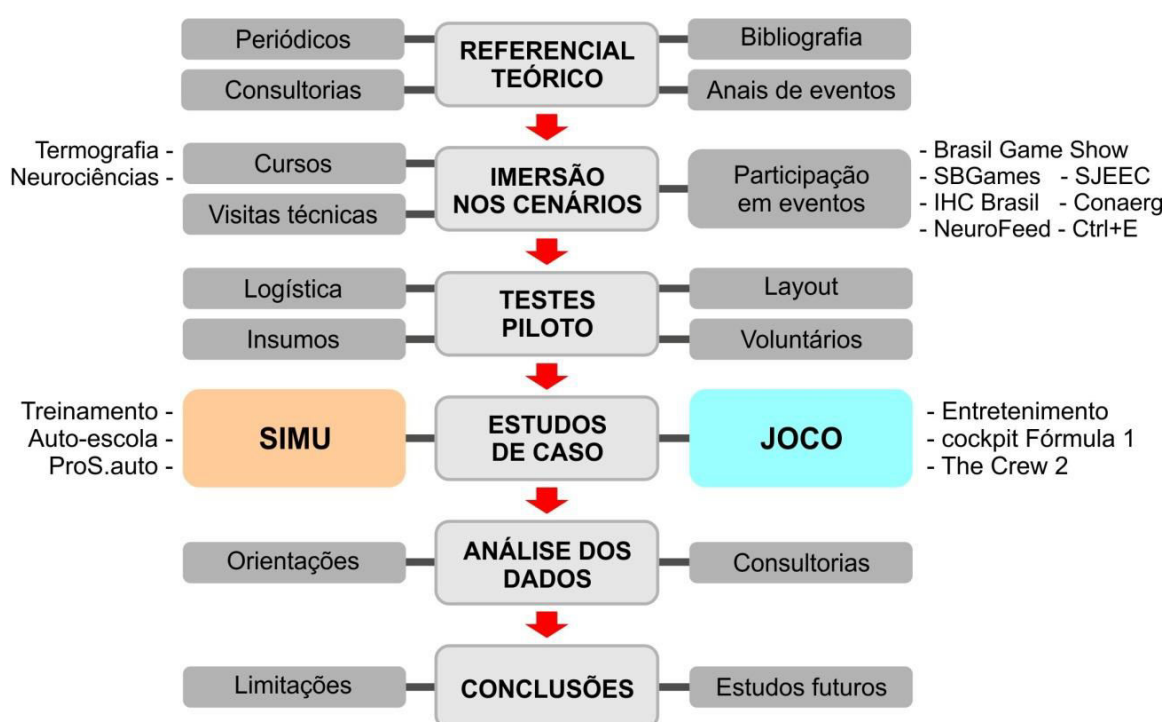
2 - Pesquisa experimental – após observar o contexto científico da pesquisa através do referencial teórico foram traçadas as estratégias para o desenvolvimento da pesquisa experimental. Tendo como objeto de estudo as respostas emocionais

dos usuários de dois sistemas computacionais, ficaram definidas as variáveis e controles a serem aplicados. As variáveis independentes são os sistemas computacionais utilizados (*game* e *software* de treinamento e seus respectivos *cockpits*). As variáveis dependentes são as respostas (autorrelato e mensuração psicofisiológica) dos usuários quanto ao estado emocional e a usabilidade após utilizarem os dois sistemas. Nesta pesquisa foram consideradas questões éticas (pesquisa com seres humanos), questões técnicas (uso de diversos equipamentos, *softwares* e tecnologias) e questões operacionais (logística, *layouts*, custos, etc.).

3 - Estudo de caso – as duas fases anteriores impulsionaram esta terceira. Para atender aos objetivos propostos foi necessário investigar e descrever alguns fenômenos em um determinado contexto (GIL, 2010, p.58), com limitações de tempo e de atividades (CRESWELL; CRESWELL, 2018), utilizando “múltiplas fontes de evidência de pesquisa” (MARTIN; HANINGTON, 2012).

Foram realizados dois estudos de caso que geraram respostas aos questionamentos provocados pelos objetivos propostos. A Figura 89 abaixo apresenta um esquema das etapas realizadas. Ao lado de algumas células estão inseridas informações complementares.

Figura 89 - Desenho da pesquisa



Fonte: o autor (2020).

O que motivou a realização de dois estudos de caso foi o seguinte: (I) Acredita-se que os resultados obtidos em um experimento com um *game* de diversão e outro com um *software* de treinamento podem gerar resultados comparativos relevantes, como verificado na pesquisa de Ijsselsteijn et al. (2007); (II) A amostragem priorizou uma curta faixa etária: 18 a 21 anos de idade. A dificuldade em reunir voluntários com estas idades motivou a realização de dois experimentos com o objetivo de “explorar” esta amostra em dois experimentos distintos; (III) Pesquisas com termografia digital e emoção são recentes. Acreditou-se que realizar dois experimentos diferentes nesse contexto poderia trazer resultados relevantes com potencial para publicação em periódicos de alto impacto; (IV) Estudos envolvendo *games* e ergonomia são relativamente escassos. Esta é uma oportunidade de contribuir com essas áreas do conhecimento em dois contextos diferentes: um jogo eletrônico de entretenimento e um software de treinamento.

O fato dos procedimentos adotados nos dois experimentos serem muito semelhantes optou-se em criar dois termos para diferenciar um experimento do outro. Portanto, a partir desta página, toda e qualquer menção ao experimento de treinamento com o simulador de condução veicular utilizado em autoescola será referenciado pelo termo “**SIMU**”, que significa “**simulador de treinamento**”. No caso da experiência com o jogo eletrônico destinado apenas ao entretenimento foi escolhido o termo “**JOCO**”, que faz alusão ao termo “**jogo comercial**”.

Os dois termos abarcam todas as especificidades de seus respectivos experimentos. Portanto, em qualquer contexto em que um termo for mencionado não deve ser confundido com o outro termo em hipótese alguma, a não ser em situações específicas que serão devidamente informadas.

6.1.2 Critérios de amostragem

Os sistemas computacionais estão presentes no mundo contemporâneo com aplicabilidade em diversos contextos e com grande alcance dos usuários. Nesse cenário, o recorte da pesquisa foi essencial para diminuir o número de variáveis e aumentar a precisão e a credibilidade do estudo.

Diante do exposto, a amostragem precisou ser definida seguindo critérios de inclusão e exclusão. Estes critérios são apresentados no quadro 15 a seguir.

Quadro 15 - Critérios de inclusão e exclusão

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	
Requisito	Motivação
Ambos os sexos	Não há restrição quanto ao sexo dos participantes.
Faixa etária entre 18 e 21 anos	- Voluntários que atingiram a maioridade, segundo o Código Civil (conforme artigo 5º, Lei n. 10.406/2002) respondem pelos seus atos. - O experimento SIMU utiliza um <i>software</i> de condução veicular. O Código Brasileiro de Trânsito só autoriza pessoas acima de 18 anos a dirigirem. Por isso a idade mínima é de 18 anos. - Esta pesquisa também tem como objetivo investigar os aspectos emocionais em situações de treinamento, havendo relação com o processo de aprendizagem. O Censo Escolar 2019 (BRASIL, 2020, p.42) apontou que esta faixa etária compreende 78,8% dos matriculados na educação profissional. Portanto, esta faixa etária compreende os jovens adultos que, numa visão simplista, estão iniciando a sua vida economicamente ativa. - A escolha por participantes jovens evita que voluntários com muita experiência participem do experimento e dessa forma disfarcem seu estado emocional ou não a expressem de maneira clara. Afinal, há uma significativa diferença no modelo mental de motoristas jovens e de motoristas experientes (HÖGER et al., 2005). Praticantes experientes conseguem manter as suas emoções estáveis (KUO et al., 2013), enquanto que aqueles com pouca experiência em condução veicular pode trazer resultados mais expressivos devido a pouca prática (GREGERSEN, 2005; O'BRIEN et al., 2010; ŠEIBOKAITĖ et al., 2013). Melhorias de desempenho no trânsito após um período de prática na condução veicular podem ser observadas em Mayhew et al. (2003).
Saber conduzir um veículo	O voluntário precisa saber dirigir um veículo de passeio.
Portador de CNH categoria B	- Possuir CNH categoria B garante que o voluntário tenha alguma experiência com automóveis. Mesmo que não tenha usado o simulador de autoescola durante sua formação.
CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	
Requisito	Motivação
Usuário de óculos ou pessoas com deficiência visual	- O uso de óculos já denuncia alguma deficiência visual, por menor que seja. Acredita-se que algum grau de deficiência visual poderia atrapalhar o desempenho. - A presença dos óculos pode influenciar na captação correta da temperatura através da termografia por infravermelho.
Pessoas com problemas de saúde	- Gozar de boa saúde assegura que não haverá nenhum problema ou incapacidade do voluntário. Também não pode estar com dor de cabeça e febre, pois essa condição pode alterar a temperatura da face. - O uso de medicamentos de uso contínuo pode alterar o metabolismo do

	indivíduo, causar relaxamento e interferir na sua condição psicofisiológica. - Não é exigido nenhum comprovante médico, sendo aceita apenas a declaração verbal do voluntário. - Pessoas com erupções na face (acnes) ou que possuam cicatrizes no rosto também estão vetadas. A acne corresponde a inflação das glândulas sebáceas¹⁰³, que provoca aquecimento na região acometida. A cicatriz pode causar a formação de quelóide, que é “o crescimento anormal do tecido cicatricial”¹⁰⁴. Ambos podem dificultar a captura da temperatura facial.
Pessoas com deficiência	- O estudo investiga pessoas que gozem de sua integridade física e cognitiva. Voluntários com limitações físicas e cognitivas podem ser alvos de estudos futuros.
Não entregar o TCLE devidamente assinado	Mesmo que expresse seu desejo em participar do estudo de modo verbal é fundamental entregar o TCLE devidamente assinado e rubricado.
Não cumprir com os procedimentos de pré-teste	Todos os voluntários devem cumprir os procedimentos de pré-teste devido aos protocolos adotados sob o risco de serem dispensados dos experimentos.
Cabelos muito volumosos e pelos no rosto	- A captura da atividade elétrica cerebral exige que os eletrodos do dispositivo tenham o máximo de contato possível com o couro cabeludo. - Dependendo das características do cabelo do(a) voluntário(a), o volume do cabelo pode diminuir ou eliminar o sinal dos eletrodos. Trata-se apenas de um procedimento operacional, porém de grande relevância. - Pelos no rosto, por exemplo, barba, bigode, cavanhaque e afins, também dificultam a captura térmica da face.
Uso de determinados produtos de higiene e de beleza, como maquiagens	- Qualquer maquiagem (ou acessório, como <i>piercing</i>) no rosto poderá atrapalhar a precisão na coleta das temperaturas da face e no posicionamento dos sensores do EEG. - Evitar lavar os cabelos com aditivos como condicionadores ou estarem usando produtos do tipo <i>Hair Styling</i>, pois podem interferir nos sinais dos eletrodos.
Ser consumidor de bebida alcoólica com frequência	- O álcool atua no metabolismo e pode modificar a condição fisiológica e cognitiva. Voluntários que consomem frequentemente podem comparecer ao experimento ainda com o metabolismo alterado.
Voluntários fumantes	- Um dos requisitos é que o voluntário não tenha fumado até 3 horas antes do experimento. Devido à abstinência, pode haver consumo de cigarro durante a espera, o que inviabilizaria a participação.

Fonte: o autor (2019). Adaptado dos protocolos de pesquisa da termografia e da eletroencefalografia (Anexos C e D, respectivamente).

¹⁰³ Fonte: <https://www.sbd.org.br/doencas/acne/>.

¹⁰⁴ Fonte: <https://sbdri.org.br/o-que-sao-e-como-lidar-com-as-cicatrizes/>.

O tamanho da amostra teve dois momentos distintos: (I) a definição da amostra inicial; (II) a escolha da amostra final para análise dos resultados. Cada momento é relatado abaixo:

Amostra inicial – Foi definida uma amostra de 30 participantes, sendo 15 do sexo masculino e 15 do sexo feminino, pelos seguintes motivos: (I) Uma amostra de pelo menos 28 indivíduos é considerada uma boa regra geral para detectar os efeitos de forma confiável em pesquisas envolvendo estudos psicofisiológicos e *games* (KIVIKANGAS et al., 2011); (II) Considerar o público masculino e feminino em pesquisas com *games* é relevante, especialmente no cenário brasileiro onde a Pesquisa Game Brasil 2019 (edição lançada no momento da definição da amostragem) apresentou equilíbrio no número de jogadores (47%) e jogadoras (53%) (SIOUX GROUP et al., 2019); (III) Pesquisas em várias áreas do conhecimento discutem como os participantes masculinos e femininos lidam com as questões emocionais, inclusive no contexto envolvendo a condução veicular (GREGERSEN, 2005). Buscou-se contribuir com esse debate.

Amostra final – foram 13 participantes, sendo cinco mulheres e oito homens. Esta diminuição no número final de participantes ocorreu por vários motivos que serão discutidos a seguir.

A amostra deveria ser obtida na cidade do Recife-PE por ser a sede da Universidade Federal de Pernambuco e o local de residência do pesquisador. Porém, antes dessa etapa foi necessário definir os ambientes de pesquisa para inserir seus dados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE a ser apresentado aos participantes.

A escolha dos ambientes foi condicionada pela configuração dos experimentos, dos procedimentos a serem adotados e dos tipos de equipamentos envolvidos, bem como a necessidade de profissionais para apoio operacional.

Para o **experimento SIMU**, com características de treinamento, optou-se em escolher uma autoescola e não houve dificuldades para encontrar. Quanto ao **experimento JOCO**, o estabelecimento deveria ser destinado ao uso de *games* e possuir um simulador de direção do tipo *cockpit* de Fórmula 1 para assegurar semelhanças operacionais com o SIMU, especialmente quanto a experiência de uso.

Contudo, nenhum estabelecimento que atendesse as necessidades para realização do JOCO foi encontrado na cidade do Recife. Após pesquisas em outros

estados (Paraíba e Alagoas) foi definido que as coletas de dados ocorreriam na cidade de Maceió, capital do estado de Alagoas. Mais informações sobre a escolha dos ambientes de pesquisa serão informadas mais adiante.

Nesse sentido, os locais para captação de participantes foram a diretoria do Detran-AL e seu banco de dados de autoescolas associadas, ambientes destinados ao uso de jogos eletrônicos e instituições de ensino superior de Maceió-AL.

Apesar dos contatos promissores, houve dificuldade para encontrar o perfil amostral inicial. A falta de experiência com condução veicular do público feminino e o não comparecimento ao local do primeiro experimento por parte de alguns participantes, mesmo tendo agendado previamente, alterou a amostra final para: (I) **SIMU** = 19 homens e 10 mulheres, totalizando 29 experimentos realizados; (II) **JOCO** = 17 homens e 9 mulheres, totalizando 26 experimentos realizados.

Após todas as coleta de dados observou-se que houve relevante diferença entre o tempo mais curto e o mais longo de conclusão dos dois experimentos por parte dos participantes, conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Tempos mínimo e máximo dos experimentos

Experimento	Menor tempo	Maior tempo	Diferença
SIMU	49 minutos	90 minutos	41 minutos
JOCO	45 minutos	85 minutos	40 minutos

Fonte: o autor (2020).

Essas diferenças, em termos emocionais, implicam em relevantes alterações nas leituras das atividades cerebrais, térmicas e nos autorrelatos, podendo haver modificações nas respostas finais e consequentemente imprecisões nos resultados.

Essas diferenças no tempo ocorreram devido a várias questões:

- Dificuldades na instalação do Emotiv EPOC+.
 - Pelas características dos cabelos dos voluntários.
 - Pelos relatos inverídicos dos voluntários ao informarem que tinham seguido os procedimentos de pré-teste, mas não seguiram totalmente.
 - Pela calibração do Emotiv EPOC+ no *software*.
 - Pela alimentação por solução salina dos eletrodos.

- Por alguns problemas de conexão com o *Bluetooth*.
- Dificuldades de interpretação dos termos dos questionários.
 - A dificuldade em interpretar os termos causou demora na conclusão.
- Desempenho no experimento JOCO. O tempo de conclusão de cada uma das três rodadas (ciclos de atividades) foi variável, ou seja, alguns participantes conseguiram finalizar mais rapidamente as rodadas que os outros.

Embora alguns dados técnicos tenham sido citados acima, agora é o momento de explicar a formação da amostra final. Todos os detalhes técnicos serão informados mais adiante, neste mesmo capítulo.

Buscando definir uma amostragem válida e igualitária optou-se em utilizar a variável do tempo de uso dos sistemas. Foi considerado como “tempo de participação no experimento” o intervalo que compreende: (I) a entrada do voluntário na sala de experimento, até; (II) a saída da sala de experimento após responder ao último questionário.

Nesse sentido, optou-se em adotar alguns procedimentos para tornar os tempos de execução das tarefas o mais próximo possível e diminuir essa diferença: (1) os tempos extremos foram excluídos; (2) Foi realizado o cálculo de Variância e o Desvio Padrão; (3) Os tempos fora do intervalo do Desvio Padrão foram excluídos.

As tabelas 2 e 3 abaixo evidenciam os tempos de cada voluntário (v.). Todos os valores correspondem aos minutos gastos no experimento. A legenda abaixo da tabela 3 apresenta as cores das células conforme o tempo de execução do experimento e informa os voluntários escolhidos para amostra final.

Tabela 2 - SIMU - Tempos gastos pelos participantes

SIMU															
1) Tempo médio = 63,36 minutos								3) Intervalo válido compreende:							
2) Desvio padrão = 8,61								54,74 a 71,97 minutos							
Tempo	v.01	v.02	v.03	v.04	v.05	v.06	v.07	v.08	v.09	v.10	v.11	v.12	v.13	v.14	v.15
	82	61	61	59	58	64	65	70	60	49	--	59	68	56	78
Tempo	v.16	v.17	v.18	v.19	v.20	v.21	v.22	v.23	v.24	v.25	v.26	v.27	v.28	v.29	v.30
	--	--	64	56	90	57	85	55	69	60	58	57	52	55	75

Tabela 3 - JOCO - Tempos gastos pelos participantes

JOCO															
1) Tempo médio = 54,73 minutos								3) Intervalo válido compreende:							
2) Desvio padrão = 8,06								46,67 a 62,79 minutos							
Tempo	v.01	v.02	v.03	v.04	v.05	v.06	v.07	v.08	v.09	v.10	v.11	v.12	v.13	v.14	v.15
	56	--	85	49	47	47	50	69	53	54	62	--	--	57	70
Tempo	v.16	v.17	v.18	v.19	v.20	v.21	v.22	v.23	v.24	v.25	v.26	v.27	v.28	v.29	v.30
	47	54	51	47	--	48	54	52	50	54	45	--	52	57	79

Legendas:

	Tempo mais longo e tempo mais curto
	Tempo fora do intervalo do desvio padrão
	Voluntário excluído por problemas técnicos
	Tempo dentro do intervalo do desvio padrão e apto à avaliação

Fonte: o autor (2020).

Após esse procedimento verificou-se que tanto no experimento SIMU quanto no JOCO restaram 20 voluntários com o tempo dentro do desvio padrão. No entanto, um bom desempenho em um experimento não garantiu um bom desempenho no outro. Neste sentido, verificou-se que apenas 13 participantes estavam dentro do tempo válido nos dois experimentos. Eles foram escolhidos para a amostra final.

Pesquisas com amostras pequenas conseguem gerar respostas relevantes, tanto sobre o aspecto emocional (ESTUPIÑÁN et al, 2014) quanto pela questão da usabilidade (TULLIS; STETSON, 2004).

A tabela 4 abaixo mostra algumas informações sobre os 13 voluntários selecionados. As letras “A” e “M” significam “ano” e “mês” respectivamente. Optou-se em manter os mesmos números de identificação definidos no agendamento.

Tabela 4 - Informações sobre os participantes

Nº	Idade (ano/mês)	Sexo	Nível de escolaridade	Experiência com condução veicular	Uso de <i>cockpit</i> de Fórmula 1
04	18A 6M	F	Universitário	0A 6M	Não
05	20A 4M	F	Universitário	1A 1M	Não
06	18A 11M	F	Universitário	1A 4M	Não
07	19A 2M	F	Ensino médio completo	1A 8M	Não

09	19A 11M	F	Universitário	1A	Não
14	18A 1M	M	Universitário	0A 11M	Não
18	18A 4M	M	Universitário	0A 5M	Não
19	18A 5M	M	Ensino médio completo	1A 3M	Não
21	20A 1M	M	Universitário	2A 4M	Não
23	18A 8M	M	Universitário	0A 9M	Não
24	20A 11M	M	Universitário	1A 8M	Não
25	19A 3M	M	Ensino médio completo	1A 2M	Não
29	19A 7M	M	Ensino médio incompleto	3A 7M	Não
Média	19A 3M	--	--	1A 5M	--

Fonte: o autor (2020).

Para facilitar a identificação por gênero, o **público feminino** apresenta os números de identificação abaixo do valor 10, em um total de cinco voluntárias e o **público masculino** compreende os outros oito participantes. Daqui para frente, sempre que estes públicos foram referenciados, deve-se considerar o quantitativo de participantes de cada um deles.

Aliás, em várias análises os dois públicos terão seus resultados confrontados e comparados. Em algumas ocasiões o número de voluntários será analisado de modo proporcional, considerando o total de voluntárias (5/5), o total de voluntários (8/8) e o total geral de participantes (13/13).

O tempo de experiência com condução veicular foi informado individualmente e correspondem à diferença entre o tempo relatado e o mês de fevereiro de 2020, quando ocorreram as coletas de dados. Nenhum deles tem experiência de uso com um *cockpit* de Fórmula 1. Não houve questionamento sobre qual o tipo de jogo eletrônico que eles preferem jogar.

Segundo a tabela supracitada, as mulheres apresentaram uma média de idade de dois meses a mais que os homens, enquanto o público masculino possui um tempo de experiência em condução veicular dois meses a mais que o feminino.

6.1.3 Procedimentos de pré-teste

A mensuração psicofisiológica requer que o corpo humano esteja em boas condições físicas e principalmente psicológicas. Nesse sentido, os protocolos da

termografia (Anexo C) e da eletroencefalografia (Anexo D) trazem recomendações no intuito de eliminar possíveis artefatos e ruídos que dificultem a leitura ou mascarem as reais condições psicofisiológicas dos participantes.

Artefatos são ruídos (sinais) indesejáveis que podem alterar o sinal de interesse, diminuindo sua qualidade ou o inutilizando. Podem ser de origem biológica (movimento da respiração, dos olhos e dos músculos, sudorese, etc.) ou ambiental (radiação eletromagnética, defeitos nos eletrodos, etc.) (URIGÜEN; GARCIA-ZAPIRAIN, 2015).

Os protocolos adotados nesta pesquisa seguiram modelos já utilizados na comunidade científica (IACT, 2002; RING; AMMER, 2000; SHEIKHOLESAMI et al., 2007; MONK, 2008; MALIK; AMIN, 2017) e serviram de base para elaboração dos **procedimentos de pré-teste** que foram disponibilizados para os participantes ao assinarem o Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (Anexo E).

Adotar estes procedimentos é de total responsabilidade dos voluntários e serviram de guia para que eles pudessem participar dois experimentos em condições adequadas e similares. Como os procedimentos pré-teste foram inseridos no corpo do TCLE, optou-se em não repeti-los neste subtópico. Portanto, podem ser consultados no final do Anexo E (p.498).

6.1.4 Aspectos éticos da pesquisa

Durante a abordagem dos potenciais participantes houve explanação dos objetivos e procedimentos da pesquisa. Após o aceite, cada voluntário recebeu o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE com informações detalhadas sobre os objetivos, etapas da pesquisa, dados a serem coletados, riscos e finalidades da pesquisa, além do destino dos dados coletados.

No TCLE também estão contidos os princípios da bioética conforme a Resolução 510/16 (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2016) e a Resolução 466/12 (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2012), que considera “o respeito pela dignidade humana e pela especial proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos”.

Os riscos da pesquisa podem ser verificados no quadro 16 a seguir.

Quadro 16 - Riscos da pesquisa e procedimentos para amenizá-los

Item	DESCONFORTO	COMO AMENIZAR
A	Algum incômodo ao instalar e usar o equipamento de EEG, por localizar-se na cabeça.	Informar o desconforto ao pesquisador que optaria pelo encerramento do experimento e o voluntário seria conduzido a sala de espera até se restabelecer e posteriormente ser liberado. Caso o voluntário julgue o desconforto leve e decidir permanecer, seu desejo seria atendido.
B	A temperatura da sala de experimento deveria estar entre 22°C e 24°C. Alguns voluntários poderiam ter desconforto ou intolerância a esta “baixa” temperatura.	Foi explicada a necessidade de permanecer em ambiente de clima frio. Então o voluntário, ao decidir participar, já estava ciente dessa condição. Porém, caso sentisse algum desconforto os procedimentos adotados seriam os mesmos do item A citado acima.
C	O dimensionamento dos <i>cockpits</i> pode causar desconfortos posturais e dificultar o alcance dos comandos	Os dois <i>cockpits</i> utilizados possuem estrutura ajustável, sendo possível atender a antropometria da população do experimento. Lembrando que o tempo médio de permanência no interior do equipamento (<i>cockpit</i>) é de 24m:45s no SIMU e de 19m:24s no JOCO.
D	O tempo do experimento ou da espera pode ser prolongado caso haja atrasos ou imprevistos	O voluntário pode desistir a qualquer momento, basta informar ao pesquisador. OBS: ocorreram duas desistências, porém estes voluntários não compareceram aos ambientes de pesquisa.
E	Pode ter um pequeno desconforto cognitivo caso não tenha familiaridade com jogos eletrônicos	Idem ao item A.
F	Deslocamento dos voluntários.	Foi assegurado o transporte dos voluntários, ida e vinda, nos dois experimentos, com motorista profissional conforme solicitação do voluntário.
G	Sentir sua privacidade invadida	A privacidade está resguardada conforme os princípios da Bioética da Resolução 466/12 (CNS, 2012), da Resolução 510 (CNS, 2016) e os dados constantes no TCLE. O voluntário poderia desistir a qualquer momento.
H	Dados disponibilizados após publicação da tese	Cada voluntário recebeu uma numeração para gestão e controle dos dados coletados, uma vez que foram muitas informações obtidas. No entanto, sabendo dessa numeração, os voluntários poderiam trocar informações entre si após a publicação da tese e revelar seus resultados. Nesse sentido, o pesquisador alterou a numeração de modo que apenas ele consegue identificar os voluntários. Porém, não houve nenhum prejuízo na análise dos dados.

Fonte: o autor (2019).

A Resolução 466/12 (CNS, 2012) é bem clara quando afirma que “toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e gradações variados”. Seu inciso II-22, no tópico referente aos termos e definições, aponta que os riscos podem propiciar dados de ordem psíquica, física, intelectual e social, dentre outras.

Embora seja incomum especificar riscos quando uma pesquisa utiliza questionários (RATES et al, 2014), como é o caso desta tese, o presente estudo também utiliza diversos equipamentos eletrônicos e em algumas ocasiões há contato direto com os voluntários. Estas particularidades serviram de base para elaborar os riscos do quadro citado anteriormente. Vale informar que não houve nenhum problema ou queixa dos voluntários durante e após os dois experimentos.

Ao assinar o TCLE, os voluntários se comprometeram a participar dos dois experimentos: com o jogo eletrônico e com o *software* de treinamento. Estes eventos foram iniciados após um período mínimo 24 horas depois da assinatura do termo, devido à necessidade de seguir os procedimentos de pré-teste citados no próprio TCLE. A data de participação foi agendada individualmente.

Todos os custos de locomoção e alimentação foram assegurados pelo pesquisador mediante solicitação do voluntário, considerando o limite de até R\$40,00 (quarenta reais) por experimento e por pessoa.

A coleta de dados ocorreu após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, sob o parecer de número 3.841.461 e o CAAE de número 26820919.0.0000.5208. A folha que indica o parecer favorável pode ser verificada no Anexo A.

Os dados coletados nos dois experimentos foram os seguintes: (I) os termogramas (imagens térmicas); (II) as respostas dos questionários de autorrelato; (III) os sinais EEG da atividade elétrica cerebral; (IV) fotos dos voluntários em vários ângulos; (V) filmagens dos voluntários para verificar o comportamento antes, durante e após o uso dos sistemas computacionais, incluindo as suas expressões faciais e declarações informais; (VI) filmagens do desempenho dos voluntários.

Todos os materiais coletados foram armazenados na nuvem¹⁰⁵, no *notebook* e no HD externo de propriedade do pesquisador, todos revisados tecnicamente e protegidos por senha.

6.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Embora os procedimentos técnicos tenham sido previamente definidos levando em consideração as características da pesquisa e os objetivos propostos, o

¹⁰⁵ Fonte: <https://canaltech.com.br/internet/armazenamento-em-nuvem-o-que-e/>

processo de elaboração dos procedimentos e das execuções técnicas foi sendo ajustado de acordo com os resultados obtidos nos testes pilotos. Esta etapa preliminar foi fundamental para o alinhamento de todas as atividades desta tese e, a seguir, será apresentado o passo a passo para realização desta pesquisa.

6.2.1 Ambientes de pesquisas: a escolha dos estabelecimentos

Durante a participação do pesquisador no III Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação – SJECC¹⁰⁶, realizado no segundo semestre de 2019 na cidade de Maceió-AL, foi possível realizar visitas técnicas em vários estabelecimentos. Para escolha foram observados alguns aspectos:

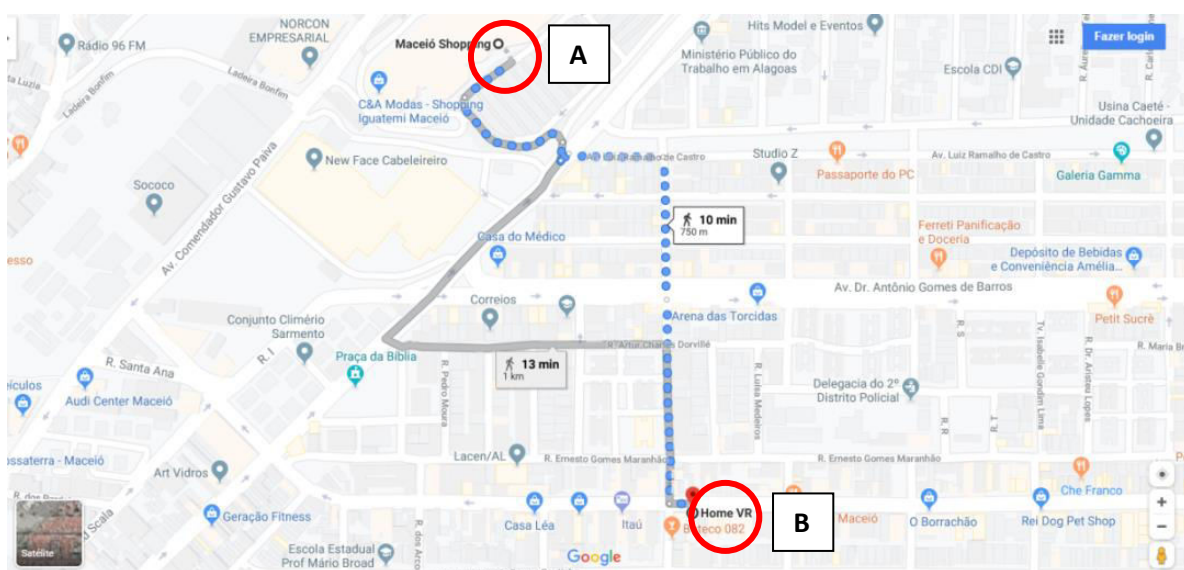
- Deveriam possuir alvarás de funcionamento obtidos junto aos órgãos municipais e estaduais, bem como certificado de dedetização e certificado de segurança emitido pelo Corpo de Bombeiros para segurança dos envolvidos;
- Possuir no mínimo dois ambientes, sendo uma sala de espera e uma sala para realização do experimento. As duas salas devem ser isoladas;
- Pelo menos na sala de experimento deveria ter um aparelho de ar-condicionado para resfriamento da temperatura conforme protocolo da termografia;
- O espaço, principalmente na sala de experimento, deveria ter área suficiente para circulação do pesquisador, do monitor e dos voluntários;
- Pelo menos a sala de experimento deveria ter várias tomadas de energia elétrica para alimentar os vários equipamentos eletrônicos a serem utilizados;
- Possuir *internet* banda larga, especialmente na sala de experimento, para acionamento *online* dos *softwares*;
- Deveriam ter um profissional monitor à disposição para auxiliar nos procedimentos como organização do local, recepção dos voluntários e suporte técnico aos equipamentos;
- Se possível, os dois estabelecimentos deveriam estar localizados próximos um do outro e em áreas de grande movimentação e atendidos pelo transporte público urbano;

¹⁰⁶ Fonte: <http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario-jogos/2019/home/>.

- O horário de funcionamento deveria ser flexível para atender ao agendamento dos voluntários de acordo com suas possibilidades;
- Os diretores deveriam manter a confidencialidade dos experimentos e a privacidade dos voluntários.

Dois estabelecimentos atenderem aos aspectos supracitados e a figura 90 abaixo exhibe um mapa onde é possível ver a proximidade entre eles. O ponto “A” indica a localização do estacionamento do *Maceió Shopping*, bairro Mangabeiras, onde está localizado o **Centrão**. O ponto “B” representa a localização da **Home VR**, no bairro Jatiúca. A linha azul tracejada mostra uma alternativa de trajeto feito a pé de um local para o outro, que compreende um raio menor que 1km.

Figura 90 - Localização dos locais dos experimentos



Fonte: o autor (2019). Adaptado do Google Maps, obtido em 15 ago. 2019.

O Centro de Treinamento de Condutores - **Centrão**¹⁰⁷ é um estabelecimento dedicado ao treinamento de condução veicular de uso coletivo, atendendo as autoescolas locais que não possuem simuladores através de parcerias.

O estabelecimento está localizado no estacionamento do lado posterior do Maceió Shopping e atende as questões de segurança, logística, transporte,

¹⁰⁷ Fonte: <https://www.maceioshopping.com/2018/11/centro-de-simulador-de-direcao/>.

alimentação e prestação de serviços diversos que são fundamentais para o suporte do pesquisador, do monitor e dos voluntários participantes.

A **Home VR**¹⁰⁸ é uma empresa que disponibiliza para os seus usuários ambientes destinados a realização de atividades com jogos tradicionais de tabuleiros, *videogames* e equipamentos e ambientes em realidade virtual. Esta empresa também aluga equipamentos e ambientes para atender demandas acadêmicas, como o caso da presente pesquisa.

A figura 91 A-B abaixo mostra a fachada dos dois estabelecimentos.

Figura 91 - Fachadas do Centrão (A) e da Home VR (B)



Fonte: o autor (2019).

Durante as visitas foram explanados junto aos respectivos diretores os objetivos da pesquisa, os requisitos a serem atendidos, as necessidades arquitetônicas e instrumentais, os procedimentos de logística, a necessidade de captação de voluntários e a demanda por períodos de tempo exclusivos para realização dos experimentos SIMU e JOCO.

Estas primeiras visitas permitiram traçar estratégias logísticas e operacionais, tais como locar as salas de experimento dos dois estabelecimentos, entender a logística de transporte de insumos, equipamentos e voluntários, aquisição de materiais complementares e contato com equipe de apoio, os chamados monitores

¹⁰⁸ Fonte: <https://homevr.com.br/>.

parceiros. Além de realizar o agendamento das datas para os testes pilotos e os primeiros contatos com potenciais voluntários para participação nos experimentos.

Testes pilotos – foi agendado um período de sete dias, divididos em três e quatro dias, em duas semanas diferentes no mês de dezembro de 2019. Durante esse período foi possível realizar algumas observações: checagem dos requisitos dos estabelecimentos, hospedagem do pesquisador, previsão de gastos (transporte, alimentação, insumos), ajustes e definições dos *layouts* dos ambientes e das salas de experimentos, logística dos equipamentos, aquisição de insumos e acessórios complementares, funcionamento dos equipamentos e *softwares*, organização dos dados, pré-agendamento, transporte e suporte aos voluntários.

Na ocasião também foi definida a sequência de coleta de dados dos experimentos. Todos os contatos com os voluntários ocorreram de acordo com a Resolução 466/12 (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2012).

Realização dos experimentos SIMU e JOCO – foi agendado um período de quinze dias para realização dos experimentos, após o parecer favorável do Comitê de Ética e Pesquisa da UFPE. Todos os procedimentos verificados e testados nos testes pilotos foram fundamentais. Os pontos positivos foram adotados, os negativos foram reduzidos ou anulados e serviram de base para realização dos experimentos SIMU e JOCO.

6.2.1.1 *Layout* dos ambientes

O *layout* dos estabelecimentos não exigiu alterações estruturais, apenas reposicionamento e instalação de mobiliários e equipamentos pensando na seguinte logística operacional: chegada dos voluntários, período de espera, aclimações, fluxos, participação no experimento, saída e contatos com os parceiros.

Houve consentimento dos diretores do Centrão e da HomeVR para a realização das mudanças ambientais e os investimentos foram do próprio pesquisador. Os dois diretores assinaram suas respectivas cartas de anuência (Anexo F) autorizando a realização das pesquisas.

A seguir são detalhados os *layouts* do SIMU e do JOCO.

Layout do Experimento SIMU

O Centrão é um estabelecimento de treinamento profissional composto por quatro salas: espera, experimento, manutenção e reunião. Apenas as duas primeiras salas foram utilizadas no experimento.

A figura 92 abaixo mostra uma representação em terceira dimensão e em perspectiva do interior do Centrão, exibindo as salas de espera (à esquerda) e de experimento (à direita).

Figura 92 - Centrão – Salas de espera (esquerda) e experimento (direita)



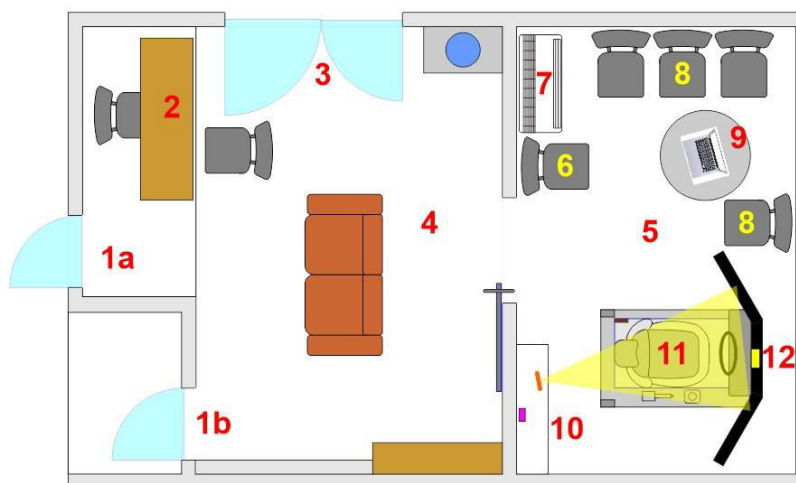
Fonte: o autor (2020).

A dimensão original da sala do experimento é ampla e maior do que a apresentada na figura acima, inclusive é dividida por divisórias corrediças de vidro para separar as turmas. Para resguardar a privacidade do voluntário durante a participação, uma parte da área da sala de experimento foi delimitada, resultando numa dimensão final de 15,40m² (3,1m x 4,97m) com 2,6m de pé direito.

A organização do *layout* também buscou evitar a incidência de luz direta das lâmpadas sobre o simulador para não causar reflexos, conforme Or e Duffy (2007).

A figura 93 a seguir apresenta a planta baixa do Centrão com o *layout* adotado e os elementos devidamente enumerados e detalhados em seguida.

Figura 93 - Centrão – *Layout* das salas de espera e de experimento



Fonte: o autor (2020).

Sala de espera

- 1) Entrada da sala de reunião (1a) e da sala de manutenção (1b). Estes ambientes não foram utilizados.
- 2) Recepção – acolhimento dos voluntários e guarda-volumes.
- 3) Entrada – o ambiente externo é o estacionamento coberto da área posterior do Maceió Shopping.
- 4) Sala de espera – onde os voluntários aguardavam sua participação.

Sala de experimento

- 5) Sala do experimento – ambiente de realização das coletas de dados, onde estão localizados o simulador de condução veicular e todos os outros equipamentos.
- 6) Cadeira de aclimação – onde o voluntário permaneceu sentado por 15 minutos para a aclimação inicial e 10 minutos para a aclimação final.
- 7) Ar-condicionado – para resfriamento local conforme exige o protocolo da termografia.
- 8) Cadeiras de apoio – para apoiar equipamentos, questionários e insumos.
- 9) Mesa onde está instalado o *notebook* com o *software* para coleta dos sinais da atividade cerebral.
- 10) Prateleira suspensa – instalado a 1,5m do chão, acomodou o termo-higrômetro (no centro da prateleira, na cor rosa) e o *smartphone* com tripé de

mesa (mais acima, na cor laranja) para filmar o desempenho dos voluntários.

O feixe amarelo representa o ângulo de filmagem do *smartphone*.

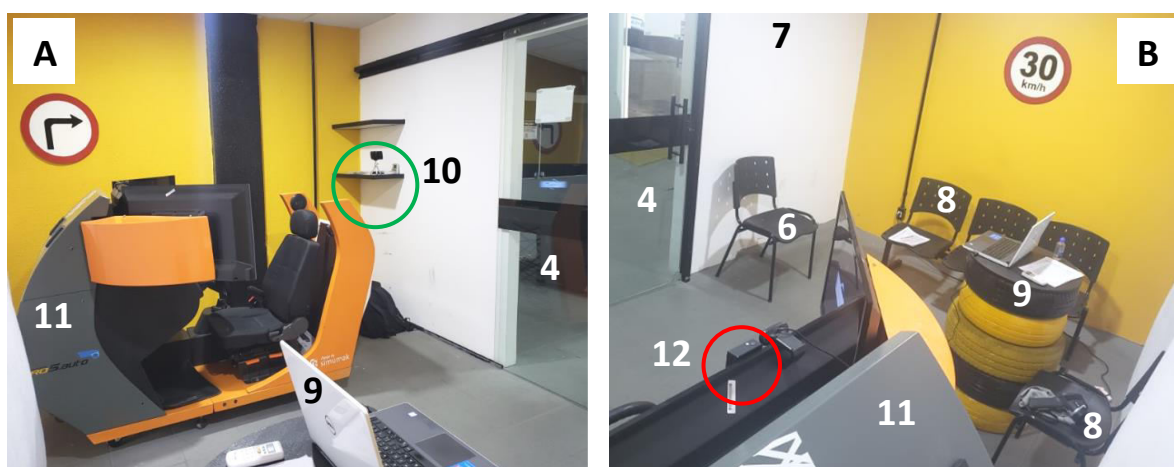
11) O simulador de condução veicular tipo meio-carro da **Pro Simulador**.

12) Câmera Eken – responsável por filmar as reações dos voluntários.

Na figura 94 A-B abaixo é possível visualizar o interior da sala de experimento em duas vistas. Os números inseridos nas imagens correspondem aos itens citados acima.

Na figura à esquerda (A), o círculo verde mostra a localização da prateleira suspensa (10). A porta de vidro (4) permite o acesso à sala de espera. Na figura à direita (B), o círculo vermelho mostra a câmera Eken (12), os números 8 exibem as cadeiras de apoio, o número 9 mostra a mesa do computador formada por pneus empilhados e o ar-condicionado está localizado logo acima do número 7.

Figura 94 - Vistas internas da sala de experimento do SIMU



Fonte: o autor (2020).

Layout do Experimento JOCO

A Home VR é um estabelecimento dividido por salas abertas e fechadas. A figura 95 a seguir traz uma representação em terceira dimensão e em perspectiva do interior do estabelecimento com três salas.

A sala superior esquerda não foi utilizada por receber a luz solar durante todo o dia. A sala superior direita, na moldura vermelha, é o ambiente onde foram

realizados os experimentos e sua área total é de 11,61m² (3,3m x 3,52m) e pé direito de 2,6m. A sala abaixo, mais comprida, é a recepção e a sala de espera.

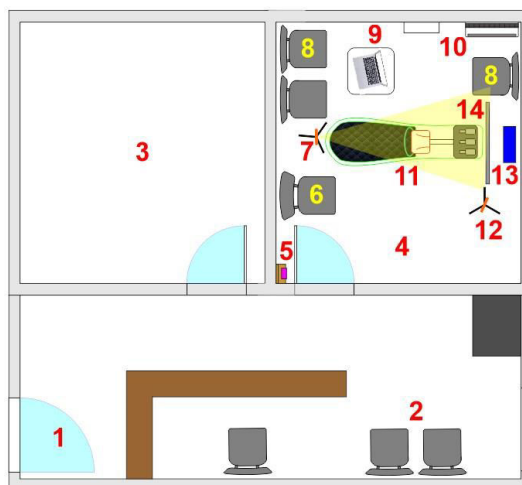
Figura 95 - Home VR – Recepção (sala de baixo) e salas de RV (acima)



Fonte: o autor (2020).

A figura 96 abaixo apresenta a planta baixa da sala de experimento com o *layout* adotado. A quantidade de acessórios utilizados foi um pouco maior. O *cockpit* corresponde a um conjunto de equipamentos formado pelo assento (o *cockpit* propriamente dito), os pedais e o volante. Eles são ligados ao console *Playstation 4* que processa o jogo eletrônico. Quanto ao console, este é ligado a uma televisão para exibição do *game*. Os detalhes estão enumerados a seguir.

Figura 96 - Home VR – *Layout* das salas de espera e de experimento



Fonte: o autor (2020).

Recepção e Sala de espera

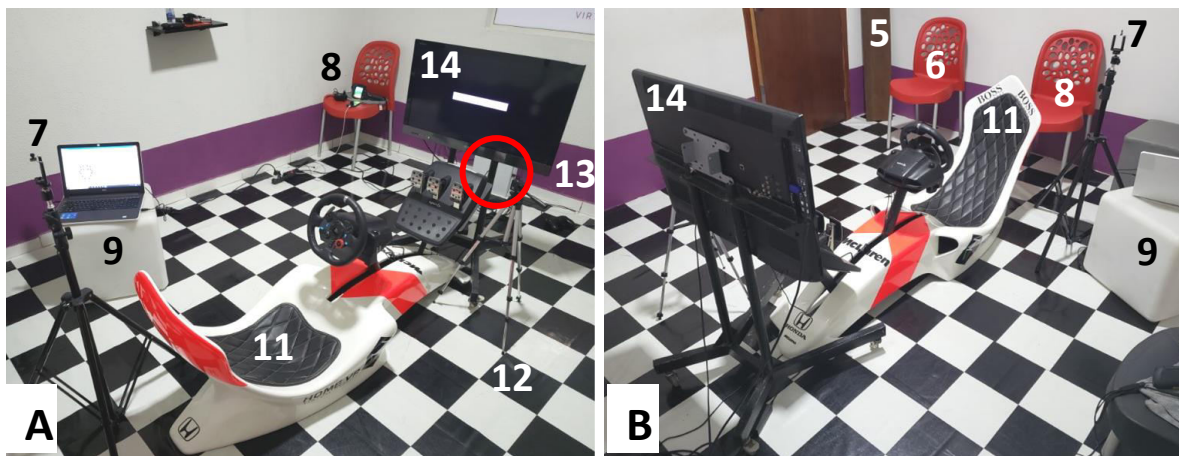
- 1) Entrada do estabelecimento.
- 2) Recepção e local de espera dos voluntários.
- 3) Sala de realidade virtual 1, não utilizado na pesquisa.

Sala de experimento

- 4) Sala do experimento – realização das coletas de dados.
- 5) Termo-higrômetro instalado a 1,5m do piso, sobre uma prancheta vertical.
- 6) Cadeira da aclimação.
- 7) Tripé de chão com o *smartphone* – utilizado para a filmagem do desempenho.
- 8) Cadeiras de apoio para apoio dos equipamentos, questionários e insumos.
- 9) Pufe de apoio onde está instalado o *notebook*.
- 10) Ar-condicionado destinado ao resfriamento da sala de experimento.
- 11) O simulador de corrida composto pelo *cockpit*, pedais e volante.
- 12) Câmera Eken – utilizada para filmar as reações dos voluntários.
- 13) Console *Playstation 4* utilizado para acionar o jogo eletrônico.
- 14) TV de 32 polegadas com um suporte de rodízios.

A figura 97 A-B abaixo exhibe praticamente todos os elementos da sala de experimento e os números correspondem aos itens citados acima. Do lado esquerdo da imagem “A” é possível ver o tripé de chão com o *smartphone* (7) e o círculo vermelho mostra o console *Playstation 4* (13) na cor branca, por trás da TV (14).

Figura 97 - Vistas do interior da sala de experimento JOCO (A-B)



Fonte: o autor (2020).

A figura à direita (B) mostra outro ângulo de visão sendo possível visualizar a prancha vertical onde está instalado o termo-higrômetro (5), o pufe onde está o *notebook* (9), a cadeira de aclimação (6) e uma das cadeiras de apoio (8). Destaque para o piso quadriculado que coincidentemente faz alusão as bandeiras quadriculadas usadas em corridas automobilísticas.

Quanto aos processos diários de preparação dos ambientes, diariamente foram realizados alguns procedimentos operacionais para tornar o local seguro, confortável e higiênico para os voluntários, monitores e pesquisador:

- Reorganização dos mobiliários e equipamentos;
- Ligar o ar-condicionado para o resfriamento das salas de experimento antes do início das coletas até atingirem a temperatura de 23°C. OBS: na época do experimento a temperatura média externa oscilou entre 27°C e 30°C;
- Limpeza do ambiente e higienização dos equipamentos e mobiliários utilizando álcool em gel a 70% e álcool líquido também a 70%;
- Ligar os equipamentos e realizar testes iniciais com os jogos e *cockpits*;
- Separar e organizar a sequência dos questionários e TCLE correspondentes aos voluntários agendados especialmente para aquele dia;
- Informar aos monitores quais os voluntários que comparecerão a cada dia para dar-lhes o suporte necessário antes e depois do experimento;
- Disponibilizar camisetas de tecido leve para os participantes caso eles estivessem trajando roupas com tecido pesado (malha grossa), que encobrisse alguma região próxima ao rosto, que atrapalhasse alguma movimentação dos braços ou que tivesse acessórios que pudessem atrapalhar de alguma maneira a realização dos experimentos.

Estes procedimentos criaram condições mais favoráveis para todos os envolvidos, reforçando a necessidade da elaboração de um bom planejamento e uma boa gestão de execução dos experimentos e de logística dos voluntários e dos insumos, além das necessidades de um fluxo correto de atividades e o respeito ao agendamento dos voluntários, evitando perda de tempo.

Mais uma vez a realização dos testes pilotos foram esclarecedores e determinantes nesse processo.

Quanto ao uso dos equipamentos, antes de cada expediente o pesquisador realizou testes operacionais com todos eles. No caso do Emotiv EPOC+, após o processo de montagem do equipamento, o pesquisador instalou em sua própria cabeça para verificar se todos os sensores (eletrodos) estavam devidamente conectados e com os sinais acima de 95% de qualidade. Após a calibração dos equipamentos houve higienização para serem disponibilizados para os voluntários.

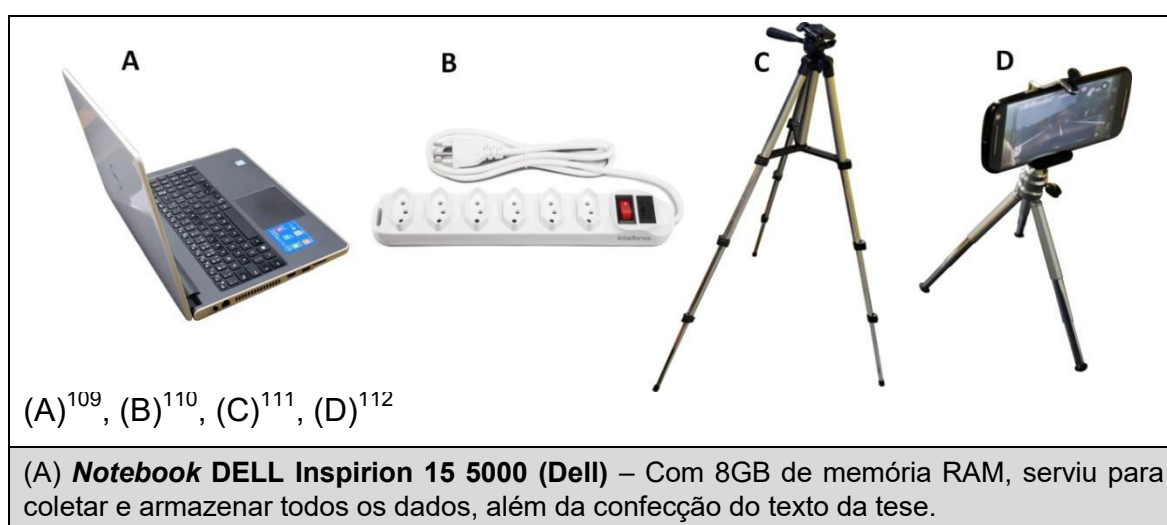
6.2.2 Equipamentos para as coletas de dados

Esta pesquisa necessitou de equipamentos, *softwares*, dispositivos e mobiliários específicos de propriedade do pesquisador e dos diretores dos dois estabelecimentos. Os próximos subtópicos apresentarão todos os equipamentos e acessórios utilizados para a coleta de dados dos dois experimentos.

6.2.2.1 Equipamentos de propriedade do pesquisador

O quadro 17 abaixo apresenta os equipamentos e acessórios que foram transportados para os estabelecimentos Centrão e HomeVR para realização das coletas de dados. Algumas informações são dadas no interior do quadro.

Quadro 17 - Equipamentos de propriedade do pesquisador



¹⁰⁹ Arquivo do autor (2020).

¹¹⁰ Fonte: <https://www.intelbras.com/pt-br/protetor-eletronico-com-6-tomadas-epe-1006>.

¹¹¹ Arquivo do autor (2020).

¹¹² Arquivo do autor (2020).

- | |
|---|
| (B) Protetor elétrico com 6 tomadas (Intelbras) – Utilizado para disponibilizar mais tomadas e proteger os equipamentos contra sobrecargas da instalação elétrica ¹¹³ . |
| (C) Tripé universal telescópico – utilizado para fixar a câmera Eken e filmar o comportamento dos voluntários e também para auxiliar na sincronização dos vídeos. |
| (D) Mini tripé alumínio universal e <i>smartphone</i> (Motorola G2) – Utilizado para filmar o desempenho dos voluntários através de gravações do display dos sistemas. |

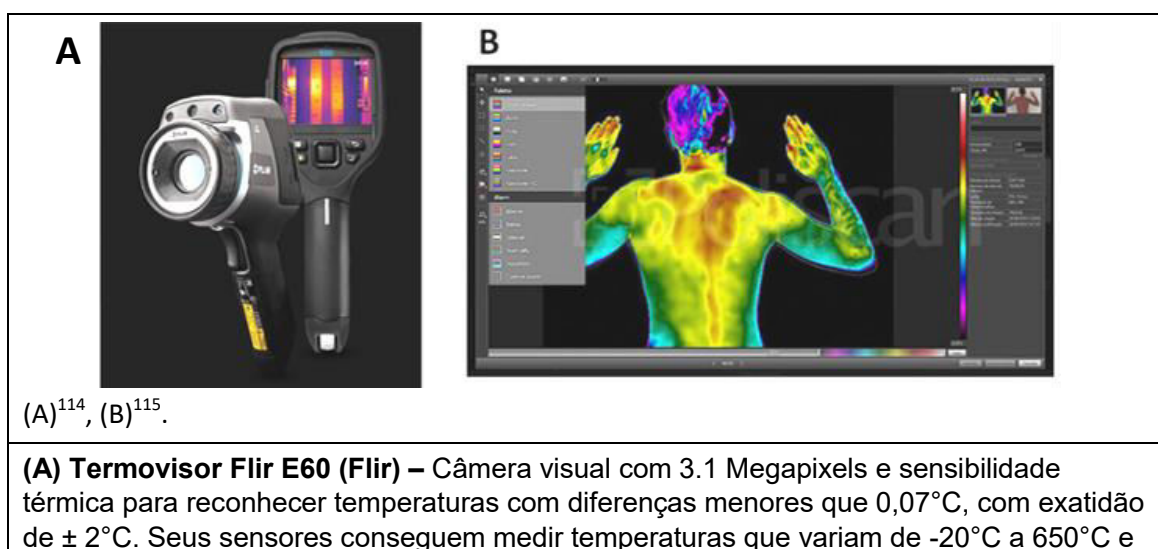
Fonte: o autor (2020).

6.2.2.2 Equipamentos e *softwares* obtidos por parcerias

Considerando a multidisciplinaridade desta pesquisa, foram realizadas parcerias com profissionais das áreas de neurociência, termografia infravermelha e segurança do trabalho para consultoria, locação de equipamentos, coleta, análise e tratamento dos dados.

Nesse contexto, considerando a necessidade do uso de um equipamento para captura da atividade elétrica cerebral (eletroencefalograma portátil) e para coleta de imagens térmicas faciais (termografia digital por infravermelho), foram adquiridos os equipamentos e utilizados os *softwares* apresentados no quadro 18.

Quadro 18 - *Hardwares* e *softwares* para mensuração psicofisiológica



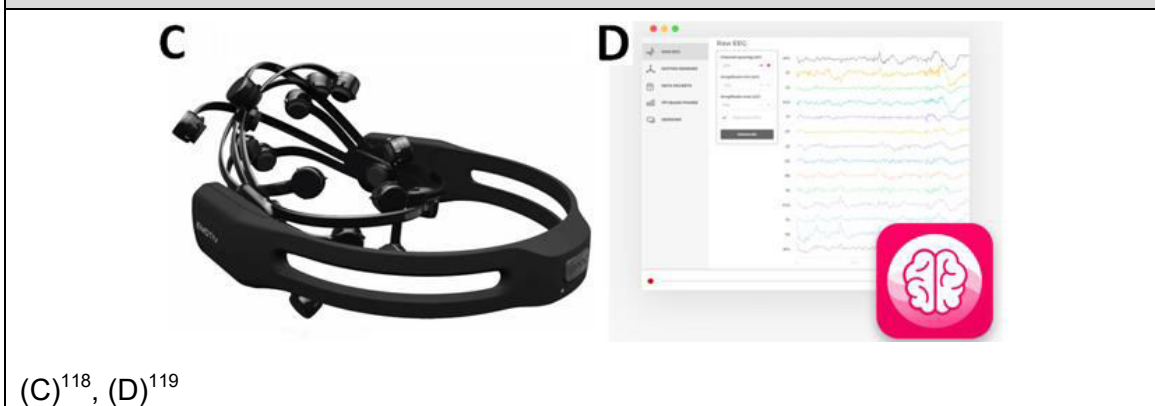
¹¹³ Fonte: <https://www.intelbras.com/pt-br/protetor-eletronico-com-6-tomadas-epe-1006>.

¹¹⁴ Fonte: <https://www.flir.com.br/support/products/e60/#Resources>.

¹¹⁵ Fonte: <https://poliscanbrasil.com.br/produtos/flir-tools/>.

possui 19.200 pixels e resolução de 320 x 240. O ajuste do foco é manual e a visualização das fotos ocorre pelo display LCD de 3,5 polegadas¹¹⁶.

(B) FLIR Tools (Flir) – Mesmo fabricante do termovisor, o *software* é utilizado para importar, analisar e editar imagens. Permite ajustes na amplitude, no nível térmico, na emissividade e na escolha da paleta de cores. Também gera relatórios profissionais¹¹⁷.



(C) Emotiv EPOC+ 14 Channel Mobile Brainwear® (Emotiv) – Com 14 canais, o equipamento é leve, possui sensores de movimento (acelerômetro, magnetômetro, etc) e permite transferência de arquivos por tecnologia *Bluetooth*. Mais detalhes podem ser verificados no sub-tópico 5.5.1 do capítulo 5, a partir da página 230.

(D) Emotiv Pro v.2 Academic Plus + (Emotiv) – A versão 2.6.0.268 do *software* é destinada ao uso para entidades como universidades ou laboratórios. A versão Plus (+) possui métricas de alto desempenho e permite reprodução em tempo real, dados de movimento, importar/exportar dados, conversão de gravações, etc.

Fonte: o autor (2020).

Após a definição dos *layouts* foram realizadas avaliações das condições ambientais nas salas de experimento do SIMU e do JOCO com o objetivo de atender aos protocolos da termografia (Anexo C) e da eletroencefalografia (Anexo D).

O quadro 19 a seguir apresenta os equipamentos utilizados pelo tecnólogo em segurança do trabalho e ergonomista Luiz Wilson Nunes Albuquerque para análise das condições ambientais.

Não houve elaboração de laudo técnico, porém os dados obtidos pelo referido profissional parceiro, com 15 anos de experiência, foram informados através de relatório (ALBUQUERQUE, 2020).

¹¹⁶ Fonte: <http://www.radarindustrial.com.br/produto/181344/termovisores-flir-e30-e40-e50-e60-serie-e-contemp.aspx>.

¹¹⁷ Fonte: <https://poliscanbrasil.com.br/produtos/flir-tools/>.

¹¹⁸ Foto: <https://www.emotiv.com/files/Emotiv-EPOC-Product-Sheet-2014.pdf>.

¹¹⁹ Fonte: <https://www.emotiv.com/product/emotivpro/>.

Quadro 19 - Instrumentos de verificação das condições ambientais

 (A)^{120 121}, (B)¹²², (C)¹²³, (D)¹²⁴
(A) Termo-higrômetro digital 7666.02.0.00 (Incoterm) – Foi utilizado para o monitoramento da temperatura das salas de experimentos. Considerando a média de temperatura de todos os dias, a oscilação variou entre 22,2°C e 22,8°C. Também foi utilizado para verificar a umidade relativa do ar, que deveria estar em torno de 45% chegando no máximo aos 60%. A umidade relativa no SIMU ficou entre 41% e 53% e no JOCO oscilou entre 45% e 55%.
(B) Termoanemômetro MDA-11 (Minipa) – Verificou a velocidade do vento e auxiliou a otimizar a distribuição dos equipamentos e mobiliários de modo a diminuir a incidência de correntes de ar nos voluntários. O valor mais alto da velocidade do vento foi de 0,19m/s, atendendo ao protocolo da termografia que condena um fluxo de ar acima de 0,2m/s.
(C) Decibelímetro digital MSL-1325A (Minipa) – Utilizado para manter a mesma intensidade sonora nos dois experimentos e estabelecer um volume adequado e padrão sem causar desconforto aos voluntários. Atendendo as recomendações da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia (ABORL)¹²⁵ foi adotado o nível sonoro de 80 decibéis nos dois experimentos.
(D) Luxímetro MLM-1011 (Minipa) – Buscando tornar as duas salas de experimentos o mais adequado possível quanto ao nível de iluminação, as especificações de iluminância para ambientes de projeto assistido por computador e laboratório foram consultadas na NHO11 (FUNDACENTRO, 2018) e na NBR8995-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). No caso, foi adotado o nível mínimo de 500 lux para os ambientes e foi necessário trocar algumas lâmpadas nos dois estabelecimentos para atender a estas especificações.

Fonte: o autor (2020).

¹²⁰ Fonte: https://www.tecnoferramentas.com.br/termo_higrometro-digital-interna-e-externa-e-umidade-interna-0-50-c-15-a-95-ur-incoterm-7666-02-0-00/p.

¹²¹ Fonte: <https://www.incoterm.com.br/solucoes-em-medicao/termo-higrometros-digitais/produto/7666-02-0-00-termo-higrometro-digital-temperatura-e-umidade-internas>.

¹²² Fonte: <http://www.minipa.com.br/component/djcatalog2/item/116-md-a-11>.

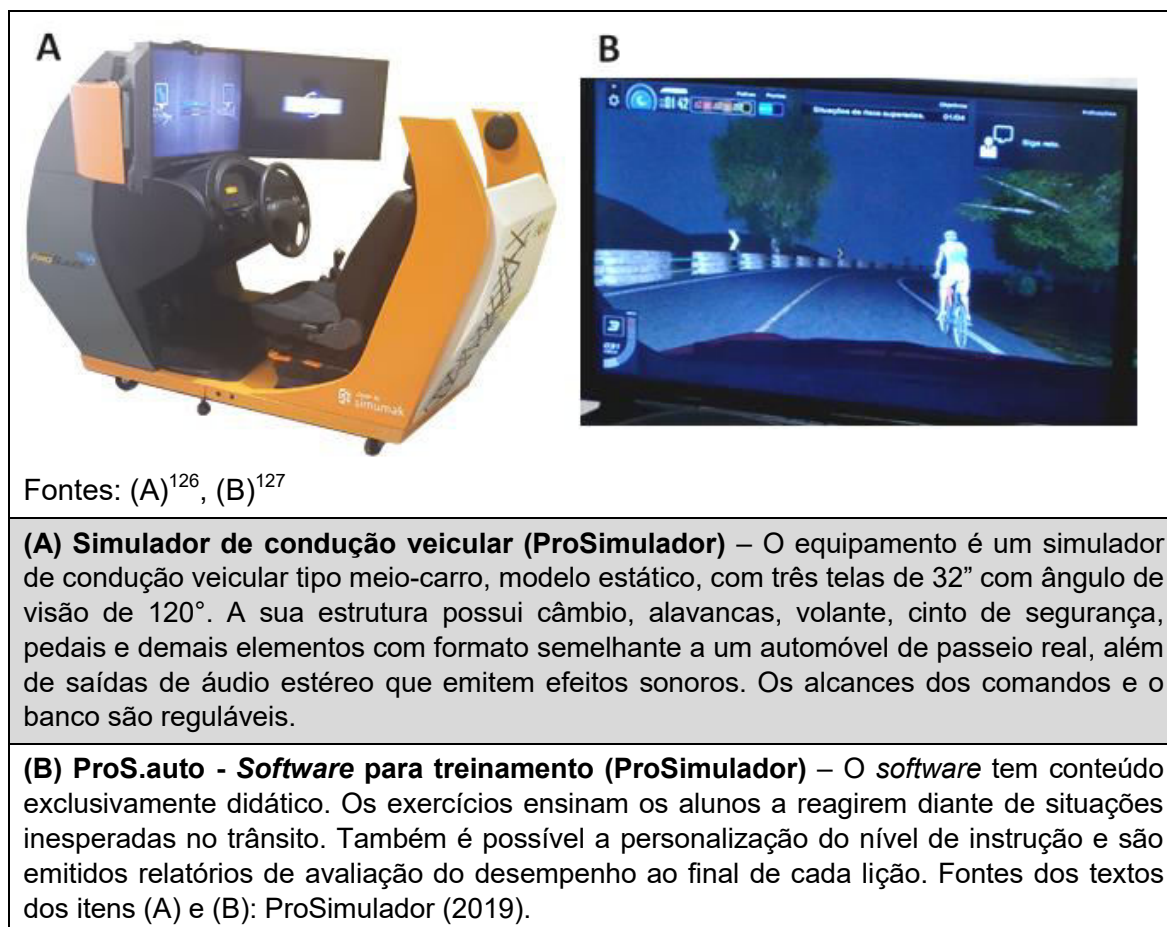
¹²³ Fonte: http://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/MSL-1325A-1301-BR.pdf.

¹²⁴ Fonte: http://www.minipa.com.br/temperatura-e-ambiente/decibelímetros/all/138-mlm-1011#especificacoes_tecnicas.

¹²⁵ Fonte: <http://www.aborlccf.org.br/imageBank/otorrino123.pdf>.

O Centrão e a Home VR possuem os sistemas computacionais necessários para realização desta pesquisa. Assim, as salas de experimento e mobiliários dos dois estabelecimentos foram locados para realização da pesquisa. O quadro 20 abaixo apresenta o *cockpit* e o *software* utilizado no experimento SIMU.

Quadro 20 - Simulador e *software* de treinamento para o SIMU



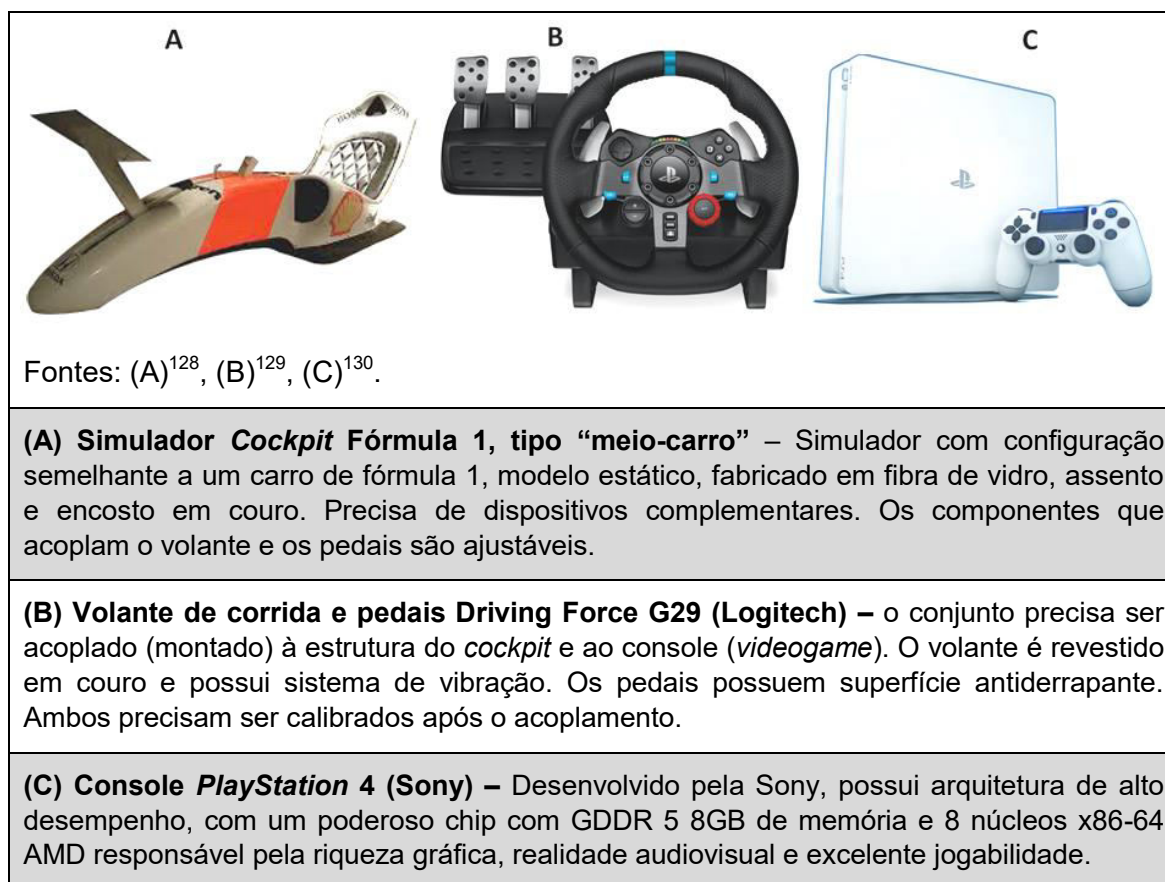
Fonte: o autor (2020).

O quadro 21 a seguir apresenta os equipamentos utilizados no experimento com o jogo eletrônico de entretenimento. Os equipamentos do *cockpit* são vendidos separadamente seguindo a tendência dos jogos comerciais de possuírem diversos modelos compatíveis com várias plataformas.

Logo, o simulador utilizado se divide em vários dispositivos.

¹²⁶ Arquivo do autor (2020).

¹²⁷ Arquivo do autor (2020).

Quadro 21 - *Cockpit* e dispositivos usados na experiência JOCO

Fonte: o autor (2020).

Os mobiliários utilizados nos dois experimentos foram muito importantes para organização do *layout* e para logística. Eles já faziam parte do patrimônio dos dois estabelecimentos e foram alocados para as salas do experimento conforme demanda. Não foi necessário adquirir nenhum mobiliário.

O quadro 22 a seguir exhibe a embalagem original do jogo eletrônico *The Crew 2* e outros acessórios disponibilizados por parceiros para o experimento JOCO.

A câmera Eken citada no referido quadro foi utilizada nos dois experimentos.

¹²⁸ Fonte: <https://www.facebook.com/CabralACDesign/photos/cockpit-simulador-ac-wwwadhemarcabralcombr-ayrtonsenna-senna-adhemarcabral-mclar/672294646269516/>.

¹²⁹ Fonte: Adaptado de <https://www.logitechg.com/pt-br/products/driving/driving-force-racing-wheel.html#%20product-tech-specs>.

¹³⁰ Fonte: Adaptado de https://www.sony.com/en_us/SCA/company-news/press-releases/sony-computer-entertainment-america-inc/2013/sony-computer-entertainment-inc-introduces-playstation4-ps4.html.

Quadro 22 - *Game* escolhido e outros acessórios do JOCO

			
Fontes: (A)¹³¹, (B)¹³², (C)¹³³, (D)¹³⁴.			
(A) <i>THE CREW 2</i> (Ivory Tower) – desenvolvido em 2014 e publicado pela Ubisoft¹³⁵ para PS4, este <i>game</i> é da categoria corrida. Recebeu a classificação “T” pelo Conselho de Classificação de <i>Software</i> de Entretenimento – ESRB (EUA)¹³⁶ que o categoriza como um jogo adequado para um público de 13 anos ou mais¹³⁷. A narrativa coloca o jogador em disputas de corridas de rua ilegais em cenários que simulam cidades norte-americanas e ambientes naturais. O jogo foi locado virtualmente junto a empresa parceira <i>GameStore</i>¹³⁸.			
(B) TV 32” (SAMSUNG) e tripé – O aparelho possui o mesmo tamanho do display do experimento SIMU. O tripé teve a sua altura ajustada para facilitar a visualização dos voluntários e os rodízios foram usados para ajustar o distanciamento do campo visual.			
(C) Tripé de chão – Utilizado apenas no experimento JOCO, foi usado para fixar o <i>smartphone</i> com o objetivo de filmar o display da TV e o desempenho dos participantes.			
(D) Câmera filmadora Eken H9R Ultra HD (Eken) – Utilizada para filmar o comportamento dos voluntários nos dois experimentos. O registro dos movimentos corporais é recomendado por Jennett et al. (2008) e Mohseni et al. (2015) como elementos de análise da imersão no jogo. Esta câmera possui lente com ângulo de 170°, resolução HD de vídeo e captura de imagens com 12M de resolução¹³⁹.			

Fonte: o autor (2020).

Os consultores parceiros utilizaram alguns *softwares* para análise dos dados, conforme as suas necessidades. As versões dos *softwares* são de responsabilidade

¹³¹ Fonte: <https://smartcdkeys.com/br/comprar-crew-2-deluxe-edition-ps4-keys-brasil/>.

¹³² Arquivo do autor (2020).

¹³³ Arquivo do autor (2020).

¹³⁴ Fonte: adaptado de https://www.eken.com/preview_pdf/show.html?file=H9R.pdf.

¹³⁵ Fonte: <https://thecrew-game.ubisoft.com/the-crew-2/pt-br/game-info/index.aspx>.

¹³⁶ Fonte: <https://www.esrb.org/ratings/35539/The+Crew+2/>,

¹³⁷ Fonte: <https://www.esrb.org/ratings-guide/>.

¹³⁸ Fontes: <http://www.gamestorelocadora.com.br/> e <https://www.facebook.com/gamestoreal>.

¹³⁹ Fonte: <https://www.eken.com/H9R>.

dos consultores e o quadro 23 abaixo traz algumas informações sobre eles. Mais detalhes sobre estes *softwares* podem ser consultados no Apêndice A.

Quadro 23 - *Softwares* técnicos utilizados pelos parceiros

			
(A) ¹⁴⁰ , (B) ¹⁴¹ , (C) ¹⁴² , (D)			
(A) MATLAB (MathWorks) – Plataforma de programação e computação numérica usada para analisar dados, criar modelos e desenvolver algoritmos. O MATLAB é muito utilizado por profissionais de engenharia e cientistas para criar aplicativos, desenvolver algoritmos, explorar e modelar os dados, dentre outras funções (MATCHWORKS, 2020).			
(B) EEGLAB (SCCN¹⁴³) – Caixa de ferramentas (<i>toolbox</i>) de código aberto elaborado para ser executado tanto no MatLab quanto de maneira autônoma. A interface do EEGLAB pode ser gráfica e permite uma série de procedimentos e processamentos de dados eletrofisiológicos tanto relacionados a eventos quanto contínuos, entre eles a eletroencefalografia (DELORME; MAKEIG, 2004; SCCN, 2020).			
(C) Brainstorm (Brainstorm) – <i>Software</i> de código aberto utilizado para visualizar e processar dados de eletroencefalografia. O processo ocorre “com ênfase em técnicas de estimativa de fonte cortical” e o seu objetivo é disponibilizar uma simples e intuitiva interface gráfica. (TADEL et al., 2011).			
(D) R Studio (R Studio) – <i>Software</i> profissional para análise estatística de dados. Possui versão comercial e de código aberto, sendo um “ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para R”¹⁴⁴. O <i>software</i> foi utilizado pelo estatístico parceiro da pesquisa.			

Fonte: o autor (2020).

6.2.3 *Softwares* e estágios utilizados no SIMU e no JOCO

Para que as duas experiências fossem o mais semelhante possível, o *cockpit* e o *software* deveriam ter elementos e comandos que se equivalessem do ponto de

¹⁴⁰ Fonte: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

¹⁴¹ Fonte: <https://scn.ucsd.edu/eeglab/index.php>.

¹⁴² Fonte: <https://neuroimage.usc.edu/brainstorm/Introduction>.

¹⁴³ Fonte: [https://eeglab.org/others/The first decade of EEGLAB.html](https://eeglab.org/others/The_first_decade_of_EEGLAB.html).

¹⁴⁴ Fonte: <https://www.rstudio.com/products/rstudio/>.

vista configuracional, operacional e áudio-visual conforme verificado no quadro 11 sobre as particularidades de dois sistemas computacionais de condução veicular (p.126). Nesse sentido, o uso do *software* é um elemento central e foi necessário definir qual etapa (estágio) seria utilizado.

A definição dos estágios ocorreu após o pesquisador utilizar os *softwares* **ProS.auto** (SIMU) e **The Crew 2** (JOCO) diversas vezes. Foi realizada uma análise formal de jogabilidade, conforme recomendam Lankoski e Björk (2015) para “encontrar as partes do jogo que são relevantes para o foco de interesse”.

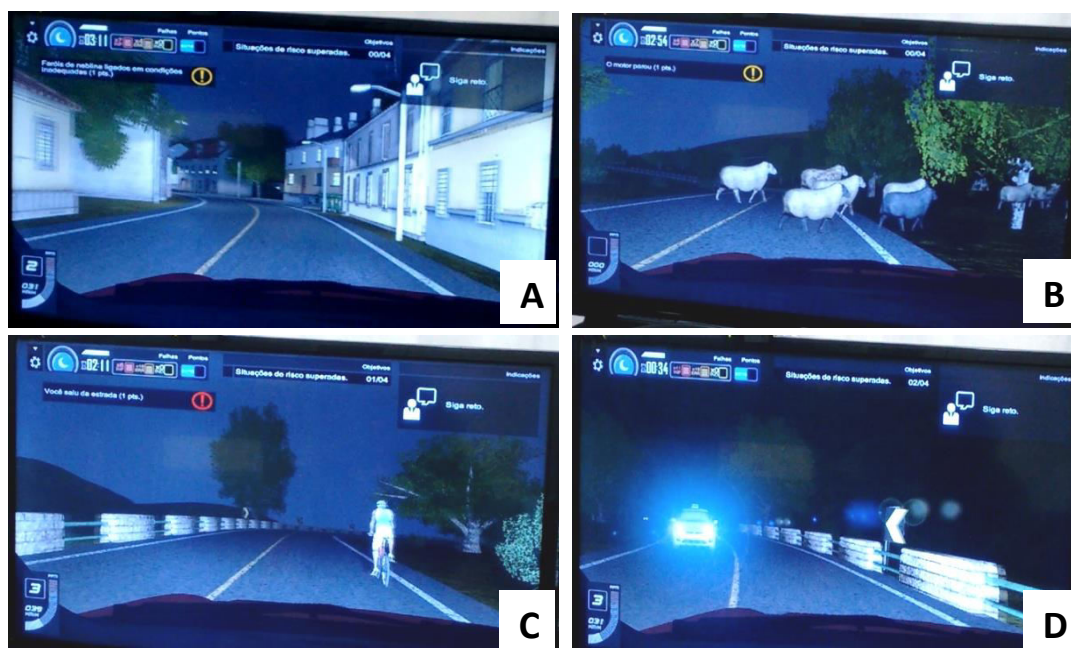
Järvelä et al. (2015) reforça ao dizer que este tipo de análise serve “para ter uma ideia das tarefas envolvidas”. A escolha dos estágios considerou:

1. Semelhanças visuais e de jogabilidade entre os *softwares*, tais como: cenários, elementos arquitetônicos, período do jogo (noturno) e clima (sol);
2. Priorizar um trajeto com circulação prioritariamente em ambiente urbano;
3. No experimento SIMU há apenas um veículo virtual para ser utilizado pelo participante. Logo, o veículo do JOCO deveria ter configurações e performances semelhantes ao do SIMU;
4. Um ciclo de atividades com períodos de tempo semelhantes, evitando que o tempo de uso de um sistema fosse maior que o outro;
5. Ter a opção de jogar com o piloto (usuário) “dentro do carro”, conforme resultados expressivos verificados na pesquisa de Bateman et al. (2011).

No experimento SIMU o estágio escolhido foi o “Estágio 5”, denominado “Situações de risco em estrada secundária”. Ele é aplicado na fase final do processo de treinamento de condução, inserindo o usuário em um contexto de trânsito real, com ambiente urbano e no período noturno.

O acesso ao estágio 5 ocorre através dos seguintes passos: (1) Ligar o simulador ProSimulador; (2) Iniciar o sistema; (3) Escolher a opção “Demonstração”; (4) clicar no botão virtual “Aceitar”.

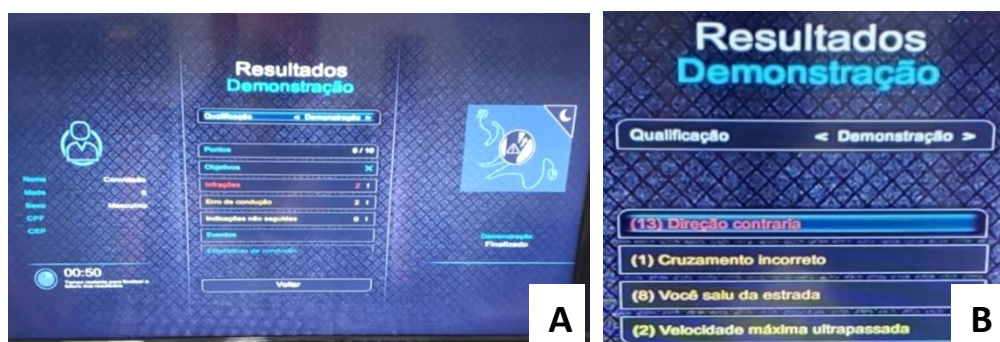
A figura 98 A-D a seguir apresenta algumas imagens do Estágio 5, destacando o período noturno, as edificações, os animais na pista, o ciclista e o fluxo contrário de trânsito.

Figura 98 - Imagens do *software* ProS.Auto

Fonte: o autor (2020).

Ao término de cada rodada o *software* ProS.auto traz um levantamento dos resultados obtidos pelos voluntários, divididos em “Erros de condução” e “Infrações”, evidenciando as ações inadequadas do usuário. Para Correia e Horta (2014), infração é a “condutas deliberadamente contrárias às práticas consideradas necessárias para manter seguro um sistema potencialmente perigoso”, e está associada aos acidentes. Erro de condução é a “falha dos resultados que se pretendiam alcançar e que coloca de algum modo a segurança do motorista em risco”. A figura 99 A-B abaixo exhibe o demonstrativo dos resultados (A) e o detalhamento das infrações com o quantitativo entre parênteses (B).

Figura 99 - Demonstrativo dos resultados do ProS.auto (A-B)



Fonte: o autor (2020).

O quadro 24 abaixo exhibe a lista das infrações e erros de condução cometidos pelos voluntários em todas as seções do SIMU. As infrações estão divididas por cores conforme a gravidade: da menos nociva (cor azul) às mais graves (vermelha). A somatória destas condutas foi utilizada na análise do desempenho dos voluntários.

Quadro 24 - Lista de erros de condução e infrações do *software* ProS.auto

ERROS DE CONDUÇÃO	INFRAÇÕES
O motor parou	Você saiu da estrada
	Não indicar com as setas
Freio de estacionamento acionado	Velocidade máxima ultrapassada
	Velocidade máxima ultrapassada (20%-50%)
Faróis de neblina ligados em condições inadequadas	Velocidade máxima ultrapassada (> 50%)
	Não respeitar a preferencial
Conduzir com alta rotação do motor	Você transita com velocidade inferior à me...*
	Colisão
Marcha mudada sem pisar na embreagem	Direção contrária
	Ultrapassagem perigosa
Luzes noturnas desligadas	Não reduzir a velocidade com animais na pista
	Não respeitar a distância de segurança
Sequência de marchas não respeitada	Distância de segurança com uma bicicleta
	Ofuscar outros veículos
Condução com a embreagem acionada	O uso inadequado de luzes de emergência
	Fachos de luz não permitidos
Troca de marcha pisando no acelerador	Cruzamento incorreto
	Uso incorreto da buzina

* O texto incompleto corresponde exatamente ao que foi exibido pelo ProS.auto.

Fonte: o autor (2020).

Dentre todos os estágios este é o que possui a maior quantidade de detalhes, obstáculos e desafios: fluxo de trânsito, via dupla, auto-estrada, animais na pista, ciclista na via, etc. Uma seção de atividade completa do estágio 5 vivenciada por todos os participantes está disponível na **plataforma Youtube**¹⁴⁵, caso o(a) leitor(a) tenha interesse em conhecer o *software* de treinamento utilizado no SIMU.

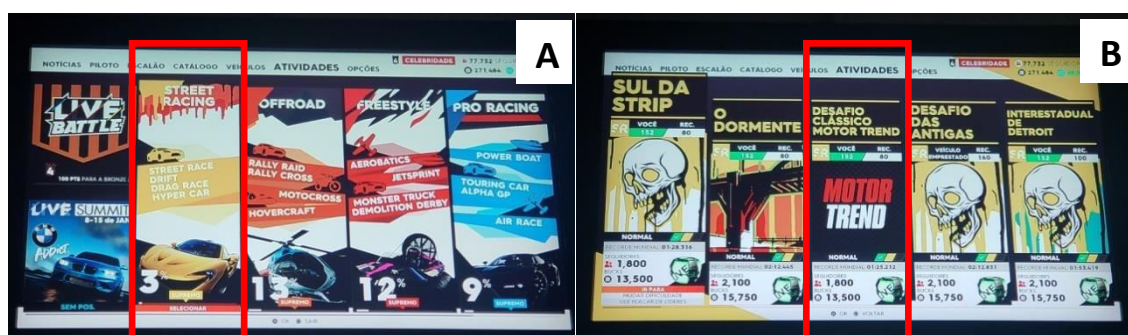
Quanto ao experimento JOCO, dentre as dezenas de estágios do *game The Crew 2*, o escolhido chama-se “Desafio Clássico Motor *Trend*”. Tem como destaques o cenário urbano com riqueza de detalhes, áudios multicanais com muitos efeitos sonoros e a presença de muitos veículos e transeuntes.

¹⁴⁵ Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=tp3tQ5CcpPc>.

O acesso ao estágio ocorre da seguinte forma: (1) Na tela inicial do jogo, clicar na opção “Continuar”; (2) Acionar a aba “Veículos” e escolher o veículo “Audi TTRS Coupé 2017” (veículo mais simples dentre as opções); (3) Acionar a aba “Atividades”; (4) Escolher a aba “*Street Racing*”; (5) acessar a aba “*Street Race*”; (6) Escolher a aba “Desafio Clássico Motor Trend”.

A figura 100 A-B abaixo mostra as telas correspondentes aos itens (4) e (6) supracitados, com molduras vermelhas indicando a opção a ser escolhida.

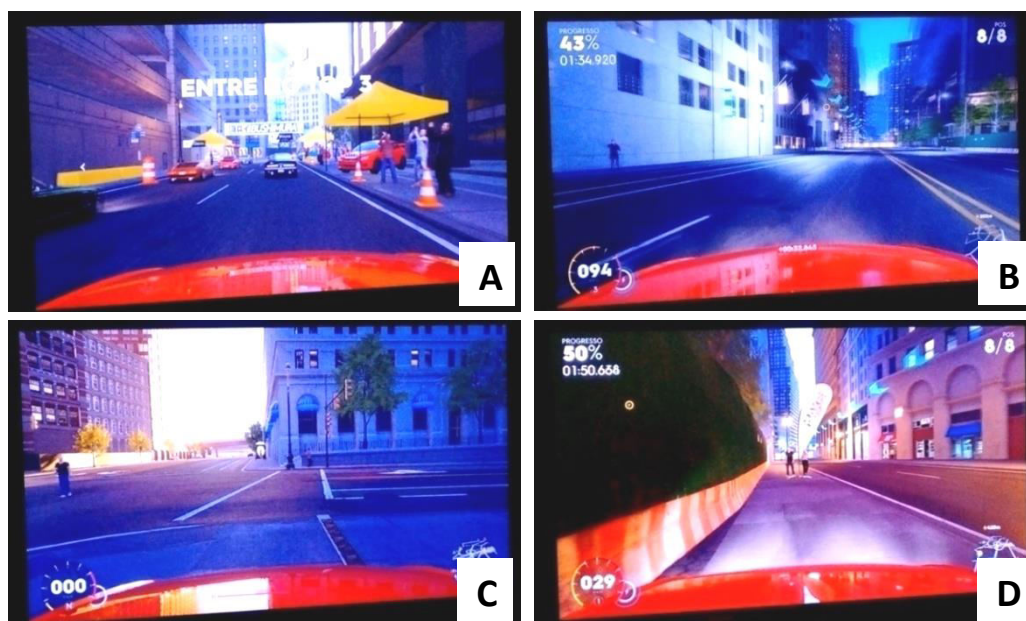
Figura 100 - A sequência de acesso para etapa usada no *The Crew 2* (A-B)



Fonte: o autor (2020).

A figura 101 A-D abaixo traz algumas imagens do *game The Crew 2* e a área vermelha abaixo de cada figura corresponde ao capô do veículo.

Figura 101 - Imagens do jogo eletrônico *The Crew 2* (A-D)



Fonte: o autor (2020).

Quanto ao demonstrativo com o desempenho ao final da rodada, a figura 102 abaixo mostra o tempo obtido, a posição final no *ranking* da rodada e a frase motivacional “Entre no Top 3”.

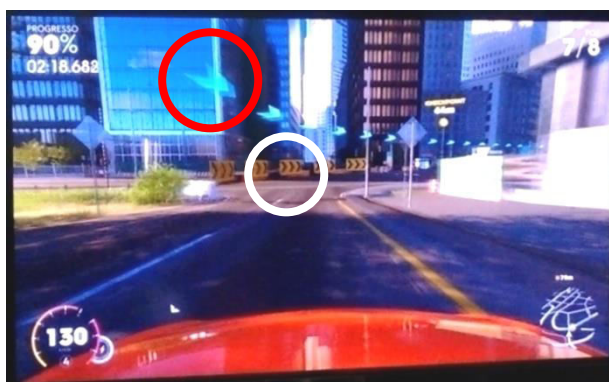
Figura 102 - Demonstrativo do resultado do *The Crew 2*



Fonte: o autor (2020).

Para correta utilização do *game The Crew 2* é fundamental seguir o GPS aéreo e passar pelas placas verticais de *checkpoint*. O **GPS aéreo** orienta o trajeto correto, corresponde a uma linha formada por setas azuis e aparece na área superior da tela, conforme círculo vermelho da figura 103 abaixo. As **placas de direcionamento** (círculo branco) também orientam e estão localizadas nas vias.

Figura 103 - *The Crew 2* - GPS e placas com setas para guiar o usuário



Fonte: o autor (2020).

As **placas verticais de checkpoint** têm como função orientar o usuário quanto ao andamento do percurso conforme porcentagem de progresso exibida na tela, no canto superior esquerdo da figura 104 a seguir, no círculo de cor laranja.

Figura 104 - *The Crew 2* – As placas de *checkpoint* a serem transpassadas



Fonte: o autor (2020).

A figura mostra um par de placas verticais (círculos vermelhos). O voluntário é obrigado a passar entre elas para chegar o mais rápido possível ao final da rodada. Caso não proceda dessa maneira, a seção não é finalizada.

O *game* tem uma grande quantidade de obstáculos ao longo do caminho, de mobiliários e equipamentos urbanos a veículos estacionados e as colisões são inevitáveis. Caso o(a) leitor(a) queira conhecer uma seção completa deste estágio e verificar a experiência vivenciada por todos os participantes do experimento JOCO, ele pode consultar a **plataforma Youtube**¹⁴⁶.

Cabe informar que o nome dos *softwares* foi mantido em segredo para que nenhum voluntário ficasse sabendo quais *softwares* utilizariam e não houvesse o risco de praticarem antes da participação. Para isto, optou-se em não utilizar os participantes dos testes pilotos nos experimentos finais.

Após esta explanação sobre os equipamentos e *softwares* utilizados nesta pesquisa serão apresentados os instrumentos de coleta de dados, divididos em questionários de autorrelato e equipamentos de mensuração psicofisiológica.

6.3 INSTRUMENTO DE AUTORRELATO: SUBJETIVAMENTE FALANDO?

Expressar emoções pode ser considerada uma das ações mais espontâneas do ser humano. O uso de um questionário de autorrelato é uma forma de resposta a um determinado acontecimento, onde o indivíduo expõe as opiniões e sentimentos.

¹⁴⁶ Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=g1ULoHFSB00>.

Nesse contexto, optou-se em escolher questionários que pudessem contribuir com os propósitos desta pesquisa e também que tivessem uma contribuição relevante na comunidade científica. Esta contribuição pode ser verificada através de sua utilização em pesquisas com emoções e com a usabilidade de sistemas.

Antes de utilizar os questionário, todos os voluntários foram instruídos a lerem com atenção o conteúdo completo e a responderem com calma e veracidade conforme as suas convicções, levando em consideração o estado emocional nos momentos em que foram solicitados.

Conforme observado nos testes pilotos, algumas dúvidas surgiram sobre o significado de alguns termos, seja por semelhança no significado ou por desconhecimento. Para evitar erros de interpretação foi elaborada uma lista de sinônimos conforme os verbetes do Dicionário *Online* de Português - Dicio¹⁴⁷, impressa no verso de cada questionário. Diante de qualquer dúvida, o voluntário consultaria o termo no próprio questionário, evitando contatos com o pesquisador.

Quanto aos questionários de usabilidade, o pesquisador disponibilizou uma lista de definições de cada termo ou variável a ser avaliada nos seus respectivos versos. Como foram utilizados os questionários SUS e o modelo híbrido de Leventhal e Barnes, a lista de definições foram baseadas em Bangor et al. (2008), Peres et al. (2013) e Leventhal e Barnes (2008).

A seguir são apresentados os questionários utilizados e uma explicação sobre o processo de interpretação adotado em cada um deles. Outros detalhes podem ser consultados nos seus respectivos anexos e no próximo capítulo.

6.3.1 Escala de Dependência em Games (GAS)

A aplicação do GAS buscou verificar qual o nível de experiência dos voluntários com os sistemas computacionais sem se aprofundar nas questões que envolvem o real diagnóstico de uma pessoa dependente em jogos.

Os parâmetros usados foram, a exemplo de Lemmens et al. (2009), adaptados dos estudos de Charlton e Danforth (2007), que verificaram que o sistema de classificação de vício se dividia em formato monotético (o diagnóstico é

¹⁴⁷ Fonte: <https://www.dicio.com.br/>.

positivo quando todos os critérios são atendidos) e politético (se pelo menos metade dos critérios for atendido será positivo) (ABREU et al., 2008, p. 159).

Nesta pesquisa os voluntários responderam a 21 perguntas divididas em sete categorias sobre particularidades relacionadas ao contexto e a vivência de uso com *games*, utilizando uma escala de Likert de cinco níveis. Nesse caso, cada nível recebeu uma pontuação: (1) nunca, (2) raramente, (3) algumas vezes, (4) frequentemente, (5) muito frequentemente.

Transitando entre os sistemas monotético e politético, e reforçando que esta é uma verificação sem caráter clínico e diagnosticável, foram estabelecidos alguns critérios nesta pesquisa que são informados a seguir.

Como cada critério possui três itens cada um, foi estabelecido que a pontuação mínima é de 3 pontos (3x a opção “nunca”) e a pontuação máxima é de 15 pontos (3x “muito frequentemente”). Logo, optou-se em definir o valor “9” como a pontuação mínima (dividida em 3 pontos para cada critério) para considerar um critério como sendo aquele que apresenta indícios de dependência em *games*.

Como são ao todo sete critérios e se em quatro deles o voluntário somar 9 pontos ou mais, ele apresentará indícios iniciais de dependência em *games*. No entanto, vale ressaltar que não está no escopo deste trabalho diagnosticar os voluntários. Portanto, para esta pesquisa, os resultados deste questionário indicam apenas que o nível de familiaridade com *games* de cada voluntário.

Maiores detalhes sobre o GAS podem ser verificados no subtópico “3.3.3 Dependência em *games*: um ‘GAS’ para iniciar esta pesquisa” (p.137). O Anexo B mostra o modelo utilizado e o próximo capítulo apresenta os resultados obtidos.

6.3.2 Intensidade do nervosismo

Situações desafiadoras que exijam concentração e tomadas de decisão podem desencadear diversas reações do organismo humano, incluindo a alteração no nível de nervosismo, do estresse e da ansiedade.

Por ser uma condição psicológica que pode vir a se tornar um transtorno patológico¹⁴⁸, o estudo da ansiedade requer a investigação de outros elementos que não são pretendidos nesta tese. Nesse sentido, optou-se em analisar o nervosismo

¹⁴⁸ Fonte: <https://hospitalsiriolibanes.org.br/blog/psiquiatria/ansiedade-exagerada-e-doenca-conheca-as-formas-de-tratamento>

por este ser o elemento de investigação presente no protocolo da termografia infravermelha (Anexo C).

A intensidade do nervosismo é um dos elementos mais estudados em pesquisas envolvendo o comportamento humano em experiências que exijam a execução de atividades (VAN PEER et al., 2014; URIARTE et al., 2015; YANNAKAKIS et al., 2016; HAMON et al., 2018; BLANCO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020B). Situações de treinamento ou momentos divertidos com o uso de *games* também se inserem nesse contexto.

Diante do exposto, os voluntários dos dois experimentos foram questionados sobre o nervosismo que estavam sentindo em quatro ocasiões (etapas Inicial, Pré-Game, Pós-Game e Final). A pergunta que deveriam responder foi: **“Qual o nível de intensidade do seu nervosismo nesse momento?”**. Deveriam responder conforme o seu entendimento e a sua percepção do estado de nervosismo.

O nível era determinado ao escolher o valor em uma escala com opções entre 1 (muito calmo) e 10 (muito nervoso). Por se tratar de apenas uma pergunta, o nervosismo foi inserido no questionário Corlett Inicial (Anexo G) e nos três questionários GEW (Anexo H). Os resultados são citados no próximo capítulo.

6.3.3 Roda de Emoções de Genebra (GEW)

O questionário GEW utilizado nesta pesquisa corresponde a versão 3.0 apresentada por Scherer et al. (2013, p.27) e pode ser consultada no Anexo H, incluindo instruções de preenchimento.

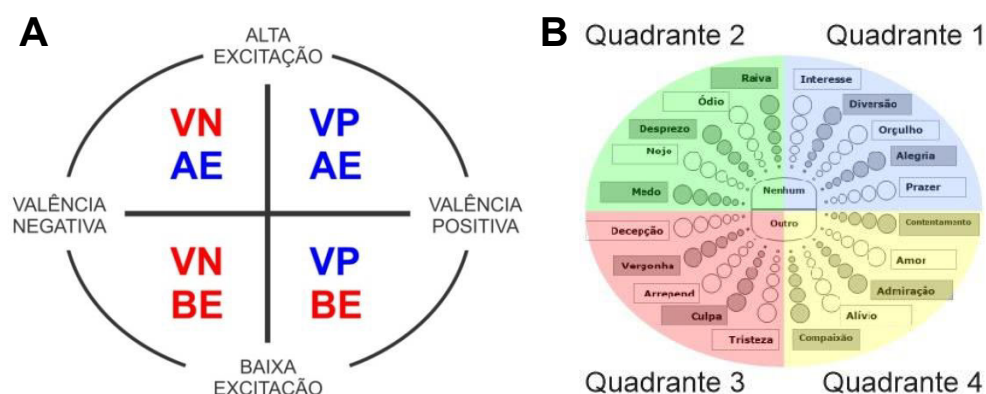
O procedimento original de aplicação do GEW exige que o participante da pesquisa escolha de uma dentre vinte emoções disponíveis no questionário e depois informe a intensidade desta emoção, podendo ir de 1 (menor) a 5 (maior).

No entanto, observou-se nos testes pilotos que a opção mais citada pelos voluntários foi “Interesse”, não se configurando como uma resposta que define uma valência específica. Portanto, por opção do pesquisador, ficou decidido que os voluntários também deveriam responder a segunda emoção mais importante.

Dessa forma, a partir desta página, o termo **“Emoção 1”** e sua abreviação **“E1”** serão usados para referenciar a emoção mais importante sentida pelo voluntário e relatada no questionário GEW. E o termo **“Emoção 2”** e sua abreviação

“E2” correspondem a segunda emoção mais importante sentida pelo voluntário relatada no GEW. Para organizar e apresentar os resultados optou-se em adotar algumas estratégias gráficas. A figura 105 abaixo traz duas estruturas do GEW.

Figura 105 - GEW com estrutura bidimensional e esquema de cores



Fonte: (A)(B) o autor (2020). Adaptado de Unige (2019).

O modelo (A), do lado esquerdo, apresenta os eixos ortogonais do GEW. No interior do círculo estão as possíveis combinações entre os eixos. As siglas possuem os seguintes significados, seguindo a ordem dos quadrantes: **VP****AE** (valência positiva, alta excitação), **VN****AE** (Valência negativa, alta excitação), **VN****BE** (valência negativa, baixa excitação), **VP****BE** (valência positiva, baixa excitação). Para facilitar o entendimento, os eixos “positivos” estão com as iniciais na cor azul e os eixos “negativos” aparecem na cor vermelha.

O modelo do lado direito (B) apresenta a estrutura do GEW com cores definidas aleatoriamente, dividindo os quadrantes por números e cada um deles apresenta cinco emoções. Analisando a estrutura dos dois modelos, verifica-se que diante de qualquer emoção escolhida (seja E1 ou E2), o voluntário estará relatando automaticamente uma valência e uma excitação ao mesmo tempo.

Nesta pesquisa, cada quadrante será referenciado pelo termo “família” ou “família de emoções” e optou-se em renomear os quatro quadrantes por termos que representassem os principais atributos de cada uma das famílias. Ao investigar na literatura por termos usados para representar as características gerais dos quadrantes não houve consenso, conforme é verificado no quadro 25 a seguir.

Quadro 25 - Denominações dos quadrantes do modelo circumplexo

FONTE	QUADRANTE 1	QUADRANTE 2	QUADRANTE 3	QUADRANTE 4
Gouveia et al. (2010)	Entusiasmo	Fúria	Depressão	Contentamento
Lopez et al. (2012)	Empolgamento	Tristeza	Depressão	Contentamento
Kuremoto et al. (2013)	Excitante	Angústia	Depressão	Contentamento
Valenza et al. (2014)	Feliz	Zangado	Triste	Relaxado
Hirshfield et al. (2014)	Excitante	Angústia	Depressão	Contentamento
Nardelli et al. (2015)	Feliz	Zangado	Triste	Relaxado
Candra et al. (2015)	Feliz	Zangado	Triste	Relaxado
Nunes-Silva et al. (2016)	Alegria	Raiva/medo	Tristeza	Serenidade
Tsujimoto et al. (2016)	Alegria	Raiva	Triste	Relax
Ota (2017)	Feliz	Zangado	Triste	Relaxado
Samuel et al. (2019)	Entusiasmado	Nervoso	Cansado	Calma
Karkauskaite et al. (2020)	Energia	Tensão	Cansaço	Tranquilidade

Fonte: o autor (2020).

Diante dos exemplos e considerando os termos mais comuns do quadro supracitado, foram escolhidos os que representariam os quatro quadrantes do GEW nesta pesquisa e eles estão no quadro 26 abaixo, na coluna “Termo/Família”.

A terceira coluna apresenta as cores de cada quadrante e a coluna “Emoções” exibe as cinco emoções de cada quadrante do GEW.

Quadro 26 - Divisão dos termos das famílias de emoções

Quadr.	Termo/Família	Cor	Emoções				
Q1	ALEGRIA		Prazer	Alegria	Orgulho	Diversão	Interesse
Q2	RAIVA		Raiva	Ódio	Desprezo	Nojo	Medo
Q3	TRISTEZA		Decepção	Vergonha	*Arrepend.	Culpa	Tristeza
Q4	CONTENTAMENTO		Compaixão	Alívio	Admiração	Amor	Contentamento

(*) Arrepend. = Arrependimento.

Fonte: o autor (2020).

Analisando os termos do quadro citado anteriormente, implica dizer que o “Q1” corresponde ao “**quadrante 1**” e também poderá ser chamado de “**família ALEGRIA**”. A cor “**azul**” o representa e este quadrante contém cinco emoções: prazer, alegria, orgulho, diversão e interesse. Esta linha de interpretação é adotada para os demais quadrantes.

Quanto à denominação das famílias, observa-se que o título é análogo a uma das cinco emoções que a compõe. Para evitar erros de interpretação e diferenciá-las, foram adotados dois critérios: (I) se no texto da tese, o termo surgir em **caixa alta** (com as letras maiúsculas) o termo estará se referindo ao quadrante, ou seja, corresponderá a família de emoções; (II) se o termo surgir em **caixa baixa** (com as letras minúsculas) estará se referendo a uma emoção. Portanto, a emoção “alegria” está inserida na “família ALEGRIA”.

Embora a literatura traga definições e categorizações das emoções não cabe aqui discutir qualquer qualificação ou hierarquização sobre as vinte emoções do GEW. Conforme cita Davidson (1998), é difícil identificar conceitualmente onde termina uma emoção e Russell e Barrett (1999) complementam ao dizer que o nome das emoções serve como guias para investigar o efeito central causado nos humanos diante de eventos vivenciados. Nesse sentido, todas as opções do GEW são consideradas “emoções”.

Diante do exposto, ao responder ao questionário GEW, o voluntário indicará em qual quadrante está localizada a Emoção 1 (E1) e a Emoção 2 (E2). Consequentemente informará ao pesquisador: (I) o nome da **FAMÍLIA** de emoções; (II) a **valência**, enquanto avaliação positiva ou negativa da emoção; (III) a **excitação**, como grau de estímulo ou relaxamento; (IV) a **intensidade** de emoção escolhida, numa escala de 1 a 5, sendo a opção 5 a maior intensidade possível.

6.3.4 Positive And Negative Affective Schedule - PANAS

A versão do PANAS utilizada nesta pesquisa foi adaptada do modelo da *The Ohio State University* ([s.d.]) e foi baseada em Watson et al. (1988). Contudo, foram consideradas as recomendações de Carvalho et al. (2013), especialmente quanto a tradução dos termos.

Para identificar se o afeto dos voluntários foi positivo ou negativo, eles devem informar o nível de intensidade de vinte emoções, onde a opção 1 corresponde a menor intensidade e a opção 5 significa a maior. Ao todo são dez emoções positivas e dez negativas e o resultado final é obtido após a soma das intensidades, conforme as instruções do *Office of Geriatrics and Gerontology-OGG* da Universidade do Estado de Ohio (OSU)¹⁴⁹:

1. **Afeto Positivo**: Somar os valores dos itens 1, 3, 5, 9, 10, 12, 14, 16, 17 e 19;
2. **Afeto Negativo**: Somar os valores dos itens 2, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 18 e 20.

Após a somatória, o afeto que apresentar a maior pontuação indica se a experiência (ou etapa analisada) foi positiva ou negativa. Porém, é possível que algum voluntário apresente a pontuação do afeto positivo e do afeto negativo muito próximos do valor médio ou próximos do desvio padrão.

Nesse caso, como diferenciar se o afeto que predominou foi o positivo ou o negativo? Nesse caso, foram adotados três **critérios de predominância afetiva** para enfatizar os resultados.

- Se uma das duas pontuações (positiva ou negativa) estiver fora do desvio padrão, ele não será excluído e será considerado predominante;
- Caso as duas pontuações estejam fora ou dentro do desvio padrão será considerado predominante aquele que estiver mais distante de sua respectiva linha média, demonstrando estar bem acima ou abaixo da média;
- Se os valores das duas somatórias forem próximos proporcionalmente aos valores do desvio padrão positivo e negativo ou aos valores das linhas médias, será predominante o afeto que tiver mais emoções com “5” pontos. Neste caso, a verificação será feita nas 20 emoções.

O próximo capítulo apresenta os resultados do PANAS. O modelo do questionário utilizado pode ser consultado no Anexo I.

E a experiência vivenciada? Houve facilidades ou dificuldades? Tanto a usabilidade do *software* quanto do *hardware* exerce grande importância na

¹⁴⁹ Fonte: <https://ogg.osu.edu/media/documents/MB%20Stream/PANAS.pdf>.

experiência do usuário ao utilizar um sistema computacional. A quantidade de variáveis é enorme para ambos e enquanto o aspecto físico é o grande fomentador das investigações científicas sobre os equipamentos (*hardware*), o aspecto cognitivo é o que norteia as pesquisas envolvendo os *softwares*.

Seguindo esse pensamento e compreendendo que as respostas emocionais podem ser alteradas conforme a usabilidade do sistema, esta pesquisa também buscou avaliar o *cockpit* e o *software* utilizados no SIMU e no JOCO. Foram utilizados dois questionários de relevante contribuição na comunidade científica que serão citados a seguir.

6.3.5 Escala de Usabilidade do Sistema (SUS)

O SUS (*System Usability Scale*) foi utilizado para analisar a usabilidade dos dois equipamentos simuladores de condução veicular do tipo *cockpit* meio-carro. Os voluntários poderiam considerar quaisquer aspectos relacionados ao uso dos *cockpits* e dos seus respectivos componentes e comandos, porém convergindo e limitando suas impressões e depoimentos para o conteúdo das dez perguntas (itens) do SUS, o qual, responderiam através de escala de Likert de cinco níveis.

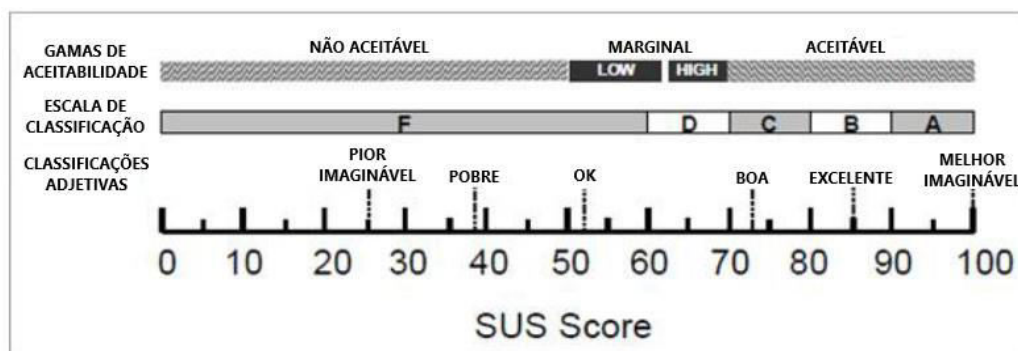
O resultado do SUS não é obtido apenas somando os valores gerados após a conclusão do questionário. É necessário seguir quatro procedimentos de acordo com Brooke (1996) e que são informados abaixo.

Nas expressões matemáticas citadas abaixo, o “X” corresponde ao valor atribuído para cada uma das dez questões. O “R” representa o resultado obtido de cada cálculo e que será multiplicado conforme o passo 3 abaixo:

1. Questões ímpares (1, 3, 5, 7 e 9): subtrair um (1) ponto do valor final de cada resposta. Considerar a expressão **$(X-1 = R)$** para o cálculo;
2. Questões pares (2, 4, 6, 8 e 10): subtrair cinco (5) pontos do valor final de cada resposta. Considerar a expressão **$(5-X = R)$** para o cálculo;
3. Multiplicar o valor de cada um dos dez resultados por dois e meio (2,5), considerando a expressão **$(R \times 2,5)$** , onde R corresponde a cada um dos dez resultados obtidos conforme os itens 1 e 2 acima.
4. Somar os dez resultados obtidos no item 3 para obter o valor final.

Buscando um modo de enfatizar o resultado, optou-se em utilizar a representação proposta por Bangor et al. (2009) que permite verificar a usabilidade através de várias classificações que se complementam (Figura 106 abaixo).

Figura 106 - Representação do escore do SUS



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Bangor et al. (2009).

Observa-se a escala métrica de 0 a 100 pontos na parte inferior da figura, divididos de modo decimal. Os valores possibilitam identificar o nível de usabilidade do elemento em investigação. Na parte superior existem três métricas que permite “traduzir” os valores da seguinte maneira:

- Gama de aceitabilidade – indica que o sistema está numa margem (marginal) alta ou baixa de usabilidade, sendo “aceitável” ou “não aceitável”;
 - Escala de classificação – indica a escala de classificação com seis níveis em ordem alfabética, sendo “A” o maior e “F” o menor. A figura não apresenta a escala “E”, porém esta é uma característica do formato original;
- Classificações adjetivas – traz uma leitura mais compreensível por apresentar termos que definem o nível de usabilidade: (1) **Pior imaginável** = 0 a 25 pontos; (2) **Pobre** = 25,1 a 38,5 pontos; (3) **OK** (*informando que há usabilidade*) = 38,6 a 52 pontos; (4) **Boa** = 52,1 a 73 pontos; (5) **Excelente** = 73,1 a 85 pontos; (6) **Melhor imaginável** = 85,1 a 100 pontos.

O questionário SUS utilizado nesta tese está disponível no Anexo J e o próximo capítulo apresenta os resultados da usabilidade dos *cockpits*.

6.3.6 Modelo híbrido de Leventhal e Barnes (L&B)

O modelo de Leventhal e Barnes (2008) foi utilizado para verificar o nível de usabilidade do *software ProS.auto* (utilizado no SIMU) e do jogo eletrônico *The Crew 2* (usado no JOCO). Este modelo foi desenvolvido com o objetivo de analisar a usabilidade de *web sites* e de *softwares* e atender aos preceitos da interação humano-computador.

O questionário possui dez variáveis e os voluntários responderam através de uma escala de cinco níveis. A opção “muito pouco ou nada” recebeu o valor 1 e a opção “extremamente” recebeu o valor 5.

O questionário Leventhal e Barnes não possui opções de discordância, mas de alta, moderada ou baixa concordância. Não cabe aqui analisar a morfologia e a etimologia da palavra concordar, nem discutir até que ponto uma resposta pouco concordante pode ser considerada discordante.

Porém, buscando otimizar a apresentação das respostas e dispô-las de maneira lógica para facilitar a compreensão, optou-se em classificar as cinco opções de respostas por cores e grupos, conforme quadro 27 abaixo.

Quadro 27 - Classificação das opções do modelo de Leventhal e Barnes

Opção	Ponto	Grupo	Cor
Muito pouco/nada	1	BC = Baixa Concordância	Vermelha
Um pouco	2		Laranja
Moderadamente	3	M = Moderadamente	Cinza
Bastante	4	AC = Alta Concordância	Azul claro
Extremamente	5		Azul escuro

Fonte: o autor (2020).

Desse modo foi possível identificar três resultados finais: (I) alta concordância; (II) resposta moderada; (III) baixa concordância. Esta classificação facilitou a compreensão do nível de concordância de cada variável.

O modelo do questionário utilizado pode ser verificado no Anexo K, incluindo as instruções para seu preenchimento. Outras informações sobre este modelo podem ser consultadas a partir da página 59.

6.3.7 Diagrama de Corlett

Inserindo o Corlett no contexto dos jogos eletrônicos verificou-se que pesquisas nesse cenário são escassas. No entanto, dependendo da categoria, do equipamento e da intensidade do jogo, os aspectos físicos e os movimentos músculo-esqueléticos também podem ser exigidos nesses experimentos e consequentemente podem ser investigados. Especialmente jogos em realidade virtual e *exergames*, que podem exigir movimentação dos membros ou do próprio corpo do usuário dependendo da narrativa.

O diagrama de Corlett foi utilizado para verificar o possível desconforto físico causado pelo uso dos simuladores de condução veicular. Esta verificação encontrou no tempo de exposição dos voluntários aos equipamentos sua principal dificuldade. Afinal, uma das principais variáveis é justamente o período de tempo de uso.

O tempo médio de permanência dentro do *cockpit* no experimento SIMU foi de 24 minutos e 45 segundos, incluindo a instalação e calibração do Emotiv EPOC+, o uso do *software*, os intervalos entre as rodadas e a resolução dos questionários. Já o tempo médio no experimento JOCO foi de 19 minutos e 24 segundos.

Apesar de períodos de tempo considerados baixos, optou-se em manter a aplicação do Diagrama de Corlett devido a algumas observações verificadas nos testes pilotos, a saber: (I) Alguns voluntários saíram dos *cockpits* fazendo alongamentos nos membros superiores, pescoço e cabeça; (II) Foram observadas fricções (ato de esfregar) na região do pescoço, nos ombros e na região lombar, sinalizando algum possível desconforto nessas regiões; (III) Relatos informais e queixas dos voluntários quanto ao desconforto foram observados durante e após os experimentos, conforme alguns exemplos citados no quadro 28 abaixo.

Quadro 28 - Declarações informais sobre o desconforto

SIMU	JOCO
- Esse teste dá um nervoso que a gente trava. - Meu pescoço está tenso, duro. - Estou ficando velho, com dores. - Eu me preocupo tanto que até dói. - Preciso de uma massagem. - Acho que estaria mais relaxado se fosse no meio da rua.	- Meu pescoço está cansado. - É complicado se sentar e se levantar não é? - O volante atrapalha para mover as pernas. - Os ombros estão cansados. - Meu joelho está incomodado com o volante. - Preciso de uma massagem. - Aqui é pior que o outro experimento.

- Está incomodando meu pescoço.

- Me ajuda a levantar, por favor.

- Caramba, como é difícil se levantar.



Fonte: o autor (2020).

Nesta pesquisa não foram considerados os membros inferiores, concentrando as análises nas regiões corporais acima da cintura por opção do pesquisador. Nesse sentido, houve a necessidade de adaptar o formato do questionário.

Os voluntários precisaram sinalizar o nível de desconforto em cada segmento do corpo de um modelo humano na posição posterior (de costas). As opções disponíveis eram de “nenhuma dor ou desconforto” (opção 1) a “dor insuportável ou desconforto” (opção 5).

A versão utilizada nesta tese está no Anexo G e foi adaptada do questionário Corlett da PUC-Rio (PUC-RIO, [2014]). O próximo capítulo apresenta os resultados do Diagrama de Corlett dos dois experimentos.

6.4 ASPECTO PSICOFISIOLOGICO: QUEM VÊ CÉREBRO, VÊ EMOÇÃO?

Apesar da importância do uso de ferramentas de autorrelato na busca pela opinião de indivíduos, o ser humano é capaz de “esconder” vários indicadores observáveis que podem refletir seu estado emocional diante de uma experiência, tais como comportamentos, expressões faciais, relatos, tom de voz, gestos corporais (DIJKSTERHUIS et al., 2013; CROSS et al., 2013; LI et al., 2015).

Expressar uma opinião de maneira subjetiva, através de questionários, pode ser vista como vulnerável quanto à validade e a confiabilidade, podendo afetar a exatidão dos resultados (ALBRAIKAN et al., 2018). Logo, alternativas são necessárias para a compreensão do real estado emocional e opiniões dos usuários.

As mensurações psicofisiológicas entram nesse contexto. Porém, esse tipo de coleta de dados é complexo devido aos protocolos de pesquisa, as tecnologias envolvidas, os equipamentos utilizados, a necessidade de interpretação especializada e o contato direto com os voluntários.

Citando como exemplo o EEG e a termografia digital por infravermelho, enquanto o primeiro gera um resultado de diagnóstico, ou seja, um sinal clínico claro e preciso, a termografia exige um trabalho comparativo de variáveis que podem alterar a condição térmica do corpo humano (ou parte dele).

Logo, as alterações térmicas devem ser analisadas conforme a experiência vivenciada, o estado do corpo humano e depois serem devidamente explicadas nas análises e resultados.

Esta complexidade reforça o que Nozawa e Tacano (2009) chamaram de “incerteza real” ao citarem que “o estado fisiológico do humano é inconstante, e a informação biológica medida a partir de um corpo vivo tem amplas diferenças interindividuais”. Embora a tecnologia consiga obter medições objetivas, o corpo humano apresenta uma complexidade de grande relevância que desafia as ciências.

Foi justamente neste contexto e sob estes questionamentos que esta tese foi idealizada: buscar correlações entre as respostas emocionais de autorrelato e aquelas obtidas por mensuração psicofisiológica no uso de dois sistemas computacionais.

Nesta pesquisa não foi determinado um estímulo específico, ou seja, não houve um desencadeador de alteração emocional que viesse a ser considerado um gatilho para evocar emoções. Foi considerada a experiência vivenciada como um todo, porém dividida em quatro coletas ocorridas nas etapas Inicial, *Pré-Game*, *Pós-Game* e Final (a denominação das etapas será detalhada mais adiante, p.299). Cumpre explicar que a opinião geral sobre uma experiência vivenciada é um tipo de informação muito coletada em pesquisas nas áreas do *design* e da ergonomia.

As ferramentas utilizadas para mensuração nesta tese foram a eletroencefalografia e a termografia digital por infravermelho. Elas serão brevemente citadas a seguir e outros detalhes serão explanados no próximo capítulo, durante a interpretação dos dados.

6.4.1 A assinatura térmica das emoções

A coleta dos termogramas ocorreu em dois momentos antes (etapas Inicial e *Pré-Game*) e dois momentos depois (etapas *Pós-Game* e Final) das três rodadas de uso dos dois sistemas computacionais.

Não houve coletas durante as rodadas para não atrapalhar a experiência dos voluntários, apesar do uso de métricas entre seções ser interessante para experimentos que tenham o potencial de gerar aprendizado (TULLIS; ALBERT, 2008), como é o caso do SIMU (treinamento).

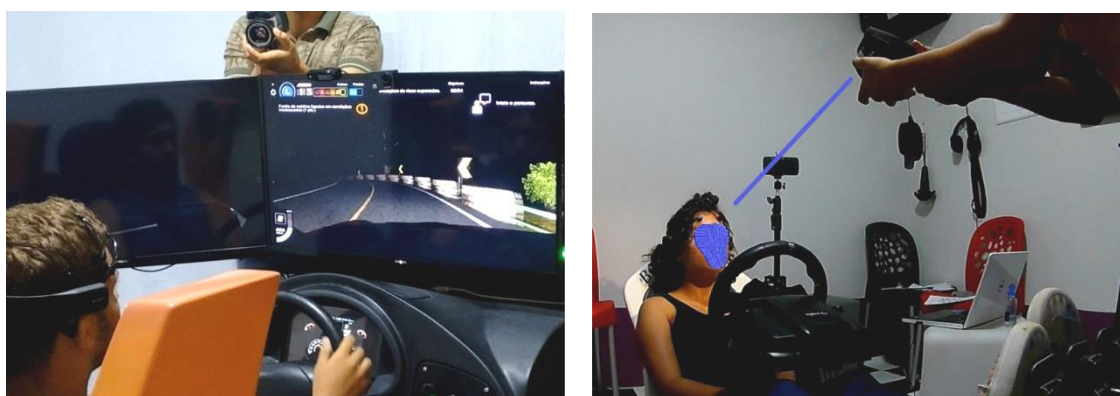
Optou-se em capturar duas imagens térmicas a cada coleta em sequência por uma questão de segurança. Caso algum termograma não tenha a qualidade necessária para análise, ele poderia ser substituído pelo segundo termograma.

Foram consideradas três possíveis resultados de tendências térmicas, conforme Goulart et al. (2019): (I) **crescente**, quando há incremento (aumento) térmico; (II) **decrecente**, quando há decréscimo (diminuição) térmico; (III) **estável**, quando não há alteração significativa na mudança da temperatura.

Na captura do termograma, a câmera foi posicionada a uma distância mínima de 1 metro do rosto dos voluntários e buscou-se enquadrar a face no *display* do termógrafo para obter o melhor foco e simetria. O termógrafo não emite som, a imagem capturada é salva em formato JPG em mídia removível e a identidade dos voluntários não é revelada, pois a imagem capturada é um espectro de cores.

A figura 107 A-B abaixo mostra a captura no SIMU (A) e no JOCO (B).

Figura 107 - Captura da imagem termográfica no SIMU (A) e no JOCO (B)



Fonte: o autor (2020).

Os dados obtidos com a captura térmica necessitam do comparativo com outras variáveis para poder gerar respostas relacionadas às emoções. A alteração térmica da temperatura facial por si só não define o estado emocional do ser humano. Logo, torna-se necessária a presença de outros elementos investigativos

ao se estudar a termografia sob a ótica das emoções e estes devem ser devidamente explanados.

Esta questão explicativa foi verificada em diversos estudos com temática “termografia x emoções”, tais como Zeng et al. (2009), Nhan e Chau (2010), Ioannou et al. (2014A). Nestes exemplos, os detalhamentos sobre as variáveis comparativas com a termografia possibilitaram o entendimento da alteração na temperatura facial e a sua relação com a alteração do estado emocional.

Estas explanações podem ser o relato dos experimentos, os desafios propostos, os gatilhos emocionais (quando aplicados), as escalas utilizadas (nervosismo ou Likert, por exemplo), o comparativo entre os resultados da linha de base com a última coleta, dentre outras.

Embora a presente pesquisa tenha realizado dois estudos de caso, procurou-se alinhar os aspectos metodológicos de ambos. Inclusive um dos motivos para elaboração do quadro 11 (p.126) foi justamente apresentar as particularidades dos dois sistemas investigados, onde foi possível encontrar semelhanças e diferenças entre eles. Logo, buscou-se tornar as duas experiências o mais semelhante possível nas vivências e práticas para que as variáveis pudessem ser correspondentes.

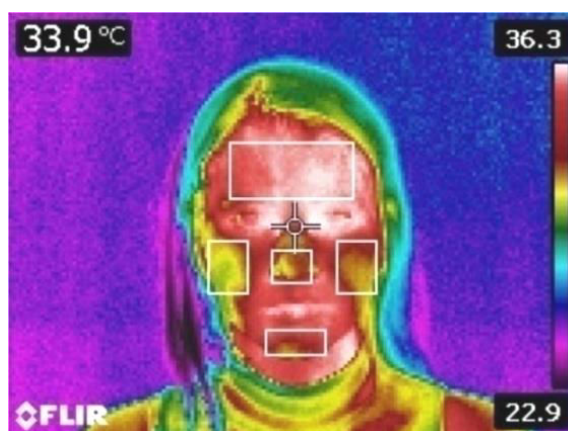
As análises dos termogramas foram realizadas pelo professor Márcio Alves Marçal, fisioterapeuta, pós-graduado em Termografia Infravermelha e *PhD* em Ergonomia. Todos os valores térmicos das regiões de interesse desta pesquisa foram obtidos pelo referido especialista, bem como as análises dos dados em cooperação com o pesquisador.

A literatura já apresentou pesquisas com várias regiões de interesse, tais como: testa, região supraorbital (acima dos olhos), periorbital (ao redor dos olhos), nasal, perinasal (laterais do nariz), glabella (entre as sobrancelhas), maxilar (entre nariz e lábio superior), bochechas, lábios, perioral (ao redor da boca), queixo. Todas trouxeram contribuições para as pesquisas envolvendo a termografia e as emoções.

Para esta pesquisa, a escolha das regiões de interesse a serem analisadas buscou convergir os achados nas pesquisas anteriores envolvendo a termografia, os estados emocionais dos indivíduos e o modelo bidimensional de Russell. Lembrando que o modelo bidimensional serviu de base para elaboração do questionário GEW.

Optou-se em analisar a **testa**, as **bochechas** (direita e esquerda), o **queixo** e a **ponta do nariz** dos voluntários, conforme destacado na figura 108 a seguir:

Figura 108 - Regiões de interesse encolhidas



Fonte: o autor (2020).

Outros motivos que influenciaram a escolha desses ROIs foram os seguintes:

- Estas cinco áreas podem ser consideradas importantes pontos de referência facial, tendo sido analisadas em diversas pesquisas nas últimas décadas (GRATT et al., 1989; WEINSTEIN et al., 1991; GRATT; SICKLES, 1995; ZHU et al., 2007; IOANNOU et al., 2014B; GOULART et al., 2019).
- Algumas investigações apontam que a testa, a ponta do nariz, as bochechas e o queixo, analisadas em conjunto ou separadamente, são áreas de grande contribuição para pesquisas sobre a relação entre as emoções, a cognição e a temperatura facial (IOANNOU et al., 2014B; GOULART et al., 2019).
- Pesquisas anteriores buscaram identificar correlações entre os referidos ROIs e modelos bidimensionais de valência e excitação, como o modelo de Russell (JENKINS et al., 2009; NHAN; CHAU, 2010; JIAN et al., 2017; KOSONOGOV et al., 2017). Busca-se verificar se esta correlação se aplica aos sistemas.
- Ao analisar as imagens capturadas nos experimentos SIMU e JOCO, verificou-se que estes foram os ROIs que obtiveram as melhores qualidades em nitidez e assimetria térmica. Logo, consideradas aptas para a análise.

O próximo capítulo apresentará os resultados das análises dos termogramas. Lembrando que todos os procedimentos levaram em consideração o protocolo de pesquisa da termografia digital (Anexo C).

6.4.2 A atividade elétrica cerebral e as emoções

A utilização do EEG nesta pesquisa permitiu verificar a atividade elétrica da região frontal do cérebro nas etapas antes e depois das três rodadas que ocorreram nos experimentos SIMU e JOCO.

Foi investigado o Índice de Assimetria do Alfa Frontal – **IAAF** da banda de frequência alfa, que permitiu verificar qual dos hemisférios cerebrais foi o mais ativado e conseqüentemente se a experiência foi positiva ou negativa para os voluntários.

As análises das atividades elétricas cerebrais se dividiram em duas fases: 1) procedimentos de **coleta de dados**; e 2) procedimentos de **análise dos dados**. Nas duas fases houve contribuição do neurocientista Ubirakitan Maciel, com larga experiência em eletroencefalografia. Este profissional já contribuiu com outras investigações junto a pesquisadores da UFPE (LAURENTINO, 2015) e do próprio Programa de Pós-Graduação em *Design* (BARROS, 2016; FRANÇA, 2019).

Na fase de coleta de dados houve consultoria remota referente aos procedimentos de instalação e captura dos sinais do EEG. Já a fase de análise dos dados ocorreu sob responsabilidade de Maciel. Portanto, todas as informações mencionadas a partir dessa página quanto aos procedimentos de leitura dos sinais do EEG foram sugeridas, orientadas e realizadas por Ubirakitan Maciel. Contudo, as análises das correlações entre as respostas do EEG e as demais ferramentas são de responsabilidade do pesquisador.

Os procedimentos para instalação do Emotiv EPOC+ na cabeça dos voluntários e para o início da captura da atividade elétrica cerebral foram:

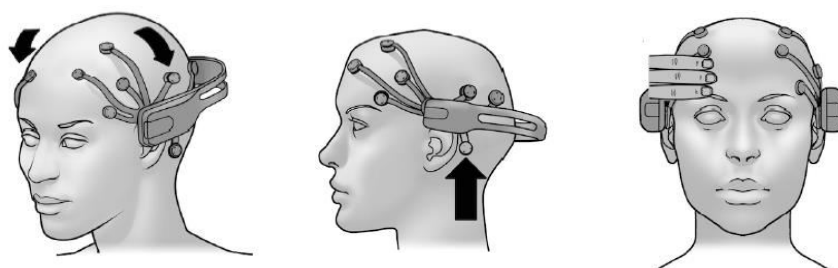
1. Inserir o *pendrive* no *notebook* e acionar o *software*;
2. Com o Emotiv EPOC+ desligado, embebedar cada um dos 14 feltros dos eletrodos com solução salina;
3. Ligar o Emotiv EPOC+ e instalar na cabeça do voluntário;
4. Acionar o *software* e realizar a calibração do sinal.

A figura 109 a seguir mostra a instalação do Emotiv. A esquerda indica que o equipamento é inserido de cima pra baixo, deslizando os eletrodos sobre o couro

cabeludo. A imagem central mostra que os eletrodos inferiores (únicos sem filtro e com estrutura emborrachada) devem estar localizados logo atrás das orelhas. A seta indica o eletrodo auricular que serve de referência,

A imagem a direita demonstra que os eletrodos frontais devem estar a uma distância equivalente a três dedos das sobrancelhas.

Figura 109 - Processo de instalação do Emotiv EPOC+



Fonte: adaptado de EMOTIV¹⁵⁰.

A montagem do EEG foi monopolar por medir a diferença de tensão entre os eletrodos ativos do couro cabeludo e ter os eletrodos auriculares como referência. A figura 110 A-B abaixo mostra o momento da instalação, no início da etapa *Pré-Game*, no SIMU (a esquerda) e JOCO (direita).

Figura 110 - Instalação do Emotiv EPOC+ no SIMU (A) e no JOCO (B)



Fonte: o autor (2020).

Após a instalação foi preciso ajustar o posicionamento dos eletrodos em todos os voluntários, checando o sinal através do *software* Emotiv PRO Academic Plus. A

¹⁵⁰ Fonte: <https://www.emotiv.com/setup/epoc/>.

qualidade do sinal é informada pelo mapa de qualidade de contato que informa o status do eletrodo. São quatro ao todo: bom (sinal verde), moderado (laranja), pobre (vermelho) e muito pobre (preto)¹⁵¹. O valor mínimo geral aceitável é de 95%.

Estes procedimentos de instalação apresentaram diversos problemas que ocasionaram aumento no tempo do experimento, principalmente em voluntários com cabelos volumosos. Estas dificuldades são detalhadas no capítulo 8.

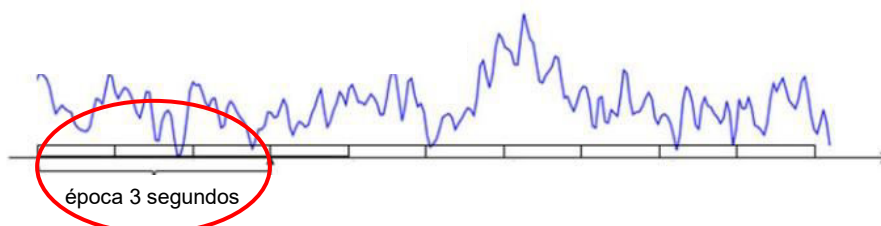
Após a coleta dos sinais, geradas em formato “.EDF”, verificou-se que eles tinham em média 21 minutos e 17 segundos para o experimento de treinamento e 17 minutos e 10 segundos para o experimento de entretenimento.

Como um dos objetivos específicos propostos é identificar correlações entre as respostas obtidas com o EEG e a Termografia, buscou-se analisar os dados destas duas ferramentas em conjunto. Porém, como o termograma é obtido de modo momentâneo, por se tratar de uma captura fotográfica, e a atividade cerebral possuir muitos minutos por ser um dado gravado durante toda a seção de uso do sistema, tornou-se necessário alinhar os resultados destes dois dados psicofisiológicos.

O primeiro passo antes da análise do EEG foi determinar as épocas que correspondem aos trechos de atividade cerebral. Épocas são as janelas de tempo do sinal contínuo do EEG. Ficou determinado que seriam capturadas e analisadas duas épocas para cada voluntário, considerando o tempo de registro do termograma das etapas *Pré-Game* e *Pós-Game*.

Neste caso, a época capturada antes do experimento foi denominada **EEG Pré-Game**. O **EEG Pós-Game** ocorreu na etapa após o experimento. Este procedimento ocorreu nos experimentos SIMU e JOCO. Porém, como determinar o tamanho das épocas a serem analisadas? A figura 111 abaixo traz a representação de um sinal elétrico com uma época de 3 segundos (elipse vermelha).

Figura 111 - Representação de uma época de 3 segundos



Fonte: o autor (2010). Adaptado de Guo et al. (2018).

¹⁵¹ Fonte: <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/emotivpro-menu/contact-quality-map>.

Diversos estudos sobre neurociências já apresentaram pesquisas com vários tamanhos de épocas. O quadro 29 abaixo apresenta alguns desses estudos.

Quadro 29 - Diversos tamanhos de épocas

FONTE	TAMANHO DAS ÉPOCAS
Möcks e Gasser (1984)	20 segundos
Levy (1987)	2, 4, 8, 16 e 32 segundos
Allen e MacKinnon (2010)	2 segundos antes e 2 segundos depois
Ertl et al. (2013)	16 segundos
Clemente et al. (2014)	5 segundos antes e 5 segundos depois
Severens et al. (2014)	0,6 segundo

Fonte: o autor (2021).

Verifica-se que as possibilidades de tamanhos de épocas são diversas e não há um tamanho padrão. Após a coleta dos sinais da atividade elétrica cerebral é fundamental a realização de procedimentos para limpá-los visando obter um dado puro, livre de interferências e que possa ser analisado com detalhes suficientes para atender aos propósitos da pesquisa.

Os principais fatores de interferência do sinal do EEG são a rede elétrica (interferência eletromagnética), eletrodos (mal contato), movimentos corporais do usuário e sinais fisiológicos como o piscar dos olhos, contração muscular e batimentos cardíacos (URIGÜEN; GARCIA-ZAPIRAIN, 2015; SANTOS, 2017).

Allen et al. (2004) chamaram a atenção quanto a rejeição e remoção de épocas devido aos movimentos e artefatos musculares, o que gera redução no tamanho final da época. Já Towers e Allen (2009) verificaram a confiabilidade das épocas conforme a sua quantidade, distribuição e atentaram para o fato de que os artefatos oculares reduzem o número de épocas utilizáveis.

Nesse sentido, observa-se que é fundamental considerar o tamanho das épocas com base na possibilidade de perda de dados, sendo necessário garantir uma quantidade (margem) relevante de sinais a serem aproveitados.

Logo, corroborando com Towers e Allen (2009, p.137) quando afirmam que “uma consideração mais pragmática ao determinar a quantidade de dados a registrar é a quantidade de dados que será perdida devido a artefatos”, buscou-se determinar um tamanho de época que pudesse garantir uma quantidade de dados

aceitáveis após a limpeza dos sinais. Outros motivos que influenciaram na definição do tamanho foram:

- O tipo do equipamento utilizado, no caso, o Emotiv EPOC+ e suas limitações técnicas se comparado aos equipamentos mais robustos e profissionais. Por exemplo, o Emotiv tem 14 canais (eletrodos) e o sinal é emitido por tecnologia *Bluetooth*, enquanto que os modelos profissionais possuem dezenas de canais (e até mesmo centenas) e conexão por fios;
- O ambiente de coleta de dados não corresponde a um laboratório dentro de um centro de pesquisa. Mas um ambiente particular aberto ao público;
- O responsável pela coleta dos dados não tem formação em neurociência e no momento das coletas não possuía o suporte *in loco* de profissionais neurocientistas habilitados;
- A orientação do neurocientista parceiro que, através de consultoria remota, chamou a atenção quanto ao nível e quantidade de artefatos (ruídos) que poderiam existir e recomendou uma época de 60 segundos;
- O tipo de interação dos usuários com o sistema exige dos voluntários alguns movimentos nos membros superiores para manusear os comandos. Embora limitados, estes movimentos também se refletem no tronco e na cabeça e esta movimentação poderia interferir no sinal da atividade cerebral.

Diante do exposto, optou-se em adotar épocas de 60 segundos para análise da atividade cerebral. Segundo Maciel (2021) em análises espectrais do EEG, onde se analisa a tendência de ativação de uma faixa específica (como a banda alfa), quanto mais tempo, mais representativo será o resultado. Embora as atividades cerebrais sejam rápidas, o que importa é saber o quanto essa faixa foi incentivada durante o período.

Embora o tamanho da época seja de 60 segundos, foi obtida a média de toda a atividade elétrica do alfa durante esse trecho através do IAAF. Contudo, para sincronizar o momento do termograma e a média da época do EEG foi necessário elaborar um **protocolo de sincronização do EEG com o termograma**.

Este protocolo foi elaborado pelo pesquisador e pelo neurocientista parceiro. Nele estão incluídas as relações das épocas do EEG com as imagens térmicas,

incluindo momentos de captura das duas atividades elétricas e das imagens térmicas de cada voluntário.

Porém, antes de mostrar este protocolo de sincronização é fundamental apresentar as etapas do experimento, a sequência das coletas de dados e os termos adotados para designar os dados coletados por todas as ferramentas utilizadas.

6.5 TERMOS E SEQUENCIAMENTO DAS COLETAS DE DADOS

Os testes pilotos permitiram observar e organizar a sequência de aplicação dos questionários e o uso dos equipamentos. Para facilitar a organização dos dados, identificar a correta aplicação de cada ferramenta e diferenciá-las entre si foram adotados alguns **termos de sequenciamento**.

Eles obedecem à ordem de aplicação de cada ferramenta considerando a etapa no qual está inserida e estes termos foram utilizados nos dois experimentos. O quadro 30 abaixo apresenta os respectivos termos e as cores das células atendem ao esquema sequencial que será explicado logo a seguir.

Quadro 30 - Termos de sequenciamento das ferramentas

ITEM	ETAPA INICIAL	ETAPA PRÉ-GAME	ETAPA PÓS-GAME	ETAPA FINAL
Nervosismo	Nervos Inicial	Nervos Pré-Game	Nervos Pós-Game	Nervos Final
GEW	--	GEW Pré-Game	GEW Pós-Game	GEW Final
PANAS	--	PANAS Pré-Game	PANAS Pós-Game	PANAS Final
Termografia	Termos Inicial	Termos Pré-Game	Termos Pós-Game	Termos Final
EEG	--	EEG Pré-Game	EEG Pós-Game	--
Modelo L&B	--	--	--	L&B
SUS	--	--	--	SUS
Corlett	Corlett Inicial	--	--	Corlett Final

Fonte: o autor (2020).

Verifica-se que tanto no SIMU quanto no JOCO foram realizadas 20 coletas de dados de cada voluntário, incluindo o questionário GAS que foi aplicado no início do SIMU. Logo, cada voluntário forneceu 41 informações devidamente registradas.

termografia digital (silhueta de busto humano com espectro de cores). O quadrilátero branco “GAS” (no topo) representa o questionário “*Games Addiction Scale*”.

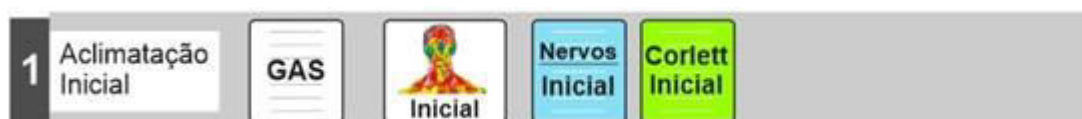
A área centro-direita traz os quadriláteros relacionados aos questionários de autorrelato divididos por cores para facilitar a identificação de cada um dentro do sequenciamento. Os que aparecem na cor preta indicam as três rodadas (seções de atividades) de uso do sistema.

O esquema sequencial foi idealizado durante os testes pilotos conforme as observações, especialmente quanto à ordem adequada de aplicação de cada questionário. Considerando que um *feedback* satisfatório deve ocorrer sem interrupções na experiência (HAZLETT, 2006), nenhuma ferramenta foi aplicada durante os experimentos, somente antes e após o uso dos sistemas. Detalhes sobre cada etapa serão apresentados abaixo.

6.5.1.1 Detalhes do esquema sequencial de coleta de dados

Os detalhes de cada etapa são citados a seguir. Foi considerada a sequência de aplicação de cada ferramenta e os procedimentos adotados pelo pesquisador e pelo monitor. Os elementos gráficos são partes da figura 112, na página anterior.

Etapa 1 - Aclimação Inicial - Ao entrar na sala de experimento o voluntário é considerado participante do experimento. Esta etapa compreende os 15 minutos de aclimação inicial para regulação da temperatura corporal conforme o protocolo da termografia. Esta etapa também se chama “**Etapa Inicial**” e tarefas foram as seguintes, nesta ordem:



1. O voluntário informa se seguiu os Procedimentos de Pré-Teste disponibilizados no TCLE. Em caso positivo, ele senta-se na cadeira de aclimação para os 15 minutos de **Aclimação Inicial**. O voluntário fica incomunicável e é instruído a não tocar a face, o pescoço e os ombros.
2. O voluntário responde ao questionário **GAS**.
3. Após 15 minutos ocorre a primeira captura de imagem térmica: **Termo Inicial**.
4. O voluntário responde ao **Nervos Inicial** e ao **Corlett Inicial**.

Etapa 2 - Pré-Game - Trata-se da etapa preliminar ao uso dos sistemas, chamado de “processo de antecipação”, ou seja, é a organização do sistema nervoso e do cérebro, que determina o esboço dos futuros atos (JÄRVILEHTO et al., 2013).



1. O voluntário se acomoda dentro do cockpit.
2. Ajustar o distanciamento e alcance dos comandos, conforme o biótipo dos usuários.
3. O pesquisador instala o Emotiv EPOC+ na cabeça do voluntário.
4. O *software* Emotiv PRO v.2 *Academic Plus* é acionado para calibração dos eletrodos, sendo necessário um sinal geral de pelo menos 95%.
5. Início da gravação da atividade elétrica cerebral. Momento de ajustes finais no sinal dos eletrodos. Em alguns casos o pesquisador precisou reposicionar o Emotiv EPOC+ na cabeça dos voluntários.
6. Captura da primeira época do EEG: **EEG Pré-Game**.
7. Captura da segunda imagem térmica: **Termo Pré-Game**.
8. Responder ao **Nervos Pré-Game**, **GEW Pré-Game** e **PANAS Pré-Game**.
9. O voluntário é informado que o monitor iniciará o sistema.

Etapa 3 – Seções de atividade com o Sistema Computacional - Corresponde ao experimento em si, tanto no SIMU quanto no JOCO, quando cada voluntário utiliza o sistema por três rodadas (seções de atividade) ininterruptas.



1. Todas as rodadas do SIMU são iniciadas pelo monitor parceiro. No caso do JOCO, o pesquisador iniciou todas as rodadas.
2. Ao final de cada rodada o pesquisador coletava o desempenho dos voluntários através do display/TV do equipamento.

Etapa 4 – Pós-Game - Acredita-se que este é o momento de maior expressividade emocional quanto à interação com os sistemas computacionais por ser a terceira e última rodada.



1. Captura da segunda época do EEG: **EEG Pós-Game**.
2. Captura da terceira imagem térmica: **Termos Pós-Game**.
3. Responder ao **Nervos Pós-Game**, **GEW Pós-Game** e **PANAS Pós-Game**.
4. O voluntário também responde aos questionários: **SUS**, **L&B** e **Corlett Final**.
5. O pesquisador desliga o Emotiv EPOC+ e o retira da cabeça do voluntário.
6. O voluntário se retira do *cockpit* e senta-se na cadeira de aclimação.

Etapa 5 – Aclimação Final - O voluntário permanece por 10 minutos na cadeira de aclimação. Buscou-se verificar como o corpo reagiria após um período de inoperância. Dependendo da intensidade da experiência é possível que as emoções permaneçam após algum tempo, evidenciando o quanto aquela experiência afetou o indivíduo a ponto de se refletir em seu comportamento. Esta etapa também é chamada de “**Etapa Final**”.



1. Captura da quarta imagem térmica: **Termo Final**.
2. Responder aos questionários **Nervos Final**, **GEW Final** e **PANAS Final**.

Somente após o detalhamento das etapas e a definição dos termos de sequenciamento foi possível apresentar o processo de sincronização dos dados.

6.6 SINCRONIZAÇÃO DAS MEDIDAS PSICOFISIOLÓGICAS

A análise qualitativa e quantitativa de dados obtidos por medição fisiológica possui protocolos específicos. No caso de estudos que utilizam vários instrumentos

de coleta de dados involuntários, como os relacionados às emoções, é fundamental adotar procedimentos que permitam uma coleta adequada, integrada e sincronizada.

Citando os estudos com EEG como exemplo, Hairston et al. (2014) afirmam que é importante haver um método que possibilite a integração de gatilhos (estímulos, estopins) de eventos que despertem emoções a serem investigados. Hernandez-Ossa et al. (2019) reforçam essa ideia citando que para pesquisas com ondas cerebrais é fundamental que haja harmonia e sincronização entre os estímulos e os estágios dos experimentos.

Dessa forma evitam-se lacunas e imprecisões nos resultados e reduz o número de variáveis que possam causar interferências nos dados coletados, além de prevenir contra dados em duplicidade ou ambíguos.

A instabilidade do estado emocional o torna mais intenso ou menos intenso de acordo com diversas variáveis que fazem parte do contexto do experimento: o tipo da experiência vivenciada, o repertório dos envolvidos, as particularidades psicofisiológicas dos indivíduos, os estímulos e gatilhos gerados pelo evento que potencializam o estado emocional, a reação dos indivíduos, etc.

A duração do estímulo é um fator que pode influenciar no resultado, assim como o instrumento de coleta de dados usado para identificar este estímulo. Por exemplo, a captura das respostas psicofisiológicas obtidas com o EEG e a termografia são bem distintas.

Comparando uma situação de susto, enquanto a atividade elétrica gera uma resposta rápida devido ao impulso elétrico e ao reflexo, a temperatura da pele se altera por diversos fatores como a “estimulação do sistema nervoso, oxigênio para os músculos, batimentos cardíacos e pressão sanguínea” (DOUCLEFF, 2013). Este exemplo reforça a complexidade em sincronizar as respostas destas duas ferramentas.

Para contextualizar, Fu e Frasson (2016) verificaram uma diferença de três a seis segundos entre a resposta térmica da testa e da bochecha com a excitação verificada pelo EEG. Ou seja, há uma tendência de que o sinal térmico da pele facial seja mais lento do que os sinais da atividade cerebral.

Este período de latência compreende a diferença entre a captura do sinal elétrico cerebral (latência inicial) e a captura térmica da face (latência final).

Contudo, alguns estudos apontaram que experimentos realizados com tempos diferentes podem ser usados em análises de estímulos emocionais. Christie e Friedman (2004) utilizaram como elementos estimulantes videoclipes com duração entre 81 e 203 segundos. Já Lee e Hsieh (2014) utilizaram videoclipes entre 30 a 300 segundos como estímulos.

Portanto, pesquisas que apresentam diferenças na duração dos estímulos também fazem parte dos achados científicos.

Voltando a questão das respostas psicofisiológicas, dependendo do experimento, elas podem se manifestar através de um estímulo abrupto, como um susto (fator surpresa) ou algum movimento brusco (pequeno salto) de auto defesa, ou ainda pelo acúmulo de tensão ou ansiedade, gerando várias consequências como tremores, taquicardia, sudorese, expressões faciais, etc.

Durante os experimentos SIMU e o JOCO foram observadas diversas reações dos voluntários. Embora cada indivíduo tenha utilizado os sistemas computacionais por três seções e tenham realizado tarefas de modo repetitivo, uma seção não pode ser considerada igual a outra por vários motivos:

1. Acredita-se que a cada rodada o voluntário aprende a conduzir o veículo com mais precisão, evitando cometer os mesmos erros da rodada anterior;
2. O fator “desafio” o motiva a querer superar os seus limites, o que o torna ousado e conseqüentemente mais suscetível a cometer erros nas etapas subseqüentes. Especialmente no experimento com o jogo eletrônico;
3. A jogabilidade e a arquitetura de cada *software* trazem novas configurações a cada rodada de modo que as experiências não se repitam nem sejam monótonas. Por exemplo, no jogo *The Crew 2* (utilizado no JOCO) as rodadas podem ocorrer em condições climáticas diversas (sol, chuva, neve) ou em vários períodos de tempo (dia, noite, amanhecer, ou mudança de um para o outro). Essa situação não ocorre no SIMU por se tratar de uma condição de treinamento e de repetitividade de tarefas.

Enquanto que o caráter de entretenimento do JOCO traz variadas perspectivas, desafios e estímulos durante o experimento, o caráter de treinamento do SIMU traz consigo a necessidade em seguir as regras técnicas e não cometer

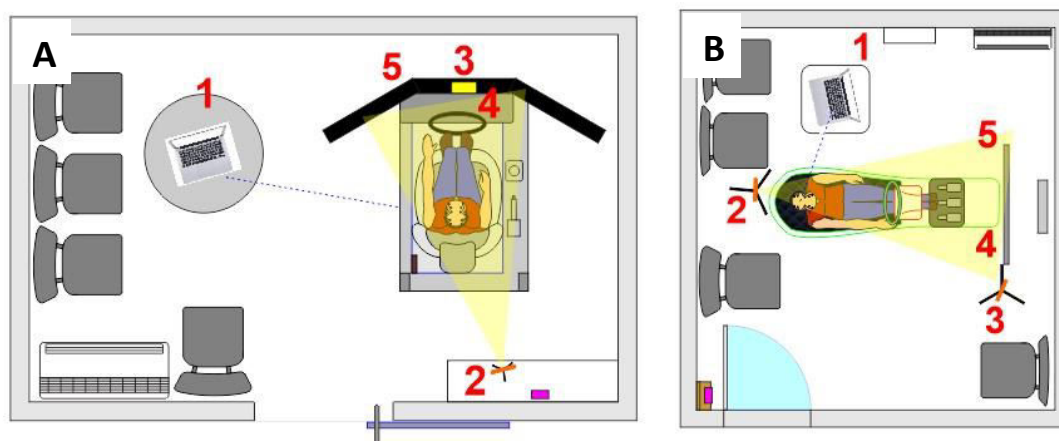
erros. São estímulos diferentes, porém ambos têm potencial para gerar respostas psicofisiológicas relevantes.

Logo, são muitas e diversificadas as variáveis a se considerar nos dois experimentos. Fica evidenciada a necessidade do controle da quantidade, da intensidade e da sincronização dos dados capturados tanto pelo EEG quanto pela termografia. Afinal, segundo Henriques e Paiva (2014), o processo investigativo e as condições experimentais podem contribuir para a diferença de qualidade na coleta de respostas fisiológicas.

Nesse cenário, tomando-se como referência a captura térmica e pontual dos termogramas, ocorridas antes e após o uso dos sistemas computacionais, buscou-se sincronizar o exato momento em que ocorreu a captura da imagem térmica com o trecho das épocas capturadas do EEG. Vale lembrar que a captura dos sinais da atividade elétrica ocorreu de modo contínuo, durante todo o experimento.

Esse processo de sincronização foi possível através do alinhamento dos relógios constantes nos sistemas dos equipamentos e nos tempos gerados pelos *softwares*. A figura 113 A-B apresenta mais detalhes sobre os *layouts* adotados.

Figura 113 - Localização dos equipamentos que foram sincronizados



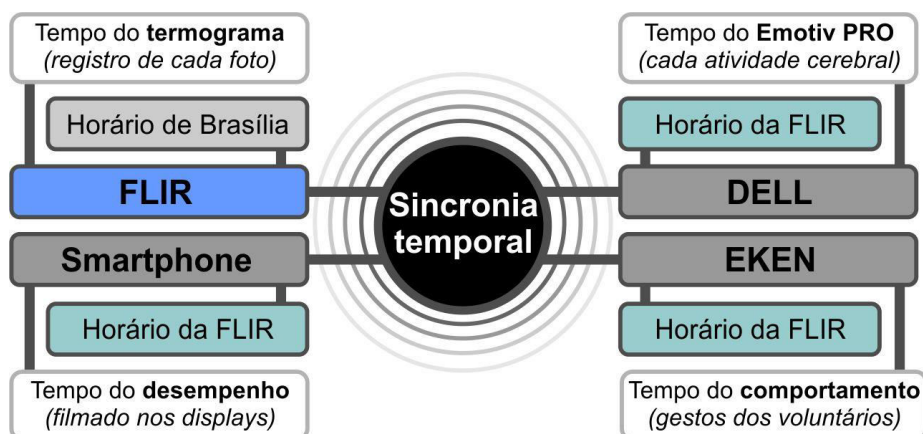
Fonte: o autor (2020).

As figuras representam a sala de experimento do SIMU (A) e do JOCO (B) e os números correspondem aos cinco sistemas cujos relógios foram sincronizados para o alinhamento das coletas do EEG e da termografia:

1. **Notebook** – possui dois marcadores temporais: (I) O relógio do sistema operacional Windows 10 com o fuso horário nacional de Brasília; (II) O tempo de gravação de cada EEG registrado pelo *software* Emotiv PRO;
2. **Smartphone** – possui dois marcadores temporais: (I) o relógio do sistema Android, fuso horário de Brasília; (II) o tempo de cada filmagem referente às gravações do desempenho dos voluntários;
3. **Câmera Eken** – possui dois marcadores temporais: (I) o relógio do sistema Eken, fuso horário de Brasília; (II) o tempo de filmagem referente à cada gravação do comportamento dos voluntários;
4. **Softwares ProS.auto e The Crew 2** – exibidos no display do monitor (SIMU) e da TV (JOCO), respectivamente, cada *software* gera resultados baseados em tempos cronometrados que são exibidos e que foram capturados pelo *smartphone*. Portanto, é mais um dado temporal a ser sincronizado;
5. **Câmera termográfica Flir** – possui dois marcadores temporais: (I) o relógio do sistema Flir Tools, fuso horário de Brasília; (II) o tempo registrado pelo referido *software* após a captura de cada imagem térmica.

A figura 114 traz uma representação gráfica dos elementos sincronizados.

Figura 114 - Esquema de sincronização dos marcadores temporais



Fonte: o autor (2020).

Considerando que a câmera termográfica é um equipamento obtido por parceria e é utilizada em outras pesquisas científicas, optou-se em não alterar o horário do seu sistema e utilizá-lo como referência padrão para os demais.

Portanto, ao final da sincronização que foi realizada manualmente, tomando como base o horário de Brasília exposto no sistema Flir Tools, quando o relógio do termógrafo marcou 12:00 (meio dia), os relógios do *notebook*, da câmera Eken e do *smartphone* também marcavam esse mesmo horário.

Automaticamente os *softwares* de cada um dos quatro equipamentos geravam arquivos que foram gravados com o horário do seu respectivo *hardware*. Ou seja, o tempo dos dados de cada *software*, representados na figura 114 citada anteriormente pelos quadriláteros brancos, também estão sincronizados entre si.

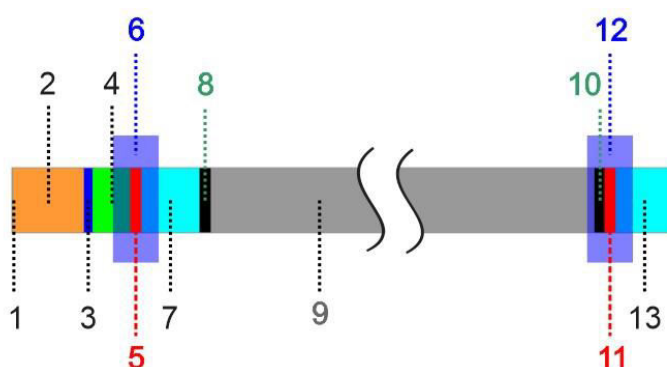
Isso implica dizer que através do tempo de captura de uma imagem térmica (câmera Flir) é possível verificar qual a atividade elétrica cerebral (Emotiv EPOC+) correspondente, identificar o comportamento dos participantes (câmera Eken) no momento de captura do termograma e o qual fase do estágio e a ação que o voluntário executou com o *software* (*smartphone*).

6.6.1 Protocolo de sincronização do EEG com a termografia

Com o objetivo de facilitar a padronização das coletas das atividades elétricas cerebrais e a sincronização com as imagens térmicas foi necessário rever as atividades do esquema sequencial de coleta de dados (item 6.5.1, p.299).

A figura 115 abaixo apresenta uma linha do tempo que enumera de maneira resumida os procedimentos adotados nas etapas 2, 3 e 4 dos experimentos SIMU e JOCO. Eles constam no referido esquema.

Figura 115 - Esquema de sincronismo entre o EEG e o Termo



Fonte: o autor (2020).

Este esquema foi utilizado com todos os voluntários e o foco é entender o que ocorreu antes e o após a sincronização das coletas dos termogramas (itens 5 e 11) e do EEG (itens 6 e 12). As cores adotadas na figura citada anteriormente facilitam o entendimento das fases, porém o tamanho de cada fase representado na figura não tem relação com sua duração, são apenas para ilustrar.

O quadro 31 abaixo explica resumidamente cada fase e destaca em amarelo as fases de início e fim da gravação da atividade elétrica cerebral.

Quadro 31 - Detalhes da linha do tempo do sincronismo Termo e EEG

Antes do Experimento	
1	O voluntário se acomoda dentro do <i>cockpit</i>
2	Período de instalação e calibração do Emotiv EPOC+.
3	O <i>software</i> Emotiv PRO v.2 <i>Academic Plus</i> foi acionado no <i>notebook</i> . A partir desse momento a atividade cerebral está sendo gravada.
4	Início da gravação da linha de base pelo Emotiv PRO (cerca de 40 segundos)
5	Foto térmica capturada – Termo Pré-Game.
6	Primeira época (EEG Pré-Game) utilizada para cálculo do IAAF com 60 segundos.
7	Os voluntários respondem aos questionários Nervos, GEW e PANAS Pré-Game.
8	Acionamento do sistema computacional e início dos experimentos SIMU e JOCO.
9	O intervalo de tempo que corresponde às três rodadas dos experimentos.
Após o Experimento	
10	Término da Rodada 3, ou seja, finalização dos experimentos SIMU e JOCO.
11	Foto térmica capturada – Termo Pós-Game.
12	Segunda época (EEG Pós-Game) utilizada para cálculo do IAAF com 60 segundos.
13	Os voluntários responderam aos questionários Nervos, GEW e PANAS Pós-Game. Além do SUS, modelo de L&B e Corlett Pós-Game.
	O <i>software</i> Emotiv PRO v.2 <i>Academic Plus</i> é desligado e a gravação da atividade cerebral é encerrada.

Fonte: o autor (2020).

Em conformidade com a observação de Fu e Frasson (2016), que identificaram uma diferença de três a seis segundos entre o EEG e a resposta térmica, não foi possível dividir as épocas em dois trechos iguais, sendo 30 segundos antes e 30 segundos depois da captura térmica (Termo Pré-Game e Termo Pós-Game).

Foi necessário considerar uma diferença de três segundos para atender ao tempo de latência verificado por Fu e Frasson (2016). Após ajustar os tempos com a referida diferença, os dois trechos de cada época foram os seguintes:

EEG Pré-Game – Divide-se em dois momentos de trinta segundos cada e apresentam duas situações distintas:

- **Época Inicial 1 (EP1 I)** - Antes do Termo Pré-Game. Nesse trecho está inserido o tempo de gravação da linha de base do *software* Emotiv PRO, quando os voluntários ainda estão em situação de repouso, porém em estado de expectativa para o início do experimento.
- **Época Inicial 2 (EP2 I)** – Depois do Termo Pré-Game. Nesse trecho os voluntários começaram a responder aos questionários de autorrelato do Pré-Game (Nervos, GEW e PANAS), porém ainda sem o contato com o *software*. Observa-se que são dois momentos diferentes, provavelmente de expectativa e ansiedade.

EEG Pós-Game – Divide-se em dois momentos de trinta segundos cada e apresentam duas situações de intensas e múltiplas emoções, especialmente por se tratar do final do uso dos sistemas.

- **Época Final 3 (EP3 F)** – Antes do Termo Pós-Game. Nesse trecho os voluntários ainda estão finalizando a Rodada 3. Provavelmente estejam em intensa excitação e estados emocionais antagônicos, do alívio à excitação, do orgulho à frustração, da raiva à alegria.
- **Época Final 4 (EP4 F)** – Depois do Termo Pós-Game. Nesse trecho os voluntários começaram a responder aos questionários de autorrelato do Pós-Game (Nervos, GEW e PANAS).

Estes dois momentos de captura do EEG apresentam situações distintas e provavelmente tenham ocorrido diversas alterações emocionais nos voluntários durante esse intervalo. Este foi o principal motivo de escolha destas etapas para verificação da atividade elétrica cerebral.

A seguir serão apresentados os resultados com os tempos exatos de captura dos EEGs e dos Termos.

A tabela 5 a seguir apresenta o sincronismo nas épocas do experimento SIMU. A primeira coluna identifica os voluntários. Todos os demais campos representam períodos de tempo (minutos: segundos). Observam-se dois grupos de colunas triplas referentes às coletas no Pré-Game e no Pós-Game.

Tabela 5 - SIMU – Relação das épocas do EEG

Vol.	Época Pré-Game			Época Pós-Game			Diferença Ini. x Fin.
	EP1 I	Termo/EEG Pré-Game	EP2 I	EP3 F	Termo/EEG Pós-Game	EP4 F	
4	02:21	02:51	03:21	18:21	18:51	19:21	16:00
5	01:58	02:28	02:58	18:56	19:26	19:56	16:58
6	01:45	02:15	02:45	18:54	19:24	19:54	17:09
7	01:51	02:21	02:51	18:50	19:20	19:50	16:59
9	02:59	03:29	03:59	18:59	19:29	19:59	16:00
14	01:36	02:06	02:36	18:56	19:26	19:56	17:20
18	01:47	02:17	02:47	18:38	19:08	19:38	16:51
19	01:27	01:57	02:27	17:27	17:57	18:27	16:00
21	01:09	01:39	02:09	19:09	19:39	20:09	18:00
23	01:39	02:09	02:39	19:41	20:11	20:41	18:02
24	01:19	01:49	02:19	19:33	20:03	20:33	18:14
25	01:03	01:33	02:03	19:03	19:33	20:03	18:00
29	01:46	02:16	02:46	19:16	19:46	20:16	17:30
Média	01:44	02:14	02:44	18:54	19:24	19:54	17:10

Fonte: o autor (2020).

Em cada grupo, a coluna da esquerda indica o momento do início da época, a **coluna central (Termo/EEG) informa o tempo sincronizado** da captura térmica e do EEG. E a coluna da direita traz o tempo do final da época.

A última coluna da tabela, que se chama “Diferença Ini. x Fin” indica o tempo entre as duas coletas, ou seja, a diferença entre as épocas. A última linha traz o tempo médio das quatro épocas e principalmente do EEG Pré-Game e do EEG Pós-Game dos 13 voluntários.

Observa-se que as épocas iniciais ocorrem após mais de um minuto do início da captura do sinal da atividade cerebral. Este tempo é mais que suficiente para atender ao protocolo da linha de base do *software* Emotiv PRO.

A linha de base possui um tempo médio de 40 segundos e seu objetivo é estabilizar as condições psicológicas e as ondas cerebrais do indivíduo para o início da gravação.

A tabela 6 a seguir apresenta as épocas, o EEG Pré-Game e o EEG Pós-Game do experimento JOCO.

Tabela 6 - JOCO – Relação das épocas do EEG

Vol.	Época Pré-Game			Época Pós-Game			Diferença Ini. x Fin.
	EP1 I	Termo/EEG Pré-Game	EP2 I	EP3 F	Termo/EEG Pós-Game	EP4 F	
4	01:28	01:58	02:28	14:44	15:14	15:44	13:16
5	01:59	02:29	02:59	15:59	16:29	16:59	14:00
6	03:30	04:00	04:30	15:30	16:00	16:30	12:00
7	01:20	01:50	02:20	13:20	13:50	14:20	12:00
9	02:12	02:42	03:12	19:12	19:42	20:12	17:00
14	01:13	01:43	02:13	12:05	12:35	13:05	10:52
18	01:38	02:08	02:38	12:51	13:21	13:51	11:13
19	01:25	01:55	02:25	11:56	12:26	12:56	10:31
21	01:45	02:15	02:45	18:36	19:06	19:36	16:51
23	01:45	02:15	02:45	12:01	12:31	13:01	10:16
24	01:51	02:21	02:51	13:40	14:10	14:40	11:49
25	01:20	01:50	02:20	13:06	13:36	14:06	11:46
29	02:07	02:37	03:07	12:48	13:18	13:48	10:41
Média	01:48	02:18	02:48	14:17	14:47	15:17	12:28

Fonte: o autor (2020).

Após definir o tempo exato de cada época foi necessário processar todos os sinais para retirar os artefatos e possibilitar o cálculo do índice de Assimetria do Alfa Frontal (IAAF). Esta tarefa foi realizada pelo neurocientista parceiro e os passos adotados nesse procedimento são citados no Apêndice A.

6.7 QUESTÕES ESTATÍSTICAS DOS EXPERIMENTOS

A análise dos dados do ponto de vista estatístico é um grande aliado na pesquisa científica, pois permitem gerar uma série de dados relevantes: identificar valores médios, respostas discrepantes, comparação de resultados, interdependência de valores, revelar tendências e destacar o que é essencial ou eventual a partir de uma massa de dados (PINHEIRO et al., 2009, p.02).

Considerando as características e limitações da presente pesquisa, especialmente a pequena amostragem, buscou-se analisar estatisticamente alguns resultados do SIMU, do JOCO e do comparativo entre eles.

Todos os cálculos estatísticos desta pesquisa foram realizados pelo estatístico Victor Viana, com graduação e pós-graduação em Estatística pela UFPE, devidamente inscrito no CONFE¹⁵² e no CONRE-3¹⁵³.

Foi utilizado o *software online R Studio*¹⁵⁴, utilizado para cálculo estatístico de dados. Na sua cartela de clientes estão a *University of Oxford*, *University of Toronto*, *Janssen Pharmaceutical Companies* e a *AstraZeneca*¹⁵⁵.

As análises estatísticas serão citadas ao longo do próximo capítulo, referente às análises dos dados em seus respectivos tópicos.

¹⁵² Fonte: <http://www.confe.org.br/>.

¹⁵³ Fonte: <https://www.conre3.org.br/portal/>.

¹⁵⁴ Fonte: <https://rstudio.com/>.

¹⁵⁵ Fonte: <https://rstudio.com/about/customer-stories/>.

PARTE 3

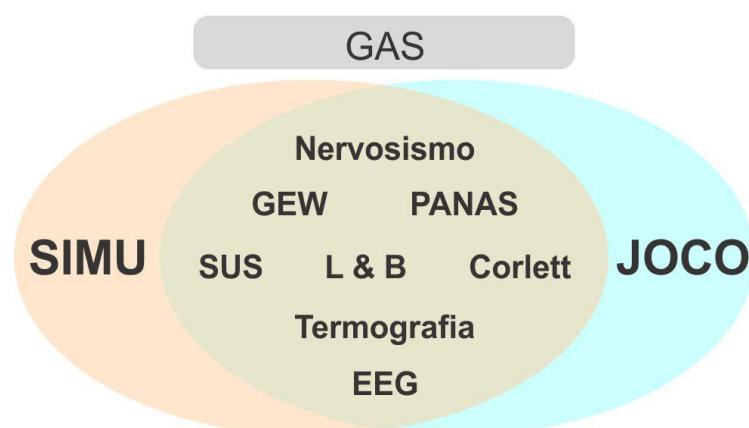
RESULTADOS

7 ANÁLISES E RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados das análises dos dados obtidos nos dois experimentos. O pesquisador se comprometeu a preservar os dados e manter a privacidade dos envolvidos conforme o Termo de Confidencialidade (Anexo L).

Conforme previsto nos aspectos metodológicos, a quantidade de informações obtidas foi extensa, conforme é possível visualizar na figura 116 abaixo. Considerando a intersecção da figura, observa-se que se cada ferramenta fosse analisada separadamente seriam necessários 17 subtópicos neste capítulo.

figura 116 - Ferramentas de coletas de dados utilizadas nesta tese



Fonte: o autor (2020).

Logo, buscou-se elaborar um capítulo que pudesse reunir os dados de maneira lógica considerando as particularidades de cada ferramenta de coleta de dados conforme o esquema sequencial da coleta de dados (figura 112, p.299).

O primeiro passo foi adotar cores para diferenciar uma informação do SIMU e outra do JOCO. Conforme visto na figura 116 supracitada, a **cor salmão** representará os dados do SIMU e a **cor azul** os dados do JOCO. Portanto, desta página em diante, as cores citadas aparecerão em figuras, tabelas e quadros para caracterizar o experimento ao qual pertence.

Buscando uma melhor maneira de comparar os resultados dos experimentos, optou-se em separar os subtópicos por ferramenta, inserindo os dados do SIMU e do JOCO em sequência, ou seja, um após o outro. Ao final de cada subtópico é apresentada uma síntese dos resultados, destacando as particularidades de cada

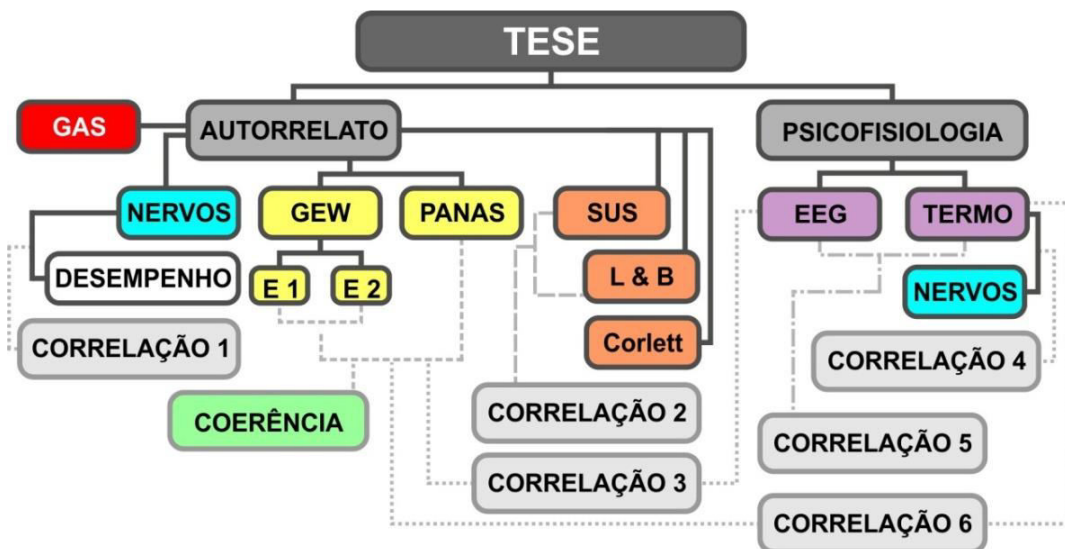
experimento e os resultados comuns aos dois, de acordo com o que foi proposto nos objetivos específicos.

7.1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES DA ANÁLISE DOS DADOS

Verificou-se a existência de quatro grupos de dados coletados: (I) Nível de intensidade do **nervosismo** e **desempenho** dos voluntários; (II) Questionários sobre a avaliação emocional: **GEW** e **PANAS**; (III) Questionários sobre a usabilidade, a experiência do usuário e o desconforto corporal: **SUS**, **L&B** e **Corlett**; IV) Ferramentas de captura psicofisiológica: **EEG** e **termografia**.

A Figura 117 abaixo apresenta o diagrama de atividades da análise de dados, onde é possível identificar as conexões entre os questionários de autorrelato, as ferramentas de mensuração psicofisiológica e suas correlações e coerência.

Figura 117 - Diagrama de atividades da análise dos dados



Fonte: o autor (2020).

Conforme proposto nos objetivos específicos foram realizadas análises de coerência e de correlação entre os resultados com o intuito de enfatizar a positividade ou a negatividade dos voluntários de acordo com os autorrelatos e as respostas psicofisiológicas. Ao todo ocorreu uma análise de coerência e seis de correlação, conforme lista abaixo:

- Coerência – GEW (Emoção 1 e Emoção 2) e PANAS;
- Correlação 1 – nível de nervosismo e desempenho dos voluntários;
- Correlação 2 – SUS e modelo híbrido de Leventhal e Barnes;
- Correlação 3 – EEG e valência emocional;
- Correlação 4 – Termografia e nível de nervosismo;
- Correlação 5 – Termografia e EEG.
- Correlação 6 – Termografia e valência emocional.

Os resultados de cada coleta de dados serão apresentados nos próximos tópicos. Quanto as análises de coerência e correlação, estas serão citadas após os resultados de suas referidas ferramentas, mantendo a sequência de apresentação dos resultados. Porém, antes dos resultados cabe abordar algumas particularidades dos dois experimentos.

7.1.1 Procedimentos introdutórios dos dois experimentos

Apesar das diferenças e das variáveis encontradas entre os experimentos SIMU e o JOCO, o objeto dos estudos correspondem às reações emocionais dos voluntários. Logo, buscou-se alinhar as variáveis dentro do possível, considerando as limitações dos sistemas computacionais, dos equipamentos utilizados e dos ambientes de pesquisa. O quadro 32 abaixo aponta alguns procedimentos antes do início dos experimentos.

Quadro 32 - Procedimentos introdutórios do SIMU e JOCO

Procedimentos introdutórios	SIMU	JOCO
Treinamento prévio	Não foi permitido, lembrando que os comandos são semelhantes a um veículo de verdade e todos os voluntários sabem dirigir.	Não foi permitido, mesmo sabendo que esta seria a primeira experiência de todos os voluntários com esse tipo de <i>cockpit</i> .
Participação do monitor nas salas de experimento	- Ajustes no distanciamento dos comandos do <i>cockpit</i> conforme a estatura do voluntário. - Procedimento de inicialização das três seções de atividades e suporte quando necessário.	
Seções de	- Cada seção corresponde ao percurso de apenas um trajeto,	- Cada seção corresponde ao percurso de um único trajeto,

atividades	uma única vez por rodada, totalizando três seções. - Intervalo médio de 35 segundos entre uma rodada e outra.	porém duas vezes por rodada, totalizando seis seções. - Intervalo médio de 20 segundos entre uma e outra.
Instruções dadas pelo pesquisador aos voluntários	- Agir como se estivesse em um veículo real em via pública. - Seguir as instruções do <i>software</i> considerando as leis de trânsito. - Percorrer a maior distância possível dentro do cronograma regressivo. - Ao final da rodada, verificar seu desempenho e buscar um melhor resultado na próxima seção de atividades.	- Agir como se estivesse em um veículo real em via pública. - Percorrer o trajeto no menor tempo possível (cronograma progressivo). - Ultrapassar todos os adversários e evitar colisões. - O câmbio de marchas não será utilizado. A marcha ré funciona ao pressionar o pedal de frenagem. - Seguir o <u>GPS aéreo</u> e as <u>placas de direcionamento</u> para não sair do trajeto proposto no desafio (Detalhes: figura 103, p.275). - Passar entre as <u>placas verticais de checkpoint</u> ao longo do trajeto (Detalhes: figura 104, p.276). - Assim que concluir a etapa, verificar o desempenho e obter melhor resultado na próxima.
Orientações durante o jogo	Não houve interferência do pesquisador nem do monitor. O <i>software</i> instrui os voluntários.	Idem ao SIMU.

Fonte: o autor (2020).

Estes procedimentos e instruções fizeram parte da logística dos experimentos e foram fundamentais para uniformizar e padronizar os resultados. Eles foram aplicados a todos os voluntários e não houve nenhuma irregularidade ou alteração. A seguir são apresentados os resultados, iniciando pelo questionário GAS e seguindo com os quatro grupos de dados.

7.1.2 Familiaridade com os sistemas computacionais

A tabela 7 a seguir mostra os resultados da Escala de Dependência em *Games*. A primeira linha identifica numericamente os voluntários, a primeira coluna indica os sete critérios e a segunda coluna informa de modo resumido o conteúdo das três perguntas de cada critério.

Tabela 7 - Resultado do Game Addiction Scale – GAS

Critério Perguntas resumidas		4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29
Saliência	1- Pensou jogar o dia todo	4	2	3	1	2	3	3	5	1	3	2	2	2
	2- Gastou tempo livre	3	3	2	3	2	2	5	4	3	2	3	3	3
	3- Se sente dependente	1	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1	1	1
Tolerância	4- Jogou mais que o desejado	3	3	3	4	3	3	5	5	3	3	4	3	2
	5- Gasta cada vez mais tempo	3	1	1	3	2	2	5	4	2	1	4	3	1
	6- Incapaz de parar no início	5	3	3	4	3	2	4	3	1	2	5	3	1
Modificação de humor	7- Joga p/esquecer vida real?	5	3	2	2	1	3	2	2	1	3	5	3	1
	8- Joga pra aliviar estresse?	3	3	1	3	2	2	5	2	1	3	4	3	1
	9- Joga pra se sentir melhor?	3	3	1	2	2	3	4	4	2	3	4	3	1
Recaída	10. Incapaz reduzir tempo?	4	2	3	1	3	2	4	3	1	1	2	1	2
	11. Ninguém reduz o tempo?	1	1	1	1	2	3	4	1	1	2	1	1	1
	12. Falha ao não reduzir?	3	1	1	1	2	2	5	3	1	1	2	2	1
Retirada	13. Sente mal ao não jogar?	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	2	1
	14. Se irrita ao não joga?	1	1	3	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1
	15. Se estressa sem jogar?	1	1	3	1	1	2	3	1	1	2	1	2	1
Conflito	16. Brigou devido ao tempo?	1	2	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
	17. Deixa de lado pessoas?	1	1	3	1	1	3	4	1	2	2	1	1	1
	18. Mentiu sobre tempo?	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1
Problemas	19. Evita dormir para jogar?	3	3	3	1	2	1	4	5	2	1	4	3	1
	20. Deixou de fazer tarefas?	1	2	1	2	1	1	4	1	1	3	1	2	1
	21. Sente mal jogando muito?	2	2	2	3	2	1	5	2	2	3	1	3	1
TOTAL de PONTOS		50	41	40	39	36	42	79	52	30	44	50	46	26

LEGENDA:

	(1) Nunca		(2) Raramente		(5) Muito frequentemente
	(3) Algumas vezes		(4) Frequentemente		

Fonte: o autor (2020).

Na tabela é possível observar que algumas pontuações estão em negrito e com fonte em tamanho maior. Essa configuração indica que o referido critério obteve pontuação para ser diagnosticado como “dependente”.

Observou-se que apenas o voluntário 18 pode ser considerado um potencial dependente em *games*, com seis dos sete critérios com pontuação elevada. O termo “potencial” foi usado por que uma única aplicação do GAS não é o suficiente para o diagnóstico final, sendo necessário investigar esta condição por 12 meses de acordo

com a *American Psychiatric Association* (2014). Apesar deste perfil, o voluntário foi mantido nos experimentos. O quadro 33 abaixo mostra um resumo com os três critérios de maior pontuação e as três perguntas de maior escore.

Quadro 33 - Questões mais relevantes do *Game Addiction Scale*

GAS – Respostas mais relevantes			
Destaque	Pts.	Item	Definição resumida
Maior pontuação	115	Tolerância	Necessidade cada vez maior que o usuário tem de permanecer envolvido com o jogo
	101	Modificação de humor	O jogo é uma alternativa plausível na busca por aliviar ou evitar um sentimento ou humor negativo
	90	Saliência	A relevância e importância do jogo para vida do usuário a ponto de dominar seus pensamentos e comportamentos
Perguntas de maior escore	44	<i>Você jogou por mais tempo do que pretendia?</i>	
	39	<i>Você foi incapaz de parar no início do jogo?</i>	
	38	<i>Você gastou muito do seu tempo livre com jogos eletrônicos?</i>	

Fonte: o autor (2020). Baseado em LEMOS et al. (2016) e IRLES et al. (2018).

Os resultados demonstram que o tempo gasto no uso é um fator importante na relação dos voluntários com *games*, sendo questionável do ponto de vista do período excessivo de uso e que pode ocupar demasiadamente seu tempo, distraíndo-os ao ponto de interromper suas responsabilidades e seus afazeres.

Considerando os critérios e perguntas com maior escore é possível argumentar que o uso de *games* é visto como uma alternativa válida para experimentar momentos de prazer ou alívio frente às diversas situações do dia a dia, desde a fuga de uma circunstância negativa, até uma condição de descanso, um instante de diversão ou um momento de ócio.

7.2 PRIMEIRO GRUPO DE DADOS: DESEMPENHO X NERVOSISMO

Tanto no SIMU quanto no JOCO os voluntários utilizaram o sistema por três rodadas seguidas. Logo, é improvável que o resultado do desempenho na primeira rodada seja o mesmo da terceira rodada. Afinal, a assimilação do conhecimento e o aprendizado fazem parte da experiência.

A literatura já apresentou diversas métricas e variáveis para análise de desempenho de usuários de jogos de entretenimento e *softwares* de treinamento (DRACHEN et al., 2013; JÄRVELÄ et al., 2015; LANDERS; BAUER, 2015; NUNES et al., 2018; OLIVEIRA; ROCHA, 2020; OLIVEIRA et al., 2020B). Optou-se em não utilizar um modelo específico de métrica.

Segundo Järvelä et al. (2015), a maioria dos jogos eletrônicos possui “uma ou mais métricas de desempenho inatas”. Logo, optou-se em utilizar as métricas de desempenho dos dois sistemas computacionais para análise, comparando os resultados da primeira e da terceira rodadas.

O Quadro 34 abaixo mostra as métricas que aparecem dos dois sistemas. Observa-se que, por ser um experimento de treinamento, o SIMU apresenta mais métricas do que o JOCO.

Quadro 34 - Métricas de desempenho do SIMU e do JOCO

EXPERIMENTO	MÉTRICA DE DESEMPENHO	NÍVEIS
SIMU	Pontos	0 - 10
	Objetivos	3
	Infrações	18 categorias
	Erro de condução	9 categorias
	Indicações não seguidas	Não identificado
JOCO	Tempo para conclusão da rodada	Minutos: segundos
	Posição no <i>ranking</i> de chegada	1º ao 8º

Fonte: o autor (2020).

Durante os experimentos observou-se que os voluntários se expressavam com maior intensidade (expressões faciais, movimentação corporal e relatos informais) quando colidiam bruscamente o veículo contra qualquer elemento. Como este também é um modo de expressarem suas emoções, optou-se em utilizar o número de colisões como elemento de desempenho além das métricas acima.

O demonstrativo do SIMU contabiliza as colisões dos participantes. Elas são consideradas erros graves, fazem parte do processo didático de condução veicular e estão inseridas na categoria “infração”. O JOCO não contabiliza as colisões por fazer parte do contexto de um jogo de velocidade.

Porém, ao observar o comportamento dos voluntários em colisões de alto impacto no JOCO, onde proferiram comentários negativos e demonstraram expressões faciais de reprovação, optou-se em considerar estas infrações como métricas de desempenho. No caso, o pesquisador precisou contabilizar visualmente as colisões do JOCO e esta contagem ocorreu duas vezes em todas as rodadas.

Porém, devido a alta quantidade de colisões do JOCO, optou-se em considerar apenas aquelas que causavam redução brusca na velocidade ou que paravam o veículo. Estas colisões bruscas geralmente ocorrem depois do veículo colidir contra qualquer edificação, equipamento urbano fixo, mobiliário urbano fixo e outros veículos. As demais colisões foram descartadas.

7.2.1 Desempenho dos voluntários nos experimentos

Utilizando três métricas dos *softwares* ProS.auto (SIMU) e *The Crew 2* (JOCO) foi possível observar o desempenho dos voluntários através do comparativo entre os resultados da primeira rodada com os da terceira rodada.

Segundo Tullis e Albert (2008), os erros cometidos, o tempo da tarefa e a eficiência estão entre os cinco tipos básicos de métrica de desempenho. Estas métricas estão entre as que foram analisadas.

7.2.1.1 Como os voluntários se saíram no SIMU?

A tabela 8 abaixo apresenta os resultados de três métricas de desempenho que são exibidos pelo demonstrativo do *software* ProS.auto: (I) número de **infrações**; (II) número de **erros de condução**; (III) número de **colisões**. A primeira coluna identifica os voluntários, as demais apresentam as três métricas em três colunas triplas, divididas por R1, R2 e R3 que representam, respectivamente, as rodadas 1, 2 e 3. Estes parâmetros se aplicam nos dois experimentos.

Os valores correspondem ao quantitativo de cada métrica. Nas colunas R1 estão na cor preta por serem os dados iniciais, sendo o padrão comparativo para as demais rodadas e corresponderem a seção inicial de familiaridade com o sistema.

Já os valores da R2 e da R3, que podem ser comparados a R1, aparecem em três cores conforme a seguinte condição: (I) cor **preta**, se o valor for o mesmo da

rodada anterior; (II) cor **azul**, se o número de ocorrências for menor que a rodada anterior, indicando redução da métrica; (III) cor **vermelha**, se o valor for maior que a rodada anterior, informando que houve aumento de ocorrências.

Tabela 8 - Demonstrativo dos resultados do desempenho no SIMU

Vol.	Infração			Erro de condução			Colisão		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
04	3	12	10	12	15	10	--	--	--
05	4	8	4	8	22	19	1	1	--
06	4	5	5	10	11	24	--	--	--
07	3	3	4	5	4	4	--	--	--
09	24	20	14	16	9	8	--	1	1
14	2	6	3	13	10	1	--	--	--
18	4	2	2	6	3	4	--	--	--
19	2	2	3	4	11	4	--	--	--
21	5	6	4	3	2	1	--	--	--
23	25	2	6	4	14	10	--	--	--
24	11	17	4	6	4	5	--	--	--
25	2	5	6	10	3	3	--	--	1
29	7	21	3	11	17	4	--	1	--

Fonte: o autor (2020).

A tabela 9 a seguir apresenta o desempenho dos voluntários comparando a rodada 1 (R1) com a rodada 3 (R3). O comparativo entre estas duas rodadas tem o objetivo de verificar se houve melhoria no desempenho entre a primeira e a última rodada. O número de colisões do SIMU foi muito baixo, por isso não aparece.

Observa-se que a tabela se divide em dois demonstrativos: o superior corresponde às **infrações** e o inferior mostra os **erros de condução**. Cada demonstrativo identifica os voluntários pelos números, divididos em colunas e cada um deles apresenta quatro dados: (I) o resultado da rodada 1; (II) o resultado da rodada 3; (III) a indicação comparativa entre as rodadas 1 e 3 conforme a posição da seta; (IV) o quantitativo de aumento ou queda da métrica.

Tabela 9 - O comparativo entre os desempenhos do SIMU

SIMU - Evolução dos desempenhos													
Infrações	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29
Rodada 1	3	4	4	3	24	2	4	2	5	25	11	2	7
Rodada 3	10	4	5	4	14	3	2	3	4	6	4	6	3
Resultado	↑	–	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓
	7	–	1	1	-10	1	-2	1	-1	-19	-7	4	-4
Erro cond.	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29
Rodada 1	12	8	10	5	16	13	6	4	3	4	6	10	11
Rodada 3	10	19	24	4	8	1	4	4	1	10	5	3	4
Resultado	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	–	↓	↑	↓	↓	↓
	-2	11	14	-1	-8	-12	-2	–	-2	6	-1	-7	-7

Fonte: o autor (2020).

A indicação comparativa que considera a posição da seta apresenta três resultados possíveis: (I) **evolução**, quando ocorre queda no número de transgressões (seta azul para baixo, ↓); (II) **involução**, se houver aumento de transgressões (seta vermelha para cima, ↑); (III) **estabilidade**, sem aumento ou queda de transgressões (duplo traço, --). O quantitativo indica

Esperava-se que após utilizar o *software* de treinamento por três vezes houvesse uma melhoria nos resultados da R3 se comparados com os obtidos na R1. Essa situação ocorreu no número de erros de condução, mas não obteve o mesmo êxito nas infrações.

Observa-se que no número de infrações houve equilíbrio entre os que reduziram (n=6) e os que aumentaram (n=6) o número dessa transgressão. Já o número de erros de condução apresentou maior evolução, com nove resultados de reduções contra três resultados de aumentos.

Quanto aos gêneros, os homens (cujo número de identificação é acima de 10) foram os que mais evoluíram no número de infrações (5/8 dos homens) e no número de erros de condução (6/8 dos homens). As mulheres (com número de identificação menor que 10) aumentaram o número de infrações (3/5), mas conseguiram reduzir o número de erros (3/5), porém numa porcentagem inferior a dos homens.

Acredita-se que os voluntários se sentiram pressionados ao serem instruídos a percorrerem a maior distância possível. Esta instrução foi necessária porque foi observado nos testes pilotos que os voluntários utilizaram as duas primeiras rodadas

para aprender a utilizar o sistema, deixando para se concentrarem apenas na terceira rodada. Dessa maneira, “gastavam” o tempo lendo as instruções no *display*, visualizando os cenários e “treinando” os comandos para depois se empenharem.

7.2.1.2 O desempenho com o jogo eletrônico

Os resultados dos desempenhos do experimento **JOCO** são apresentados na tabela 10 abaixo, sob a ótica de três métricas: (I) **Medidas de tempo**; (II) **Classificação final**; (III) **número de colisões**. Vale lembrar que cada ciclo de atividades (rodadas) do JOCO exige que o usuário percorra o trajeto duas vezes. Logo, os voluntários percorreram o trajeto seis vezes.

Tabela 10 - Demonstrativo dos resultados do desempenho no JOCO

Vol.	Medida de tempo			Classificação			Colisões		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
04	04:15	02:52	02:39	8º	8º	8º	29	15	8
05	05:11	03:06	03:32	8º	8º	8º	21	15	13
06	03:42	03:18	03:14	8º	8º	8º	23	16	24
07	03:15	03:21	02:48	8º	8º	8º	13	16	16
09	04:44	04:29	04:12	8º	8º	8º	36	19	31
14	02:42	02:38	02:25	8º	8º	7º	10	11	10
18	03:22	02:41	02:34	8º	8º	8º	11	11	9
19	02:26	02:23	02:23	7º	6º	6º	6	7	7
21	04:23	03:14	03:58	8º	8º	8º	14	21	19
23	02:53	02:26	02:27	8º	8º	7º	7	8	14
24	03:18	02:35	02:39	8º	8º	8º	10	11	16
25	03:31	02:40	02:33	8º	8º	8º	14	15	19
29	04:02	03:10	02:58	8º	8º	8º	27	14	17

Fonte: o autor (2020).

As **medidas de tempo** correspondem aos minutos e segundos gastos para concluir cada rodada. Os milésimos também são informados pelo *software*, mas optou-se em não informá-los. A **classificação** indica os números ordinais da colocação ao final da rodada. O oitavo lugar corresponde à última posição e é

justamente a colocação em que o voluntário inicia a corrida. Já os valores das **colisões** compreendem a somatória das colisões bruscas ao final de cada rodada.

A tabela 11 apresenta um resumo dos resultados e se divide em três demonstrativos: **Tempo** de conclusão da rodada (superior); **Classificação** na linha de chegada (central); Número de **colisões** (inferior). Cada demonstrativo identifica os voluntários numericamente e apresenta os resultados da R1 e da R3.

Tabela 11 - O comparativo entre os desempenhos do JOCO

JOCO - Evolução dos desempenhos													
Tempo	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29
Rodada 1	04:15	05:11	03:42	03:15	04:44	02:42	03:22	02:26	04:23	02:53	03:18	03:31	04:02
Rodada 3	02:39	03:32	03:14	02:48	04:12	02:25	02:34	02:23	03:58	02:27	02:39	02:33	02:58
Resultado	↓ 01:36	↓ 01:39	↓ 00:28	↓ 00:27	↓ 00:32	↓ 00:17	↓ 00:48	↓ 00:03	↓ 00:25	↓ 00:26	↓ 00:39	↓ 00:58	↓ 01:04
Classifica	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29
Rodada 1	8º	8º	8º	8º	8º	8º	8º	7º	8º	8º	8º	8º	8º
Rodada 3	8º	8º	8º	8º	8º	7º	8º	6º	8º	7º	8º	8º	8º
Resultado	--	--	--	--	--	↑ 1	--	↑ 1	--	↑ 1	--	--	--
Colisões	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29
Rodada 1	29	21	23	13	36	10	11	6	14	7	10	14	27
Rodada 3	8	13	24	16	31	10	9	7	19	14	16	19	17
Resultado	↓ -21	↓ -8	↑ 1	↑ 3	↓ -5	--	↓ -2	↑ 1	↑ 5	↑ 7	↑ 6	↑ 5	↓ -10

Fonte: o autor (2020).

Quanto ao tempo gasto para concluir as rodadas, a tabela aponta que todos os voluntários conseguiram melhorar os seus resultados. Isso indica que o desempenho no uso do sistema melhorou nesse quesito conforme ele foi sendo utilizado. Quanto à classificação após a chegada, apesar das reduções no tempo, apenas três voluntários melhoraram as suas classificações.

No caso das colisões, apenas cinco voluntários evoluíram nesse aspecto reduzindo o número dessa transgressão da R1 para R3. Foi um resultado discreto, especialmente porque o *game* permitiu aos voluntários percorrerem o percurso por seis vezes, dois por rodada.

Quanto aos gêneros, enquanto todos os participantes melhoraram o tempo de conclusão das rodadas, os participantes masculinos foram os únicos a apresentarem evoluções na classificação ($n=3$) e o feminino foi o que proporcionalmente mais diminuiu o número de colisões.

Embora os resultados dos desempenhos no SIMU e no JOCO tenham evidenciado evoluções e involuções importantes dentro das narrativas dos dois *softwares*, as métricas são diferentes e não foi cogitada a análise comparativa entre elas. Porém, o nervosismo é um elemento comum nos dois experimentos, podem ser analisados quanto a sua influência no desempenho dos voluntários e serão verificados a seguir.

7.2.2 Voluntários em estado de nervos

Os resultados sobre o nervosismo de pessoas em experimentos podem ser obtidos tanto de maneira subjetiva, através do uso de questionários de autorrelato, quanto de modo objetivo, através do uso de equipamentos de mensuração psicofisiológica. Os próximos tópicos apresentarão os resultados do nível de intensidade do nervosismo após responderem aos questionários.

7.2.2.1 O nervosismo no treinamento

A tabela 12 abaixo apresenta o resultado dos quatro questionários “Nervos”, conforme a primeira coluna. A segunda linha traz a identificação dos voluntários e a última coluna intitulada “M” apresenta a média dos valores de cada etapa.

Tabela 12 - SIMU – A intensidade do nervosismo no treinamento

SIMU – INTENSIDADE DE NERVOSISMO														
Voluntário	04	05	06	07	09	14	18	19	21	23	24	25	29	M
Inicial	5	4	4	3	6	5	3	3	2	1	5	2	5	3,69
Pré-Game	7	6	6	6	8	6	3	4	2	3	7	4	5	5,15
Pós-Game	5	8	4	8	9	6	6	6	1	7	9	5	1	5,76
Final	4	1	1	2	5	4	1	1	1	4	4	1	1	2,3

Fonte: o autor (2020).

Os valores da etapa Inicial aparecem na cor preta por serem os primeiros dados a serem comparados. As cores dos demais correspondem ao aumento (cor vermelha), a instabilidade (cor preta) ou a queda (cor azul) do nervosismo.

A média de 3,69 pontos do Nervos Inicial indicou certa inquietação dos voluntários antes do contato com o sistema e algumas causas podem ter contribuído, tais como o fato de saberem que estão sendo monitorados e a expectativa gerada pela participação nos experimentos, em consonância com o que foi verificado nas pesquisas Van Peer et al. (2014) e Oliveira et al. (2019). Comportamentos de inquietude e declarações informais proferidas momentos antes do início do experimento corroboram com esta condição de nervosismo inicial.

A média do Nervos Pré-Game foi de 5,15 pontos, um aumento de 39,56% com relação a etapa Inicial. A ansiedade experimentada momentos antes da participação pode ser o principal motivo deste aumento, pois os voluntários se encontravam acomodados no *cockpit*, com o Emotiv Epoc+ instalado e o *software* Emotiv Pro em pleno funcionamento realizando as leituras cerebrais.

A média do Nervos Pós-Game foi de 5,76 pontos, um aumento de 11,84% se comparado ao Pré-Game e de 56,09% se comparado com a etapa Inicial. Esta foi a **maior média de nervosismo de todo o experimento** e acredita-se que este resultado tenha sido uma resposta ao nível de concentração e ansiedade.

A média do Nervos Final apresentou 2,3 pontos, uma queda considerável de 60% se comparado ao Pós-Game. Esta coleta ocorreu após o período da aclimação final. Verificou-se uma queda de 36,7% se comparado com o nervosismo inicial, se tornando o **menor nível de nervosismo** do SIMU. Implica dizer que a expectativa antes da participação apresentou um nervosismo geral maior do que após o experimento.

7.2.2.2 O nervosismo também ocorre na diversão

A tabela 13 a seguir apresenta os resultados do experimento JOCO e a última coluna mostra as médias de cada etapa. Na etapa Inicial, a média de 3,15 pontos de intensidade também traz indícios de algum nível de nervosismo antes da participação. A métrica Nervos Pré-Game indicou um pequeno aumento de 9,84% com relação com a etapa Inicial, resultando em 3,46 pontos. Isso indica que a

expectativa observada instantes antes do início do experimento não se refletiu tanto no nervosismo, ao contrário do que foi observado no SIMU.

Após o experimento (Nervos Pós-Game), observou-se um aumento considerável de 64,45% se comparado ao Nervos Pré-Game e de 80,63% com o Nervos Inicial, evidenciando que a etapa Pós-Game foi a que apresentou o **maior nível de nervosismo** deste experimento.

Tabela 13 - JOCO – A intensidade do nervosismo no entretenimento

JOCO – INTENSIDADE DE NERVOSISMO														
Voluntário	04	05	06	07	09	14	18	19	21	23	24	25	29	M
Inicial	4	2	1	4	6	2	4	2	2	2	5	3	4	3,15
Pré-Game	4	4	1	5	7	4	2	1	2	4	7	3	1	3,46
Pós-Game	10	1	2	8	8	4	3	4	6	7	9	5	7	5,69
Final	4	1	1	3	3	4	1	1	2	4	4	1	1	2,3

Fonte: o autor (2020).

Mesmo diante um jogo de entretenimento, os desafios propostos podem ter aumentado a ansiedade e o nervosismo. Destaque para a demonstração de indignação generalizada verificada pelas declarações informais dos voluntários, provavelmente por acreditarem que seria um experimento mais fácil que o SIMU.

O Nervos Final apresentou média de 2,3 pontos, a **menor média do JOCO** e uma considerável redução de 59,5% se comparado ao Pós-Game e 27% a menos que o nervosismo Inicial. Coincidentemente esta foi a mesma média do Nervos Final do SIMU. A tabela 14 abaixo apresenta os resultados da média de nervosismo por gênero em cada etapa.

Tabela 14 - Médias de nervosismo por gênero

Exper.	Gênero	Inicial	Pré-Game	Pós-Game	Final	Geral
SIMU	Feminino	4,4	6,6	6,8	2,6	5,10
	Masculino	3,25	4,25	5,12	2,12	3,68
JOCO	Feminino	3,4	4,2	5,8	2,4	3,95
	Masculino	3	3	5,62	2,25	3,46

Fonte: o autor (2020).

Verifica-se que o público feminino foi o que apresentou as maiores médias de intensidade do nervosismo nos dois experimentos. As médias do jogo de entretenimento (JOCO) foram menores do que a média do *software* de treinamento.

7.2.3 Correlação 1 – o nervosismo e o desempenho dos voluntários

O nervosismo pode influenciar no resultado final de uma experiência? Embora não haja intenção de investigar os motivos que comprovem ou não essa questão, optou-se em analisar a possível correlação entre os resultados do desempenho e o nível do nervosismo.

A análise utilizou os relatos da etapa *Pós-Game*, exatamente após a conclusão da participação no SIMU e no JOCO, por apresentarem os resultados mais significativos. Quanto ao desempenho, foram utilizados os dados das linhas “Resultado” das tabelas 09 e 11 (p.323 e p.325 respectivamente), pois apresentam a diferença de pontos entre a R1 e R3 que indica evolução ou involução das métricas.

7.2.3.1 O nervosismo influenciou no desempenho do treinamento?

Utilizando os resultados das tabelas 09 e 12 (p.323 e p.326 respectivamente) foi possível desenvolver a tabela 15 abaixo. Optou-se em organizar na primeira coluna dupla, em ordem decrescente, o nível de intensidade do nervosismo e a identificação dos voluntários (Vol.). A segunda coluna dupla apresenta os resultados da infração (coluna **R1→R3**) e seus respectivos voluntários (Vol.) e na terceira coluna dupla o número de erros de condução (**R1→R3**) e os voluntários (Vol.).

Os voluntários das cinco maiores valores do nervosismo possuem a célula na cor laranja, e os cinco menos valores apresentam células na cor verde. Na segunda e terceira colunas, os valores positivos (na cor azul) correspondem às reduções e os negativos (na cor vermelha) indicam aumento nos valores.

Tabela 15 - SIMU – Correlações entre o nervosismo e o desempenho

Nível nervosismo		Infração		Erro de condução	
Pós-Game	Vol.	R1→R3	Vol.	R1→R3	Vol.
9	9	19	23	12	14
9	24	10	9	8	9

8	5	7	24	7	25
8	7	4	29	7	29
7	23	2	18	2	4
6	14	1	21	2	18
6	18	-	5	2	21
6	19	-1	6	1	7
5	4	-1	7	1	24
5	25	-1	14	-	19
4	6	-1	19	-6	23
1	21	-4	25	-11	5
1	29	-7	4	-14	6

Fonte: o autor (2020).

Observou-se que dos cinco voluntários mais nervosos, três deles (Vol. 23, 9 e 24) estão entre os que mais reduziram o número de infrações. Enquanto dois voluntários de média intensidade do nervosismo (nível 5) foram os que mais aumentaram o número de infrações (Vol. 4 e 25).

Quanto aos erros de condução, os resultados não apresentam correlações diretas, porém mostrou uma tendência que aponta que os mais nervosos foram os que menos reduziram os erros e dois deles aumentaram essa transgressão (Vol. 5 e 23). Enquanto isso, quatro dos menos nervosos reduziram o número de erros de condução (Vol. 4, 25, 21, 29).

Portanto, verificou-se que o nível de intensidade do nervosismo apresenta alguma correlação com o número de infrações cometidas.

7.2.3.2 O entretenimento pode ser influenciado pelo nervosismo?

Com os dados das tabelas 11 e 13 (p.325 e p.328 respectivamente) foi desenvolvida a tabela 16 abaixo, com quatro métricas divididas por colunas duplas.

Tabela 16 - JOCO – Correlações entre o nervosismo e o desempenho

Nível nervosismo		Tempo (R3 → R1)		Classificação		Colisões	
Pós-Game	Vol.	Medida	Vol.	Posição	Vol.	Quant.	Vol.
10	4	01:39	5	6º	19	21	4
9	24	01:36	4	7º	14	10	29

8	7	01:04	29	7º	23	8	5
8	9	00:58	25	8º	4	5	9
7	23	00:48	18	8º	24	2	18
7	29	00:39	24	8º	7	-	14
6	21	00:32	9	8º	9	-1	6
5	25	00:28	6	8º	29	-1	19
4	14	00:27	7	8º	21	-3	7
4	19	00:26	23	8º	25	-5	21
3	18	00:25	21	8º	18	-5	25
2	6	00:17	14	8º	6	-6	24
1	5	00:03	19	8º	5	-7	23

Fonte: o autor (2020).

A primeira métrica apresenta o valor do Nervos Pós-Game e os voluntários correspondentes. A segunda métrica exibe os tempos que correspondem às diferenças entre a R1 e a R3. A cor azul dos valores evidencia que houve evolução de todos os voluntários e estes foram devidamente rearranjados na coluna ao lado.

Verifica-se que não há correlação entre o nervosismo e o tempo de conclusão das rodadas. Inclusive as duas maiores reduções de tempo foram obtidas pelo voluntário mais nervoso (Vol. 04) e pelo menos nervoso (Vol. 05).

A terceira métrica informa a classificação final após a R3, sendo a mais estável de todas com apenas três evoluções. As duas melhores colocações (6º e 7º) foram obtidas pelos voluntários com menor redução no tempo (Vol. 14 e 19).

A quarta métrica considera o número de colisões, com quedas (cor azul) e aumentos (cor vermelha). Apenas cinco voluntários reduziram o número de colisões e não foi encontrada correlação com o índice de nervosismo.

7.2.3.3 A síntese sobre o nervosismo e o desempenho

Uma maneira sucinta de analisar as semelhanças e diferenças encontradas nos resultados dos experimentos SIMU e JOCO foi à elaboração de quadros síntese. Sendo um resumo do que é apresentado nos gráficos, tabelas, quadros e figuras, estes quadros também trazem informações complementares.

Portanto, a partir deste subtópico, todas as análises de dados serão encerradas com um quadro síntese. Com os dados do SIMU e do JOCO lado a lado será possível verificar os resultados de três maneiras diferentes:

1. Ambos (A) – quando os resultados do SIMU (terceira coluna) e do JOCO (quarta coluna) forem comuns aos dois experimentos.
2. Comparativos (C) – quando os resultados do SIMU e do JOCO puderem ser comparados entre si;
3. Destaques (D) – quando os resultados forem relevantes, porém sem haver necessariamente alguma comparação entre os experimentos. Atenção: os dados desta categoria, mesmo sendo inseridos nas colunas SIMU ou JOCO, não têm relação direta com um experimento ou o outro. Ou seja, são destaques verificados de modo geral.

Os quadros síntese também irão considerar os gêneros quando a diferença entre os resultados for relevante. A porcentagem de respostas do público feminino considerou a fração 5/5, o público masculino considerou a fração 8/8 e para todos os participantes foi considerada a fração 13/13. Ou seja, o termo “5/8 do público masculino” significa que cinco dos oito voluntários atende a variável em questão.

O quadro 35 abaixo traz a síntese dos resultados do nervosismo. A primeira coluna “I” indica a numeração de identificação dos itens analisados. A coluna “R” refere-se ao “Resultado” de uma das três categorias supracitadas. Tanto a coluna “SIMU” quanto a “JOCO” incluem os resultados específicos desses experimentos.

Caso o resultado do SIMU e do JOCO sejam iguais, não haverá divisão de colunas, ou seja, o texto ocupará uma única linha, como observado no Item 1 do quadro abaixo. A coluna “Fonte” indica a tabela, figura ou quadro onde é possível conferir os resultados dos respectivos itens.

Quadro 35 - Síntese dos resultados do nervosismo

I	R	Síntese do Nervosismo		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	Os voluntários femininos foram os que apresentaram as maiores médias de intensidade do nervosismo em todas as etapas dos experimentos.		Tabela 14
2	A	A etapa Pós-Game foi a que apresentou as maiores médias de nervosismo nos dois experimentos.		Tabela 14
3	A	A maioria dos voluntários (12 do SIMU e 9 do JOCO) relatou nervosismo menor na etapa Final se comparada ao Pré-Game. Isso indica restabelecimento da tranquilidade após a aclimação final .		Tabelas 12 e 13
4	A	As médias de nervosismo das etapas Inicial, Pré-Game e Pós-Game		Tabelas

		foram maiores no SIMU. Houve empate na média da etapa Final.	12 e 13
5	D	No SIMU houve a maior média do nervosismo dentre as oito etapas (quatro SIMU, quatro JOCO). Ocorreu na etapa Pós-Game, com 5,76 pontos.	Tabelas 12 e 13

Fonte: o autor (2021).

O quadro 36 abaixo apresenta uma síntese dos resultados da correlação entre o nervosismo e o desempenho dos voluntários. Os itens 1, 2 e 3 permitiram comparar os resultados dos dois experimentos.

Quadro 36 - Síntese da correlação Nervosismo x Desempenho

I	R	Síntese da correlação Nervosismo x Desempenho		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	C	De modo geral, o público masculino foi o que mais evoluiu no SIMU. Vale lembrar que este público foi o que apresentou menos nervosismo.	De modo geral, o público feminino foi o que mais evoluiu no JOCO. Vale lembrar que este foi o público que apresentou mais nervosismo.	Tabelas 09, 11, 12 e 13
2	C	No SIMU, os voluntários masculinos foram proporcionalmente os que mais reduziram o número de infrações (5/8) e de erros de condução (6/8).	No JOCO, os voluntários femininos foram proporcionalmente os que mais diminuíram o número de colisões (3/5) e o tempo de conclusão da R1 para R3 (média de 56,4 segundos contra 35s do masculino).	Tabelas 09 e 11
3	C	O maior número de evoluções do SIMU ocorreu nos erros de condução (9/13), seguido pelo número de infrações (6/13).	O maior número de evoluções do JOCO foi na redução do tempo (13/13), seguida pela redução no número de colisões (5/13) e pela melhoria na classificação (3/13).	Tabelas 09 e 11
4	D	(*) Quatro dos cinco voluntários menos nervosos evoluíram nos erros de condução .	(**) Todas as evoluções na classificação final foram de voluntários masculinos (n=3).	* Tab 15 ** Tab 11
5	D	(***) Três dos cinco voluntários mais nervosos foram os que mais evoluíram nas infrações	--	*** Tab 15
6	D	--	Três dos voluntários mais nervosos aumentaram o número de colisões, ou seja, involuíram.	-- Tab 16

Fonte: o autor (2021).

O termo “Tab” presente na última coluna significa “Tabela”. Os resultados gerados permitiram identificar alguns comportamentos distintos de cada gênero

relacionados ao desempenho e o nervosismo. A seguir serão apresentados alguns resultados estatísticos sobre as respostas da intensidade do nervosismo.

7.2.4 O nível do nervosismo estatisticamente falando

Para verificar o resultado do nervosismo sob a ótica estatística foi aplicado o **Teste de Friedman** por este ser um teste não-paramétrico que estuda um mesmo grupo de indivíduos em momentos diferentes. Esse teste implica nas seguintes hipóteses estatísticas:

- H_0 : Não há diferença entre as medianas¹⁵⁶ das etapas;
- H_1 : Há diferença entre as medianas em pelo menos uma das etapas.

O resultado gerou um **p-valor** de **0.0000348**, ou seja, um p-valor menor que o nível de significância (α) de 0.05, que traz evidências suficientes para rejeitar a H_0 .

Para uma análise mais detalhada, buscando saber quais etapas possuem diferenças entre as medianas, foi utilizado o **Teste de Wilcoxon** (Mann-Whitney) juntamente com a correção de **Bonferroni**. Este teste também é do tipo não paramétrico, livre de distribuição (MORETTIN, 2010, p.372).

7.2.4.1 SIMU - A estatística e o nervosismo no treinamento.

No SIMU, os resultados do p-valor ajustados par a par estão na tabela 17 abaixo, considerando as quatro etapas e suas possíveis combinações de intervalos.

Tabela 17 - SIMU - Análise estatística do nervosismo: diferenças medianas

Etapas	Inicial	Pré-Game	Pós-Game
Pré-Game	0.025	-	-
Pós-Game	0.236	1	-
Final	0.093	0.013	0.022

Fonte: Viana (2021).

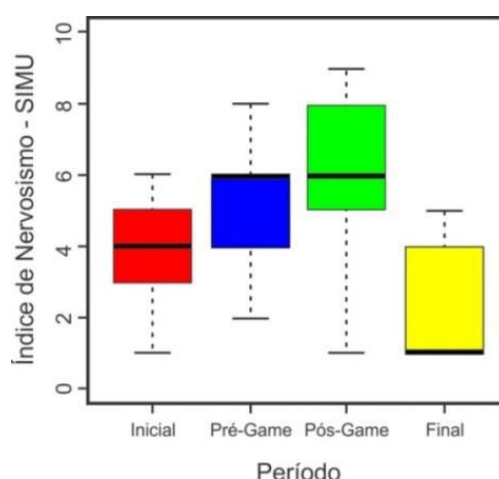
¹⁵⁶ Mediana: corresponde ao valor médio obtido num grupo de números ordenados pela ordem de grandeza.

Os valores na **cor azul** estão acima do nível de significância de 0.05, o que significa que não se rejeita H_0 , ou seja, não há diferença entre os índices de nervosismo dos voluntários nestas etapas par a par, sendo eles: Inicial x Final, Inicial x Pós-Game e Pré-Game x Pós-Game.

Os valores em **vermelho** estão abaixo do nível de significância de 0.05, ou seja, significa que há diferença entre os índices de nervosismo dos voluntários nestas etapas par a par, sendo eles: Inicial x Pré-Game, Pré-Game x Final e Pós-Game x Final.

O gráfico 1 de **boxplot** (diagrama de caixa) abaixo apresenta uma leitura visual para o resultado obtido com o Teste de Wilcoxon, facilitando e fortalecendo a avaliação da distribuição empírica dos dados. A mediana é representada pela linha horizontal na cor preta, mais espessa, presente em todas as “caixas”.

Gráfico 1 - SIMU – Diferenças entre as medianas do nervosismo



Fonte: Viana (2021).

A intensidade do nervosismo aparece no gráfico, na reta vertical das ordenadas sob o título “Índice de Nervosismo - SIMU”, enquanto as quatro etapas do experimento SIMU estão na linha horizontal das abscissas sob o título “Período”.

Observa-se que as medianas do Pré-Game e do Pós-Game são muito próximas, comprovando o fato do seu p-valor ter sido bastante alto (valor = 1), dando evidências suficientes para não rejeitarmos H_0 . Logo, não há diferença entre as medianas destas duas etapas.

7.2.4.2 JOCO - A estatística e o nervosismo no entretenimento.

O JOCO utilizou os mesmos testes estatísticos e procedimentos do SIMU. Os resultados do p-valor ajustado par a par estão inseridos na tabela 18 abaixo.

Tabela 18 - JOCO - Análise estatística do nervosismo: diferenças medianas

Etapas	Inicial	Pré-Game	Pós-Game
Pré-Game	1	-	-
Pós-Game	0.024	0.086	-
Final	0.732	0.21	0.022

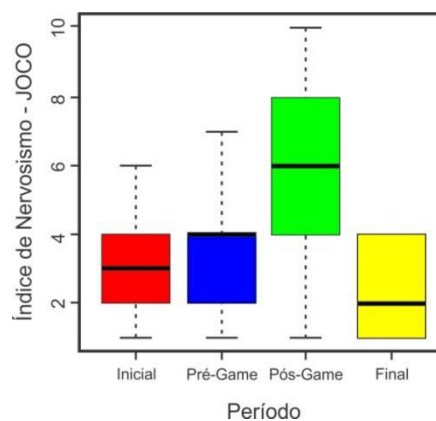
Fonte: Viana (2021).

Observa-se que quatro dos seis intervalos analisados apresentam nível de significância acima de 0.05: *Pré-Game* x *Pós-Game*, *Pré-Game* x Final, Inicial x Final e Inicial x *Pré-Game*. Estes valores indicam que não há diferença entre os índices de nervosismo dos voluntários nestas quatro etapas par a par, logo, não se rejeita H_0 .

Isso implica dizer que, ao comparar o SIMU e o JOCO, o experimento de entretenimento foi o que apresentou mais resultados que não rejeitaram a H_0 , ou seja, que não há diferença entre as medianas das etapas.

O gráfico 2 *boxplot* abaixo mostra uma leitura visual para o resultado obtido com o Teste de Wilcoxon, facilitando a avaliação da distribuição empírica dos dados.

Gráfico 2 - JOCO – Diferenças entre as medianas do nervosismo



Fonte: Viana (2021).

No gráfico é possível verificar que as medianas do Inicial e do Pré-Game são muito próximas, o que comprova o seu p-valor igual a 1, considerado alto, verificado na tabela 18 citada acima e dando evidências suficientes para não rejeitarmos H_0 .

7.3 SEGUNDO GRUPO DE DADOS: VALÊNCIA POSITIVA OU NEGATIVA?

Os voluntários foram instruídos a opinarem sobre as emoções que estavam sentindo em três das cinco etapas: Pré-Game, Pós-Game e Final. Foram utilizados dois questionários: GEW e PANAS. Nos próximos subtópicos a seguir são apresentados os resultados do questionário GEW no SIMU e no JOCO.

7.3.1 A roda das emoções no treinamento

Devido à diversidade e a quantidade de respostas dos três questionários GEW, optou-se em divulgar todos os resultados em apenas um quadro. Logo, foi possível ter uma visão geral dos resultados, através do quadro 37 abaixo, facilitando a compreensão e permitindo a verificação das alterações (ou não) das emoções entre as etapas, considerando a valência, a excitação e intensidades.

Quadro 37 - SIMU - Resultado global do GEW

Vol.	Pré-Game				Pós-Game				Final			
	E1	int.	E2	int.	E1	int.	E2	int.	E1	int.	E2	int.
4	Interesse	5	Alegria	5	Decepção	5	Diversão	4	Alívio	4	Alegria	3
5	Interesse	4	Medo	3	Vergonha	5	Medo	4	Alívio	5	Diversão	4
6	Interesse	5	Diversão	5	Interesse	5	Medo	3	Alívio	5	Content.	3
7	Interesse	4	Content.	3	Interesse	4	Orgulho	5	Diversão	5	Content.	4
9	Vergonha	4	Interesse	4	Medo	4	Interesse	4	Alívio	4	Orgulho	3
14	Alegria	5	Diversão	5	Decepção	5	Content.	5	Prazer	5	Alívio	4
18	Admiração	5	Interesse	5	Vergonha	3	Culpa	2	Interesse	4	Alívio	4
19	Interesse	5	Prazer	4	Interesse	5	Decepção	3	Content.	5	Alívio	5
21	Interesse	5	Diversão	4	Prazer	5	Diversão	5	Interesse	5	Prazer	5
23	Interesse	5	Alegria	4	Culpa	5	Decepção	4	Prazer	5	Admiração	4
24	Interesse	5	Prazer	4	Diversão	5	Alegria	4	Interesse	5	Alegria	4
25	Interesse	5	Prazer	5	Decepção	5	Interesse	5	Interesse	5	Prazer	5
29	Interesse	5	Alegria	5	Decepção	5	Vergonha	5	Diversão	5	Alegria	5

Fonte: o autor (2020).

O quadro 37 identifica cada voluntário na primeira coluna (Vol.). Depois são apresentadas três colunas representando as etapas de coleta de dados e cada uma delas possui quatro subcolunas. Os títulos das subcolunas significam: (I) “E1”, apresenta a emoção mais importantes; (II) “E2”, traz a segunda emoção mais importante; (III) “Int.”, indica a intensidade da E1 e da E2.

Observa-se que as células das emoções possuem as quatro cores que representam os quadrantes, conforme definido no quadro 26 (p.281), sendo possível verificar qual a família e o quadrante de cada emoção escolhida.

Etapas Pré-Game: experiência positiva e estimulante (alta excitação) -

Observou-se cenários de valência semelhantes na Emoção 1 e na Emoção 2, sendo 12 respostas positivas e a maioria delas corresponde a família ALEGRIA. Ou seja, a maioria dos voluntários encarou os momentos antecedentes ao experimento como atrativos e positivos, além de se sentirem estimulados (alta excitação) para participarem do SIMU.

Confirmando o que observado nos testes pilotos, a opção Interesse predominou entre as escolhas da emoção mais importante (E1). As escolhas da E2 foram mais diversificadas. Acredita-se que a expectativa em participar influenciou nas escolhas pelo item “Interesse”.

Etapas Pós-Game: experiência negativa e de baixa excitação - Após as três rodadas houve aumento nas valências negativas da Emoção 1 (de um para oito), a maioria foi da família TRISTEZA e a emoção mais citada foi “decepção”.

Este resultado pode ter alguma correlação com o desempenho dos voluntários, pois apenas seis dos treze voluntários reduziram o número de infrações da R1 para R3, e nove reduziram o número de erros de condução (tabela 9, p.323).

Etapas Final: restabelecimento das condições favoráveis - Após a aclimação final, um pouco mais de 10 minutos após o experimento, os voluntários apresentaram valência positiva, ou seja, houve restabelecimento da tranquilidade observada no Pré-Game nas Emoções 1 e 2. Houve aumento nas respostas de “Alívio”, da família CONTENTAMENTO, que também indica baixa excitação.

A tabela 19 a seguir indica a quantidade de valências positivas e negativas (VP e VN, respectivamente) e a intensidade da excitação alta e baixa (EA e EB, respectivamente) em cada etapa, tanto na E1 quanto na E2. Também é possível observar a porcentagem das valências em cada etapa. A célula amarela indica qual

valência foi a de maior destaque em cada etapa. Mais uma vez é possível verificar que a valência positiva predominou no SIMU, com apenas uma etapa “negativa”.

Tabela 19 - SIMU - Evolução da valência e excitação do GEW

SIMU	Pré-Game				Pós-Game				Final				Total Geral
	E1	%	E2	%	E1	%	E2	%	E1	%	E2	%	
VP	12	92,3	12	92,3	5	38,5	7	53,8	13	100	13	100	62
VN	1	7,7	1	7,7	8	61,5	6	46,2	-	-	-	-	16
EA	11	84,6	12	92,3	6	46,2	8	61,5	8	61,5	7	53,8	52
EB	2	15,4	1	7,7	7	53,8	5	38,5	5	38,5	6	46,2	26

Fonte: o autor (2020).

Outra análise pode ser verificada na tabela 20 abaixo que apresenta o quantitativo geral, ou seja, a soma das Emoções 1 e 2 por quadrante, divididos por etapas. O quadrante 1 obteve mais respostas na etapa Pré-Game enfatizando o domínio da valência positiva antes do experimento.

Na etapa Pós-Game, o Q 3 teve grande aumento e se igualou ao Q 1. Na etapa Final, o quadrante 1 voltou a predominar, porém acompanhado pelo aumento do Q 4 (família CONTENTAMENTO), finalizando com o total de valência positiva.

Tabela 20 - SIMU - Quantitativo de escolhas por quadrantes

QUADRANTE		Pré-Game	Pós-Game	Final	TOTAL
Q1	ALEGRIA	22	11	15	48
Q2	RAIVA	1	3	-	4
Q3	TRISTEZA	1	11	-	12
Q4	CONTENTAMENTO	2	1	11	14

Fonte: o autor (2020).

7.3.1.1 A experiência de entretenimento e as emoções relatadas

Seguindo os mesmos procedimentos do SIMU, foi elaborado o quadro 38 a seguir com as respostas obtidas nas etapas Pré-Game, Pós-Game e Final no experimento JOCO.

Quadro 38 - JOCO - Resultado global do GEW

Vol.	Pré-Game				Pós-Game				Final			
	E1	int.	E2	int.	E1	int.	E2	int.	E1	int.	E2	int.
4	Interesse	5	Alegria	4	Raiva	5	Diversão	4	Diversão	4	Interesse	4
5	Interesse	4	Diversão	3	Diversão	5	Interesse	4	Diversão	5	Alegria	4
6	Interesse	5	Alegria	4	Diversão	5	Alegria	4	Diversão	5	Alegria	4
7	Interesse	4	Diversão	3	Diversão	5	Contenta.	4	Contenta.	4	Alívio	3
9	Interesse	4	Orgulho	4	Raiva	4	Orgulho	4	Alívio	4	Diversão	4
14	Prazer	5	Diversão	5	Diversão	5	Prazer	5	Interesse	4	Prazer	5
18	Interesse	5	Admiração	5	Diversão	5	Prazer	5	Diversão	5	Admiração	5
19	Diversão	5	Interesse	5	Diversão	5	Prazer	4	Alegria	5	Alívio	3
21	Diversão	5	Interesse	5	Diversão	5	Medo	5	Decepção	3	Diversão	5
23	Alegria	5	Diversão	4	Decepção	5	Raiva	4	Diversão	5	Alegria	4
24	Diversão	5	Prazer	5	Prazer	5	Alegria	5	Diversão	5	Prazer	5
25	Interesse	5	Prazer	5	Interesse	5	Prazer	5	Diversão	5	Alegria	5
29	Alegria	5	Alívio	5	Decepção	5	Vergonha	5	Diversão	5	Alegria	5

Fonte: o autor (2020).

Pré-Game do JOCO: experiência positiva e estimulante – Momentos antes do experimento observou-se valência positiva em 100% dos resultados. Todas as respostas da E1 se concentraram no quadrante 1 (família ALEGRIA). O item “Interesse” voltou a ser o mais citado, apontando grande expectativa e curiosidade dos voluntários para participação. Lembrando que esta é a primeira vez que todos os voluntários utilizam um *cockpit* de Fórmula 1.

Pós-Game: a experiência continua positiva e de alto estímulo – Foi possível observar que a Emoção 1 e a Emoção 2 deixaram de ser unânimes positivamente devido a algumas respostas negativas. Contudo, a valência positiva prevaleceu. Embora dez dos treze voluntários não tenham melhorado seu desempenho na classificação final (tabela 11, p.325), ficando em último lugar, a maioria manteve a valência positiva.

Final: a valência positiva foi restabelecida – Considerando a E1, 12 voluntários restabeleceram seus estados de tranquilidade e positividade observados na etapa Pré-Game após a aclimação final e houve apenas uma valência negativa (Vol.29). A tabela 21 a seguir apresenta os resultados com os percentuais de valências e excitações de cada etapa.

Tabela 21 - JOCO - Evolução da valência e excitação do GEW

JOCO	Pré-Game				Pós-Game				Final				Total Geral
	E1	%	E2	%	E1	%	E2	%	E1	%	E2	%	
VP	13	100	13	100	9	69,2	10	77	12	92,3	13	100	70
VN	-	-	-	-	4	30,8	3	23	1	7,7	-	-	8
EA	13	100	11	84,6	11	84,6	11	84,6	10	77	10	77	66
EB	-	-	2	15,4	2	15,4	2	15,4	3	23	3	23	12

Fonte: o autor (2020).

Houve valência positiva e excitação alta nas três etapas conforme o esperado. Afinal, este é um experimento com um jogo de entretenimento. Apesar do pequeno aumento na valência negativa na etapa Pós-Game, a valência positiva prevaleceu. A tabela 22 abaixo resume as respostas por quadrantes.

Tabela 22 - JOCO - Quantitativo de escolhas por quadrantes

QUADRANTE		Pré-Game	Pós-Game	Final	TOTAL
Q1	ALEGRIA	24	18	20	62
Q2	RAIVA	-	4	-	4
Q3	TRISTEZA	-	3	1	4
Q4	CONTENTAMENTO	2	1	5	8

Fonte: o autor (2020).

A etapa Pré-Game apresentou 100% de valência positiva. Mesmo sendo um experimento de entretenimento, alguns voluntários relataram valência negativa após o uso do jogo eletrônico, na etapa Pós-Game. Na etapa Final, verificou-se que apenas um voluntário relatou valência negativa.

7.3.1.2 A síntese sobre os resultados do GEW

O quadro 39 a seguir apresenta uma síntese dos resultados do GEW obtidos nos dois experimentos. Vale lembrar que este questionário verifica as opiniões sobre a valência e a excitação dos voluntários. A síntese também abordará as diferenças entre os gêneros, destacando em quais aspectos os participantes masculinos e femininos se destacaram nos experimentos SIMU e JOCO.

Quadro 39 - Síntese dos resultados do GEW

I	R	Síntese do GEW		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	A etapa que apresentou o maior número de relatos de valência negativa na E1 foi a Pós-Game: SIMU = 8/13; JOCO = 4/13.		Quadros 37 e 38
2	A	A Emoção 1 apresentou quantidade de emoções menor do que a Emoção 2 . Implica dizer que a segunda emoção possibilitou conhecer uma amplitude maior de opiniões dos voluntários.		Quadros 37 e 38
3	A	O público feminino foi o que se sentiu mais aliviado com o término dos experimentos por ter sido o que mais relatou emoções da família CONTENTAMENTO no Pós-Game.		Quadros 37 e 38
4	A	A Emoção 1 apresentou intensidades de emoções mais altas do que a Emoção 2. A maioria indicou valor de cinco pontos.		Quadros 37 e 38
5	C	Experimento que apresentou a única etapa com predomínio de valência negativa : Pós-Game.	Experimento que apresentou predomínio de valências positivas nas três etapas .	Quadros 37 e 38
6	C	A etapa Final obteve 100% da valência positiva . Ou seja, total valência positiva após a aclimação final do SIMU.	A etapa Pré-Game obteve 100% da valência positiva . Ou seja, total valência positiva antes do experimento JOCO.	Quadros 37 e 38
7	C	Emoções mais citadas na E1, por etapa: Pré-Game: Interesse (10/13); Pós-Game: Decepção (4/13); Final: Alívio e Interesse (4/13).	Emoções mais citadas na E1, por etapa: Pré-Game: Interesse (7/13); Pós-Game: Diversão (7/13); Final: Diversão (8/13).	Quadros 37 e 38
8	C	Somatória das emoções mais citadas no E1: Interesse (n=17); Decepção (n=4); Alívio (n=4).	Somatória das emoções mais citadas no E1: Diversão (n=18); Interesse (n=9); Alegria (n=3).	Quadros 37 e 38
		Somatória das emoções mais citadas no E2: Alegria (n=7); Diversão (n=6); Prazer (n=5).	Somatória das emoções mais citadas no E2: Alegria (n=9); Prazer (n=8); Diversão (n=7).	
9	C	Emoções mais citadas no E1, por gênero: Masculino: Interesse (n=11), Decepção (n=3), Prazer (n=3). Feminino: Interesse (n=6); Alívio (n=4); Vergonha (n=2).	Emoções mais citadas no E1, por gênero: Masculino: Diversão (n=12), Interesse (n=4), Alegria e Decepção (n=3, cada um). Feminino: Diversão (n=6), Interesse (n=5), Raiva (n=2).	Quadros 37 e 38
10	C	Ao término do experimento, a maioria dos voluntários (7/13) mudou a valência do Pré-Game para o Pós-Game.	Ao término do experimento, a maioria dos voluntários (8/13) manteve a valência do Pré-Game para o Pós-Game.	Quadros 37 e 38
11	C	Três voluntários relataram a mesma valência nas três etapas , incluindo E1 e E2.	Oito voluntários relataram a mesma valência nas três etapas , incluindo E1 e E2.	Quadros 37 e 38
12	C	O público masculino foi o que mais modificou a valência no	Igualdade na mudança de valência nas três etapas: n=2 para cada	Quadros 37 e 38

		intervalo Pré-Game x Pós-Game (n=5, contra 2 do público feminino)	público do JOCO	
13	C	Público masculino: priorizou as emoções negativas no Pós-Game e as positivas nas demais etapas do SIMU	Público feminino: priorizou as emoções positivas em todas as etapas do JOCO	Quadros 37 e 38
14	C	Quanto a excitação (estímulo) , 52 das 78 emoções relatadas foram dos Quadrantes 1 e 2, indicando alta excitação no SIMU.	Quanto a excitação , 66 das 78 emoções relatadas foram dos Quadrantes 1 e 2, revelando o JOCO como o experimento de maior excitação .	Tabelas 20 e 22
15	D	O SIMU foi o experimento no qual os voluntários mais se sentiram aliviados após o experimento: 11 relatos na família CONTENTAMENTO, contra 5 do JOCO	--	Quadro 37

Fonte: o autor (2021).

Este quadro síntese permitiu verificar especificidades dos dois experimentos quanto às opiniões das emoções mais importantes e o estado de excitação pelos voluntários através do GEW.

Contudo, também houve a proposta de utilizar outro questionário relacionado ao estado emocional e foi utilizado o PANAS. A seguir serão apresentados os resultados dos afetos dos voluntários no SIMU.

7.3.2 Quais os afetos dos voluntários nos dois experimentos?

O afeto dos voluntários foi verificado através da somatória dos valores atribuídos a todas as 20 emoções do PANAS. A tabela 23 abaixo apresenta o resultado do PANAS Pré-Game do SIMU.

Tabela 23 - SIMU – Todas as respostas do PANAS Pré-Game

SIMU - PANAS Pré-Game														
Emoções	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	T
Interessado(a)	5	4	5	4	3	4	5	5	4	5	4	5	5	58
Angustiado(a)	1	3	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	21
Animado(a)	5	3	5	3	3	5	5	4	4	5	4	4	5	55
Chateado(a)	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Forte	4	2	1	4	2	4	4	1	3	4	5	5	5	44
Culpado(a)	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Assustado(a)	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	1	2	18

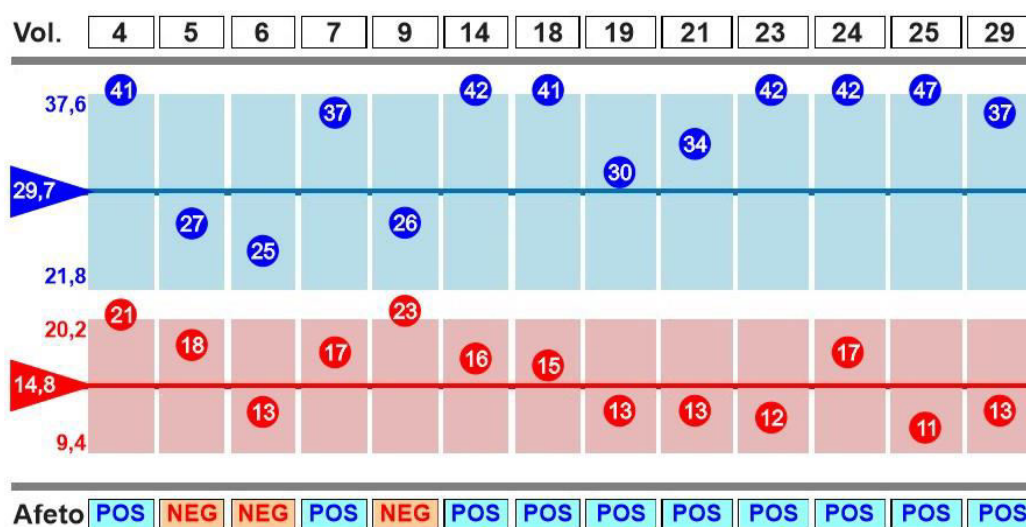
Hostil	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	15
Entusiasmado(a)	5	4	2	4	3	4	5	4	3	4	5	5	5	53
Orgulhoso(a)	1	2	1	5	2	3	4	3	2	4	4	5	1	37
Irritado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
Alerta	5	2	3	2	3	4	3	2	4	3	3	4	2	40
Envergonhado(a)	4	2	2	1	4	1	2	1	1	1	2	1	2	24
Inspirado(a)	2	1	1	3	3	5	3	2	3	4	4	4	2	37
Nervoso(a)	3	3	2	5	2	3	2	2	1	2	2	2	1	30
Determinado(a)	5	3	2	4	3	4	4	3	3	4	4	5	5	49
Atento(a)	5	3	3	4	2	5	4	3	5	5	5	5	5	54
Agitado(a)	3	2	1	1	4	2	3	3	1	2	3	1	2	28
Ativo(a)	4	3	2	4	2	4	4	3	3	4	4	5	2	44
Receoso(a)	4	3	1	2	2	2	1	1	4	1	2	1	1	25
Pontos Positivos	41	27	25	37	26	42	41	30	34	42	42	47	37	471
Pontos Negativos	21	18	13	17	23	16	15	13	13	12	17	11	13	202

Fonte: o autor (2020).

A primeira coluna apresenta as 10 emoções positivas (células azuis) e as 10 negativas (células vermelhas). As outras 13 colunas correspondem à pontuação dos voluntários. A última coluna indica o total de pontos com destaque para as três maiores pontuações positivas (azuis) e as três maiores negativas (vermelhas).

As duas últimas linhas exibem a soma das pontuações positivas e negativas de cada voluntário. Estes valores foram usados para elaborar o gráfico 3 abaixo.

Gráfico 3 - SIMU – Resultado do PANAS Pré-Game



Fonte: o autor (2020).

Quanto a estrutura do gráfico citado anteriormente, a primeira linha identifica os voluntários. Abaixo é possível ver dois conjuntos de colunas azuis e vermelhas representando o intervalo de pontos do desvio padrão (DV) dos afetos positivo e negativo, respectivamente. O limite do desvio padrão de cada afeto é definido pelos valores mínimo e máximo localizados no lado esquerdo das primeiras colunas.

No centro de cada conjunto de colunas há uma linha que representa a pontuação média **considerando a aplicação do PANAS logo após uma situação momentânea**, condição esta que se adéqua a presente pesquisa.

Os círculos azuis e vermelhos dentro das colunas indicam os valores que correspondem à somatória do afeto positivo e negativo de cada voluntário. O posicionamento em cada coluna tem relação com o valor, ou seja, se está acima ou abaixo da pontuação média. Os círculos fora das colunas indicam que a pontuação ficou fora do desvio padrão. Contudo, elas foram mantidas na análise.

Para analisar individualmente, deve-se considerar a coluna azul e a vermelha de cada voluntário. Por exemplo, o voluntário 19 apresenta 30 pontos no afeto positivo (coluna azul), acima da média de 29,7 pontos. O valor do afeto negativo é 13 (coluna vermelha), abaixo da média de 14,8 pontos. Logo, o resultado final (apresentado na última linha) foi positivo.

Aliás, a última linha do gráfico 3 chama-se “Afeto” e corresponde ao resultado final do PANAS para cada voluntário, podendo ser positivo (**POS**, cor azul) ou negativo (**NEG**, cor vermelha).

Observa-se que alguns voluntários apresentaram pontuação de afeto positivo e negativo com configuração semelhante. Por exemplo, o voluntário 04 apresentou suas duas pontuações acima dos desvios padrões. Nesse caso, o que determinou a predominância do afeto positivo foram os critérios de predominância afetiva explicados na metodologia (p.283).

Quanto ao resultado final do PANAS Pré-Game, verificou-se maior quantidade de afeto positivo (n=10), onde seis valores foram acima do desvio padrão, enfatizando a predominância. Apenas voluntárias responderam com afeto negativo e dois dos três valores estão acima do desvio padrão.

Esta etapa também apresentou a maior pontuação de afeto positivo do PANAS, considerando tanto o SIMU quanto o JOCO. Os 471 pontos demonstram que esta foi a etapa de maior afeto positivo se comparada com as demais etapas.

Os resultados das outras etapas seguem esta mesma configuração e serão apresentados a seguir. A tabela 24 abaixo exhibe os resultados do Pós-Game.

Tabela 24 - SIMU – Todas as respostas do PANAS Pós-Game

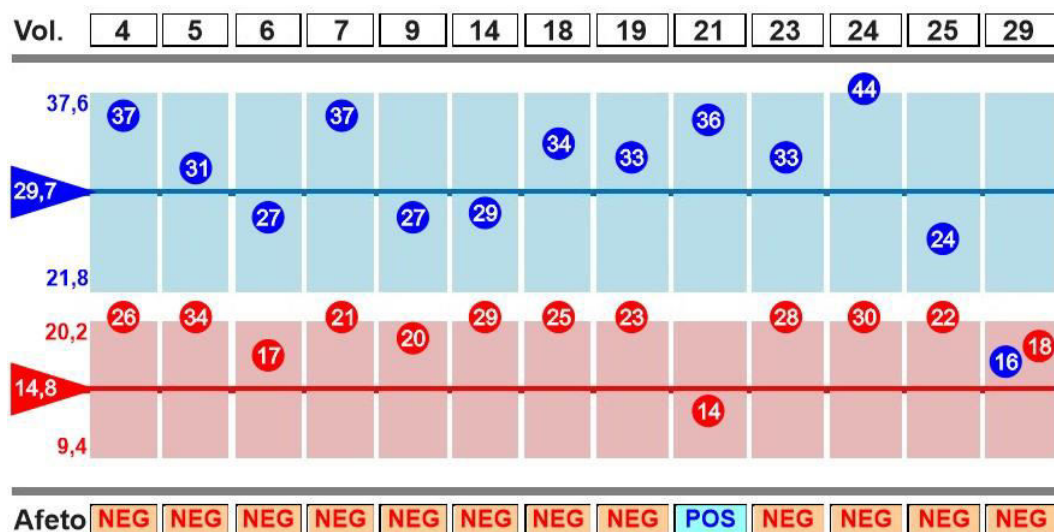
SIMU - PANAS Pós-Game														
Emoções	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	T
Interessado(a)	4	4	5	5	3	3	4	4	4	3	5	5	3	52
Angustiado(a)	1	4	2	3	2	3	4	3	1	1	3	1	1	29
Animado(a)	5	3	3	4	2	2	3	4	4	2	5	2	1	40
Chateado(a)	2	3	3	2	2	3	3	3	1	4	3	1	1	31
Forte	4	2	1	3	3	2	4	1	2	3	4	2	1	32
Culpado(a)	1	3	2	1	2	3	2	1	1	2	4	2	1	25
Assustado(a)	1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	2	3	1	20
Hostil	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	3	1	20
Entusiasmado(a)	4	3	3	3	3	2	4	3	3	3	4	3	2	40
Orgulhoso(a)	1	3	1	3	2	3	1	3	2	2	5	1	1	28
Irritado(a)	2	3	1	1	1	4	2	4	1	2	2	2	1	26
Alerta	5	4	4	3	3	3	4	4	5	4	4	1	1	45
Envergonhado(a)	3	4	2	2	2	5	3	3	1	5	3	2	5	40
Inspirado(a)	1	2	1	3	3	4	3	1	3	3	4	2	1	31
Nervoso(a)	4	5	2	5	4	1	2	2	2	4	4	3	2	40
Determinado(a)	4	3	3	4	3	3	3	5	4	5	5	4	2	48
Atento(a)	5	4	3	5	3	3	4	5	5	4	4	2	1	48
Agitado(a)	5	3	2	2	2	4	4	3	1	4	3	3	2	38
Ativo(a)	4	3	3	4	2	4	4	3	4	4	4	2	3	44
Receoso(a)	5	4	1	3	2	2	3	2	4	4	3	2	3	38
Pontos Positivos	37	31	27	37	27	29	34	33	36	33	44	24	16	408
Pontos Negativos	26	34	17	21	20	29	25	23	14	28	30	22	18	307

Fonte: o autor (2020).

O resultado do PANAS do Pós-Game foi o que apresentou a maior pontuação de afetos negativos considerando os dois experimentos. Foram ao todo 307 pontos negativos após o término do experimento.

O gráfico 4 a seguir apresenta a pontuação da etapa Pós-Game do SIMU, sendo possível verificar que houve predominância do afeto negativo ($n=12$). Apenas o voluntário 21 pontuou positivamente. Inclusive nove voluntários pontuaram acima do desvio padrão do afeto negativo, reforçando o resultado negativo geral.

Gráfico 4 - SIMU – Resultado do PANAS Pós-Game



Fonte: o autor (2020).

A tabela 25 abaixo apresenta a pontuação dos afetos na etapa Final, após o tempo de aclimação final.

Tabela 25 - SIMU – Todas as respostas do PANAS Final

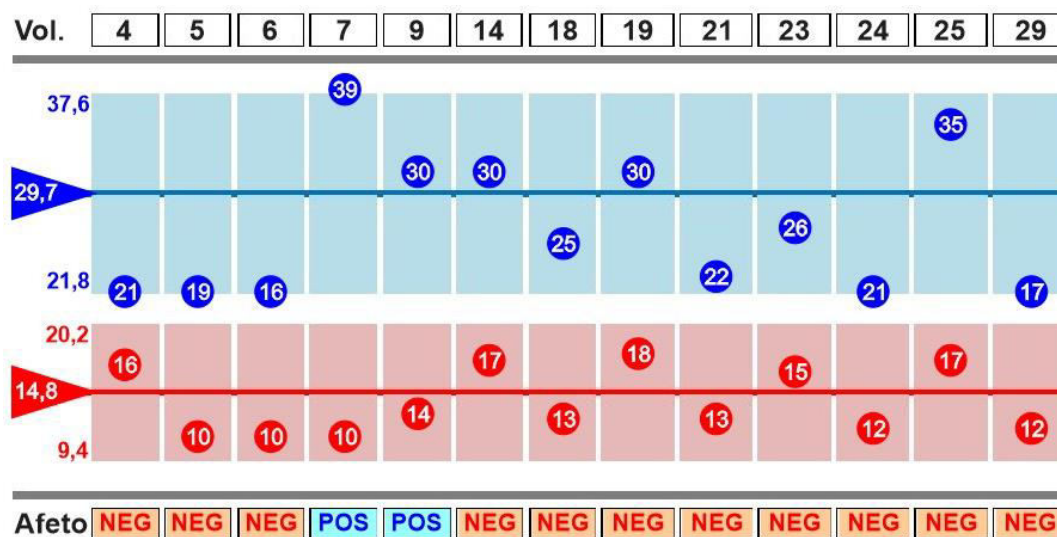
SIMU - PANAS Final														
Emoções	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	T
Interessado(a)	3	4	3	5	4	2	4	5	3	3	3	3	2	44
Angustiado(a)	2	1	1	1	2	3	1	2	1	1	1	2	1	19
Animado(a)	4	3	2	5	3	4	3	5	3	3	3	4	2	44
Chateado(a)	3	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	19
Forte	2	1	1	4	3	2	1	2	1	1	1	2	2	23
Culpado(a)	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	15
Assustado(a)	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	19
Hostil	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	16
Entusiasmado(a)	2	2	1	5	3	3	4	5	3	3	3	4	2	40
Orgulhoso(a)	1	2	1	4	3	4	2	3	2	2	3	4	2	33
Irritado(a)	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	14
Alerta	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	29
Envergonhado(a)	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	18
Inspirado(a)	3	1	1	2	3	2	1	2	2	3	2	4	1	27
Nervoso(a)	1	1	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	1	17
Determinado(a)	1	1	1	4	3	3	4	2	1	4	1	4	1	30
Atento(a)	1	1	2	3	3	4	1	2	3	3	1	4	1	29

Aagitado(a)	1	1	1	1	1	2	4	2	2	3	2	3	2	25
Ativo(a)	2	2	2	4	3	3	3	1	2	2	2	4	2	32
Receoso(a)	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	15
Pontos Positivos	21	19	16	39	30	30	25	30	22	26	21	35	17	331
Pontos Negativos	16	10	10	10	14	17	13	18	13	15	12	17	12	177

Fonte: o autor (2020).

O gráfico 5 abaixo apresenta o “resultado visual” do PANAS Final. Verifica-se o quanto o afeto negativo predominou, inclusive a pontuação do afeto positivo de cinco voluntários foram abaixo do desvio padrão.

Gráfico 5 - SIMU - Os afetos após a aclimação final



Fonte: o autor (2020).

Ou seja, o afeto positivo que predominou antes do experimento não foi restabelecido. Implica dizer que os resultados da experiência de treinamento conseguiram alterar o psicológico e o comportamento dos participantes a ponto deles permanecerem emocionalmente incomodados mesmo após 10 minutos do término do experimento.

Este resultado foi diferente do observado no GEW Final do SIMU. Naquela ocasião (quadro 37, p.337) houve restabelecimento total da valência positiva. Este comparativo reforça a importante discussão sobre o uso de mais de uma ferramenta de coleta de dados emocionais em um mesmo experimento. Enquanto o GEW

mostrou que houve restabelecimento da valência inicial, o PANAS mostrou que não houve restabelecimento do afeto inicial.

O que pode ter influenciado neste resultado discordante? A ordem de aplicação dos questionários? O entendimento do que significa afeto e valência? O fato de um questionário exigir a escolha de duas emoções (GEW) e o outro exigir a opinião sobre 20 emoções (PANAS)? Fica aqui a sugestão para que estas e outras perguntas possam ser elaboradas e suas respectivas respostas possam ser investigadas e respondidas em estudos futuros.

A seguir serão apresentados os resultados do PANAS no experimento com o jogo de entretenimento. A tabela 26 abaixo mostra o PANAS Pré-Game do JOCO.

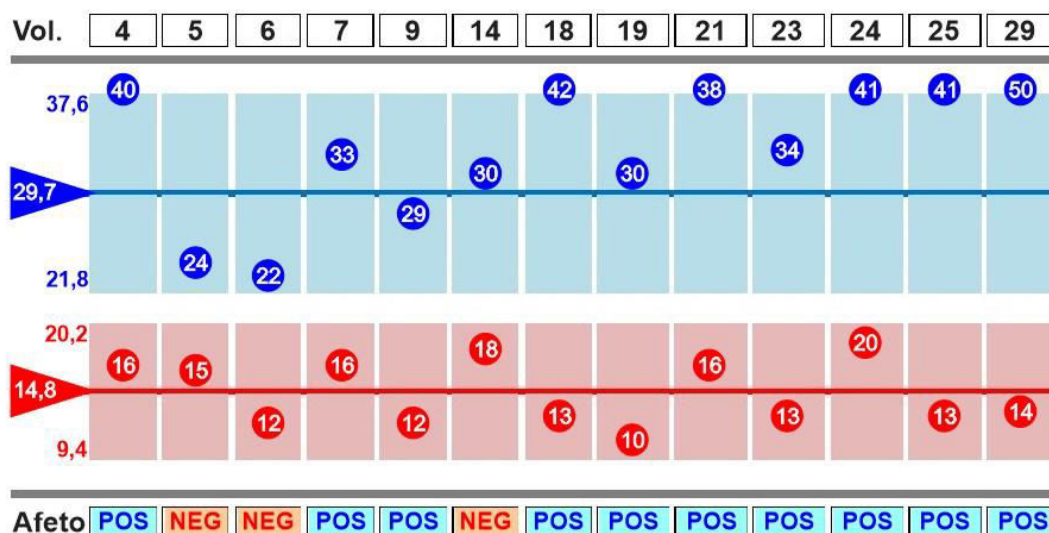
Tabela 26 - JOCO – Todas as respostas do PANAS Pré-Game

JOCO - PANAS Pré-Game														
Emoções	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	T
Interessado(a)	5	3	4	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	57
Angustiado(a)	1	2	1	2	2	3	1	1	1	1	4	1	1	21
Animado(a)	5	3	3	5	3	2	5	5	5	4	5	5	5	55
Chateado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
Forte	4	1	1	4	2	2	4	1	4	3	4	4	5	39
Culpado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
Assustado(a)	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	2	1	1	17
Hostil	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	16
Entusiasmado(a)	5	3	3	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5	55
Orgulhoso(a)	4	2	1	3	3	2	4	1	2	3	4	3	5	37
Irritado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
Alerta	3	2	2	2	3	3	3	2	3	2	3	4	5	37
Envergonhado(a)	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Inspirado(a)	4	2	1	1	3	4	4	3	3	3	4	3	5	40
Nervoso(a)	2	2	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	19
Determinado(a)	4	3	1	4	3	3	5	3	4	4	3	5	5	47
Atento(a)	3	3	3	2	2	3	5	2	5	4	4	4	5	45
Agitado(a)	3	2	3	3	1	3	3	1	2	2	5	3	5	36
Ativo(a)	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	42
Receoso(a)	2	2	1	2	1	2	1	1	4	3	2	2	1	24
Pontos Positivos	40	24	22	33	29	30	42	30	38	34	41	41	50	454
Pontos Negativos	16	15	12	16	12	18	13	10	16	13	20	13	14	188

Fonte: o autor (2020).

O PANAS Pré-Game foi a etapa que apresentou a maior pontuação de afetos positivos deste experimento, com um total de 454 pontos. O gráfico 6 abaixo apresenta os resultados do PANAS desta etapa e reforça o predomínio do afeto positivo ($n = 10$).

Gráfico 6 - JOCO – Resultado do PANAS Pré-Game



Fonte: o autor (2020).

Assim como ocorreu no PANAS Pré-Game do SIMU, seis voluntários do PANAS Pré-Game do JOCO pontuaram positivamente acima do desvio padrão, reforçando a alta intensidade do afeto positivo nesta etapa.

A etapa Pós-Game do JOCO é exibida abaixo, na tabela 27.

Tabela 27 - JOCO – Todas as respostas do PANAS Pós-Game

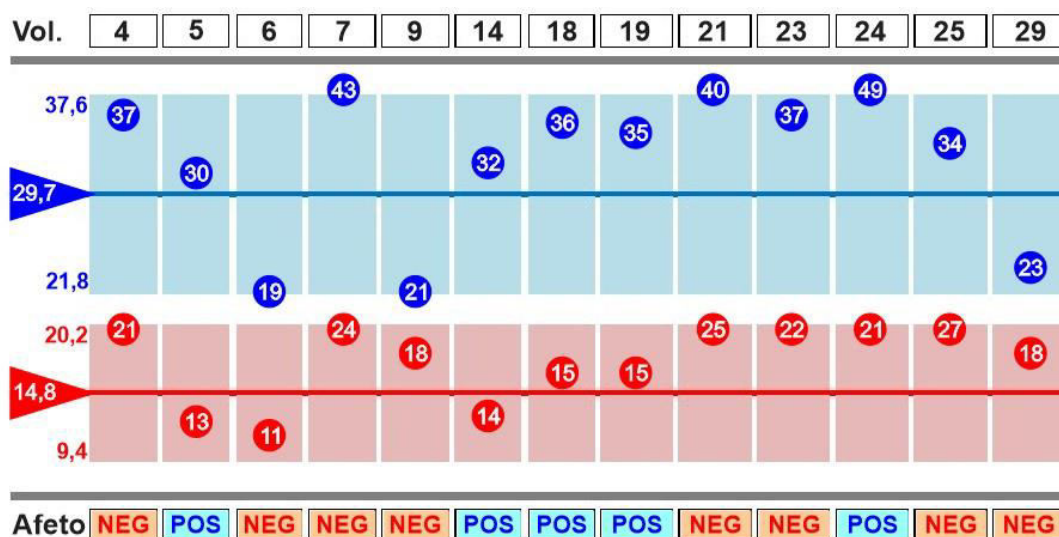
JOCO - PANAS Pós-Game														
Emoções	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	T
Interessado(a)	5	4	4	5	2	4	5	5	5	5	5	5	5	59
Angustiado(a)	1	1	1	4	2	2	1	2	2	2	1	3	2	24
Animado(a)	5	4	3	5	3	5	5	5	4	4	5	4	4	56
Chateado(a)	2	1	1	4	2	1	2	1	1	2	1	3	1	22
Forte	4	1	1	4	2	3	3	2	3	3	5	3	1	35
Culpado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	18
Assustado(a)	1	1	1	2	3	1	1	1	4	2	2	2	2	23
Hostil	1	1	1	1	1	2	3	1	4	1	3	3	1	23
Entusiasmado(a)	4	5	2	5	2	4	5	5	4	4	5	3	4	52

Orgulhoso(a)	3	3	1	3	1	3	2	2	3	3	5	4	1	34
Irritado(a)	3	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	2	21
Alerta	4	1	2	4	3	2	2	3	5	4	5	3	1	39
Envergonhado(a)	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	3	3	1	21
Inspirado(a)	2	4	1	3	1	3	4	3	4	4	5	3	1	38
Nervoso(a)	1	2	1	4	2	1	1	2	1	3	3	2	1	24
Determinado(a)	3	4	1	5	2	3	4	4	4	3	5	3	2	43
Atento(a)	4	2	2	4	2	2	3	3	4	4	4	3	2	39
Agitado(a)	4	1	2	5	3	2	2	3	5	3	5	3	2	40
Ativo(a)	3	2	2	3	3	3	3	3	4	3	5	3	2	39
Receoso(a)	5	2	1	1	1	2	1	1	4	4	1	3	2	28
Pontos Positivos	37	30	19	41	21	32	36	35	40	37	49	34	23	434
Pontos Negativos	21	13	11	24	18	14	15	15	25	22	21	27	18	244

Fonte: o autor (2020).

Nesta etapa ocorreu a maior pontuação de afeto negativo do JOCO. O gráfico 7 abaixo traz os resultados do afeto após o experimento.

Gráfico 7 - JOCO – Resultado do PANAS Pós-Game



Fonte: o autor (2020).

O afeto negativo predominou com seis valores acima do desvio padrão, além de dois valores abaixo do desvio padrão positivo. Assim como ocorreu no SIMU, esta etapa é a de maior afeto negativo.

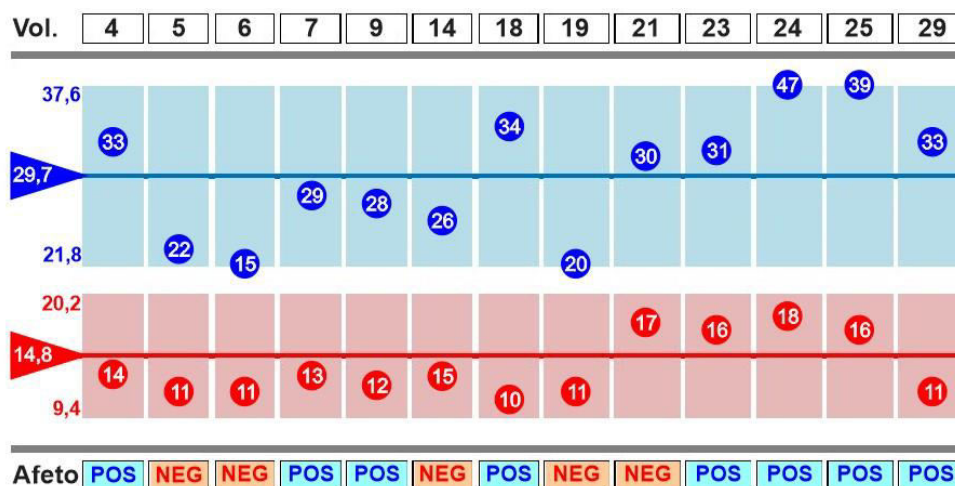
A tabela 28 a seguir apresenta o resultado do PANAS Final do JOCO.

Tabela 28 - JOCO – Todas as respostas do PANAS Final

JOCO - PANAS Final														
Emoções	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	T
Interessado(a)	5	4	2	4	3	2	5	4	3	4	5	4	5	50
Angustiado(a)	1	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	16
Animado(a)	4	4	2	4	2	2	4	3	3	3	5	4	5	45
Chateado(a)	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	14
Forte	4	1	1	3	2	2	3	1	2	3	4	4	1	31
Culpado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	2	1	17
Assustado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	15
Hostil	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	3	1	18
Entusiasmado(a)	4	4	1	4	3	3	4	3	3	3	5	4	1	42
Orgulhoso(a)	3	3	1	2	3	3	3	1	2	3	5	5	5	39
Irritado(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
Alerta	2	1	2	3	2	2	2	1	4	2	5	3	5	34
Envergonhado(a)	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	15
Inspirado(a)	2	2	1	1	3	3	3	2	3	3	5	3	1	32
Nervoso(a)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	17
Determinado(a)	4	1	1	3	4	3	3	1	3	4	5	4	5	41
Atento(a)	2	1	2	3	4	3	3	2	4	3	3	4	4	38
Agitado(a)	4	1	2	3	2	2	1	1	4	2	5	4	2	33
Ativo(a)	3	1	2	2	2	3	4	2	3	3	5	4	1	35
Receoso(a)	2	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	17
Pontos Positivos	33	22	15	29	28	26	34	20	30	31	47	39	33	387
Pontos Negativos	14	11	11	13	12	15	10	11	17	16	18	16	11	175

Fonte: o autor (2020).

Gráfico 8 - JOCO - Os afetos após a aclimação final



Fonte: o autor (2020).

O gráfico 8 citado anteriormente também apresenta o resultado do PANAS da etapa Final do JOCO e verificou-se o restabelecimento do afeto positivo que foi verificado no Pré-Game. Este resultado foi o contrário do que ocorreu no SIMU. Ou seja, após 10 minutos do uso do *game* de entretenimento, o afeto negativo verificado na maioria das respostas exatamente após o término do experimento foi um estado emocional momentâneo. Ele não se prolongou após 10 minutos do término do experimento e houve restabelecimento do afeto positivo observado antes do JOCO.

Comparando o PANAS Final do SIMU com o do JOCO, porque eles foram diferentes? O game de entretenimento é mais prazeroso do que o de treinamento? Embora algumas métricas de desempenho dos dois experimentos não tenham apresentado o resultado esperado, o fato de não atingir os objetivos no treinamento é uma situação mais desconfortável do que não atingir os objetivos na diversão?

Mais uma vez fica aqui a sugestão para que estudos futuros possam responder a estas e outras perguntas sobre o estado emocional de participantes de experimentos com *games* e *softwares* de treinamento.

O quadro 40 abaixo apresenta um resumo dos resultados do PANAS nos dois experimentos, divididos por etapas.

Quadro 40 - Resumo do resultado geral do PANAS

Vol.	SIMU						JOCO					
	Pré		Pós		Final		Pré		Pós		Final	
4	POS		NEG		NEG		POS		NEG		POS	
5	NEG		NEG		NEG		NEG		POS		NEG	
6	NEG		NEG		NEG		NEG		NEG		NEG	
7	POS		NEG		POS		POS		NEG		POS	
9	NEG		NEG		POS		POS		NEG		POS	
14	POS		NEG		NEG		NEG		POS		NEG	
18	POS		NEG		NEG		POS		POS		POS	
19	POS		NEG		NEG		POS		POS		NEG	
21	POS		POS		NEG		POS		NEG		NEG	
23	POS		NEG		NEG		POS		NEG		POS	
24	POS		NEG		NEG		POS		POS		POS	
25	POS		NEG		NEG		POS		NEG		POS	
29	POS		NEG		NEG		POS		NEG		POS	
POS	10	77%	1	7,7%	2	15,4%	10	77%	5	38,5%	8	61,5%
NEG	3	23%	12	92,3%	11	84,6%	3	23%	8	61,5%	5	38,5%

Fonte: o autor (2020).

A primeira coluna do quadro citado anteriormente identifica os voluntários e as outras duas colunas, divididas em três subcolunas, mostram os resultados individualmente. As cores azuis e vermelhas indicam se os afetos foram positivos ou negativos, respectivamente. As duas últimas linhas exibem o quantitativo de afetos em cada etapa, incluindo a porcentagem. Os valores que estão em negrito evidenciam qual afeto predominou em cada etapa, conforme sua respectiva coluna.

O quadro 40 facilita a percepção do quanto **o afeto positivo predominou na etapa Pré-Game** dos dois experimentos e a significativa mudança de afeto após os experimentos, quando **o afeto negativo foi maior nas duas etapas Pós-Game**. Na etapa Final, após a aclimação final, verificou-se que os voluntários mantiveram a impressão negativa no experimento de treinamento, porém com o jogo eletrônico de entretenimento o afeto positivo foi restabelecido pela maioria.

Verifica-se predomínio do afeto negativo dos dois gêneros no SIMU, com maior ênfase para o público feminino. Quanto ao JOCO, verificou-se que as participantes mantiveram maior percentual de respostas no afeto negativo, enquanto os voluntários masculinos mostraram maior percentual de afeto positivo.

No SIMU houve um maior destaque para os voluntários pois eles foram unânimes nos afetos positivos na etapa Pré-Game e foram unânimes nos afetos negativos na etapa Final.

Analisando o total de afetos positivos e negativos nas duas últimas linhas, verifica-se que o experimento de treinamento apresenta resultados mais uniformes quanto a afetividade nas três etapas. Ou seja, fica mais evidente o predomínio afetivo de cada etapa. Enquanto que no experimento com o jogo de entretenimento há um equilíbrio maior de afetos, principalmente nas etapas Pós-Game e Final.

Quanto as emoções positivas e negativas que obtiveram as maiores pontuações, o quadro 41 A-B abaixo exhibe o *ranking* observado nas três etapas do SIMU e do JOCO.

Quadro 41 - Emoções do PANAS mais citadas no SIMU (A) e no JOCO (B)

A						
SIMU						
	PRÉ-GAME	Pts	PÓS-GAME	Pts	FINAL	Pts
1º	Interessado(a)	58	Interessado(a)	52	Interessado(a)	44
2º	Animado(a)	55	Determinado(a)	48	Animado(a)	44
3º	Atento(a)	54	Atento(a)	48	Entusiasmado(a)	40

1º	Nervoso(a)	30	Nervoso(a)	40	Agitado(a)	25
2º	Agitado(a)	28	Envergonhado(a)	40	Angustiado(a)	19
3º	Receoso(a)	25	Agitado(a)	38	Chateado(a)	19
4º	--	--	Receoso(a)	38	Assustado(a)	19
B						
JOCO						
	PRÉ-GAME	Pts	PÓS-GAME	Pts	FINAL	Pts
1º	Interessado(a)	57	Interessado(a)	59	Interessado(a)	50
2º	Animado(a)	55	Animado(a)	56	Animado(a)	45
3º	Entusiasmado(a)	55	Entusiasmado(a)	52	Entusiasmado(a)	42
1º	Agitado(a)	36	Agitado(a)	40	Agitado(a)	33
2º	Receoso(a)	24	Receoso(a)	28	Hostil	18
3º	Angustiado(a)	21	Angustiado(a)	24	Receoso(a)	17
4º	--	--	Nervoso(a)	24	Culpado(a)	17
5º	--	--	--	--	Nervoso(a)	17

Fonte: o autor (2020).

Optou-se em listar as três maiores pontuações de afeto positivo e de afeto negativo. A opção “Interessado” foi o **afeto positivo** que obteve a maior pontuação em todas as etapas dos dois experimentos. Este resultado corroborou com os resultados do questionário GEW, onde prevaleceu a emoção “Interesse” na Emoção 1 dos dois experimentos. A segunda opção positiva que mais pontuou foi “Animado”.

Implica dizer que cada uma das três etapas dos dois experimentos despertou tamanho interesse nos voluntários ao ponto deles afirmarem de maneira categórica, tanto no questionário GEW quanto no PANAS, o quanto estavam curiosos, empenhados e motivados em participarem.

Quanto aos **afetos negativos**, a opção “Nervoso” predominou em duas etapas do SIMU, embora a opção “Agitado” tenha atingido o maior número de pontos no somatório geral. No JOCO, a opção “Agitado” apresentou a maior pontuação nas três etapas, seguido pela opção “Receoso”.

7.3.2.1 A síntese dos resultados do PANAS

O quadro 42 a seguir apresenta uma síntese com os resultados do questionário PANAS nos dois experimentos.

Quadro 42 - Síntese dos resultados do questionário PANAS

I	R	Síntese do PANAS		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	De modo geral, o experimento de treinamento SIMU foi o que apresentou maior percentual de afetos negativos.		Quadro 40
2	A	Apenas as voluntárias de número 06 e 07 repetiram exatamente as mesmas respostas de cada etapa nos dois experimentos.		Quadro 40
3	A	A maioria dos voluntários (n=9) alterou o afeto relatado na etapa Pré-Game ao opinar na etapa Pós-Game. Ou seja, após a experiência eles modificaram o afeto citado antes da participação.		Quadro 40
4	A	O afeto positivo foi mais intenso na etapa Pré-Game nos dois experimentos. Este afeto foi o que gerou o maior número de pontos fora do Desvio Padrão, verificado em seis voluntários cada experimento.		Gráficos 03 e 06
5	A	O afeto negativo foi mais intenso na etapa Pós-Game nos dois experimentos, pois apresentou a maior quantidade de pontos de afeto negativo fora do Desvio Padrão. Foram nove no SIMU e seis no JOCO.		Gráficos 04 e 07
6	A	De modo geral, a etapa Pós-Game foi a que apresentou o maior número de pontos fora do Desvio Padrão entre afetos positivos e negativos: SIMU = 11 voluntários; JOCO = 11 voluntários.		Gráficos 04 e 07
7	C	No SIMU, os voluntários masculinos foram proporcionalmente os que mais alteraram o afeto na etapa Pós-Game ao comparar com a etapa Pré-Game.	No JOCO os voluntários femininos foram proporcionalmente os que mais alteraram o afeto na etapa Pós-Game ao comparar com a etapa Pré-Game.	Quadro 40
8	C	Após a aclimação final do SIMU, 10 dos 13 voluntários relataram um afeto diferente do citado no Pré-Game. Isso indica que depois de algum tempo do experimento, o afeto inicial foi alterado e ainda perdurou por algum tempo.	Após a aclimação final do JOCO, 11 dos 13 voluntários restabeleceram o afeto verificado na etapa Pré-Game. Implica dizer que o afeto negativo durou pouco tempo.	Quadro 40
9	C	O público feminino foi o único a restabelecer o afeto do Pré-Game após a aclimação final. Ocorreu com as voluntárias 05, 06 e 07.	11 voluntários restabeleceram o afeto do Pré-Game após a aclimação final do JOCO. Destaque para todo o público feminino.	Quadro 40
10	C	Apenas dois voluntários (05 e 06) mantiveram o mesmo afeto nas três etapas do SIMU.	Apenas três voluntários (06, 18 e 24) mantiveram o mesmo afeto nas três etapas do JOCO.	Quadro 40
11	C	As emoções positivas que mais pontuaram no SIMU foram: 1) Interessado (154 pontos); 2) Animado (139 pontos); 3) Entusiasmado (133 pontos).	As emoções positivas que mais pontuaram no JOCO foram: 1) Interessado (166 pontos); 2) Animado (156 pontos); 3) Entusiasmado (149 pontos).	Tabelas 23, 24, 25, 26, 27, 28
12	C	As emoções negativas que mais pontuaram no SIMU foram: 1) Agitado (91 pontos);	As emoções negativas que mais pontuaram no JOCO foram: 1) Agitado (109 pontos);	Tabelas 23, 24, 25, 26,

		2) Nervoso (87 pontos); 3) Envergonhado (82 pontos).	2) Receoso (69 pontos); 3) Angustiado (61 pontos).	27, 28
13	D	Nas três etapas do SIMU, o afeto negativo foi a maioria das respostas do público feminino , com unanimidade no Pós-Game. Para o público masculino, o afeto negativo prevaleceu nas etapas Pós-Game e Final.	O afeto positivo prevaleceu nas etapas Pré-Game e Final para os dois gêneros no JOCO. A etapa Pós-Game foi de afeto negativo para a maioria do público feminino. Quanto ao masculino, houve empate entre positivo e negativo após o experimento JOCO.	Quadro 40
14	D	O SIMU apresentou as três maiores porcentagens de valência: 92,3% (negativo no Pós-Game), 84,6% (negativo do Final) e 77% (positivo no Pré-Game).	O JOCO foi o experimento onde os voluntários restabeleceram o afeto positivo do Pré-Game na etapa Final.	Quadro 40

Fonte: o autor (2021).

Com os resultados do GEW e do PANAS foi possível verificar as opiniões dos voluntários quanto ao estado emocional deles nas três etapas dos dois experimentos. Contudo optou-se em verificar se houve harmonia entre as respostas dos dois questionários (GEW e PANAS) e essa questão é discutida a seguir.

7.3.3 GEW x PANAS: houve coerência nas respostas?

A verificação da coerência das respostas busca identificar se existe lógica, similaridade e harmonia nas opiniões relatadas quanto a positividade ou negatividade dos experimentos SIMU e JOCO. Esta verificação ocorreu nas etapas *Pré-Game*, *Pós-Game* e Final.

Apesar das diferenças entre eles, onde o GEW exige duas opiniões emocionais e o PANAS solicita aos participantes respostas para vinte opções, este comparativo não tem a pretensão de: (I) analisar a validade dos referidos questionários; (II) informar qual deles é o mais efetivo na identificação da emoção; (III) saber qual deles é o mais adequado para esta pesquisa.

Os motivos para esta avaliação na coerência são: (I) os testes pilotos apontaram algumas respostas incoerentes na comparação dos resultados do GEW e do PANAS; (II) verificar, no contexto desta pesquisa, considerando sua metodologia e limitações, o quanto a aplicação de dois questionários sobre as emoções é importante para se obter respostas mais fidedignas e confiáveis.

A coerência foi observada através dos resultados globais do GEW (quadros 37 e 38, p.337 e 340) e o resumo do resultado geral do PANAS (quadro 40, p.353). Foi possível identificar três possíveis cenários de coerência:

- **GEW: Emoção 1 x Emoção 2** – Existe lógica entre a primeira e a segunda emoção mais importante do GEW? Vale ressaltar que a Emoção 1 é mais importante do que a Emoção 2;
- **Emoção 1 do GEW x PANAS** – Esta é considerada a coerência mais relevante dos três cenários, pois compara a resposta mais importante do GEW (E1) com o PANAS;
- **Emoção 2 do GEW x PANAS** – Verifica se a segunda opinião do GEW (E2) apresenta coerência com a resposta do PANAS.

Tornou-se necessário criar códigos de identificação para evidenciar o tipo de coerência encontrada. O quadro 43 abaixo exhibe os quatro resultados possíveis (coluna da direita) conforme as combinações possíveis observadas na coluna da esquerda, composta por três subcolunas (GEW-E1, GEW-E2 e PANAS).

Os códigos **V.POS** e **V.NEG** representam, respectivamente, Valência Positiva e Valência Negativa. Os códigos **A.POS** e **A.NEG** significam, respectivamente, Afeto Positivo e Afeto Negativo. Observa-se que as cores azuis e vermelhas representam o positivo e o negativo respectivamente.

Quadro 43 - Códigos dos resultados para o nível da coerência emocional

Combinações Possíveis			Resultados Possíveis
GEW: E1	GEW: E2	PANAS	
V.POS	V.POS	A.POS	COERÊNCIA TOTAL CT
V.NEG	V.NEG	A.NEG	
V.POS	V.NEG	A.POS	COERÊNCIA PARCIAL CP
V.NEG	V.POS	A.NEG	
V.POS	V.NEG	A.NEG	INCOERÊNCIA TOTAL IT
V.NEG	V.POS	A.POS	
V.POS	V.POS	A.NEG	INCOERÊNCIA PARCIAL IP
V.NEG	V.NEG	A.POS	

Fonte: o autor (2020).

A seguir são explicados os quatro resultados possíveis de coerência de acordo com as combinações das três respostas obtidas.

- **Coerência Total (CT):** se as combinações resultarem em três respostas de mesma valência, ou seja, se forem três positivas ou três negativas ($GEW-E1 = GEW-E2 = PANAS$);
- **Coerência Parcial (CP):** se o GEW: E1 e o PANAS tiverem a mesma valência e o resultado da valência do GEW-E2 for diferente dos outros dois ($GEW-E1 = PANAS \neq GEW-E2$);
- **Incoerência Total (IT):** se a resposta do GEW-E1 for diferente do GEW-E2 e do PANAS ($GEW-E2 \neq GEW-E1 \neq PANAS$). Afinal, o GEW-E1 e o PANAS são as duas principais respostas e o GEW-E2 é uma resposta considerada secundária do GEW;
- **Incoerência Parcial (IP):** se as valências do GEW-E1 e o GEW-E2 forem iguais, mas forem diferentes do PANAS ($GEW-E1 = GEW-E2 \neq PANAS$).

Utilizando os códigos do quadro 43 citado anteriormente, foi possível elaborar o quadro 44 abaixo que representa **uma visão geral dos cenários de coerência** do SIMU. A primeira coluna identifica os voluntários e cada uma de suas subcolunas representa uma etapa do SIMU. As subcolunas correspondem aos três cenários de coerência: (I) **E1 x E2** = Emoção 1 e Emoção 2 do GEW; (II) **E1 x P** = Emoção 1 do GEW e o PANAS; (III) **E2 x P** = Emoção 2 do GEW e o PANAS.

As letras “C” azul e “I” vermelha significam “Coerência” e “Incoerência” respectivamente, independentemente de ser parcial ou total.

Quadro 44 - SIMU - Coerências individuais entre o GEW e o PANAS

SIMU – CENÁRIOS DE COERÊNCIA									
	Pré-Game			Pós-Game			Final		
	E1 x E2	E1 x P	E2 x P	E1 x E2	E1 x P	E2 x P	E1 x E2	E1 x P	E2 x P
4	C	C	C	I	C	I	C	I	I
5	I	I	C	C	C	C	C	I	I
6	C	I	I	I	I	C	C	I	I
7	C	C	C	C	I	I	C	C	C
9	I	C	I	I	C	I	C	C	C

14	C			C			C			I			C			I			C			I			I		
18	C			C			C			C			C			C			C			I			I		
19	C			C			C			I			I			C			C			I			I		
21	C			C			C			C			C			C			C			I			I		
23	C			C			C			C			C			C			C			I			I		
24	C			C			C			C			I			I			C			I			I		
25	C			C			C			I			C			I			C			I			I		
29	C			C			C			C			C			C			C			I			I		
T	11	2	11	2	11	2	7	6	9	4	7	6	13	--	2	11	2	11									

Fonte: o autor (2020).

A última linha do quadro apresenta o total de coerências (célula azul) e incoerências (célula vermelha) de cada cenário e cada etapa. Verifica-se que na etapa *Pré-Game* houve coerência em 11 das 13 respostas possíveis nos três cenários. No *Pós-Game* houve aumento de incoerências, porém o número de coerências foi maior. Contudo na etapa Final houve um crescimento de incoerências nas análises entre as respostas dos questionários GEW e PANAS, havendo predominância de incoerências.

Os próximos três quadros exibem uma síntese das respostas emocionais do SIMU. Cada quadro apresenta individualmente as emoções E1 e E2 do GEW, o afeto, a intensidade do nervosismo e o nível de coerência. A configuração dos três quadros são semelhantes. O destaque destes três quadros é a possibilidade de verificar mais detalhes no nível de coerência de cada participante, apresentado de modo sucinto no quadro 44 supracitado.

No quadro 45 abaixo, referente ao nível de coerência na etapa *Pré-Game* do SIMU, a primeira coluna traz a identificação dos voluntários (Vol.). A coluna “Nervos” exhibe o nível do nervosismo, inserido de modo complementar.

Quadro 45 - SIMU - Nível de coerência no *Pré-Game*

SIMU – Nível de coerência no PRÉ-GAME					
Vol.	Nervos	GEW		PANAS	Nível de Coerência
		E1	E2	POS - NEG	
4	7	Interesse	Alegria	Positivo	CT
5	6	Interesse	Medo	Negativo	IT
6	6	Interesse	Diversão	Negativo	IP
7	6	Interesse	Contentam.	Positivo	CT

9	8	Vergonha	Interesse	Negativo	CP
14	6	Alegria	Diversão	Positivo	CT
18	3	Admiração	Interesse	Positivo	CT
19	4	Interesse	Prazer	Positivo	CT
21	2	Interesse	Diversão	Positivo	CT
23	3	Interesse	Alegria	Positivo	CT
24	7	Interesse	Prazer	Positivo	CT
25	4	Interesse	Prazer	Positivo	CT
29	5	Interesse	Alegria	Positivo	CT

Fonte: o autor (2020).

A terceira coluna (GEW) divide-se nas subcolunas E1 e E2, indicando a primeira e a segunda emoção mais importante respectivamente. As cores são as mesmas adotadas no esquema de cores para análise dos dados. De acordo com a figura 105 B (p.280), as emoções de valência positiva são representadas pelas cores azul e amarelo e as emoções de valência negativa compreendem as cores verde e vermelha. A coluna PANAS indica o afeto e a última coluna revela qual o nível de coerência ou incoerência desta etapa.

Como exemplo explicativo do quadro supracitado será analisado o voluntário 04: (I) No GEW-E1 a opção escolhida foi “Interesse”, que é valência positiva; (II) No GEW-E2, a escolha foi “Alegria”, também valência positiva; (III) No PANAS, o afeto foi positivo. Portanto, o resultado foi Coerência Total pois as três respostas foram positivas, de acordo com instruções do quadro 43 (p.358).

O quadro 46 abaixo apresenta o resultado do nível de coerência da etapa Pós-Game do SIMU.

Quadro 46 - SIMU - Nível de coerência após o experimento

SIMU – Nível de coerência no PÓS-GAME					
Vol.	Nervos	GEW		PANAS	Nível de Coerência
		E1	E2	POS - NEG	
4	5	Decepção	Diversão	Negativo	CP
5	8	Vergonha	Medo	Negativo	CT
6	4	Interesse	Medo	Negativo	IT
7	8	Interesse	Orgulho	Negativo	IP
9	9	Medo	Interesse	Negativo	CP
14	6	Decepção	Contentam.	Negativo	CP
18	6	Vergonha	Culpa	Negativo	CT

19	6	Interesse	Decepção	Negativo	IT
21	1	Prazer	Diversão	Positivo	CT
23	7	Culpa	Decepção	Negativo	CT
24	9	Diversão	Alegria	Negativo	IP
25	5	Decepção	Interesse	Negativo	CP
29	1	Decepção	Vergonha	Negativo	CT

Fonte: o autor (2020).

O quadro 47 abaixo traz o resultado do nível de coerência da etapa Final do SIMU sendo possível verificar o porquê da predominância nas incoerências.

Quadro 47 - SIMU – Nível de coerência na etapa Final

SIMU – Nível de coerência na etapa Final					
Vol.	Nervos	GEW		PANAS POS - NEG	Nível de Coerência
		E1	E2		
04	4	Alívio	Alegria	Negativo	IP
05	1	Alívio	Diversão	Negativo	IP
06	1	Alívio	Contentam.	Negativo	IP
07	2	Diversão	Contentam.	Positivo	CT
09	5	Alívio	Orgulho	Positivo	CT
14	4	Prazer	Alívio	Negativo	IP
18	1	Interesse	Alívio	Negativo	IP
19	1	Contentam.	Alívio	Negativo	IP
21	1	Interesse	Prazer	Negativo	IP
23	4	Prazer	Admiração	Negativo	IP
24	4	Interesse	Alegria	Negativo	IP
25	1	Interesse	Prazer	Negativo	IP
29	1	Diversão	Alegria	Negativo	IP

Fonte: o autor (2020).

Apesar de todas as emoções do GEW terem sido de valência positiva, a maioria dos afetos foi negativo, o que gerou um grande número de incoerências.

A tabela 29 a seguir apresenta o **resumo geral dos resultados da coerência individual** nas três etapas do SIMU, divididos individualmente por voluntários conforme os códigos do quadro 43 (p.358).

A tabela mostra, através da dupla coluna intitulada “Total”, que a coerência das respostas emocionais foi predominante nas etapas *Pré-Game* e *Pós-Game*.

Porém, na etapa Final a incoerência foi dominante. Analisando individualmente, apenas duas voluntárias mantiveram a mesma incoerência (Vol. 06) e coerência (Vol.09) nas três etapas.

Tabela 29 - SIMU – Resumo geral do nível de coerência: GEW e PANAS

SIMU													TOTAL		
Vol.	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	C	I
Pré-Game	CT	IT	IP	CT	CP	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	11	2
Pós-Game	CP	CT	IT	IP	CP	CP	CT	IT	CT	CT	IP	CP	CT	9	4
Final	IP	IP	IP	CT	CT	IP	IP	IP	IP	IP	IP	IP	IP	2	11
Gênero	53,3% de coerência					58,33% de coerência								56,4	43,6

Fonte: o autor (2020).

Detalhe para a uniformidade do público masculino. Antes do experimento (Pré-Game) os voluntários foram totalmente coerentes nas suas respostas emocionais. Enquanto que após a aclimação final (Etapa Final), eles apresentaram resultados de incoerência parcial em todas as análises.

A última linha afirma que os dois gêneros foram proporcionalmente coerentes neste experimento. Na coluna “Total” é possível ver o percentual geral de coerência e incoerência, apresentando equilíbrio entre eles.

O quadro 48 abaixo apresenta **uma visão geral dos cenários de coerência** do experimento com o jogo de entretenimento (JOCO).

Quadro 48 - JOCO - Coerências individuais entre o GEW e o PANAS

[illegible]

21	C	C	C	I	I	C	I	C	I
23	C	C	C	C	C	C	C	C	C
24	C	C	C	C	C	C	C	C	C
25	C	C	C	C	I	I	C	C	C
29	C	C	C	C	C	C	C	C	C
T	13	--	10	3	10	3	10	3	5

Fonte: o autor (2020).

Observa-se através de linha “T” que a coerência prevaleceu em todos os nove cenários analisados, com destaque para a etapa *Pré-Game* com apenas seis incoerências.

Os próximos três quadros exibem uma síntese das respostas emocionais do JOCO nas etapas *Pré-Game*, *Pós-Game* e Final. Mais uma vez o principal destaque é o nível de coerência. O quadro 49 abaixo mostra o nível na etapa *Pré-Game*.

Quadro 49 - JOCO - Nível de coerência no *Pré-Game*

JOCO - Nível de coerência no PRÉ-GAME					
Vol.	Nervos	GEW		PANAS	Nível de Coerência
		E1	E2	POS - NEG	
4	4	Interesse	Alegria	Positivo	CT
5	4	Interesse	Diversão	Negativo	IP
6	1	Interesse	Alegria	Negativo	IP
7	5	Interesse	Diversão	Positivo	CT
9	7	Interesse	Orgulho	Positivo	CT
14	4	Prazer	Diversão	Negativo	IP
18	2	Interesse	Admiração	Positivo	CT
19	1	Diversão	Interesse	Positivo	CT
21	2	Diversão	Interesse	Positivo	CT
23	4	Alegria	Diversão	Positivo	CT
24	7	Diversão	Prazer	Positivo	CT
25	3	Interesse	Prazer	Positivo	CT
29	1	Alegria	Alívio	Positivo	CT

Fonte: o autor (2020).

Todas as respostas E1 e E2 do GEW foram dos quadrantes 1 e 4, ou seja, todos apresentaram valência positiva. Porém, três voluntários relataram afeto negativo no PANAS. O quadro 50 abaixo traz os resultados da etapa *Pós-Game*.

Quadro 50 - JOCO - Nível de coerência após o experimento

JOCO - Nível de coerência no PÓS-GAME					
Vol.	Nervos	GEW		PANAS	Nível de Coerência
		E1	E2	POS - NEG	
4	10	Raiva	Diversão	Negativo	CP
5	1	Diversão	Interesse	Positivo	CT
6	2	Diversão	Alegria	Negativo	IP
7	8	Diversão	Contentam	Negativo	IP
9	8	Raiva	Orgulho	Negativo	CP
14	4	Diversão	Prazer	Positivo	CT
18	3	Diversão	Prazer	Positivo	CT
19	4	Diversão	Prazer	Positivo	CT
21	6	Diversão	Medo	Negativo	IT
23	7	Decepção	Raiva	Negativo	CT
24	9	Prazer	Alegria	Positivo	CT
25	5	Interesse	Prazer	Negativo	IP
29	7	Decepção	Vergonha	Negativo	CT

Fonte: o autor (2020).

Assim como ocorreu na etapa Pós-Game do SIMU, houve aumento de relatos de valência negativa no GEW e de afeto negativo no PANAS. Contudo, a coerência foi maior no contexto geral.

O quadro 51 abaixo apresenta o nível de coerência da etapa Final.

Quadro 51 - JOCO - Nível de coerência na etapa Final

JOCO - Nível de coerência no FINAL					
Vol.	Nervos	GEW		PANAS	Nível de Coerência
		E1	E2	POS - NEG	
04	4	Diversão	Interesse	Positivo	CT
05	1	Diversão	Alegria	Negativo	IP
06	1	Diversão	Alegria	Negativo	IP
07	3	Contentam	Alívio	Positivo	CT
09	3	Alívio	Diversão	Positivo	CT
14	4	Interesse	Prazer	Negativo	IP
18	1	Diversão	Admiração	Positivo	CT
19	1	Alegria	Alívio	Negativo	IP
21	2	Decepção	Diversão	Negativo	CP
23	4	Diversão	Alegria	Positivo	CT

24	4	Diversão	Prazer	Positivo	CT
25	1	Diversão	Alegria	Positivo	CT
29	1	Diversão	Alegria	Positivo	CT

Fonte: o autor (2020).

A valência positiva voltou a ser quase uma unanimidade na opinião dos voluntários após a aclimação final. Os resultados do PANAS acompanharam esta positividade. Logo, o número de coerências também prevaleceu nesta etapa.

A tabela 30 abaixo exhibe o **resumo geral dos resultados da coerência individual** nas três etapas do JOCO.

Tabela 30 - JOCO – Resumo geral do nível de coerência: GEW e PANAS

JOCO													TOTAL		
Vol.	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	C	I
Pré-Game	CT	IP	IP	CT	CT	IP	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	10	3
Pós-Game	CP	CT	IP	IP	CP	CT	CT	CT	IT	CT	CT	IP	CT	9	4
Final	CT	IP	IP	CT	CT	IP	CT	IP	CP	CT	CT	CT	CT	9	4
Gênero	60% coerente					79,2% coerente								71,8	28,2

Fonte: o autor (2020).

A dupla coluna “Total” evidenciou que a coerência predominou nas três etapas e sete dos treze voluntários mantiveram a mesma coerência (ou incoerência) nas três etapas. O percentual de coerência foi mais alto do que no SIMU, especialmente o público masculino.

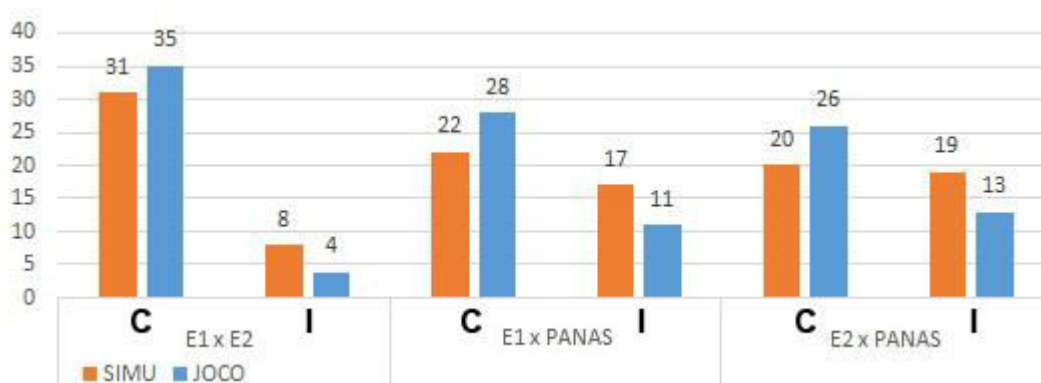
Estes resultados indicam que **o experimento de treinamento apresentou mais incoerência emocional do que o entretenimento**. Essa condição chama a atenção por se tratar de uma situação de aprendizado. Acredita-se que, em um contexto de condução veicular, o treinamento possibilita que os participantes aprimorem os seus conhecimentos, otimizem as suas ações, aperfeiçoem o processo de tomada de decisão e melhorem o seu comportamento no trânsito. Logo, entende-se que a importância na investigação da coerência emocional das pessoas.

Os resultados encontrados reforçam a necessidade de se adotar mais de um questionário de autorrelato em pesquisas de opiniões sobre emoções para não correr o risco de obter respostas limitadas e até mesmo incoerentes. Vale ressaltar

que esta constatação leva em consideração esta pesquisa, suas características, variáveis, limitações, público alvo, metodologia e questionários utilizados. Porém, pode ser investigado em outros contextos.

O gráfico 9 abaixo exhibe através de barras o quantitativo de coerências e incoerências do SIMU (cor laranja) e do JOCO (cor azul). Os três cenários são divididos por blocos.

Gráfico 9 - Quantitativo geral de coerências e incoerências



Fonte: Viana (2021).

Observa-se um número maior de coerências do que de incoerências nos três cenários e nos dois experimentos. Comparando os resultados do SIMU e do JOCO, reforçando que o JOCO apresentou mais coerências do que o SIMU.

Outro modo de análise dos dados é sob a ótica do gênero dos participantes. Decidiu-se realizar esta análise devido a dificuldade encontrada em reunir um público com estas características e por acreditar que esta é uma boa oportunidade para explorar o público feminino usuário de sistemas computacionais. Quanto as características da amostra, consultar os critérios de inclusão e exclusão (p.243).

O quadro 52 a seguir traz os resultados da análise de gênero do SIMU, considerando as três etapas. O quadro apresenta a média do nervosismo de cada gênero como informação complementar conforme tabela 12 (p.326).

As emoções mais citadas na Emoção 1 e na Emoção 2 do GEW são informadas, incluindo as cores dos quadrantes de acordo com o quadro 37 (p.337). Mostra o nervosismo, o afeto que predominou para cada público (quadro 40, p.353) e quais emoções do PANAS que obtiveram as maiores pontuações conforme quadro

41 A (p.354). Em alguns casos houve empate na pontuação e as emoções são informadas na legenda abaixo do quadro. Ao final é possível verificar qual nível de coerência predominou em cada etapa de acordo com a tabela 29 (p.363).

Quadro 52 - SIMU – Diferenças dos autorrelatos por gênero

SIMU - Análise dos autorrelatos por gênero							
Etapa	Sexo	Média Nervos	GEW		PANAS		Nível de coerência
			Emoção 1	Emoção 2	Afeto	Opção	
Pré Game	Fem.	6,6	Interesse	*Não houve	Negativo	Interessada	IP e CT
	Masc.	4,25	Interesse	Prazer	Positivo	** dividido	CT
Pós Game	Fem.	6,8	Interesse	Medo	Negativo	Interessada	CP
	Masc.	5,13	Decepção	Decepção	Negativo	*** dividido	CT
Final	Fem.	2,6	Alívio	Content.	Negativo	Interessada	IP
	Masc.	2,13	Interesse	Alívio	Negativo	Entusiasmado	IP

LEGENDA:

* Não houve repetição de respostas.

** Interessado e atento.

*** Interessado e determinado

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Viana (2021).

Numa explanação geral, verifica-se que o público feminino foi: (I) o mais nervoso; (II) o que apresentou como emoção mais importante do GEW (E1) o “interesse”; (III) que não mostrou emoção prevalente na E2 do GEW; (IV) que foi o público que mais se sentiu aliviado após o término do experimento

Também foi possível verificar que o afeto negativo predominou na maioria das etapas e que o “interesse” foi a opção que mais pontuou no PANAS. Na etapa Pré-Game houve equilíbrio entre coerência e incoerência, na etapa Pós-Game houve mais coerências e na etapa Final a incoerência predominou.

O quadro 53 a seguir apresenta os resultados da análise de gênero do JOCO. Os dados do nervosismo foram obtidos através da tabela 13 (p.328) e os dados do GEW foram coletados do quadro 38 (p.340). As informações sobre o afeto através do quadro 40 (p.353), as emoções do PANAS conforme quadro 41 B (p.354) e os resultados do nível de coerência por meio da tabela 30 (p.366).

O quadro 53 informa que o público feminino novamente foi o mais nervoso. Contudo, o público masculino foi o que apresentou o maior número de coerências. A emoção mais importante foi “Diversão”. No PANAS mostrou predomínio do afeto

positivo e a opção de maior pontuação foi “interessado”. Logo, a coluna “nível de coerências” apontou quase que unanimidade em coerências totais.

Quadro 53 - JOCO – Diferenças dos autorrelatos por gênero

JOCO - Análise dos autorrelatos por gênero							
Etapa	Sexo	Média Nervos	GEW		PANAS		Nível de coerência
			Emoção 1	Emoção 2	Afeto	Opção	
Pré Game	Fem.	4,2	Interesse	* dividido	Positivo	Entusiasmada	CT
	Masc.	3	Diversão	** dividido	Positivo	Interessado	CT
Pós Game	Fem.	5,8	Diversão	*** Não houve	Negativo	****dividido	IP e CP
	Masc.	5,63	Diversão	Prazer	dividido	Interessado	CT
Final	Fem.	2,4	Diversão	Alegria	Positivo	Interessada	CT
	Masc.	2,25	Diversão	Alegria	Positivo	Interessado	CT

LEGENDA:

* Alegria e diversão.

** Interesse, prazer e diversão.

*** Não houve repetição de respostas.

**** Interessada e animada.

Fonte: o autor (2020).

O quadro evidenciou que as emoções da família ALEGRIA (referentes ao GEW) predominaram no JOCO.

O quadro 54 abaixo apresenta uma síntese com os resultados das coerências emocionais entre o GEW e o PANAS.

Quadro 54 - Síntese dos resultados da coerência GEW x PANAS

I	R	Síntese da coerência GEW x PANAS		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	No geral, a maior quantidade de coerências emocionais ocorreu no cenário E1 x E2 do GEW: SIMU= 31/39; JOCO = 35/39.		Gráfico 9
2	A	No geral, a maior quantidade de incoerências nas respostas ocorreu no cenário E2 x PANAS: SIMU = 19/39; JOCO = 13/39.		Gráfico 9
3	A	A etapa que mais apresentou coerências (parciais e totais) foi a Pré-Game: SIMU = 11/13; JOCO = 10/13. <i>Implica dizer que as respostas emocionais foram mais harmônicas antes da realização dos experimentos.</i>		Tabelas 29 e 30
4	A	A etapa Pós-Game é a mais importante por apresentar os resultados exatamente depois da experiência vivenciada. Verificou-se predominância de coerências no SIMU e no JOCO , com 9/13 cada.		Tabelas 29 e 30

5	A	O público masculino foi o que apresentou mais coerências totais (CT) nos dois experimentos: SIMU = 12/17; JOCO = 18/25.		Tabelas 29 e 30
6	A	O público masculino apresentou a maior porcentagem de respostas coerentes nos dois experimentos se comparado com o feminino. No SIMU e no JOCO foram, respectivamente, 58,33% e 79,2%.		Tabelas 29 e 30
7	A	O único cenário que apresentou predomínio de incoerências nos dois experimentos foi a etapa Final do SIMU, com 11/13 incoerências		Tabelas 29 e 30
8	C	O experimento SIMU apresentou: - Maior número de coerências parciais: n=5. - Maior número de incoerências: 17 (14 parciais e 3 totais);	O experimento JOCO apresentou: - Maior número de coerências totais: 25 (distribuídos em 18 masculinos e 7 femininos).	Tabelas 29 e 30
9	C	Etapas de maior incoerência do SIMU: - Final (n = 11).	Etapas de maior incoerência do JOCO: - Pós-Game (n=4). - Final (n=4).	Tabelas 29 e 30
10	D	Apresentou maior regularidade: - Todo o público masculino foi coerente total na etapa Pré-Game; - Todo o público masculino foi parcialmente incoerente na Final.	O JOCO foi o único experimento a apresentar predominância de coerência nas três etapas.	Tabelas 29 e 30

Fonte: o autor (2021).

7.3.4 As coerências sob a ótica estatística

Os três cenários de coerências também foram analisados estatisticamente para **verificar se as proporções das respostas (Coerente ou Incoerente) são iguais ou não estatisticamente para as três etapas (Pré-Game, Pós-Game e Final)**. Primeiro serão apresentados os resultados do SIMU, depois do JOCO.

7.3.4.1 A estatística nas coerências emocionais do treinamento.

O primeiro cenário analisado foi o que avaliou as respostas da Emoção 1 e da Emoção 2 do GEW. Foi utilizado o **Teste Q de Coqhran** e as hipóteses são:

H_0 : As proporções de respostas são iguais para todas as três etapas.

H_1 : As proporções de respostas não são iguais para todas as três etapas.

Como resultado, obteve-se **p-valor de 0.018**, ou seja, há evidências suficientes para rejeitar H_0 . Logo, **as proporções de respostas das três etapas**

não são iguais. Para identificar entre quais etapas existe diferença foi utilizado o **Teste de McNemar** entre os pares (de etapas), cujas hipóteses são as seguintes:

H_0 : As proporções de respostas são iguais para as duas etapas.

H_1 : As proporções de respostas não são iguais para as duas etapas.

O resultado da análise de proporção é exibido na tabela 31 abaixo. Entre as etapas Pós-Game e Final (que corresponde ao tempo de aclimação final) há evidências suficientes para rejeitar H_0 , pois o p-valor foi menor do que 5%, ou seja, as proporções de respostas nessas duas etapas para a coerência E1 x E2 são diferentes, por isso o valor está na cor vermelha.

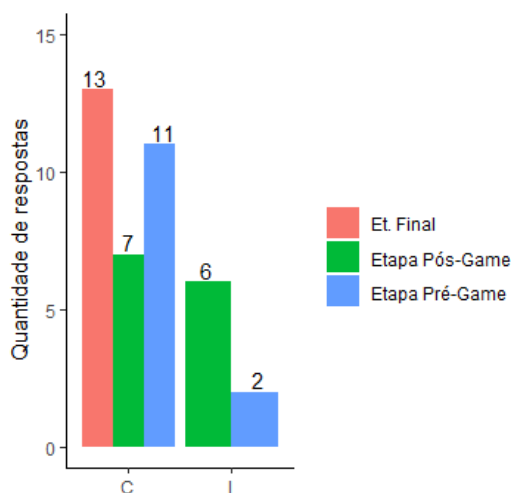
Tabela 31 - SIMU – Proporção do cenário de coerência E1 x E2 do GEW

Etapas		p-valor
Pré-Game	Final	0.480
Pós-Game	Final	0.041
Pré-Game	Pós-Game	0.221

Fonte: Viana (2021).

As demais comparações não demonstraram diferença entre as etapas. O gráfico 10 abaixo evidencia esta diferença entre as proporções Pós-Game e Final.

Gráfico 10 - SIMU – Proporção de respostas do cenário E1 x E2 do GEW



Fonte: Viana (2021).

O gráfico citado anteriormente exibe barras que representam as etapas conforme legenda. O tamanho corresponde ao quantitativo de respostas coerentes (C) e incoerente (I), informado na base do gráfico.

Verifica-se que no “C” a barra na cor verde (*Pós-Game*) é menor do que a barra rosa (*Final*). Enquanto que no “I” ocorre o contrário. Logo, como a barra rosa (etapa *Final*) não consta na incoerência “I”, o p-valor foi abaixo de 5%.

O segundo cenário analisado foi o que avaliou as respostas da Emoção 1 do GEW e o PANAS, sendo este o cenário considerado o mais importante dos três por analisar a principal resposta dos dois questionários.

O Teste Q de Cochran também foi utilizado e as hipóteses são as seguintes:

H_0 : As proporções de respostas são iguais para todas as três etapas.

H_1 : As proporções de respostas não são iguais para todas as três etapas.

O resultado obtido foi um **p-valor** de **0.002**, ou seja, há evidências suficientes para rejeitar H_0 . Logo, **as proporções de respostas das três etapas não são iguais**. Para saber entre quais etapas há diferença foi utilizado o Teste de McNemar entre os pares sob as duas hipóteses abaixo:

H_0 : As proporções de respostas são iguais para as duas etapas.

H_1 : As proporções de respostas não são iguais para as duas etapas.

A tabela 32 abaixo traz o resultado da análise de proporção e logo em seguida o gráfico 11 evidencia o resultado através de barras.

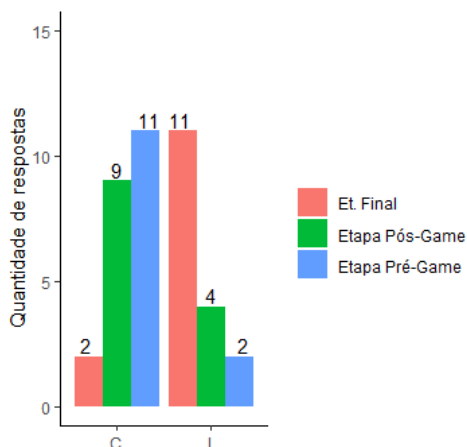
Tabela 32 - SIMU – Proporção do cenário de coerência E1 x PANAS

Etapas		p-valor
Pré-Game	Final	0.008
Pós-Game	Final	0.046
Pré-Game	Pós-Game	0.617

Fonte: Viana (2021).

Observa-se que as etapas “Pré-Game x Final” e “Pós-Game x Final” obtiveram diferença significativa entre as proporções de respostas, devido ao fato de se rejeitar H_0 (p -valor < 0.05).

Gráfico 11 - SIMU – Proporção de respostas do cenário E1 x PANAS



Fonte: Viana (2021).

O gráfico supracitado ilustra melhor essa conclusão, onde o perfil de respostas da Etapa Final é exatamente o contrário do comportamento de respostas da Etapa Pré-Game.

Também é possível observar que a Etapa Pós-Game possui um comportamento próximo ao Pré-Game e destoa bastante da Etapa Final (comparativo das barras rosa e verde), dando uma prova visual do que a tabela citada anteriormente está informando.

O terceiro cenário analisado foi o que avaliou as respostas da Emoção 2 do GEW e o PANAS. O Teste Q de Cochran também foi utilizado e as hipóteses são:

H_0 : As proporções de respostas são iguais para todas as três etapas.

H_1 : As proporções de respostas não são iguais para todas as três etapas.

O resultado foi **p-valor de 0.009**. Logo, se rejeita H_0 , o que indica que as proporções de respostas das três etapas **não são iguais**. O Teste de McNemar permite identificar entre quais etapas há diferença conforme as hipóteses informadas a seguir. Logo depois é exibida a tabela 33 com o resultado do teste.

H_0 : As proporções de respostas são iguais para as duas etapas.

H_1 : As proporções de respostas não são iguais para as duas etapas.

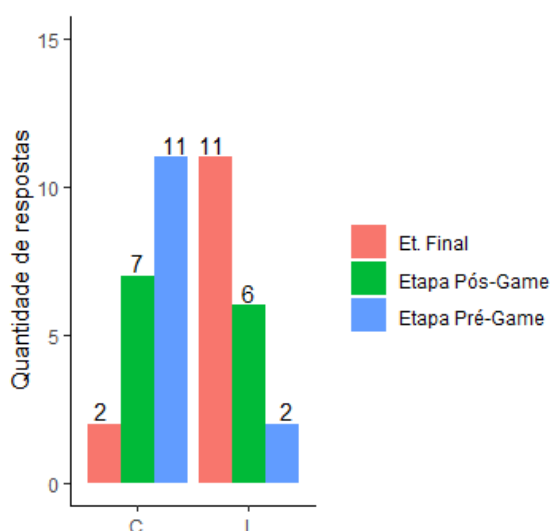
Tabela 33 - SIMU – Proporção do cenário de coerência E2 x PANAS

Etapas		p-valor
Pré-Game	Final	0.048
Pós-Game	Final	0.546
Pré-Game	Pós-Game	0.663

Fonte: Viana (2021).

Apenas as etapas “Pré-Game x Final” rejeitaram H_0 (p -valor < 0.05), havendo diferença significativa entre as proporções de suas respostas conforme gráfico 12.

Gráfico 12 - SIMU – Proporção de respostas do cenário E2 x PANAS



Fonte: Viana (2021).

Observa-se que as respostas da etapa Pré-Game (barra azul) e da etapa Final (barra rosa) são divergentes. Tanto na coerência (C) quanto na incoerência (I) a alta quantidade de um contrasta com a baixa quantidade do outro, por isso não são proporcionais.

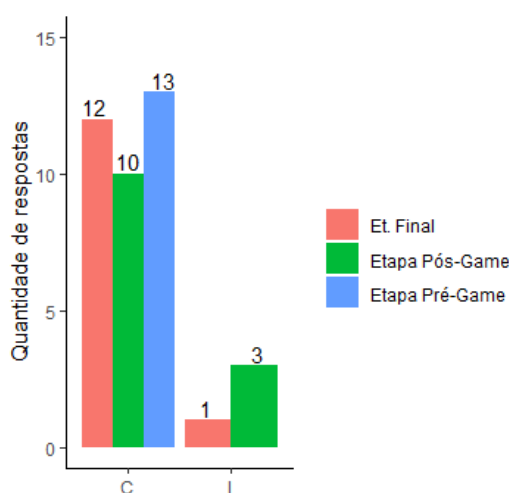
Com os mesmos procedimentos do SIMU são apresentados os resultados estatísticos do JOCO. Logo, optou-se em não repetir as hipóteses a cada cenário.

7.3.4.2 A diversão e a estatística nas coerências emocionais.

O primeiro cenário analisado foi o que avaliou as respostas da Emoção 1 e a Emoção 2 do GEW. Foi utilizado o Teste Q de Coqhran e o resultado apresentou um **p-valor de 0.097**. Há evidências suficientes para não rejeitar H_0 , ou seja, **as proporções de respostas das três etapas são iguais estatisticamente**.

Nesse sentido, não houve a necessidade de saber quais etapas apresentam diferença. Logo, não foi necessário utilizar o Teste de McNemar e o gráfico 13 abaixo evidencia este resultado.

Gráfico 13 - JOCO – Proporção de respostas do cenário E1 x E2 do GEW



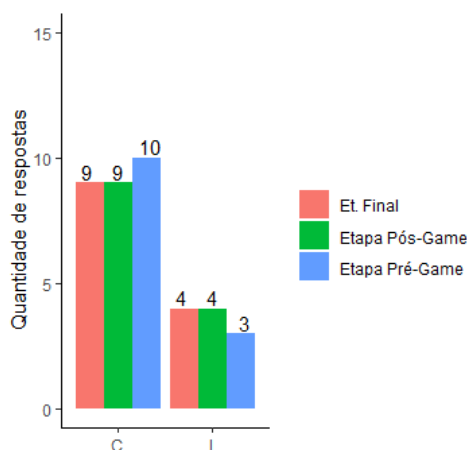
Fonte: Viana (2021).

O gráfico deixa claro que o número de respostas das três etapas na coerência (C) foi elevado e na incoerência (I) foi baixo, inclusive não houve incoerência na etapa Pré-Game. Logo, as respostas coerentes e as incoerentes são proporcionais.

O segundo cenário verificou as respostas da Emoção 1 do GEW e o PANAS. O Teste Q de Coqhran obteve um **p-valor 0.846**, ou seja, há evidências suficientes para não rejeitar H_0 . Logo, as proporções de respostas das três etapas **são iguais estatisticamente**.

O gráfico 14 a seguir ajuda a entender melhor esse resultado, sendo possível visualizar que as proporções de respostas são bastante próximas, evidenciando os resultados do Teste Q de Cochran.

Gráfico 14 - JOCO – Proporção de respostas do cenário E1 x PANAS



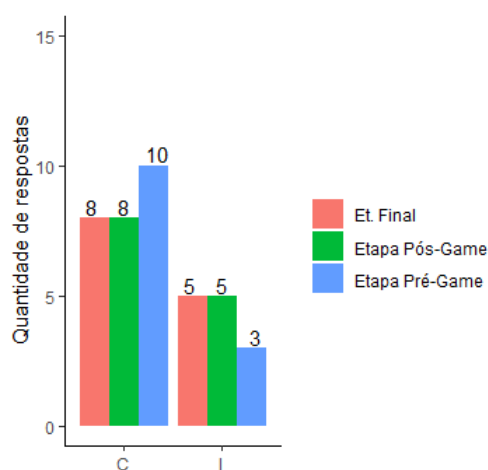
Fonte: Viana (2021).

A quantidade de respostas coerentes (C) das três etapas são muito próximas, assim como a quantidade de respostas incoerentes.

O terceiro cenário avaliou as respostas da Emoção 2 do GEW e o PANAS. O Teste Q de Coqhran obteve um resultado de **p-valor 0.607**. Logo, não se rejeita H_0 e evidencia que as proporções de respostas das três etapas **são iguais estatisticamente**.

O gráfico 15 abaixo evidencia essa proporcionalidade.

Gráfico 15 - JOCO – Proporção de respostas do cenário E2 x PANAS



Fonte: Viana (2021).

Tanto o quantitativo de respostas da coerência (C) das três etapas quanto o de incoerências (I) estão próximos entre si, demonstrando a proporcionalidade.

7.4 TERCEIRO GRUPO DE DADOS: O USO DOS SISTEMAS

O estudo da ergonomia e da IHC com sistemas computacionais (*hardware* e *software*) é um campo fértil. A multidisciplinaridade envolvida nestas duas áreas possibilita o amadurecimento das práticas ergonômicas, seja pelo surgimento e adaptações de métodos e ferramentas para investigar as experiências dos usuários, ou pela possibilidade de se averiguar os dispositivos de entrada e saída sob a ótica dos fatores humanos (TORI et al., 2018; DARIN; CARNEIRO, 2020).

Nesse contexto estão inseridos sistemas computacionais como *games* e processos digitais (*softwares*) de treinamento. Esta pesquisa buscou analisar a interação entre o usuário e os dois elementos do sistema: o *hardware* (usando o SUS para investigar a usabilidade do *cockpit*) e o *software* (utilizando o modelo híbrido de Leventhal e Barnes). Este é o assunto dos próximos subtópicos.

7.4.1 SUS – a usabilidade dos *cockpits*

Após o término dos dois experimentos os voluntários receberam o questionário SUS e foram instruídos a responderem sobre a experiência de usabilidade que tiveram com os *cockpits* do SIMU e do JOCO.

7.4.1.1 O simulador de autoescola apresenta boa usabilidade?

O *cockpit* utilizado foi um modelo do tipo meio-carro da fabricante Pro Simulador utilizado em estabelecimentos de autoescolas. Mais detalhes sobre este equipamento podem ser consultados no quadro 20 (p.267).

A tabela 34 a seguir apresenta o resultado do SUS no SIMU. A primeira linha identifica os voluntários e a primeira coluna lista os dez itens analisados. Eles abordam basicamente: (01) frequência de uso; (02) complexidade; (03) facilidade de uso; (04) necessidade de assistência para usar; (05) integração de funções; (06) inconsistência no equipamento; (07) facilidade de aprendizagem; (08) complicação no uso; (09) confiança ao usar; (10) necessidade de aprendizado para continuar utilizando. Maiores detalhes podem ser consultados no Anexo J.

As demais colunas exibem a pontuação dos voluntários. A coluna “Total” mostra a pontuação total de cada item. Também é possível verificar um *ranking* (coluna R) das pontuações, com destaque para os três de maior concordância (cor azul) e os de maior discordância (vermelho). Dessa forma é possível saber quais os itens mais bem avaliados quanto à usabilidade.

Tabela 34 - SIMU - Pontuação geral do SUS e classificação dos itens

SUS - SIMU	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29	Total	R
Item 01	5	1	4	3	4	3	2	1	4	4	3	3	2	39	5º
Item 02	1	4	2	1	1	4	4	1	2	3	2	2	2	29	9º
Item 03	5	4	5	4	3	2	1	4	5	4	4	4	3	48	3º
Item 04	4	4	2	4	4	2	2	2	4	5	2	3	2	40	4º
Item 05	5	3	4	5	4	4	4	3	4	4	3	3	3	49	2º
Item 06	1	4	1	3	3	4	2	3	4	5	2	3	3	38	6º
Item 07	5	3	5	5	3	4	4	2	4	4	4	4	4	51	1º
Item 08	1	4	1	1	2	2	4	2	2	2	3	2	1	27	10º
Item 09	4	2	4	2	3	3	2	2	3	3	4	3	3	38	6º
Item 10	2	3	1	5	4	4	2	2	2	4	2	3	2	36	8º
Resultado	87,5	35	87,5	62,5	57,5	50	47,5	55	65	50	67,5	60	62,5		

Fonte: o autor (2020).

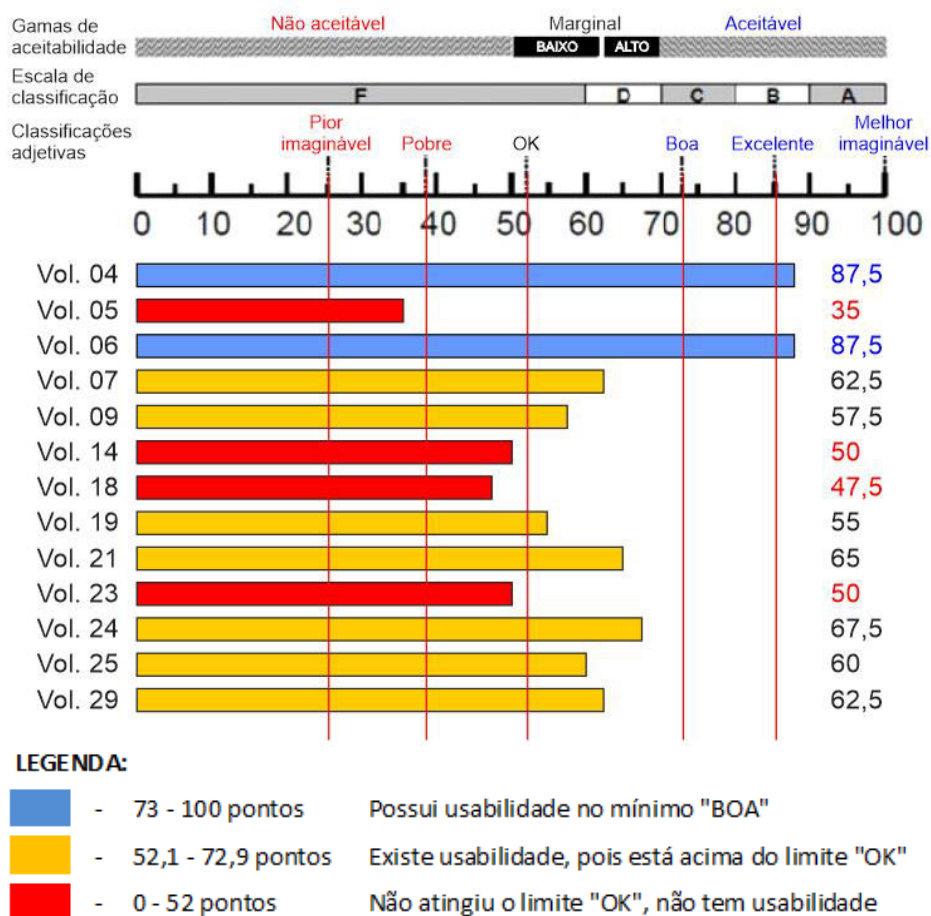
Para facilitar o entendimento dos dados foi elaborado um gráfico baseado na representação proposta por Bangor et al. (2009) (figura 106, p.285). Outros elementos foram adicionados para facilitar a compreensão.

O gráfico 16 a seguir traz o resultado do SUS no SIMU. Observa-se na parte superior esquerda, onde estão os nomes das três métricas, que os termos “negativos” (relacionados à baixa usabilidade) aparecem na cor vermelha.

Enquanto isso, os termos “positivos” (relacionados à alta usabilidade) aparecem na cor azul. Estas cores aparecem nas barras localizadas na parte inferior do gráfico conforme a pontuação individual obtida. A barra na cor amarela representa uma pontuação mediana.

O lado inferior esquerdo do gráfico exibe a coluna com a identificação dos voluntários e do lado direito visualiza-se a pontuação do SUS de cada um. As cores da pontuação tem o seguinte significado: Azul – usabilidade com classificação “Boa” ou “Excelente”; Preta – existência de usabilidade, porém abaixo de “Boa”; Vermelha – abaixo do limite “OK”. A legenda abaixo do gráfico traz mais informações.

Gráfico 16 - Diagnóstico do SUS na experiência SIMU



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Bangor et al. (2009).

Verifica-se que apenas dois dos treze voluntários (Vol.04 e 06) consideraram que o *cockpit* de treinamento tem usabilidade aceitável (87,5 pontos), classificação “excelente” e escala “B”. Sete voluntários indicaram que há “alguma usabilidade”, com aceitabilidade entre o limite “OK” e a classificação Boa e com escalas entre “D” e “F”. E quatro voluntários pontuaram abaixo do limite “OK”, com escala “F” e nível de aceitabilidade negativo (não aceitável).

Além dos resultados do gráfico optou-se em avaliar as respostas do ponto de vista do conteúdo dos dez itens do questionário SUS, verificando quais foram os de maior concordância e os de maior discordância.

Nesse sentido, acredita-se que esta avaliação possa auxiliar na interpretação e compreensão dos dados referentes aos aspectos emocionais, sendo possível gerar informações valiosas por sinalizar questões que possam ter influenciado nas opiniões dos usuários.

Dessa forma, as conclusões são reforçadas e são geradas novas perspectivas e pontos de vista que poderão contribuir com possíveis demandas de melhorias tanto de *hardware* quanto de *software*.

O quadro 55 abaixo apresenta os três itens de maior concordância e os três de maior discordância, conforme a tabela 34 citada anteriormente. São informadas a quantidade de vezes que foram citadas com concordância (coluna Q), a pontuação obtida (coluna Pts.) e o conteúdo do item (da métrica).

Quadro 55 - Maiores concordâncias e discordâncias do SUS no SIMU

SIMU	Q	Pts.	Item	Conteúdo da métrica
Maior concordância	10/13	51	07	Imagino que a maioria das pessoas aprenderá a usar este equipamento rapidamente
	8/13	49	05	Eu acho que as várias funções deste equipamento estão bem integradas
	9/13	48	03	Eu acho este equipamento fácil de usar
Maior discordância	10/13	27	08	Acho esse equipamento muito complicado de usar
	9/13	29	02	Eu acho esse equipamento desnecessariamente complexo
	7/13	36	10	Eu precisava aprender muitas coisas antes de poder continuar usando este equipamento

Fonte: o autor (2020).

As maiores concordâncias apontam que os voluntários acreditam que a facilidade de uso e de aprendizagem são os pontos fortes do *cockpit*. A integração entre suas várias funções o torna mais usual para os objetivos de treinamento a que se propõe. Quanto as discordâncias, os voluntários discordam que há complexidade no uso do equipamento e também discordam que há dificuldade de aprendizagem.

O comparativo sob o ponto de vista da concordância e da discordância permitiu identificar coerências entre elas. Afinal, as respostas de maior pontuação configuram-se como o contraposto daquelas de menor pontuação. Nesse sentido observa-se conformidade e harmonia nas respostas.

7.4.1.2 O simulador de Fórmula 1 apresenta boa usabilidade?

O *cockpit* utilizado foi um modelo do tipo carro de Fórmula 1 utilizado para jogos de corrida de competição. Sua configuração atende a proposta de

entretenimento e mais detalhes sobre este equipamento podem ser consultados no quadro 21 (p.268). A tabela 35 abaixo exhibe os resultados do SUS.

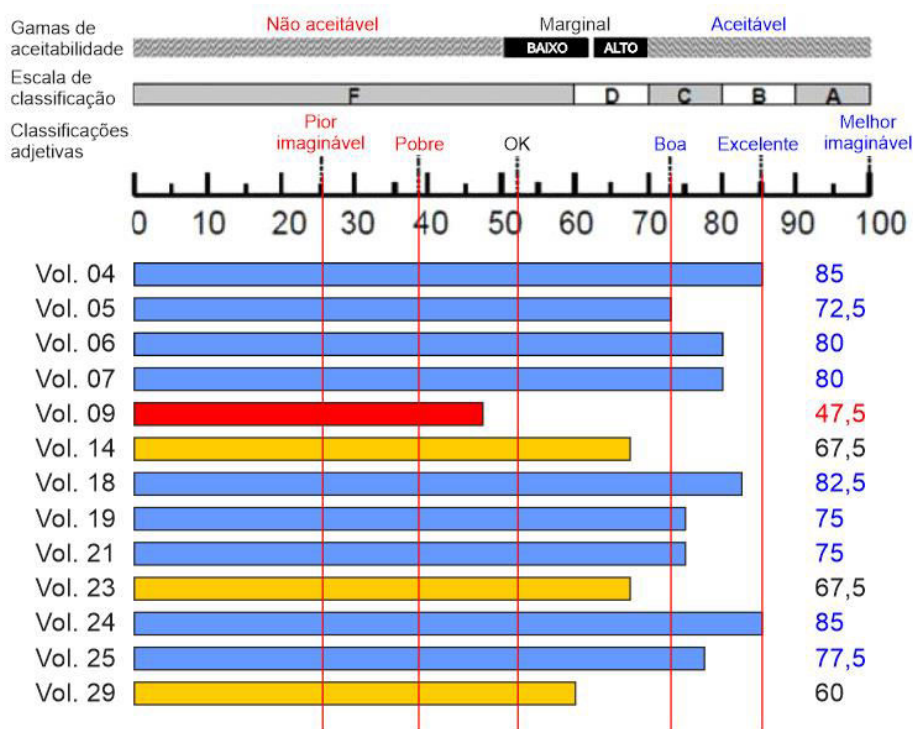
Tabela 35 - JOCO - Pontuação geral do SUS e classificação dos itens

SUS - JOCO	v.04	v.05	v.06	v.07	v.09	v.14	v.18	v.19	v.21	v.23	v.24	v.25	v.29	Total	R
Item 01	5	4	3	4	3	4	5	4	5	5	5	5	1	53	2º
Item 02	1	2	1	1	2	2	1	2	3	2	1	2	1	21	10º
Item 03	5	4	4	3	3	4	4	5	4	4	5	4	1	50	4º
Item 04	4	3	2	1	4	3	2	3	2	4	4	4	3	36	6º
Item 05	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	3	53	2º
Item 06	1	2	1	2	3	4	2	2	2	2	1	3	3	28	7º
Item 07	5	4	4	5	2	4	4	3	5	4	5	5	4	54	1º
Item 08	1	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	1	2	23	9º
Item 09	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	5	4	3	47	5º
Item 10	2	2	1	3	4	2	1	1	2	3	3	2	1	27	8º
Resultado	85	72,5	80	80	47,5	67,5	82,5	75	75	67,5	85	77,5	60		

Fonte: o autor (2020).

O gráfico 17 abaixo mostra os resultados de acordo com a proposta de Bangor et al. (2009), figura 106, p.285.

Gráfico 17 - Diagnóstico do SUS na experiência JOCO



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Bangor et al. (2009).

Verifica-se que o voluntário 09 foi o único a considerar o *cockpit* com usabilidade abaixo do limite “OK”. Os demais pontuaram acima desse nível, sendo sete de nível “Bom” e dois de nível “Excelente”. Este resultado evidencia que este *cockpit* apresentou melhor usabilidade para a maioria dos voluntários se comparado ao *cockpit* do SIMU.

O quadro 56 abaixo apresenta os três itens de maior concordância e os três de maior discordância do JOCO e foi baseada na tabela 35 citada anteriormente.

Quadro 56 - Maiores concordâncias e discordâncias do SUS no JOCO

JOCO	Q	Pts.	Item	Conteúdo da métrica
Maior concordância	11/13	54	07	Imagino que a maioria das pessoas aprenderá a usar este equipamento rapidamente
	12/13	53	05	Eu acho que as várias funções deste equipamento estão bem integradas
	10/13	53	01	Eu gostaria de usar esse equipamento com frequência
Maior discordância	12/13	21	02	Eu acho esse equipamento desnecessariamente complexo
	12/13	23	08	Acho o equipamento muito complicado de usar
	9/13	27	10	Eu precisava aprender muitas coisas antes de poder continuar usando este equipamento

Fonte: o autor (2020).

Os três itens de maior pontuação possuem coerência e lógica. Os voluntários acreditam que as funções do *cockpit* estão bem integradas, que a maioria das pessoas aprenderá a usá-lo rapidamente e que eles próprios gostariam de usar o equipamento com frequência.

Quanto as discordâncias, observa-se que as questões sobre a complexidade do equipamento e a necessidade de aprender muitas coisas para continuar utilizando foram as de menor escore e são antagônicas aos itens de maior escore. Essa condição de contraste entre as opiniões concordantes e discordantes permite compreender de maneira mais categórica a opinião dos voluntários.

Por se tratar de um equipamento destinado ao entretenimento acredita-se que os objetivos de usabilidade relacionados à diversão foram atendidos.

O quadro 57 a seguir traz a síntese dos resultados do SUS.

Quadro 57 - Síntese dos resultados do SUS

I	R	Síntese do SUS		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	Os voluntários acreditam que a maioria das pessoas aprenderá a usar rapidamente os dois <i>cockpits</i> : SIMU = 10/13, sendo sete masculinos e três femininos; JOCO = 11/13, sendo sete masculinos e quatro femininos.		Quadros 55 e 56
2	A	Os voluntários relataram que as funções dos dois cockpits estão bem integradas : SIMU = 08/13, sendo quatro do público feminino; JOCO = 12/13, sendo sete do masculino e todas do feminino.		Quadros 55 e 56
3	A	Os voluntários discordam que os cockpits sejam desnecessariamente complexos : SIMU = 9/13, sendo quatro do público feminino; JOCO = 12/13, sendo quase sete masculinos e todos os femininos.		Quadros 55 e 56
4	A	Os voluntários discordam que os cockpits são muito complicados de se usar : SIMU = 10/13 (4/5 Feminino); JOCO = 12/13 (100% Masculino)		Quadros 55 e 56
5	A	Os voluntários discordam que seja necessário aprender muitas coisas antes de permanecer utilizando os cockpits : SIMU = 7/13, sendo cinco de masculino. JOCO = 9/13, sendo seis do masculino.		Quadros 55 e 56
6	C	O SIMU foi o experimento que mais apresentou usabilidade abaixo do nível limite "OK". Foram quatro voluntários, e destes, três são do público masculino.	O JOCO foi o que mais apresentou usabilidade acima do nível limite "OK" (n=12, sendo 9 acima da classificação "Boa"). 100% são masculinos	Gráficos 16 e 17
7	D	Analisando a pontuação individual, foi no SIMU que ocorreu a menor e a maior pontuação do SUS : 35 e 87,5 pontos. Detalhe: ambas são do público feminino.	Analisando a pontuação geral dos itens do SUS, o JOCO apresentou as três maiores e as três menores pontuações . Logo, as opiniões foram mais categóricas do que no SIMU.	Gráficos 16 e 17 Quadros 55 e 56

Fonte: o autor (2021).

7.4.1.3 A estatística na usabilidade dos sistemas

Buscou-se analisar estatisticamente a opinião dos voluntários sobre os dois *cockpits*, ou seja, o mesmo público em duas situações. Nessas condições optou-se em utilizar o **Teste t pareado**.

Porém é necessário saber se os dados possuem distribuição normal. A normalidade foi testada utilizando o **Teste Shapiro-Wilk**, cujas hipóteses são:

H_0 : Os dados possuem distribuição normal.

H_1 : Os dados não possuem distribuição normal.

O resultado do p-valor foi **0.1659**, ou seja, há evidências suficientes para não rejeitar a hipótese nula. Logo, pode-se dizer que os dados possuem distribuição normal, sendo possível usar o Teste t pareado.

Para conferir se há diferença entre as opiniões dos voluntários quanto ao uso dos dois *cockpits* (SIMU e JOCO), tem-se as seguintes hipóteses:

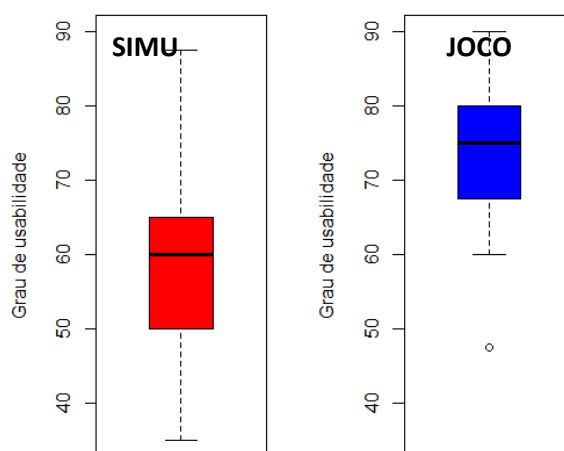
H_0 : A média da opinião para o SIMU é igual à média da opinião no JOCO.

H_1 : A média da opinião para o SIMU é diferente à média da opinião no JOCO.

Como resultado, obteve-se **p-valor de 0.01156**, ou seja, há evidências suficientes para rejeitar H_0 .

Explicitando melhor, através do Teste t pareado, conclui-se que a média da opinião dada sobre a usabilidade do *cockpit* Pro Simulador do SIMU é **estatisticamente diferente** da média da opinião sobre a usabilidade do *cockpit* de Fórmula 1 de JOCO. O gráfico 18 *boxplot* abaixo evidencia essa diferença.

Gráfico 18 - Os *boxplots* e as diferenças entre as medianas do SUS



Fonte: Viana (2021).

Pode-se verificar claramente a diferença encontrada através da posição das medianas (representadas pelas linhas horizontais pretas e espessas no interior das caixas) que estão em níveis distantes de graus de usabilidade.

Optou-se em realizar uma análise estatística entre a pontuação (score) obtida no SUS, a média do nível de nervosismo de etapa Pós-Game e o resultado das métricas de desempenho da Rodada 3 (infrações e erros de condução). Acredita-se que estes três conjuntos de dados possam apresentar alguma correlação por terem sido obtidos logo após o uso dos sistemas computacionais.

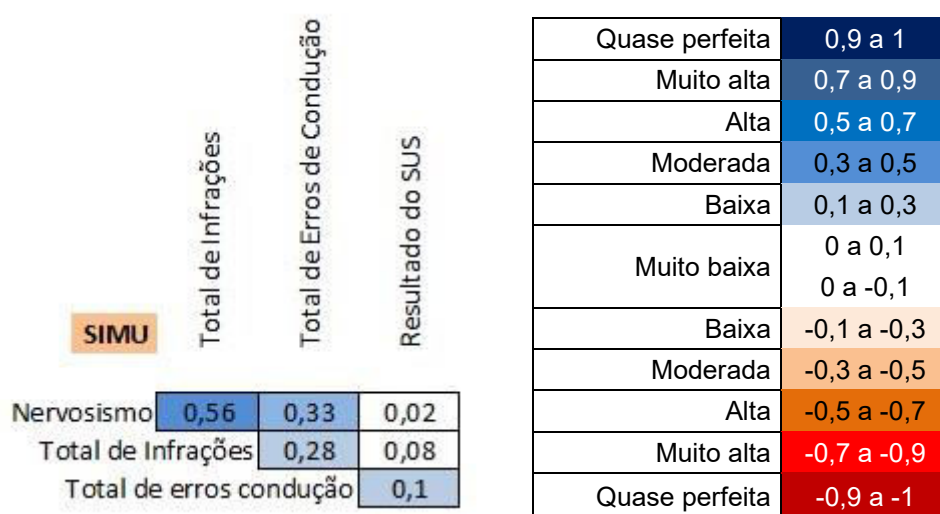
7.4.1.3.1 SIMU – correlações entre SUS, nervos e desempenho

Foi utilizada a **Matriz de Correlação** desenvolvida através do cálculo do coeficiente de **Correlação de Pearson**, verificando as correlações 2 x 2.

O gráfico 19 abaixo exhibe os resultados, destacando que todas as correlações verificadas foram positivas conforme a legenda de classificação do lado direito baseada em Hopkins (2002). Este resultado implica dizer que há relação direta entre as variáveis, ou seja, quando uma cresce a outra também cresce.

Foi constatada uma correlação positivamente alta (**0.56**) entre o Nervosismo e o Total de Infrações. No mesmo gráfico também foi constatada uma correlação positivamente moderada (0.33) entre o Nervosismo e o total de erros de condução.

Gráfico 19 - SIMU – Matriz de correlação: nervosismo, desempenho e SUS



Fonte: o autor (2020). Baseado em Hopkins (2002).

Portanto, à medida que a pessoa atinge um alto grau de nervosismo, fica mais propensa a cometer infrações e erros de condução.

Quanto as demais correlações foi possível verificar que o escore SUS não possui nenhuma correlação estatisticamente relevante, ou seja, todas as três foram próximas ao valor “0”. Em situações de correlações muito baixas implica dizer que uma variável impacta muito pouco nas demais variáveis.

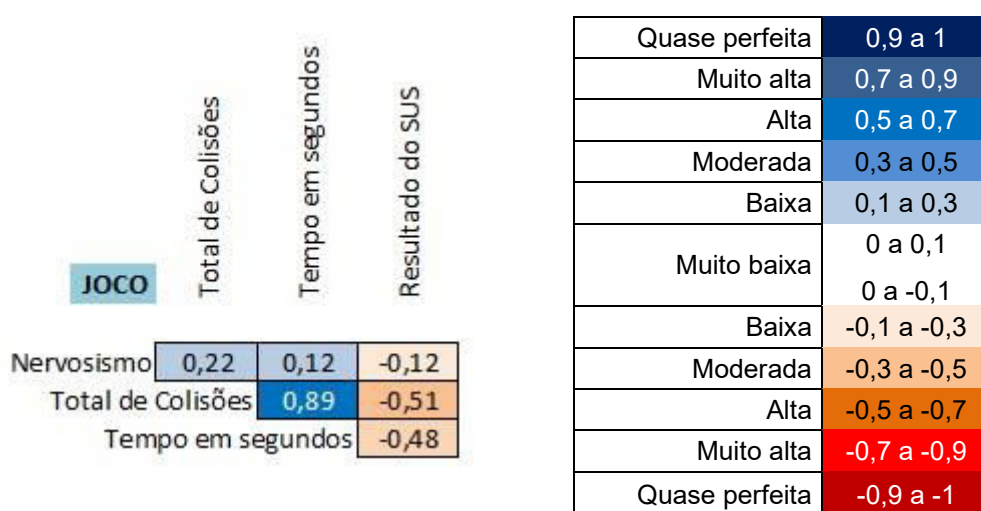
7.4.1.3.2 JOCO – correlações entre nervos, desempenho e SUS

Os mesmos procedimentos de análise estatísticas do SIMU foram aplicados no JOCO. Contudo, foram utilizadas as variáveis de colisões e de tempo de conclusão da Rodada 3 obtidas na etapa Pós-Game, além da média de nervosismo da etapa Pós-Game.

O gráfico 20 abaixo apresenta a matriz de correlação do experimento de entretenimento. Foi constatada uma correlação positiva muito alta (**0.89**) entre o total de colisões e o tempo gasto em segundos para concluir a Rodada 3. Ou seja, quanto mais o voluntário colide o veículo durante o jogo, maior é o tempo gasto para concluir a rodada.

As outras duas correlações positivas foram baixas o suficiente para não impactarem nas outras variáveis.

Gráfico 20 - JOCO – Matriz de correlação: nervosismo, desempenho e SUS



Fonte: o autor (2020). Baseado em Hopkins (2002).

Quanto as correlações negativas, verificou-se que as três envolvem o escore do SUS. A baixa correlação negativa (-0.12) foi observada entre a pontuação do SUS e o nervosismo, configurando-se numa condição em que uma variável pouco impacta na outra.

A classificação moderada (-0.48) indica que os voluntários de maior escore foram aqueles que mais reduziram o tempo de conclusão da Rodada 3. Enquanto que a correlação alta (-0,51) indica que conforme o escore do SUS aumenta, o número de colisões diminui.

7.4.2 Leventhal e Barnes – a experiência no uso dos *softwares*

O modelo híbrido de Leventhal e Barnes (L&B) foi utilizado para se obter a opinião dos voluntários sobre a usabilidade dos dois *softwares* utilizados no SIMU e no JOCO.

7.4.2.1. O modelo de Leventhal e Barnes no treinamento

No SIMU, o *software* analisado foi o ProS.auto e maiores detalhes podem ser consultados no quadro 20 (p.267). A tabela 36 abaixo apresenta os resultados do SIMU. A primeira linha identifica os voluntários.

Tabela 36 - SIMU - Resultado do questionário de Leventhal e Barnes

SIMU			VOLUNTÁRIOS																Somatória			R	Médias pts	
Variável	Pts	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	AC	M	BC	Fem	Masc					
V.T.	Frequência	45	2	4	4	5	4	4	3	4	3	4	3	3	2	7	4	2	AC	3,8	3,25			
	Rigidez	48	4	4	4	3	4	5	4	4	2	5	2	5	2	9	1	3	AC	3,8	3,625			
	Limitações	29	2	4	1	1	2	2	3	4	1	3	1	3	2	2	3	8	BC	2	2,375			
V.U.	Var. do usuário	41	5	4	3	1	4	4	5	3	4	2	3	2	1	6	3	4	AC	3,4	3			
C.I.	Facil. aprender	44	5	1	4	4	3	2	2	2	4	4	4	4	5	8	1	4	AC	3,4	3,375			
	Facil. usar	44	5	2	4	4	4	3	3	4	4	2	3	4	2	7	3	3	AC	3,8	3,125			
	Facil. reaprender	47	5	3	4	3	3	3	1	4	5	5	5	5	1	7	4	2	AC	3,6	3,625			
	Flexibilidade	33	2	4	2	1	4	2	4	1	1	2	4	4	2	5	-	8	BC	2,6	2,5			
	Satisfação	44	5	2	5	5	3	3	2	2	4	3	4	5	1	6	3	4	AC	4	3			
	Adequado tarefa	45	5	3	4	5	4	2	2	3	4	3	4	4	2	7	3	3	AC	4,2	3			
Total		420	40	31	35	32	35	30	29	31	32	33	33	39	20	64	25	41		80%	20%			

LEGENDA:

Muito pouco/Nada

Pouco

Moderado/Neutro

Bastante

Extremamente

Fonte: o autor (2020).

A coluna “Variável” apresenta os dez itens investigados, do lado esquerdo é possível ver as três categorias e a coluna “Pts.” mostra o somatório de cada variável. As outras colunas mostram a pontuação de cada voluntário para cada variável. As cores são explicadas na legenda abaixo da tabela.

A coluna intitulada “somatória” se divide em três subcolunas chamadas “AC”, “M” e “BC”, que correspondem a “Alta concordância”, “Moderadamente” e “Baixa concordância” respectivamente. Os valores destas subcolunas correspondem a somatória de cada variável e as cores de suas células são as mesmas da coluna “Grupo” do quadro 27 (p.286). A resposta final de cada variável é indicada na coluna “R” e são três resultados possíveis:

- (I) **AC** = Alta Concordância geral, quando “AC” for maior que “M” e “BC”;
- (II) **BC** = Baixa concordância geral, se “BC” for superior a “M” e “AC”;
- (III) **M** = Moderada concordância, quando houver equilíbrio entre “AC” e “BC”, ou se o número de “M” for maior que as outras duas. Cada variável é detalhada a seguir.

Frequência - A maioria dos voluntários (n=7) considerou que as tarefas executadas com frequência facilitou o uso do *software* ProS.auto, ou seja, acreditam que o processo de repetição é um forte aliado na metodologia da aprendizagem nesta situação de treinamento.

Rigidez – Nove voluntários concordam que o número de ações executadas para realizar a tarefa é alta: acionar motor, pedais, câmbio, setas etc. Lembrando que a cada deslize cometido, o sistema exige que todos os comandos sejam refeitos. Portanto, a quantidade de atividades é considerada grande, tornando a rigidez baixa.

Limitações – A maioria (n=8) respondeu com baixa concordância. Segundo eles, as limitações (possíveis barreiras) do ProS.auto (tais como as instruções na tela que podem dificultar a visualização ou distrair o usuário, cenários pouco realistas ou desafios considerados simples) não afetam a realização da tarefa.

Quanto as **variáveis dos usuários** (V.U.), a maioria (n=6) concordou que a experiência (expertise) em condução veicular facilitou o uso do *software*, inclusive aumentou a motivação na participação do experimento.

Nas **características da interface** (C.I.) houve cinco concordâncias. A maioria concorda que o ProS.auto é um *software* de fácil aprendizado, fácil de ser utilizado, que permite fácil reaprendizagem quando for reutilizado. A interface é adequada à tarefa, ou seja, permite a realização das atividades necessárias para guiar um veículo independentemente da experiência do usuário. A maioria está satisfeita.

A flexibilidade foi a única variável relacionada à interface que obteve baixa concordância (n=8). Os voluntários acreditam que o *software* não é flexível o suficiente para facilitar a solução de imprevistos ocorridos durante a tarefa.

Este resultado foi surpreendente, pois o *software* ProS.auto reinicia a tarefa de onde o voluntário cometeu o erro e seus comandos e sua interface permitem que o voluntário refaça as tarefas que errou.

As duas últimas colunas da tabela mostram os resultados divididos por gênero e as maiores médias de cada variável estão em negrito. Verifica-se que as participantes femininas foram as que apresentaram a maior média de pontos em oito das dez variáveis. Implica dizer que este foi o público que mais concorda que o *software* de treinamento apresenta boa usabilidade.

7.4.2.2. O entretenimento e o modelo de Leventhal e Barnes

A usabilidade do *game The Crew 2* foi avaliada pelo modelo L&B e a tabela 37 abaixo apresenta os resultados. Maiores detalhes, consultar quadro 21 (p.268).

Tabela 37 - JOCO - Resultado do questionário de Leventhal e Barnes

JOCO			VOLUNTÁRIOS														Somatória			R	Médias pts	
Varíável	Pts	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	AC	M	BC	Fem	Masc			
V.T.	Frequência	48	3	3	4	4	4	3	5	5	5	2	4	5	1	8	3	2	AC		3,6	3,75
	Rigidez	37	5	2	2	4	3	2	3	4	2	5	1	3	1	4	3	6	BC	3,2	2,625	
	Limitações	30	1	1	1	2	3	3	4	4	3	1	1	1	5	3	3	7	BC	1,6	2,75	
V.U.	Var. do usuário	40	5	2	3	3	4	3	3	2	4	3	2	3	3	3	7	3	M	3,4	2,875	
C.I.	Facil. aprender	51	5	2	3	5	2	4	4	5	4	4	5	5	3	9	2	2	AC	3,4	4,25	
	Facil. usar	49	5	4	3	4	2	3	3	3	5	4	5	5	3	7	5	1	AC	3,6	3,875	
	Facil. reaprender	55	5	4	3	5	2	4	5	4	5	5	5	5	3	10	2	1	AC	3,8	4,5	
	Flexibilidade	53	4	4	3	5	3	3	5	4	3	4	5	5	5	9	4	-	AC	3,8	4,25	
	Satisfação	47	5	4	4	3	2	2	2	4	2	4	5	5	5	8	1	4	AC	3,6	3,625	
	Adequado tarefa	51	5	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	5	5	9	4	-	AC	4	3,875	
Total		461	43	30	29	39	29	30	37	39	37	36	36	42	34	70	34	26		30%	70%	

LEGENDA:

Muito pouco/Nada
 Pouco
 Moderado/Neutro
 Bastante
 Extremamente

Fonte: o autor (2020).

O primeiro resultado corresponde a frequência. A maioria (n=8) concorda (AC) que a facilidade de uso do *game* tem a ver com o uso frequente. Quanto a rigidez, a maioria (n=6) declara que o *game* tem rigidez alta, ou seja, que ele possui poucas ações para conclusão da tarefa, se configurando de certa maneira como um ponto positivo para o objetivo principal do *game* que é a diversão dos participantes.

A maioria (n=7) pouco concorda que o *game* tenha limitações que possam dificultar a realização da tarefa e o alcance dos objetivos: vencer os adversários.

Quanto as **variáveis dos usuários** houve predomínio das respostas moderadas. Sete voluntários concordam moderadamente que a experiência (expertise) e a motivação dos voluntários são fatores importantes que facilitam o uso do jogo eletrônico.

A autoconfiança observada antes do experimento e o subestimo dado ao *game* pode ter gerado uma expectativa que não se concretizou. Logo, acredita-se que esse contexto de expectativa positiva inicial e frustração negativa final possa ter resultado na avaliação moderada da concordância das variáveis dos usuários.

A maioria dos voluntários concordou que o *game The Crew 2* é um jogo eletrônico de fácil aprendizado, fácil de ser utilizado, que permite fácil reaprendizagem e é adequado à tarefa destinada ao entretenimento.

Acredita-se que estas concordâncias ocorreram pela boa correlação entre a interface (elementos gráficos, imagens, trilhas sonoras e áudios) e as ações necessárias para utilizá-lo. A maioria (n=8) concorda que o *game* proporciona uma experiência satisfatória.

Quanto a flexibilidade, a maioria (n=9) concorda que o *game* possui interface flexível que facilita a solução de possíveis imprevistos durante a experiência.

Quanto a média de pontos por gênero, no experimento JOCO o público masculino se sobressaiu em sete das dez variáveis e foi o que relatou melhor usabilidade do jogo de entretenimento.

O quadro 58 a seguir apresenta um resumo com os resultados de cada variável do modelo de Leventhal e Barnes usado no SIMU e no JOCO.

As variáveis estão representadas pelos seguintes códigos: **FR** (frequência); **RI** (rigidez); **LI** (limitações); **VU** (variáveis dos usuários); **AP** (facilidade de aprender); **US** (facilidade de usar); **RE** (facilidade de reaprender); **FL** (flexibilidade); **SA** (satisfação); **AT** (adequação à tarefa).

Quadro 58 - Resumo dos resultados do modelo de Leventhal e Barnes

	Variável da Tarefa			V.U.	Características da interface					
	FR	RI	LI	VU	AP	US	RE	FL	SA	AT
SIMU	AC	AC	BC	AC	AC	AC	AC	BC	AC	AC
JOCO	AC	BC	BC	M	AC	AC	AC	AC	AC	AC

Fonte: o autor (2020).

De modo geral, as variáveis da tarefa foram as que mais apresentaram baixa concordância, com três resultados nos dois experimentos. As características da interface apresentaram alta concordância, com totalidade para o JOCO.

O quadro 59 abaixo apresenta a síntese dos resultados do modelo híbrido de Leventhal e Barnes.

Quadro 59 - Síntese dos resultados do modelo de Leventhal e Barnes

I	R	Síntese de Leventhal e Barnes		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	Ao utilizar o <i>software</i> a maioria dos voluntários se sentiu satisfeito: SIMU = 6/13 (4/6 feminino); JOCO = 8/13 (5/8 masculino)		Tabelas 36 e 37
2	A	A maioria considerou os <i>softwares</i> fáceis de aprender: SIMU = 8/13 (5/8 masculino); JOCO = 9/13 (7/9 masculino)		Tabelas 36 e 37
3	A	A maioria dos voluntários considerou os <i>softwares</i> fáceis de usar: SIMU = 7/13 (4/7 feminino); JOCO = 7/13 (masculino, pela média de pontos)		Tabelas 36 e 37
4	A	A maioria dos voluntários considerou os <i>softwares</i> fáceis de reaprender: SIMU 7/13 (5/7 masculino); JOCO 10/13 (7/10 masculino)		Tabelas 36 e 37
5	A	Os <i>softwares</i> são adequados a tarefa a que propõem: SIMU 7/13 (4/7 feminino); JOCO 9/13 (feminino, pela média de pontos)		Tabelas 36 e 37
6	A	Há pouca concordância de que os dois <i>softwares</i> possuem limitações que dificultem seu uso: SIMU 8/13 (4/8 feminino, menor média); JOCO 7/13 (4/7 feminino)		Tabelas 36 e 37
7	A	A frequência foi a única variável da tarefa que obteve alta concordância nos dois experimentos: SIMU = 7/13 (4/7 feminino); JOCO = 8/13 (5/8 masculino)		Tabelas 36 e 37
8	A	A rigidez do <i>software</i> condiz com sua função: - SIMU - Muitos comandos e <u>Baixa Rigidez</u> = 9/13 (feminino, pela média dos pontos); - JOCO - Poucos comandos e <u>Alta Rigidez</u> = 6/13 (4/6 masculino)		Tabelas 36 e 37
9	C	No SIMU, o público feminino apresentou maior concordância No JOCO, o público masculino apresentou maior concordância em		Tabelas

		em oito das dez variáveis. Logo, foi o que mais aprovou a usabilidade do software ProS.auto.	sete das dez variáveis. Portanto, foi o que mais aprovou a usabilidade do jogo The Crew 2.	36 e 37
10	D	--	O único predomínio de moderação ocorreu nas variáveis dos usuários do JOCO: 07/13 (5/7 masculino)	Tabelas 36 e 37
11	D	A flexibilidade é o único das características da interface a obter baixa concordância: SIMU = 7/13 (5/7 masculino).	Características da interface: o software apresentou alta concordância em todas as variáveis.	Tabelas 36 e 37

Fonte: o autor (2021).

7.4.2.3 Correlação 2 – existe harmonia entre *cockpit* e *software*?

O entendimento da experiência do usuário perpassa pela compreensão dos aspectos físicos e psicológicos. Ao utilizar um produto ou sistema, o usuário está diante de um item cujos elementos que o compõe foram elaborados para lhe proporcionar experiências que atendam as suas necessidades e sensações (FERREIRA; CANEDO, 2020).

Nesta pesquisa, ao analisar um *software* de treinamento e um *game*, optou-se em utilizar questionários de usabilidade para investigar seus dois elementos. A aplicação do SUS para os *cockpits* (*hardware*) e do modelo de Leventhal e Barnes para os *softwares* foi motivada por acreditar que os resultados pudessem ser complementares e apresentassem conexões e concatenações interessantes.

Nesse sentido, foi considerado que a verificação da correlação entre os resultados dos referidos questionários pudesse gerar um melhor entendimento acerca da experiência vivenciada no SIMU e no JOCO.

Devido as particularidades de cada questionário não foi possível verificar a correlação entre todas as suas respectivas variáveis. Especialmente pelo fato de que nem todas apresentam conteúdo harmônico e correspondente entre si. Porém, optou-se em analisar os itens que possuam conteúdos análogos e complementares.

Vale destacar que não faz parte desta pesquisa investigar qual dos questionários é o mais adequado em pesquisas com sistemas computacionais, mas somar conhecimentos para uma melhor compreensão da usabilidade dos sistemas que foram utilizados.

Segundo Bangor et al. (2009), estes dois tipos de classificação (SUS e modelo de Leventhal e Barnes) são altamente correlacionados, o que facilita o entendimento e a análise do nível de usabilidade.

O quadro 60 abaixo apresenta **o resultado das correlações entre os questionários SUS e Leventhal e Barnes do experimento SIMU**. As informações foram obtidas da tabela 34 (p.378) e da tabela 36 (p.387).

Quadro 60 - SIMU – Resultados das correlações entre o SUS e o L&B

Item	Pts	SUS	Leventhal e Barnes	Resultado
7	51	A maioria das pessoas aprenderá a utilizar o equipamento rapidamente	A maioria dos voluntários relatou que o <i>software</i> é fácil de aprender.	Há Correlação
5	49	As várias funções do equipamento estão bem integradas	A interface do <i>software</i> está adequada à realização da tarefa proposta: treinamento	Há Correlação
3	48	O equipamento é fácil de usar	O processo de uso da interface do <i>software</i> é fácil	Há Correlação
1	39	Eu gostaria de usar esse equipamento com frequência	Observou-se satisfação com o <i>software</i> , especialmente por ele ser fácil de aprender e usar	Há Correlação
9	38	Fiquei muito confiante ao usar este equipamento	O usuário está motivado para usar o <i>software</i> . A motivação e a confiança condizem com o fato de já saberem conduzir um veículo	Há Correlação

Fonte: o autor (2020).

A ordem dos itens considera a pontuação obtida no SUS e é exibida na coluna “Pts”. Optou-se em utilizar esta pontuação por se tratar de um dado quantitativo. Logo, pode ser organizada em ordem decrescente. A coluna “SUS” mostra o conteúdo do respectivo item.

A coluna “Leventhal e Barnes” também mostra o conteúdo deste questionário. Porém, buscou-se colocar ao lado dos itens do SUS os conteúdos das variáveis do modelo L&B que apresentassem alguma correlação direta com o item do SUS e que também tenha sido bem avaliado pelos voluntários.

A última coluna chama-se “Resultado” e informa se os conteúdos do SUS e do modelo de Leventhal e Barnes apresentam ou não alguma correlação.

Quanto a análise do quadro 60 citado anteriormente, o conteúdo de cinco itens do SUS encontrou boa correlação com cinco itens do modelo Leventhal e Barnes: a facilidade de uso do *cockpit* e do *software*, a motivação dos voluntários, a percepção de integralidade entre as funções destes dois elementos, a facilidade de aprendizagem de ambos e a satisfação do usuário ao final do experimento.

A presença destas correlações pode ser considerada uma resposta positiva dos voluntários sobre o sistema de treinamento em questão. Além de reforçar o entendimento de que uma interação eficaz entre o humano e o sistema computacional (*hardware* e *software*) é um fator essencial para a qualidade da tarefa a ser executada e da experiência do usuário.

O quadro 61 abaixo apresenta **o resultado das correlações entre os questionários SUS e Leventhal e Barnes do experimento JOCO**. As informações foram obtidas da tabela 35 (p.381) e da tabela 37 (p.389).

Quadro 61 - JOCO – Resultados das correlações entre o SUS e o L&B

Item	Pts	SUS	Leventhal e Barnes	Resultado
7	54	A maioria das pessoas aprenderá a utilizar o equipamento rapidamente	A maioria dos voluntários relatou que o <i>software</i> é fácil de aprender.	Há Correlação
5	53	As várias funções do equipamento estão bem integradas	A interface do <i>software</i> está adequada à realização da tarefa proposta: entretenimento	Há Correlação
1	53	Eu gostaria de usar esse equipamento com frequência	A maioria está satisfeita com o <i>software</i> . Isso ocorre quanto ele é fácil de aprender e usar	Há Correlação
3	50	O equipamento é fácil de usar	O <i>software</i> foi considerado fácil de ser utilizado	Há Correlação
9	47	Os voluntários estavam moderadamente confiantes para usarem o <i>cockpit</i> , pois nunca tinham utilizado	Os usuários estavam moderadamente motivados para usar o jogo eletrônico	Há Correlação

Fonte: o autor (2020).

Analisando o quadro é possível verificar mais uma vez que o conteúdo dos cinco itens do SUS encontrou boa correlação com cinco itens do modelo de Leventhal e Barnes: a facilidade de uso do *cockpit* e do *game*, a percepção de integralidade entre as funções dos dois elementos, a facilidade de aprendizagem de

ambos e a satisfação do usuário ao final do experimento JOCO. Quanto a motivação, os voluntários responderam moderadamente a esta variável.

O quadro 62 abaixo traz a síntese das correlações encontradas entre o SUS e o modelo de Leventhal e Barnes nos dois experimentos.

Quadro 62 - Síntese dos resultados da correlação entre o SUS e o L&B

I	R	Síntese da correlação SUS e L&B		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	O <i>cockpit</i> e o <i>software</i> dos dois experimentos são considerados fáceis de usar		Quadros 60 e 61
2	A	A maioria das pessoas aprenderá a usar os <i>cockpits</i> , seus comandos e seus respectivos <i>softwares</i>		Quadros 60 e 61
3	A	As funções do cockpit são integradas e a interface do software está adequada à realização da tarefa, tanto de treinamento (SIMU), quanto de entretenimento (JOCO)		Quadros 60 e 61
4	A	Os voluntários gostariam de utilizar o cockpit com frequência e estavam satisfeitos ao utilizarem o <i>software</i> . <i>Acredita-se que exista correlação entre o desejo de uso e a satisfação.</i>		Quadros 60 e 61
5	C	A confiança e a motivação no uso do <i>cockpit</i> e do <i>software</i> apresentaram alta concordância . <i>Resultado da prática dos voluntários em condução veicular.</i>	A confiança e a motivação no uso do <i>cockpit</i> e do <i>software</i> foram consideradas moderadas . <i>Resultado da falta de prática de uso de cockpits para games de corrida, além dos resultados abaixo da expectativa.</i>	Quadros 60 e 61

Fonte: o autor (2020).

Quando um determinado experimento coloca os participantes em uma situação de treinamento e aprendizado (assim como ocorreu no SIMU) é fundamental que tanto o *hardware* quanto o *software* utilizados estejam funcionando de maneira sistemática e integrada do ponto de vista tecnológico, operacional e funcional. Esta condição também se aplica em uma situação de diversão, quanto o usuário utiliza um jogo eletrônico.

Segundo Lidwell et al. (2010), quando a relação entre as pessoas e os objetos são positivas, sentimentos de afeto são evocados, configurando-se como “fatores significativos na usabilidade”. Inclusive estes afetos podem perdurar por um prazo prolongado. Os autores reforçam que as relações positivas são fundamentais em ambientes ou experimentos que possam causar algum tipo de estresse.

10	Cotovelo esquerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	--
11	Cotovelo direito	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
12	Antebraço esquerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1
13	Antebraço direito	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	6	3
14	Pulso esquerdo	3	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	9	4
15	Pulso direito	4	0	0	3	0	3	0	0	0	2	0	0	0	12	4
16	Mão esquerda	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	2
17	Mão direita	3	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	11	3
Pontuação do desconforto		29	5	--	13	4	26	--	8	--	8	--	--	8	101	42

LEGENDA: 2 Alguma 3 Moderada 4 Bastante 5 Insuportável

Fonte: o autor (2020).

No diagrama, o nível “1” indica ausência de dor ou desconforto. Então optou-se em trocar o valor “1” por “0” na tabela para facilitar o cálculo final dos pontos. As cores também servem para identificar o nível de intensidade do desconforto conforme legenda abaixo da tabela.

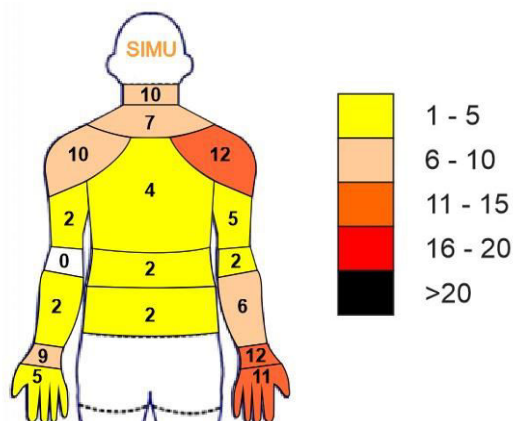
Observa-se que cinco voluntários não relataram desconforto corporal (Vol.06, 18, 21, 24 e 25). Dois voluntários (Vol.04 e 14) informaram sentir desconforto em dez ou mais segmentos corporais.

Os cinco segmentos mais citados (coluna TQ) foram: Ombros esquerdo e ombro direito (5 queixas cada); Pescoço, pulso direito e pulso esquerdo (4 queixas cada). Quanto a pontuação do desconforto (coluna TP), o ombro direito e o pulso direito (12 pontos) lideram, seguidos pela mão direita (11 pontos), pescoço e ombro esquerdo (ambos com 10 pontos).

Esse resultado indica que, conforme o plano sagital de simetria, o lado direito do corpo é o que apresenta maior desconforto com 18 queixas e 48 pontos contra 13 queixas e 28 pontos do lado esquerdo. Acredita-se que o constante manuseio do câmbio de marchas, que fica do lado direito do *cockpit*, exigiu maior esforço neste lado do corpo.

A figura 118 a seguir apresenta os segmentos corporais com suas respectivas pontuações gerais, lembrando que o modelo está na vista posterior, ou seja, de costas. A legenda de cores facilita o entendimento das áreas de maior desconforto de acordo com os valores.

Figura 118 - SIMU - Segmentos corporais e o escore de desconforto



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Corlett e Manenica (1980).

A figura enfatiza os incômodos citados na tabela 38 supracitada, corroborando com os relatos de maior desconforto do lado direito. Embora alguns voluntários não tenham relatado desconforto e outros apontarem incômodo em muitos segmentos, o que pode configurar-se como informações extremas (valor que foge da normalidade), optou-se em considerá-los e apresentá-los.

Vale lembrar que os resultados correspondem a um curto tempo de exposição ao equipamento. Acredita-se que um maior período de uso possa gerar outros resultados e também contribuir com a discussão acerca da usabilidade de equipamentos de treinamento. Fica aqui a sugestão para futuros estudos.

7.4.3.2 Utilizar *games* também causa desconforto?

Os voluntários se mostraram confiantes e eufóricos ao saberem que iriam utilizar um jogo eletrônico. Relatos informais evidenciando esses sentimentos ocorreram principalmente após visualizarem o *cockpit* de Fórmula 1, um equipamento que nenhum deles teve a oportunidade de utilizar. Porém as declarações informais após o uso do *cockpit* evidenciam o desconforto e algumas delas foram citadas anteriormente (quadro 28, p.287).

Os resultados do Corlett no JOCO estão expostos na tabela 39 a seguir. Observa-se que três voluntários não relataram nenhum desconforto corporal (Vol.09, 18 e 25) e um deles (Vol.14) informou sentir desconforto em mais de dez segmentos corporais.

Tabela 39 - JOCO - Resultado do Diagrama de Corlett

Segmento corporal		04	05	06	07	09	14	18	19	21	23	24	25	29	TP	TQ
0	Pescoço	3	3	0	4	0	2	0	3	0	0	2	0	3	20	7
1	Região cervical	2	0	2	0	0	4	0	2	2	2	0	0	0	14	6
2	Região torácica	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	5	2
3	Região lombar superior	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	9	3
4	Região lombar inferior	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	2
6	Ombro esquerdo	2	0	0	2	0	3	0	0	2	0	0	0	5	14	5
7	Ombro direito	2	0	0	2	0	3	0	0	2	0	0	0	5	14	5
8	Braço esquerdo	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	6	3
9	Braço direito	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	2	8	4
10	Cotovelo esquerdo	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	4	2
11	Cotovelo direito	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1
12	Antebraço esquerdo	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	5	2
13	Antebraço direito	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	2
14	Pulso esquerdo	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1
15	Pulso direito	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1
16	Mão esquerda	3	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	7	3
17	Mão direita	3	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	7	3
Pontuação do desconforto		17	3	2	16	--	40	--	5	6	10	6	--	25	130	52

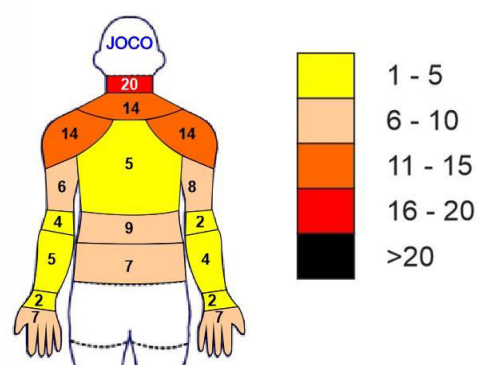
Fonte: o autor (2020).

Os cinco segmentos mais citados (TQ) foram, em ordem decrescente: pescoço, região cervical, ombro esquerdo, ombro direito e braço direito, com 7, 6, 5, 5 e 4 queixas respectivamente. Quanto a pontuação do desconforto (PT), estes mesmos segmentos são aos que mais pontuaram, nesta mesma ordem, com 20, 14, 14, 14 e 8 pontos respectivamente.

Verifica-se que há equilíbrio entre as áreas que apresentaram desconforto considerando o plano sagital de simetria. O lado direito do corpo obteve 16 queixas e 37 pontos. Enquanto o lado esquerdo obteve 16 queixas e 38 pontos. Logo, o esforço exercido para guiar o veículo no *game* foi devidamente distribuído.

Acredita-se que este equilíbrio ocorreu porque neste experimento não foi utilizado o câmbio de marchas e nenhum comando acionado por alavanca que exigisse alguma movimentação dos braços, como por exemplo, o acionamento de setas. A figura 119 a seguir apresenta as pontuações do Corlett distribuídos no modelo humano.

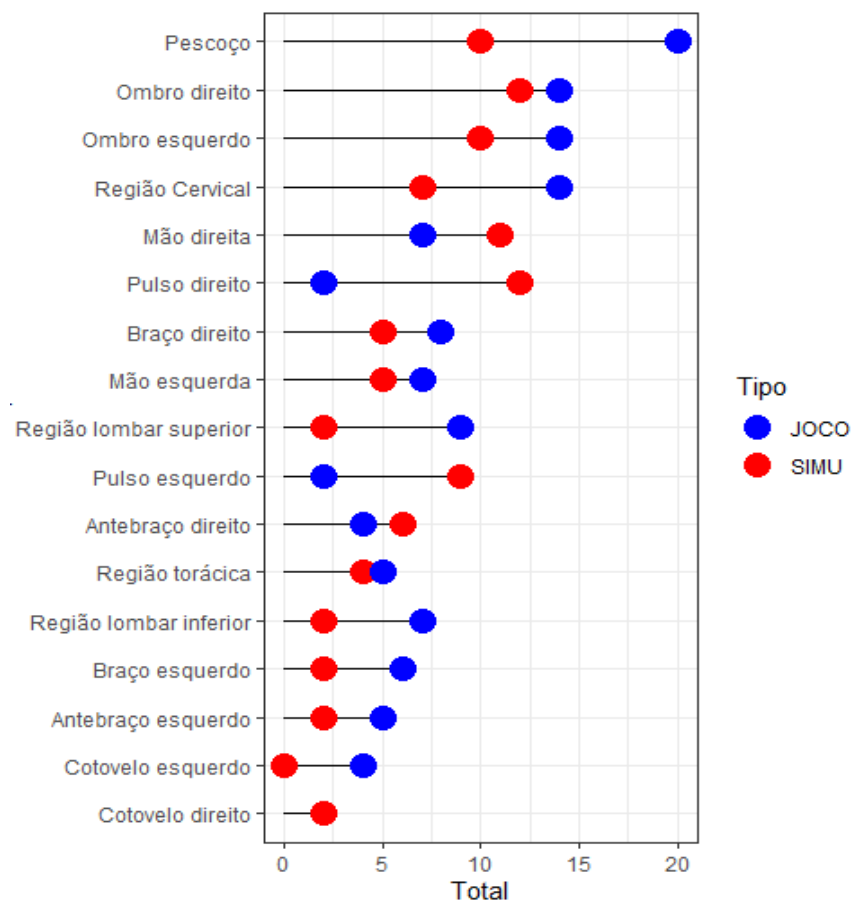
Figura 119 - JOCO - Segmentos corporais e o escore de desconforto



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Corlett e Manenica (1980).

O equilíbrio nos desconfortos é evidente ao se verificar a coloração dos segmentos na figura. Porém a região cervical, ombros e pescoço apresentaram maior incidência de incômodos. O gráfico 21 abaixo apresenta o comparativo do total de pontos dos diagramas de Corlett aplicados no SIMU e no JOCO.

Gráfico 21 - Comparativo entre os resultados do Corlett



Fonte: o autor (2021) e Viana (2021).

Do lado esquerdo são citados todos os segmentos corporais e a base do gráfico 21 apresenta o total de queixas em cada experimento. Os círculos vermelhos representam o experimento SIMU e os círculos azuis correspondem ao JOCO.

Ficou evidenciado que o *cockpit* do experimento de entretenimento foi o que apresentou maior desconforto para os voluntários. Estes resultados corroboram com a pesquisa de Siu et al. (2009) que apontaram que o pescoço e os ombros são as regiões mais afetadas por desconforto em usuários de sistemas computacionais.

O quadro 63 abaixo apresenta uma síntese dos resultados encontrados com o Diagrama de Corlett no SIMU e no JOCO.

Quadro 63 - Síntese dos resultados do Diagrama de Corlett

I	R	Síntese do Diagrama de Corlett		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	Ombros e pescoço são as regiões em comum com maior desconforto nos dois experimentos.		Tabelas 38 e 39
2	A	O pescoço, com 20 pontos, foi o segmento que obteve a maior pontuação entre todos os demais segmentos do JOCO e do SIMU.		Tabelas 38 e 39
3	A	Praticamente todos os segmentos corporais apresentaram algum desconforto em pelo menos um dos dois experimentos. A exceção foi o cotovelo esquerdo no SIMU, que não foi relatado por nenhum voluntário.		Tabelas 38 e 39
4	C	Com média de 10,2 pontos o público feminino foi o que apresentou mais desconforto no SIMU, contra 6,25 pontos do público masculino.	Com média de 11,5 pontos o público masculino foi o que apresentou mais desconforto no JOCO, contra 7,6 pontos do público feminino.	Tabelas 38 e 39
5	C	Conforme pontuação, os dois ombros, o pulso e a mão direita, além do pescoço foram as áreas que mais incomodaram no SIMU	Conforme pontuação, o pescoço, os ombros, a região cervical e a região lombar superior foram as áreas que mais incomodaram no JOCO.	Tabelas 38 e 39
6	C	Concentração do desconforto no lado direito do corpo. Todos os pontos deste lado foram superiores ao esquerdo.	Concentração do desconforto na região do pescoço, ombros e cervical.	Figuras 118 e 119
7	C	Quantidade de voluntários que não relataram desconforto: cinco, sendo quatro homens.	Quantidade de voluntários que não relataram desconforto: três, sendo dois homens.	Tabelas 38 e 39
8	D	--	De modo geral, o experimento com o jogo eletrônico foi o que apresentou as maiores pontuações de desconforto: 12/17.	Gráfico 21

Fonte: o autor (2021).

O quadro citado anteriormente apresenta os resultados do desconforto relatado pelos voluntários nos dois experimentos. Comparando estes resultados com os questionários SUS, que analisaram justamente os *cockpits*, verificou-se que nos resultados dos SUS não houve indícios sobre o desconforto postural que foi observado no Diagrama de Corlett.

Um fato que chamou a atenção foi que o *cockpit* do JOCO, equipamento que obteve as maiores médias de concordância de usabilidade através do SUS, foi justamente o que mais incomodou aos voluntários, tanto na quantidade de segmentos quanto no número de queixas e no número de pontos de desconforto.

Este resultado demonstra o potencial existente para investigações envolvendo sistemas computacionais e os aspectos físicos e psicológicos. Afinal, os resultados apresentaram desarmonia nas respostas de caráter físico (Corlett) e psicológico (SUS). Acredita-se que neste contexto de amplas possibilidades esta tese tenha despertado novas perspectivas investigativas.

7.5 QUARTO GRUPO DE DADOS: O QUE FALOU FOI O QUE SENTIU?

Diversos questionários de autorrelato foram utilizados nesta pesquisa onde foi possível obter as opiniões de maneira subjetiva. Porém, conforme questionado no início da tese, será que o que foi relatado realmente condiz com as reais emoções sentidas? As respostas psicofisiológicas podem ajudar a resolver este dilema.

Este tópico apresentará os resultados de duas ferramentas com esse propósito: a **atividade elétrica do cérebro** obtida através do uso do eletroencefalograma e a **temperatura facial** capturada por meio da termografia digital por infravermelho.

7.5.1 A atividade elétrica cerebral dos experimentos

A atividade cerebral dos voluntários durante o uso dos sistemas computacionais foi obtida através de cálculo do Índice de Assimetria do Alfa Frontal - IAAF. Todas as coletas do EEG foram capturadas pelo *software* Emotiv PRO *Academic Plus* e armazenados na nuvem do sistema. Após a conclusão das coletas os arquivos foram baixados, organizados por pastas e disponibilizados para o neurocientista parceiro analisar os dados.

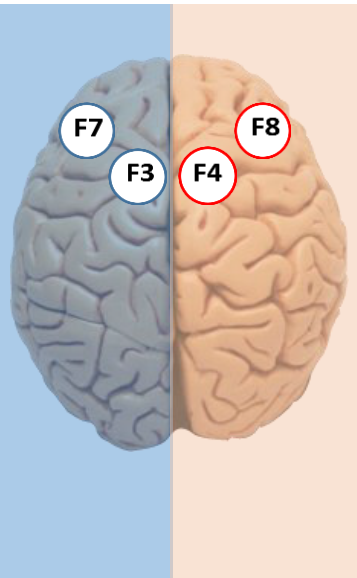
Os procedimentos de análise podem ser consultados no Apêndice A e os resultados são apresentados nos próximos subtópicos.

7.5.1.1 Os resultados do EEG no treinamento

A tabela 40 abaixo apresenta os valores das médias numéricas dos eletrodos analisados. A primeira coluna identifica os voluntários numericamente. A coluna central traz a figura de um cérebro com os dois hemisférios indicando a localização dos eletrodos analisados.

A coluna da esquerda apresenta os valores com as médias da atividade alfa do hemisfério esquerdo (HE) durante o trecho de 60 segundos dos eletrodos F7 e F3. Do lado direito estão os valores dos eletrodos F4 e F8 do hemisfério direito (HD).

Tabela 40 - SIMU – EEG Pré-Game, o cérebro antes do treinamento

Vol.	Hemisfério esquerdo		SIMU - EEG Pré-Game	Hemisfério direito		IAAF
	F7	F3		F4	F8	
4	-0,1851	-0,0581		-0,0352	0,3543	0,28
5	0,0402	0,0395		0,0035	-0,0084	-0,04
6	0,0671	-0,0416		-0,0455	-0,0244	-0,05
7	-0,0305	-0,0047		0,0195	0,0253	0,04
9	0,0553	0,0066		0,0147	0,0201	-0,01
14	0,0437	0,0110		-0,0128	-0,0542	-0,06
18	0,0120	0,0011		0,0550	0,0275	0,03
19	-0,2711	-0,0355		0,0778	0,1512	0,27
21	-0,0693	0,0089		-0,0648	0,0670	0,03
23	-0,0495	-0,0266		0,0082	-0,0144	0,03
24	0,3172	0,2815		0,2369	0,2329	-0,06
25	-0,0783	-0,05435		-0,0307	-0,03252	0,03
29	0,0013	-0,0459		-0,0040	0,0189	0,03
Média	-0,0113	0,0063		0,0171	0,0587	0,04

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Maciel (2021).

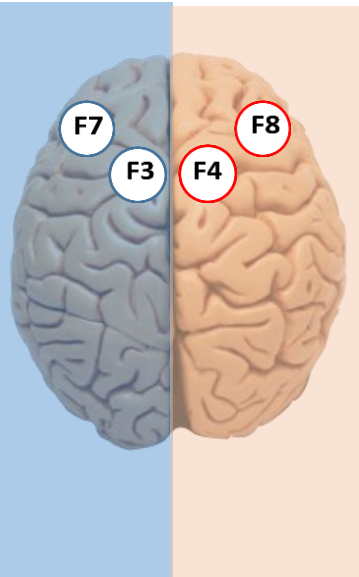
A última coluna apresenta o cálculo do IAAF. Os valores acima de zero são positivos, aparecem em células de cor azul, indicam que houve maior atividade do alfa no hemisfério esquerdo e correspondem a **valência positiva**.

Já os valores que estão abaixo de zero são negativos, estão em células vermelhas, indicam maior atividade do alfa no hemisfério direito e, consequentemente, indicam que houve **valência negativa**.

Quanto aos resultados do IAAF do EEG Pré-Game, verifica-se que apenas cinco voluntários apresentaram valência negativa no Pré-Game. A média geral do IAAF foi de “**0,04**”, o que significa que para maioria dos voluntários, a etapa Pré-Game que antecede a experiência de treinamento pode ser considerada positiva do ponto de vista da atividade elétrica cerebral, apesar do valor próximo do “0”.

A tabela 41 abaixo apresenta os valores da atividade elétrica cerebral da etapa Pós-Game. A média geral da IAAF desta etapa foi de “**0,20**”. Verifica-se um aumento geral na atividade do hemisfério esquerdo, ou seja, aumento da valência positiva se comparado a etapa Pré-Game.

Tabela 41 - SIMU – EEG Pós-Game, o cérebro após o treinamento

Vol.	Hemisfério esquerdo		SIMU - EEG Pós-Game	Hemisfério direito		IAAF
	F7	F3		F4	F8	
4	-0,0017	-0,0741		-0,0025	-0,0134	0,03
5	0,2252	0,0292		0,008014	-0,3240	-0,29
6	-0,0060	-0,0361		-0,0208	-0,0069	0,007
7	0,0144	-0,0096		-0,0278	-0,0116	-0,02
9	-0,0001	-0,0001		0,0222	0,0013	0,012
14	-0,2523	-0,1196		2,3770	3,3990	3,07
18	0,0250	-0,0225		-0,0084	0,1163	0,056
19	0,00257	0,0032		0,0047	0,0231	0,011
21	0,0920	0,0015		-0,0619	-0,0394	-0,09
23	0,0259	0,0227		-0,0101	0,0481	-0,005
24	0,0443	-0,0083		-0,0228	0,0111	-0,024
25	0,1039	-0,1177		-0,1014	-0,5029	-0,3
29	0,1151	-0,0647		-0,0387	0,1214	0,02
Média	0,0299	-0,0305		0,1734	0,2171	0,20

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Maciel (2021).

A tabela 42 a seguir apresenta um resumo dos resultados, evidenciando o valor médio de atividade cerebral de cada etapa na última coluna. Os valores positivos e negativos aparecem em células de cor azul e vermelha respectivamente.

Tabela 42 - SIMU – Diferenciação da atividade cerebral segundo o IAAF

SIMU	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	Média
PRÉ	0,28	-0,04	-0,05	0,04	-0,01	-0,06	0,03	0,27	0,03	0,03	-0,06	0,03	0,03	0,04
PÓS	0,03	-0,29	0,007	-0,02	0,012	3,07	0,056	0,011	-0,09	-0,005	-0,024	-0,3	0,02	0,2
Difer.	-0,25	-0,25	0,057	-0,06	0,022	3,13	0,026	-0,259	-0,12	-0,035	0,036	-0,33	-0,01	
Gênero	Média de alteração = -0,0962					Média de alteração = 0,3047								

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Viana (2021).

Verifica-se que após o experimento, sete voluntários (Vol.6, 7, 9, 14, 21, 23 e 25) alteraram a valência de uma etapa para outra, sendo a maioria do público feminino (3/5) e metade do masculino (4/8).

Alguns valores aparecem com mais de duas casas após a vírgula. Embora o uso de até dois dígitos seja considerado mais usual (MACIEL, 2021; VIANA, 2021), ao arredondar para duas casas decimais, alguns resultados apareciam como zero. Então, para estes casos específicos optou-se em utilizar três ou quatro casas decimais após a vírgula.

A linha “Difer.” corresponde a diferença no valor da atividade cerebral obtida ao comparar o EEG Pré-Game e o EEG Pós-Game. Como exemplo será analisada a voluntária 04. Ela apresentou 0,28 no Pré e 0,03 no Pós. São dois resultados positivos, ou seja, não houve alteração na sua valência. Porém, houve uma perda do valor positivo de 0,25. Logo, na célula correspondente a diferença, o valor aparece negativo (-0,25), ou seja, esta voluntária reduziu o seu estado emocional positivo.

Diante do exposto, os dados da linha “Difer.” apresentam a real diferença do estado emocional de cada voluntário por trazer os dados de modo individual. Ou seja, indicam se cada um apresentou valência positiva ou negativa após o SIMU.

Nesse sentido, analisando as respostas do EEG individualmente, verificou-se que o resultado do estado emocional no SIMU apresentou maior valência negativa. Afinal, sete dos treze voluntários tenderam para a negatividade.

No entanto, segundo Maciel (2021), o ideal não é analisar os participantes individualmente e sim a tendência do grupo. Vale lembrar que o desenho da pesquisa busca saber quanto de variação emocional os sistemas computacionais causaram em todos os participantes. Logo, a variação do grupo é mais importante do que os dados individuais.

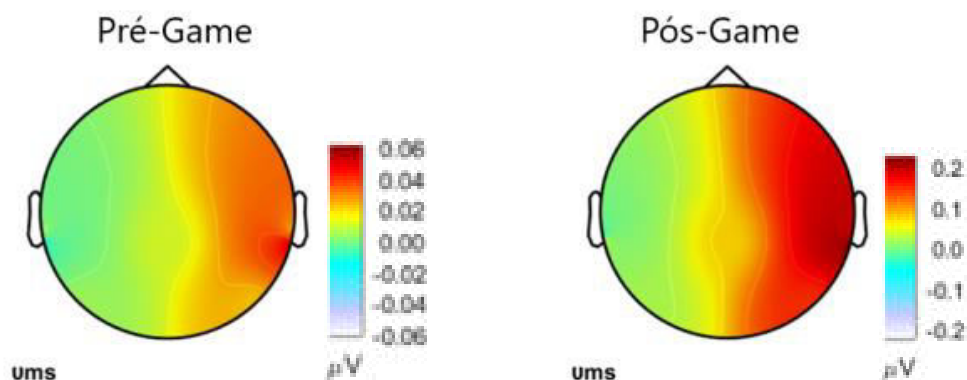
Portanto, considerando os dados gerais dos treze voluntários, verificou-se que houve aumento do IAAF geral após o experimento de treinamento, indo de 0,04 para 0,2. Ou seja, conforme a coluna “Média” da tabela 42, considerando a etapa antes e a etapa após o experimento, **houve aumento da valência positiva no SIMU**.

A linha “Gênero” apresenta a média de alteração dos valores da linha “Difer.” considerando os gêneros. Verificou-se que a maioria dos participantes apresentou individualmente baixa alteração nos valores da etapa Pré para Pós, com exceção do voluntário 14 com um aumento de 3,13 que destoou dos demais.

As participantes femininas apresentaram valor negativo na média da diferença da atividade elétrica cerebral (-0,0962). O masculino apresentou média positiva (0,3047) e este resultado sofreu influência direta do voluntário 14 citado acima.

A figura 120 abaixo apresenta dois escalpos¹⁵⁷ que mostram o mapeamento topográfico da potência de alfa do EEG no Pré-Game (esquerda) e no Pós-Game (direita). É possível verificar que a potência muscular em alfa aumentou no hemisfério direito através da legenda ao lado com espectro de cores. Nos escalpos, a cor avermelhada indica maior atividade cerebral.

Figura 120 - Mapeamento topográfico do alfa no SIMU



Fonte: o autor (2021). Adaptado de Maciel (2021).

Vale lembrar que existe uma relação inversa entre o processamento cortical e a atividade dentro da faixa alfa (COAN; ALLEN, 2004; VALENZI et al., 2014; SUO et al., 2017). Apesar da figura apresentar maior atividade no hemisfério direito, considerando a coloração avermelhada mais intensa, implica dizer que, de acordo

¹⁵⁷ Escalpo, na neurociência, corresponde a representação do crânio de um ser humano sem a cabeleira.

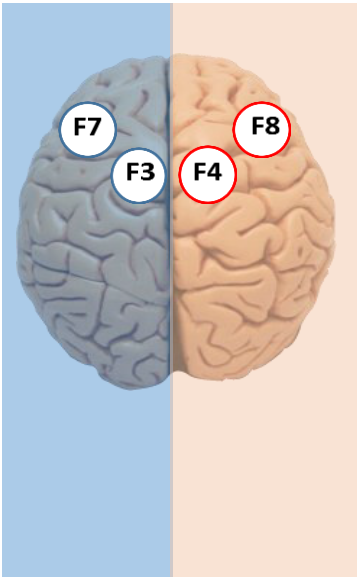
com o IAAF, o hemisfério esquerdo foi o mais ativado (MACIEL, 2021), corroborando com a pontuação positiva do IAAF nestas duas etapas.

A figura citada anteriormente também evidencia o maior valor do IAAF na etapa Pós-Game ao apresentar o escalpo do lado direito mais avermelhado quando comparado ao escalpo do lado esquerdo (etapa Pré-Game).

7.5.1.2 Os resultados do EEG no entretenimento

A tabela 43 abaixo apresenta os valores das médias numéricas dos quatro eletrodos no experimento JOCO. Verifica-se que houve equilíbrio nas valências, com seis voluntários apresentando maior atividade elétrica no hemisfério esquerdo (valência positiva) e os outros sete evidenciando a valência negativa com maior atividade no hemisfério direito.

Tabela 43 - JOCO – EEG Pré-Game, o cérebro antes do entretenimento

Vol.	Hemisfério esquerdo		JOCO - EEG Pré-Game	Hemisfério direito		IAAF
	F7	F3		F4	F8	
4	3,8580	0,4271		-0,9301	-0,0591	-2,64
5	6,3420	1,0020		-0,5984	-2,6280	-5,29
6	-1,2000	-0,3632		-0,6190	0,8961	0,92
7	5,7170	-1,3050		-1,2060	-4,7720	-5,2
9	6,2440	-1,8010		-3,0810	1,9900	-2,77
14	-0,1084	-0,2218		-0,6696	-0,7815	-0,56
18	-0,5772	-2,0090		-2,9180	0,3647	0,02
19	0,4277	-0,2397		-1,0370	1,5540	0,16
21	-1,1850	-0,4885		0,1600	-1,4950	0,17
23	1,4500	-2,7970		-3,0810	-5,8880	-3,81
24	1,2070	-1,3600		0,2448	0,5982	0,5
25	-2,5350	-1,26		-0,8394	1,49	2,22
29	-6,7360	5,5060		1,1890	-5,6920	-1,64
Média	0,9926	-0,3777		-1,0297	-1,1094	-1,377

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Maciel (2021).

Considerando o gênero, a maioria das participantes femininas (4/5) apresentou potência do alfa do EEG no hemisfério direito, indicando valência negativa com altos índices do IAAF antes do experimento com o jogo eletrônico.

A maioria do público masculino (5/8) apresentou valência positiva, porém com baixos índices. Dessa forma, a média geral do IAAF nesta etapa obteve o alto valor negativo de -1,377. O que se configura como uma resposta geral negativa antes do experimento JOCO começar.

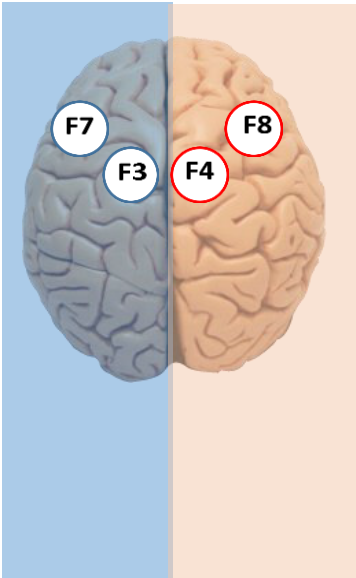
Este foi um resultado curioso e de certa forma inesperado por se tratar de um experimento com um jogo eletrônico de entretenimento. Havia uma expectativa por parte dos voluntários de que esta experiência fosse mais divertida, prazerosa e até mesmo mais fácil se comparada ao SIMU.

Esta constatação foi observada através das declarações informais dos voluntários momentos antes de suas participações, quando relataram com entusiasmo o desejo em utilizar o *cockpit* de Fórmula 1 pela primeira vez.

Contudo, esta impressão não foi retratada pelas respostas das atividades elétricas cerebrais da maioria dos voluntários. Sete voluntários apresentaram IAAF negativo antes do uso do *game*.

Quanto a etapa Pós-Game, a tabela 44 abaixo apresenta os valores das médias numéricas do IAAF.

Tabela 44 - JOCO – EEG Pós-Game, o cérebro após o entretenimento

Vol.	Hemisfério esquerdo		JOCO - EEG Pós-Game	Hemisfério direito		IAAF
	F7	F3		F4	F8	
4	-0,3216	1,284		0,1567	0,3589	-0,22
5	0,0532	-0,0129		-0,0181	-0,0039	-0,03
6	0,0096	-0,0134		0,0314	-0,0335	0,0008
7	0,1720	0,0158		0,0013	-0,0834	-0,13
9	-0,5484	0,8613		0,8868	0,1037	0,34
14	0,3380	0,2533		-0,1337	0,1323	-0,3
18	-0,4245	0,6668		0,6572	0,3856	0,4
19	-0,0623	0,0109		0,0045	-0,0007	0,03
21	-0,0328	-0,0252		0,0085	-0,0658	0,0003
23	-0,0006	-0,4245		-0,6642	-0,2105	-0,22
24	0,2087	-0,3507		0,1680	0,2335	0,27
25	0,2735	0,1261		0,1149	0,1037	-0,09
29	0,0736	0,0541		0,0454	0,0371	-0,02
Média	-0,0201	0,1881		0,0968	0,0736	0,002

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Maciel (2021).

Verifica-se que a média geral do IAAF foi de “0,002”, que consiste em considerável redução de valência negativa e consequentemente aumento na valência positiva. Porém, apesar do valor final ser positivo, a maioria dos voluntários (7/13) apresentou valores negativos, indicando que a atividade elétrica foi maior no hemisfério direito.

A tabela 45 abaixo auxiliará na análise dos resultados do EEG Pós-Game, além de compará-los com os resultados do EEG Pré-Game.

Observou-se que a maioria dos voluntários manteve a mesma valência observada no Pré-Game. Considerando as médias dos valores individuais, apenas os participantes 9 e 25 alteraram a valência. A alteração emocional foi pequena.

Tabela 45 - JOCO - Diferenciação da atividade cerebral segundo o IAAF

JOCO	4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	Média
PRÉ	-2,64	-5,29	0,92	-5,2	-2,77	-0,56	0,02	0,16	0,17	-3,81	0,5	2,22	-1,64	-1,377
PÓS	-0,22	-0,03	0,0008	-0,13	0,34	-0,3	0,4	0,03	0,0003	-0,22	0,27	-0,09	-0,02	0,002
Difer.	2,42	5,26	-0,919	5,07	3,11	0,26	0,38	-0,13	-0,17	3,59	-0,23	-2,31	1,62	
Gênero	Média de alteração = 2,988						Média de alteração = 0,3762							

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Viana (2021).

No entanto, ao verificar o valor da diferença da atividade elétrica na linha “Difer.” que aponta a real diferença do estado emocional de cada voluntário, verifica-se o quanto o sinal do EEG se modificou em cada um deles, apresentando valores consideráveis. Também é possível observar que a maioria dos voluntários apresentou maior atividade no hemisfério esquerdo (n=8). Nesta análise específica, apenas o voluntário 18 não alterou a valência.

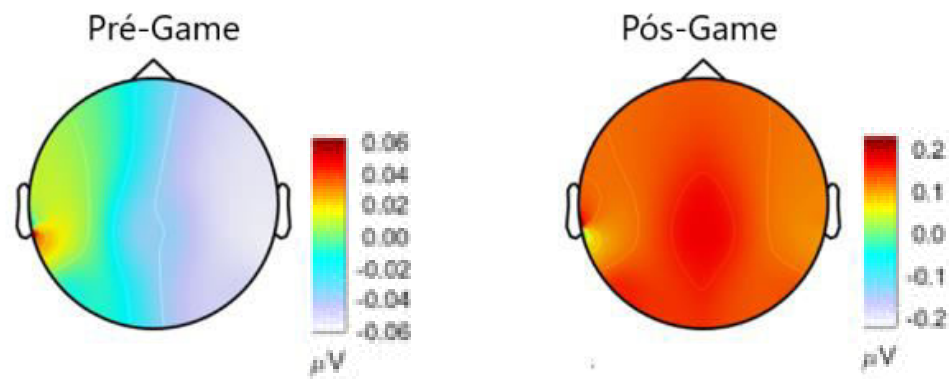
Contudo, seguindo a análise da tendência do grupo, verificou-se no resultado geral do IAAF que o valor saltou do negativo (-1,377) para o positivo (0,002).

Portanto, considerando os dados gerais dos treze voluntários, verificou-se que houve aumento do IAAF após o experimento de entretenimento. Logo, também **houve aumento da valência positiva após o JOCO.**

Quanto a linha “Gênero”, verifica-se que as participantes femininas apresentaram uma média de atividade cerebral muito maior do que o masculino, com 2,988 contra 0,3762. Aliás, observa-se que são duas médias positivas.

A figura 121 abaixo apresenta o mapeamento topográfico da potência de alfa do EEG no Pré-Game (esquerda) e no Pós-Game (direita) do JOCO.

Figura 121 - Mapeamento topográfico do alfa no JOCO

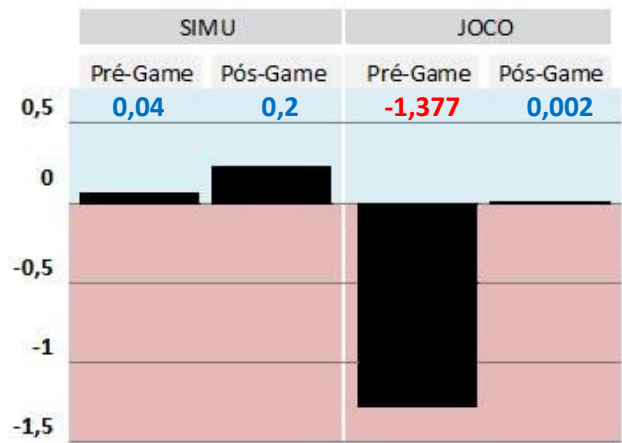


Fonte: o autor (2021). Adaptado de Maciel (2021).

A diferença de cores, conforme o espectro da legenda, enfatiza a relevante alteração na potência de alfa nas duas etapas conforme o valor da coluna “Média” da tabela 45 citada anteriormente. Comparando os mapas topográficos do SIMU e do JOCO, visualmente é evidente que o experimento de entretenimento foi mais intenso do ponto de vista da análise espectral da eletroencefalografia.

Visualizando esta diferença através do gráfico de barras 22 abaixo também é notável que houve aumento da valência positiva nos experimentos SIMU e JOCO, e que a alteração da atividade elétrica foi mais expressiva no JOCO.

Gráfico 22 - Alteração final do IAAF nos dois experimentos



Fonte: Maciel (2021).

Outra maneira de evidenciar e comparar os resultados dos dois experimentos é analisando os valores da média da atividade cerebral dos eletrodos. A tabela 46 abaixo apresenta um panorama dos valores no IAAF nos dois experimentos, destacando os valores por eletrodo. Destaque para a linha “Diferença” que exhibe os valores da alteração da atividade cerebral de cada um dos quatro eletrodos.

Tabela 46 - Panorama da pontuação do IAAF nos hemisférios

TESE	Etapa	H. Esquerdo		H. Direito		IAAF
		F7	F3	F4	F8	
SIMU	Pré-Game	-0.011	0.006	0.017	0.058	0.04
	Pós-Game	0.029	-0.030	0.173	0.217	0.20
	Diferença	0.04	- 0.036	0.19	0.275	0.16
JOCO	Pré-Game	0.992	-0.377	-1.029	-1.109	-1.377
	Pós-Game	-0.020	0.188	0.096	0.073	0.002
	Diferença	- 1.012	0.565	1.125	1.182	1.379

Fonte: o autor (2021).

Verifica-se pelos valores que o experimento com o jogo eletrônico de entretenimento apresentou as maiores alterações (diferenças) na atividade elétrica cerebral. Estes dados reforçam o quanto o JOCO alterou de maneira mais intensa a atividade elétrica cerebral se comparado ao SIMU.

7.5.1.3 A síntese dos resultados do EEG

O quadro 64 abaixo mostra a síntese dos resultados encontrados na análise da atividade elétrica cerebral dos voluntários.

Quadro 64 - Síntese dos resultados do EEG

I	R	Síntese do EEG		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	O resultado do IAAF da etapa Pós-Game, ao comparar com o IAAF da etapa Pré-Game, indicou aumento geral das emoções positivas nos dois experimentos.		Tabela 46

2	A	O voluntário 18 foi o único a apresentar a mesma valência positiva no SIMU e no JOCO, considerando também a diferença da pontuação. <i>Vale lembrar que este foi o voluntário que obteve a maior pontuação do GAS e considerado potencialmente dependente em games.</i>	Tabelas 42 e 45
3	A	Os voluntários 05 e 19 também apresentaram a mesma valência nas duas etapas do SIMU e do JOCO. Porém, houve alteração de valência na diferença do valor da atividade cerebral ao comparar o Pré e o Pós.	Tabelas 42 e 45
4	C	O SIMU obteve a maior pontuação positiva do IAAF : 0.20, na etapa Pós-Game. O JOCO obteve a única pontuação negativa do IAAF : -1.377, na etapa Pré-Game.	Tabela 46
5	C	No SIMU, o público masculino apresentou média de alteração da potência de alfa maior que o feminino : 0,3047, contra -0,0962 do feminino. No JOCO, o público feminino apresentou média de alteração da potência de alfa maior que o masculino : 2,988, contra 0,3762 do masculino.	Tabelas 42 e 45
6	C	A maioria dos voluntários alterou a valência do Pré-Game para o Pós-Game (n=7). Corresponde a maioria do público feminino e metade do masculino. A maioria dos voluntários manteve a valência do Pré-Game para o Pós-Game (n=11). Pela média, o público masculino se sobressaiu.	Tabelas 42 e 45
7	C	De modo geral, o registro cerebral da maioria dos voluntários do SIMU apresentou maior potência de alfa no hemisfério esquerdo (valência positiva) no Pré-Game (n=8, sendo 6/8 masculino) e no Pós-Game (n=7, 3/5 do público feminino). De modo geral, o registro cerebral da maioria dos voluntários do JOCO apresentou maior potência de alfa no hemisfério direito (valência negativa) no Pré-Game (n=7, sendo 4/7 femininos) e Pós-Game (n=7, 60% do público feminino).	Tabelas 42 e 45
8	D	No SIMU, as alterações na atividade cerebral dos quatro eletrodos foram menores do que no JOCO . (linha "Diferença") O JOCO apresentou o maior aumento de emoções positivas , com 1.397 pontos. (linha "Diferença")	Tabela 46

Fonte: o autor (2021).

7.5.1.4 A estatística sobre os resultados do EEG

A primeira análise estatística ocorreu com o experimento SIMU. Antes de analisar o comportamento da leitura da atividade cerebral foi necessário realizar o **Teste de Shapiro Wilk (Normalidade)** para decidir qual teste estatístico utilizar. As hipóteses são:

- H_0 : Os dados seguem uma distribuição Normal.
- H_1 : Os dados não seguem uma distribuição Normal.

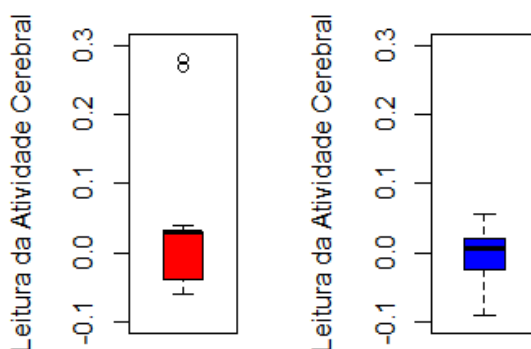
Como resultado obteve-se um **p-valor de 0.000004**, ou seja, há evidências suficientes para dizer que os dados não seguem uma distribuição normal. Logo, será necessário utilizar o teste não-paramétrico de **Wilcoxon**.

Este tipo de teste é utilizado para mensurar se a mediana do EEG nos períodos Pré e Pós são iguais ou não estatisticamente. As hipóteses são as seguintes:

- H_0 : A mediana da leitura de atividade cerebral no *Pré-Game* é igual à mediana da leitura de atividade cerebral no *Pós-Game*.
- H_1 : A mediana da leitura de atividade cerebral no *Pré-Game* não é igual à mediana da leitura de atividade cerebral no *Pós-Game*.

O resultado gerou um **p-valor de 0.878**. Logo, há evidências suficientes para não rejeitar H_0 . Implica dizer que a mediana do EEG no *Pré-Game* é estatisticamente igual à mediana do EEG no *Pós-Game*. O gráfico 23 *boxplot* abaixo apresenta este resultado.

Gráfico 23 - SIMU – diferenças entre as medianas do EEG



Fonte: Viana (2021).

Pelo gráfico é possível observar que ambas as medianas são bastante próximas a zero. Logo, o gráfico comprova o que o teste está dizendo.

A segunda análise estatística ocorreu com o experimento JOCO. Mais uma vez foi utilizado o **Teste de Shapiro Wilk (Normalidade)** e as hipóteses são as seguintes:

- H_0 : Os dados seguem uma distribuição Normal.
- H_1 : Os dados não seguem uma distribuição Normal.

Dessa vez o **p-valor foi de 0.456**, fazendo com que não seja rejeitada a hipótese nula (H_0). Logo, o **Teste T Pareado** está apto a ser utilizado. Este teste visa estudar se a média do EEG nas etapas *Pré-Game* e *Pós-Game* são iguais estatisticamente. Ele verifica se a média de um momento é igual estatisticamente a outro momento.

Antes de fazer esse teste é necessário fazer o teste de normalidade Shapiro Wilk e as hipóteses são as seguintes:

- H_0 : A média da leitura da atividade cerebral no pré e pós são iguais estatisticamente.
- H_1 : A média da leitura da atividade cerebral no pré e pós não são iguais estatisticamente.

O resultado obteve-se um **p-valor de 0.049**. Ou seja, há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula. Conclui-se que a média da leitura da atividade cerebral na etapa *Pré-Game* e *Pós-Game* não são iguais estatisticamente no JOCO. Os próprios valores do IAAF do Pré (-1.377) e do Pós (0,002) evidenciam essa diferença na média, fazendo sentido o que o teste está dizendo.

7.5.1.5 Correlação 3 - o EEG e as valências emocionais

Após verificar o estado emocional dos voluntários através da atividade elétrica cerebral buscou-se investigar a possível correlação entre as respostas do EEG e os autorrelatos emocionais obtidos com os questionários GEW e PANAS.

Neste caso, optou-se em comparar o resultado da valência das Emoções 1 e 2 do GEW (quadro 37, p.337), do afeto do PANAS (quadro 40, p.353) e das respostas do EEG (tabela 42, p.405) para identificar possíveis correlações no experimento SIMU. Também foi verificado o comparativo total entre os quatro dados.

O comparativo ocorreu apenas entre os dados obtidos nas etapas *Pré-Game* e *Pós-Game*, pois as coletas do EEG ocorreram apenas nestas duas etapas.

O quadro 65 abaixo apresenta os resultados do comparativo do SIMU. A primeira linha identifica os voluntários, as células de cor laranja correspondem as participantes femininas e o masculino aparece na cor verde.

A primeira coluna identifica as duas etapas divididas em valência do EEG, Emoções 1 e 2 do GEW e afeto do PANAS, configurando-se como três cenários comparativos. As células azuis “P” representam a valência positiva e as células vermelhas “N” indicam a valência negativa. A coluna “TOTAL” apresenta a somatória das referidas valências.

Quadro 65 - SIMU – Correlações entre o EEG e as emoções relacionadas

SIMU		4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	TOTAL	
Pré-Game	EEG	P	N	N	P	N	N	P	P	P	P	N	P	P	8	5
	GEW	E1	P	P	P	P	N	P	P	P	P	P	P	P	12	1
		E2	P	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	12	1
	PANAS	P	N	N	P	P	N	P	P	N	P	P	P	P	9	4
		ok	-	-	ok	-	-	ok	ok	-	ok	-	ok	ok	7	-
Pós-Game	EEG	P	N	P	N	P	P	P	P	N	N	N	N	P	7	6
	GEW	E1	N	N	P	P	N	N	N	P	P	N	P	N	5	8
		E2	P	N	N	P	P	P	N	N	P	N	P	P	7	6
	PANAS	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	1	12
		-	ok	-	-	-	-	-	-	-	ok	-	-	-	2	-

Fonte: o autor (2021).

A etapa Pré-Game apresentou: (I) Nove correlações do EEG com a E1 do GEW; (II) Nove correlações do EEG com a E2 do GEW; (III) Dez correlações entre o EEG e o PANAS; (IV) Sete correlações totais, ou seja, quando o voluntário apresentou a mesma valência nos quatro dados. Esta condição é identificada com um “ok” representado pela célula na cor roxa. Nos três cenários comparativos houve predomínio das correlações positivas. Todas as correlações totais foram positivas e cinco das sete foram do público masculino.

Na etapa Pós-Game, ocorreu: (I) Cinco correlações entre o EEG e a E1 do GEW; (II) Cinco correlações entre o EEG e a E2 do GEW; (III) Cinco correlações entre o EEG e o PANAS; (IV) Duas correlações totais. Nos três comparativos, apenas o realizado entre o EEG e a E2 do GEW houve predomínio positivo. Os outros dois cenários apresentaram correlações negativas na maioria das análises.

Portanto, no experimento de treinamento, a etapa **Pré-Game** foi a que apresentou o maior número de correções totais entre as respostas de autorrelato e do EEG ao comparar com o Pós-Game. Acredita-se que a expectativa antes da participação no experimento SIMU pode ter potencializado o predomínio de valência positiva. Quanto ao Pós-Game, houve maior intensidade de valências negativas e menor quantidade de correlações totais.

Quanto ao JOCO, o quadro 66 abaixo apresenta os resultados das correlações. Para sua construção foram utilizadas as respostas das Emoções 1 e 2 do GEW (quadro 38, p.340), do afeto do PANAS (quadro 40, p.353) e das respostas do EEG (tabela 45, p.409).

Quadro 66 - JOCO – Correlações entre o EEG e as emoções relacionadas

JOCO		4	5	6	7	9	14	18	19	21	23	24	25	29	TOTAL	
Pré-Game	EEG	N	N	P	N	N	N	P	P	P	N	P	P	N	6	7
	GEW	E1		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	13	-
		E2		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	13	-
	PANAS		P	N	N	P	P	N	P	P	P	P	P	P	10	3
							ok ok ok				ok ok				5	-
Pós-Game	EEG	N	N	P	N	P	N	P	P	P	N	P	N	N	6	7
	GEW	E1		N	P	P	P	N	P	P	P	N	P	P	9	4
		E2		P	P	P	P	P	P	P	N	N	P	P	10	3
	PANAS		N	P	N	N	N	P	P	P	N	N	P	N	5	8
							ok ok				ok ok		ok		3	2

Fonte: o autor (2021).

A etapa Pré-Game apresentou: (I) Seis correlações do EEG com a E1 do GEW; (II) Seis correlações do EEG com a E2 do GEW; (III) Sete correlações entre o EEG e o PANAS; (IV) Cinco correlações totais. Nos quatro comparativos houve predomínio das correlações positivas.

Verifica-se que todas as correlações totais foram positivas e ocorreram apenas no público masculino.

Na etapa Pós-Game, ocorreu: (I) Oito correlações entre o EEG e a E1 do GEW; (II) Sete correlações entre o EEG e a E2 do GEW; (III) Cinco correlações entre o EEG e o PANAS; (IV) Duas correlações totais.

Nos três comparativos, apenas o realizado entre o EEG e o PANAS apresentou correlação negativa na maioria das análises e nos outros dois houve predomínio de correlações positivas. As cinco correlações totais apresentaram tipo de valência dividida, porém mais uma vez predominou o público masculino.

Portanto, no experimento de entretenimento **houve igualdade no número de correlações totais nas duas etapas**. Destaque para o público masculino que foi o único a apresentar correlações totais.

Implica dizer que, considerando a correlação GEW, PANAS e EEG, o JOCO foi o experimento onde os participantes mais demonstraram (por autorrelatos e pela atividade elétrica cerebral) harmonia emocional.

7.5.1.6 A síntese das correlações entre o EEG e a valência

O quadro 67 abaixo traz a síntese da correlação entre as respostas da atividade elétrica cerebral (EEG) e as respostas dos questionários de valência (GEW e PANAS).

Quadro 67 - Síntese das correlações entre valências: EEG e autorrelato

I	R	Síntese da correlação entre o EEG e as valências		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	De todos os cenários investigados a etapa que mais apresentou correlações totais foi a Pré-Game do SIMU (n=7).		Quadros 65 e 66
2	A	A etapa Pós-Game foi a única a apresentar correlação negativa total nos dois experimentos. Foram duas no SIMU e duas no JOCO.		Quadros 65 e 66
3	A	O experimento que obteve mais correlações negativas foi o SIMU (n=15). O JOCO obteve (n=11).		Quadros 65 e 66
4	A	No geral, o dado de autorrelato que mais apresentou correlação com o EEG foi o E1 do GEW (n=28). Seguido pelo E2 do GEW (n=27) e o PANAS (n=27).		Quadros 65 e 66
5	C	No SIMU foram ao todo 28 correlações entre o EEG e algum autorrelato emocional.	No JOCO foram ao todo 15 correlações entre o EEG e algum autorrelato emocional.	Quadros 65 e 66
6	C	No experimento de treinamento, o maior número de correlações ocorreu entre o EEG e o PANAS (n=10).	No experimento com o jogo eletrônico de entretenimento, o número de correlações foi o mesmo para os três cenários (n=5).	Quadros 65 e 66
7	C	Analisando cenário a cenário, a ordem de quantitativo de correlações no SIMU é a seguinte: 1) EEG + PANAS (n=15);	Analisando cenário a cenário, a ordem de quantitativo de correlações no JOCO é a seguinte: 1) EEG + E1 do GEW (n=14);	Quadros 65 e 66

8	C	2) EEG + E1 do GEW (n=14); 3) EEG + E2 do GEW (n=14).	2) EEG + E2 do GEW (n=13); 3) EEG + PANAS (n=12).	Quadros 65 e 66
		No SIMU, a etapa que apresentou mais correlações do público feminino foi a <i>Pré-Game</i> (n=10), contra (n=7) da etapa <i>Pós-Game</i> .	No JOCO, a etapa que apresentou mais correlações do público feminino foi a <i>Pós-Game</i> (n=6), contra (n=3) da etapa <i>Pré-Game</i> .	
9	D	--	No JOCO, todas as correlações totais das duas etapas foram do público masculino (n=5).	Quadros 65 e 66

Fonte: o autor (2021).

7.5.2 A assinatura térmica das emoções

Verificou-se inicialmente a possibilidade de serem feitas comparações entre as capturas térmicas das quatro etapas com o objetivo de identificar qual dos comparativos foi o mais sensível quanto a alteração térmica.

Foram definidos quatro intervalos com duas etapas cada um para análise, conforme figura 122 abaixo. Foi possível analisar a alteração térmica em dois momentos distintos: (I) “Antes”, que corresponde a primeira etapa do intervalo; (II) “Depois”, que corresponde a segunda etapa do intervalo. Por exemplo, no Intervalo 1 a etapa Inicial é considerada o “Antes” e a etapa *Pós-Game* é o “Depois”.

Figura 122 - Intervalos para comparação das temperaturas faciais



Fonte: o autor (2020).

No Apêndice B é possível encontrar a análise da estatística descritiva das imagens térmicas e a análise através do Teste de Amostras Emparelhadas (*Paired Samples Test*), ambos do SIMU, visando comparar a temperatura facial em cada um dos intervalos supracitados.

Os resultados encontrados na ocasião, segundo Marçal (2020), indicaram que o intervalo 1 (Termo Inicial x Termo *Pós-Game*) apresentou diferença significativa

para a maioria das combinações, menos a temperatura do Nariz. Já o intervalo 2 (Termo *Pré-Game* x Termo Final) foi o mais sensível, apresentando diferença significativa para todas as variáveis (ROIs). Nesse caso, houve redução de todas as temperaturas da etapa *Pré-Game* para a etapa Final, o que sugere algum nível de estresse ou medo.

Analisar os resultados apenas sob a ótica da avaliação térmica traz resultados limitados que não atendem aos objetivos desta tese. Afinal, esta pesquisa busca verificar a correlação entre ferramentas de coletas de dados. Logo, houve a necessidade de definir quais seriam as variáveis das outras ferramentas a serem comparadas com os resultados da termografia.

Considerando os termogramas escolhidos e as observações das análises térmicas realizadas em pesquisas anteriores (ROBINSON et al., 2012; IOANNOU et al., 2014B; ENGERT et al., 2014; LEGRAND et al., 2015; SALAZAR-LÓPEZ et al., 2015; BANDO et al., 2017; CRUZ-ALBARRAN et al., 2017; ZHANG et al., 2019; GOULART et al., 2019), foi possível identificar três cenários investigativos conforme quadro 68 abaixo.

Buscou-se confrontar os resultados da termografia com as respostas dos questionários relacionados à emoção e as respostas do EEG.

Quadro 68 - Cenários investigativos da termografia

Cenário	Variáveis	Etapas
1	Termografia x Nervosismo	4
2	Termografia x EEG	2
3	Termografia x Valência	3

Fonte: o autor (2021).

Apesar dos três cenários apresentarem quantidade de etapas diferentes, optou-se em investigá-los por acreditar que os resultados podem responder aos objetivos propostos, verificar as hipóteses geradas e ampliar as discussões sobre o uso da termografia infravermelha em estudos sobre as emoções.

Para investigação destes cenários foram utilizadas as médias de todas as temperaturas médias do SIMU e do JOCO. Estas médias foram baseadas nas temperaturas das cinco regiões de interesse conforme tabela 47 a seguir.

As colunas “min”, “max” e “média” representam as temperaturas mínima, máxima e a média respectivamente. A coluna “Média” exibe os dados que serão usados e a coluna “D.P.” indica o desvio padrão.

Tabela 47 - Temperaturas médias faciais dos experimentos SIMU e JOCO

SIMU					JOCO				
ETAPA 1 - INICIAL					ETAPA 1 - INICIAL				
ROI	min	max	média	D.P.	ROI	min	Max	média	D.P.
Testa	32,1	34,9	33,9	0,85049	Testa	34,1	37,7	35,2538	0,90702
Boch. Direita	28,9	33,5	31,5692	1,3206	Boch. Direita	31,2	34,8	33,6923	1,12135
Boch. Esquerda	28,6	33,3	31,3692	1,55209	Boch. Esquerda	31,5	34,7	33,7692	1,02825
Nariz	24,5	31,6	27,7385	1,91639	Nariz	27,2	35,7	31,4615	2,91191
Queixo	31,2	34,9	33,0846	0,9694	Queixo	31,6	35,7	34,2846	1,31963
ETAPA 2 - PRÉ-GAME					ETAPA 2 - PRÉ-GAME				
ROI	min	max	média	D.P.	ROI	min	max	média	D.P.
Testa	32,8	35,8	34,5	0,80623	Testa	34,1	36	34,9077	0,51228
Boch. Direita	30,3	34,1	32,6077	1,03236	Boch. Direita	31	34,8	33,4085	1,15286
Boch. Esquerda	29,8	34	32,1308	1,23584	Boch. Esquerda	31,3	35,1	33,6077	1,10035
Nariz	25,5	33,6	28,8615	2,73573	Nariz	26,2	34,8	30,8538	3,01098
Queixo	31,4	36	33,6692	1,194	Queixo	32,4	35,3	34,1	1,01653
ETAPA 3 - Uso do software ProS.auto					ETAPA 3 - Uso do game The Crew 2				
ETAPA 4 - PÓS-GAME					ETAPA 4 - PÓS-GAME				
ROI	min	max	média	D.P.	ROI	min	max	média	D.P.
Testa	33,4	38,8	34,7	1,32602	Testa	33,9	35,9	34,9154	0,56398
Boch. Direita	31,1	34,4	32,6462	0,9207	Boch. Direita	30,6	35	33,2231	1,28462
Boch. Esquerda	30,9	34,3	32,3308	1,11384	Boch. Esquerda	31	34,8	33,3231	1,05448
Nariz	25	32,7	28,1846	2,27114	Nariz	25,7	34,5	29,4385	2,78374
Queixo	32,8	35,2	33,8615	0,78585	Queixo	32,3	35,5	34,0308	1,0835
ETAPA 5 - FINAL					ETAPA 5 - FINAL				
ROI	min.	max.	média	D.P.	ROI	min.	max.	média	D.P.
Testa	31,9	35,5	33,6231	1,01829	Testa	32,2	35,3	34,5538	0,84025
Boch. Direita	29,3	33	31,1538	1,25074	Boch. Direita	30,3	34,1	32,8385	1,10192
Boch. Esquerda	28,8	33,2	30,8462	1,45122	Boch. Esquerda	30,7	34,1	32,8923	0,97422
Nariz	24,9	28,1	26,8231	1,03935	Nariz	25,2	34,9	29,4692	3,24689
Queixo	31,1	34,6	32,6769	1,0076	Queixo	30,3	35,2	33,7	1,42945

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Marçal (2020).

A tabela 48 a seguir mostra um resumo da tabela supracitada, informando apenas as temperaturas médias de cada região de interesse.

Tabela 48 - Resumo das médias térmicas dos ROIs no SIMU e no JOCO

SIMU - Média das temperaturas dos ROIs							
	Inicial	R	Pré-Game	R	Pós-Game	R	Final
TESTA	33,9	↑	34,5	↑	34,7	↓	33,6231
BOCH.DIR	31,5692	↑	32,6077	↑	32,6462	↓	31,1538
BOCH.ESQ	31,3692	↑	32,1308	↑	32,3308	↓	30,8462
NARIZ	27,7385	↑	28,8615	↓	28,1846	↓	26,8231
QUEIXO	33,0846	↑	33,6692	↑	33,8615	↓	32,6769

JOCO - Média das temperaturas dos ROIs							
	Inicial	R	Pré-Game	R	Pós-Game	R	Final
TESTA	35,2538	↓	34,9077	↑	34,9154	↓	34,5538
BOCH.DIR	33,6923	↓	33,4085	↓	33,2231	↓	32,8385
BOCH.ESQ	33,7692	↓	33,6077	↓	33,3231	↓	32,8923
NARIZ	31,4615	↓	30,8538	↓	29,4385	↑	29,4692
QUEIXO	34,2846	↓	34,1	↓	34,0308	↓	33,7

Fonte: o autor (2021). Adaptado de Marçal (2020).

Da tabela acima em diante, para esta tese, todas as vezes que surgir o termo “Nariz”, ele corresponderá especificamente a região da “ponta do nariz”, sendo excluída a região perinasal, que corresponde as laterais.

As pesquisas sobre a relação entre as emoções e a temperatura das bochechas direita e esquerda, analisadas separadamente, ainda são pouco exploradas. Nesse sentido, optou-se em considerar para esta tese a média das temperaturas das duas bochechas, conforme tabela 49 abaixo. Fica aqui a sugestão para que trabalhos futuros possam analisar a temperaturas separadamente.

Tabela 49 - As médias térmicas das bochechas

SIMU - Média das temperaturas das bochechas				
	Inicial	Pré-Game	Pós-Game	Final
Boc. Direita	31,5692	32,6077	32,6462	31,1538
Boc. Esquerda	31,3692	32,1308	32,3308	30,8462
MÉDIA	31,4692	32,3692	32,4885	31

JOCO - Média das temperaturas das bochechas				
	Inicial	Pré-Game	Pós-Game	Final
Boc. Direita	33,6923	33,4085	33,2231	32,8385
Boc. Esquerda	33,7692	33,6077	33,3231	32,8923
MÉDIA	33,7307	33,5081	33,2731	32,8654

Fonte: o autor (2021).

Diante do exposto, após apresentação das médias das temperaturas da testa, da ponta do nariz, das bochechas e do queixo, separados por quatro etapas, serão apresentadas as análises dos três cenários investigativos da termografia.

7.5.2.1 Correlação 4 - Termografia x Nervosismo (Cenário 1)

As capturas da temperatura facial e da intensidade do nervosismo foram obtidas nas etapas Inicial, *Pré-Game*, *Pós-Game* e Final. As regiões de interesse utilizadas foram o nariz e a testa. Estes dois ROIs são pontos de referência em outros estudos envolvendo a termografia e estresse ou nervosismo (IOANNOU et al., 2014B; ENGERT et al., 2014; GOULART et al., 2019).

Nas fontes citadas acima os resultados obtidos mostraram que situações de aumento do nervosismo causam **incremento térmico da testa** e **decremento térmico na ponta do nariz**. Portanto, os parâmetros considerados neste cenário foram: (I) os valores das intensidades do nervosismo (tabelas 12 e 13, p.326 e p.328, respectivamente); (II) os resultados da leitura térmica da testa; (III) a leitura térmica do nariz. Estas leituras térmicas podem ser encontradas na tabela 48 exibida anteriormente. Os resultados obtidos na etapa Inicial serviram de base para o comparativo com as demais etapas.

Para análise dos resultados e a realização dos comparativos foi necessário elaborar alguns parâmetros a serem seguidos. Considerando o aumento ou a queda da temperatura e do nervosismo foi elaborado o quadro 69 abaixo com as possíveis combinações entre as três variáveis, podendo resultar em três respostas possíveis.

Quadro 69 - Termografia x Nervosismo: possíveis resultados

Termografia X Nervosismo			
Resultados possíveis	Respostas possíveis		
	Nervosismo	ROI	
		Testa	Nariz
CORRELAÇÃO TOTAL (CT)	↑	↑	↓
	↓	↓	↑
CORRELAÇÃO PARCIAL (CP)	↑	↑	↑
		↓	↓
	↓	↓	↓
		↑	↑

SEM CORRELAÇÃO (SC)	↑	↓	↑
	↓	↑	↓

Fonte: o autor (2021).

A seta vermelha para cima indica aumento (incremento) da intensidade do nervosismo e da temperatura dos ROIs, enquanto que a seta azul para baixo indica queda (decremento). Estes parâmetros foram adotados em todos os três cenários. Os “Resultados possíveis” (primeira coluna) estão condicionados às combinações de aumento ou queda conforme a coluna “Respostas possíveis”.

Observa-se que o fator determinante para se considerar a análise comparativa como uma correlação válida é a harmonia entre a alteração térmica de pelo menos um dos dois ROIs e a alteração do nervosismo em consonância com pesquisas anteriores. Mesmo que um ROI atenda ao parâmetro do nervosismo e o outro ROI não, o resultado será considerado de correlação, mesmo que parcial.

Aliás, os resultados de correlação parcial são relevantes pois permitem identificar quais os ROIs que atendem (mesmo que de modo individual) as correlações com as outras ferramentas. Inclusive, ao final dos resultados de cada um dos três cenários investigativos é possível comparar os resultados de cada ROI, enfatizando aqueles que são mais representativos em cada cenário.

Aliás, as respostas que a termografia traz para a comunidade científica quanto à alteração térmica facial em experimentos que evoquem emoções são obtidas analisando ROI a ROI. Inclusive, através deste pensamento investigativo foi possível elaborar o quadro 14 (p.175) com as correlações entre ROIs e emoções.

7.5.2.1.1 SIMU – Correlação entre Nervos e Termos

A tabela 50 abaixo traz os resultados desta correlação no experimento SIMU.

Tabela 50 - SIMU – Termografia x Nervosismo

Intervalo 1	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Inicial	3,69	↑	33,9	↑	27,7	↑	Parcial
Pós-Game	5,76		34,7		28,1		
Alteração térmica			0,8	↑	0,4	↑	CP

Intervalo 2	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Pré-Game	5,15	↓	34,5	↓	28,8	↓	Parcial
Final	2,3		33,6		26,8		
Alteração térmica			0,9		↓		2,0
Intervalo 3	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Pré-Game	5,15	↑	34,5	↑	28,8	↓	Total
Pós-Game	5,76		34,7		28,1		
Alteração térmica			0,2		↑		0,7
Intervalo 4	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Inicial	3,69	↓	33,9	↓	27,7	↓	Parcial
Final	2,3		33,6		26,8		
Alteração térmica			0,3		↓		0,9

Fonte: o autor (2021).

A primeira coluna indica os quatro intervalos comparativos conforme a figura 122 (p.418). A comparação dos resultados considera a diferença entre a resposta da etapa da célula de baixo (inferior) com a etapa da célula de cima (superior). Por exemplo, no Intervalo 1, verificou-se a diferença das respostas da etapa Pós-Game com a etapa Inicial. Se houve aumento, o valor e a seta para cima (↑) aparecem em vermelho. Se houve queda, o valor e a seta para baixo (↓) surgem em azul.

No exemplo acima, a correlação foi parcial. Implica dizer que um dos dois ROIs (no caso, o nariz) não apresentou resultado positivo quanto a correspondência com o nervosismo de acordo com pesquisas anteriores. Apenas o comparativo da temperatura da testa com o nível do nervosismo apresentou correlação.

Para saber se a correlação termografia x nervosismo foi positiva ou negativa (que consiste em definir se existe ou não correlação) é explicitada pela cor da célula da seta: (I) Azul (como observado no ROI testa) indica correlação; (II) Vermelha (como visto no ROI nariz) indica não correlação com o nível do nervosismo.

A coluna “Autorrelato” apresenta a média do nervosismo nas referidas etapas. A coluna “Termograma (°C)” indica a diferença de temperatura da testa e do nariz e a coluna “Resultado” informa o nível de correlação de acordo com os parâmetros

estabelecidos no quadro 69 (p.422). A última linha de cada intervalo mostra a diferença térmica entre os as regiões de interesse.

Quanto aos **resultados**, considerando os quatro intervalos, verifica-se que a correlação total (CT) foi obtida apenas no **Intervalo 3 = Pré-Game x Pós-Game**, que corresponde exatamente ao período de uso do *cockpit* e do *software* ProS.auto e onde os voluntários realmente interagiram com o sistema computacional.

Nos demais intervalos, a correlação foi parcial (CP), pois pelo menos uma região de interesse não apresentou alteração térmica correspondente à alteração do nível do nervosismo.

Analisando os resultados dos dois ROIs, observa-se que a **testa** foi o que obteve o maior número de correlações com o nervosismo, verificado em todos os quatro intervalos. O **nariz** obteve apenas uma correlação, no intervalo 3.

7.5.2.1.2 JOCO – Correlação entre Nervos e Termos

A tabela 51 abaixo apresenta os quatro intervalos investigativos do experimento com o jogo eletrônico e os seus respectivos resultados. Assim como ocorreu no SIMU, foram três correlações parciais e uma total.

Tabela 51 - JOCO – Termografia x Nervosismo

Intervalo 1	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Inicial	3,15	↑	35,25	↓	31,46	↓	Parcial
Pós-Game	5,69		34,91		29,43		CP
Alteração térmica			0,34	↓	2,03	↓	
Intervalo 2	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Pré-Game	3,46	↓	34,90	↓	30,85	↓	Parcial
Final	2,30		34,55		29,46		CP
Alteração térmica			0,35	↓	1,39	↓	
Intervalo 3	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Pré-Game	3,46	↑	34,90	↑	30,85	↓	Total
Pós-Game	5,69		34,91		29,43		CT
Alteração térmica			0,01	↑	1,42	↓	

Intervalo 4	Autorrelato		Termograma (°C)				Resultado
	Nervosismo		Testa		Nariz		Correlação
Inicial	3,15	↓	35,25	↓	31,46	↓	Parcial
Final	2,30		34,55		29,46		
Alteração térmica			0,7	↓	2	↓	CP

Fonte: o autor (2021).

Considerando os quatro intervalos verifica-se que a correlação total ocorreu apenas no **Intervalo 3 = Pré-Game x Pós-Game** do SIMU e do JOCO. Aliás, ambos os experimentos apresentaram uma correlação total e três correlações parciais. Quanto aos resultados dos ROIs, a **testa** apresentou três correlações e o **nariz** apresentou duas.

Uma análise geral entre os dois ROIs e suas correlações com o nível de nervosismo, considerando os experimentos SIMU e JOCO, verifica-se que a **testa** foi o ROI que apresentou mais correlações, sendo sete no total, inclusive as duas correlações totais. O **nariz** apresentou cinco correlações, sendo duas totais.

7.5.2.2 Correlação 5 - Termografia x EEG (Cenário 2)

Os estudos multimodais de Jenkins et al. (2009) e Fu e Frasson (2016) investigaram estados emocionais utilizando a termografia infravermelha e o EEG, gerando respostas promissoras. Esta tese busca trazer contribuições neste contexto.

A ferramenta base utilizada para este comparativo foi o EEG por gerar uma resposta positiva ou negativa baseada em valores quantitativos conforme o resultado do IAAF e a hipótese de valência, ao contrário da termografia que necessita da análise comparativa entre variáveis e regiões de interesse.

Contudo, pesquisas anteriores envolvendo a termografia e a valência trouxeram indícios de como a temperatura facial se altera de acordo com o estado emocional de participantes de eventos específicos (ROBINSON et al., 2012; IOANNOU et al., 2014B; LEGRAND et al., 2015; SALAZAR-LÓPEZ et al., 2015; BANDO et al., 2017; CRUZ-ALBARRAN et al., 2017; ZHANG et al., 2019; GOULART et al., 2019).

Estas pesquisas mostraram que: (I) diante de valência positiva ocorre **aumento térmico na temperatura do nariz e queda térmica no queixo**; (II) diante

de valência negativa ocorre **decremento térmico do nariz e incremento das bochechas**.

Portanto, as variáveis deste cenário foram: (I) a valência referente ao valor do IAAF obtido pelo EEG (tabelas 41 e 44, p.404 e p.408); (II) os resultados da leitura térmica da ponta do nariz; (III) a leitura térmica do queixo; (IV) a leitura térmica das bochechas. Estas temperaturas podem ser encontradas nas tabelas 48 e 49 (ambas na página 421).

O comparativo entre o EEG e a termografia ocorreu apenas entre as etapas *Pré-Game* e *Pós-Game*. O motivo para exclusão das demais etapas foi o fato de que os resultados dos testes pilotos mostraram que as maiores alterações emocionais do EEG ocorreram no comparativo entre as etapas *Pré-Game* e *Pós-Game*.

Após a análise das respostas do EEG, verificou-se que houve aumento na valência positiva tanto no SIMU quanto no JOCO, conforme os resultados finais do IAAF. Ou seja, não houve resultado final com EEG negativo. Nesse sentido, os parâmetros elaborados para verificar a sua correlação com a temperatura deveriam ser necessariamente positivos para atender ao EEG.

O quadro 70 abaixo exhibe os parâmetros para o comparativo do EEG e da termografia. A primeira coluna apresenta os três resultados possíveis. A coluna “respostas possíveis” divide-se em duas subcolunas, onde à esquerda está o EEG positivo e à direita estão os três ROIs investigados.

Quadro 70 - Termografia x EEG positivo: possíveis resultados

Termografia X EEG positivo				
Resultados possíveis	Respostas possíveis			
	EEG	Termogramas		
	IAAF	Nariz	Bochechas	Queixo
CORRELAÇÃO TOTAL (CT)	Positivo	↑	↓	↓
CORRELAÇÃO PARCIAL (CP)		↑	↓	↑
		↑	↑	↓
		↑	↑	↑
		↓	↓	↓
		↓	↓	↑
		↓	↑	↓
SEM CORRELAÇÃO (SC)		↓	↑	↑

Fonte: o autor (2021).

7.5.2.2.1 SIMU: Termografia x EEG

A tabela 52 abaixo apresenta o resultado da análise comparativa da termografia e do EEG no experimento SIMU.

Tabela 52 - SIMU – Termografia x EEG

Intervalo	EEG		Termograma (°C)						Resultado
	IAAF		Nariz		Queixo		Bochecha		Sem correlação
Pré-Game	0,04	↑	28,86	↓	33,66	↑	32,37	↑	
Pós-Game	0,11		28,18		33,86		32,48		
Alteração térmica			0,68	↓	0,2	↑	0,11	↑	
									SC

Fonte: o autor (2021).

Verificou-se que o valor positivo do IAAF no Pré-Game aumentou do Pré-Game para o Pós-Game, porém as mudanças na temperatura dos ROIs não apresentaram qualquer correlação com a atividade cerebral. Logo, o resultado foi “sem correlação” (SC).

Isso implica dizer que, de acordo com os parâmetros estabelecidos neste cenário, **não foi encontrada qualquer correlação entre o resultado da atividade elétrica cerebral e a alteração na temperatura facial dos ROIs no experimento de treinamento**. Recomenda-se a realização de estudos envolvendo outros ROIs na termografia, outros eletrodos e regiões cerebrais no EEG e experimentos com outros sistemas digitais de treinamento para fomentar esta discussão.

7.5.2.2.2 JOCO: EEG x Termografia

Na tabela 53 a seguir verifica-se que houve aumento do valor do IAAF (EEG) da etapa Pré-Game para a Pós-Game. Ou seja, saiu de um valor negativo para o positivo. Quanto as três regiões de interesse, todas apresentaram queda na temperatura de uma etapa para outra.

Considerando os parâmetros deste cenário de investigação, verificou-se correlação entre o decremento térmico do queixo e da bochecha em situações de aumento na valência positiva.

Tabela 53 - JOCO – Termografia x EEG

Intervalo	EEG		Termograma (°C)						Resultado
	IAAF		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação
Pré-Game	-1,377	↑	30,85	↓	34,1	↓	33,5	↓	Parcial
Pós-Game	0,002		29,43		34,03		33,27		CP
Alteração térmica			1,42	↓	0,07	↓	0,23	↓	

Fonte: o autor (2021).

Após a obtenção dos resultados é possível dizer que **ocorreu correlação entre as respostas da atividade cerebral (EEG) e da temperatura facial (termografia digital) no experimento com o jogo eletrônico de entretenimento**, corroborando com os achados de Jenkins et al. (2009).

Implica dizer que o experimento numa condição de entretenimento apresentou alguma correlação entre as respostas da atividade elétrica cerebral e a alteração térmica de algumas regiões de interesse da face.

Quanto as três as regiões de interesse analisadas, a **ponta do nariz** foi a única a não apresentar correlação com a atividade do EEG nos dois experimentos.

7.5.2.3 Correlação 6 - Termografia x Valência/Afeto (Cenário 3)

A dimensão de valência investiga se a experiência foi positiva ou negativa, ou seja, o estado de felicidade ou infelicidade. Esta condição foi investigada com a termografia nas etapas *Pré-Game*, *Pós-Game* e *Final*. O questionário GEW foi a ferramenta de autorrelato utilizada para identificar a valência e posteriormente ser comparada com os termogramas.

Os ROIs escolhidos foram o nariz, o queixo e as bochechas, conforme pesquisas anteriores (ROBINSON et al., 2012; IOANNOU et al., 2014B; LEGRAND et al., 2015; SALAZAR-LÓPEZ et al., 2015; BANDO et al., 2017; CRUZ-ALBARRAN et al., 2017; ZHANG et al., 2019; GOULART et al., 2019).

As pesquisas supracitadas demonstraram que: (I) a valência positiva apresentou **incremento térmico na temperatura do nariz e decremento térmico no queixo**; (II) na valência negativa ocorreu **decremento térmico do nariz e incremento das bochechas**.

Os resultados da etapa *Pré-Game* serviram de base para o comparativo com as demais etapas e as quatro variáveis deste cenário foram: (I) os resultados da leitura térmica ponta do nariz; (II) a leitura térmica do queixo; (III) a leitura térmica das bochechas (tabela 49, p.421); (IV) os resultados de valência da Emoção 1 do GEW (tabelas 19 e 21, p.339 e p.341); (V) as respostas dos afetos do PANAS (quadro 40, p.353). Os dados dos itens (I) e (II) estão na tabela 48 (p.421).

Vale lembrar que apesar das bochechas direita e esquerda serem regiões distintas (GOULART et al., 2019), optou-se em considerá-las como sendo apenas um ROI e a média das temperaturas das duas foi o valor final adotado. A Emoção 2 do GEW foi descartada por considerá-la menos representativa do que a Emoção 1.

Por serem duas valências possíveis (positiva e negativa) buscou-se elaborar um quadro que permitisse verificar os parâmetros que atendessem a cada uma delas. Portanto, o quadro 71 abaixo apresenta dois cenários possíveis, com a valência/afeto positiva e os seus parâmetros do lado esquerdo e no lado direito os parâmetros da valência/afeto negativa.

Logo, quando uma resposta de autorrelato indicar valência positiva da Emoção 1 do GEW ou afeto positivo do PANAS, o comparativo ocorrerá com os ROIs do lado esquerdo. Se for valência negativa ou afeto negativo, o comparativo será feito do lado direito.

Quadro 71 - Termografia x Valência: possíveis resultados

Termografia X Valência								
Respostas possíveis			Resultados possíveis			Respostas possíveis		
Termogramas						Termogramas		
N	B	Q	GEW / PANAS			N	B	Q
↑	↓	↓	Valência Positiva/ Afeto Positivo	CORRELAÇÃO TOTAL (CT)	Valência Negativa/ Afeto Negativo	↓	↑	↑
↑	↓	↑		CORRELAÇÃO PARCIAL (CP)		↓	↑	↓
↑	↑	↓				↓	↓	↑
↑	↑	↑				↓	↓	↓
↓	↓	↓				↑	↑	↑
↓	↓	↑				↑	↑	↓
↓	↑	↓				↑	↓	↑
↓	↑	↑		SEM CORRELAÇÃO (SC)		↑	↓	↓

Fonte: o autor (2021).

No centro do quadro citado anteriormente estão os possíveis resultados conforme a combinação de incrementos e decrementos na temperatura dos ROIs, abreviados pelas iniciais “N”, “B” e “Q”, que representam respectivamente, a ponta do nariz, bochechas e queixo.

7.5.2.3.1 SIMU: Termografia x Valência/Afeto

Como não houve aplicação do GEW na etapa Inicial foram elaborados apenas dois intervalos investigativos. Este cenário verifica a correlação entre a alteração térmica dos três ROIs com a valência dos questionários GEW e PANAS.

Logo, tornou-se necessário analisar cada questionário separadamente. A tabela 54 abaixo apresenta apenas a investigação com o GEW e mais adiante serão apresentados os resultados com o PANAS.

Tabela 54 - SIMU – Termografia x Valência emocional do GEW

Intervalo 1	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	GEW (% VP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Total
Pré-Game	92,3	↓	28,86	↓	33,66	↑	32,37	↑	
Pós-Game	38,5		28,18		33,86		32,48		
Alteração térmica			0,68	↓	0,2	↑	0,11	↑	CT
Intervalo 2	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	GEW (% VP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Parcial
Pré-Game	92,3	↑	28,86	↓	33,66	↓	32,37	↓	
Final	100		26,82		32,67		31		
Alteração térmica			2,04	↓	0,99	↓	1,37	↓	CP

Fonte: o autor (2021).

Os valores da sub-coluna do “Autorrelato” correspondem as porcentagens da valência positiva (VP) do GEW (% VP), conforme Tabela 19 (p.339). Ou seja, se a porcentagem do VP aumenta (↑), indica aumento da valência positiva. Mas se a porcentagem da VP diminui (↓), indica aumento da valência negativa.

Verifica-se no intervalo 1 que houve aumento na valência negativa pela queda na porcentagem do VP após o experimento. Quanto as alterações dos ROIs diante do aumento da valência negativa do GEW, verificou-se que elas atenderam a todos

os parâmetros, o que resultou em correlação total entre os autorrelatos e a termografia infravermelha.

No intervalo 2 o GEW mostrou aumento na valência positiva devido ao aumento da porcentagem do VP. Dois dos três resultados dos ROIs foram coesos com este aumento. Portanto, a correlação desse intervalo é parcial.

A tabela 55 abaixo apresenta os resultados da investigação com o questionário PANAS. A estrutura é a mesma da tabela anterior e a porcentagem corresponde ao afeto positivo (% AP), conforme indicado nas células de cor laranja.

Tabela 55 - SIMU – Termografia x Valência emocional do PANAS

Intervalo 1	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	PANAS (% AP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Total
Pré-Game	77	↓	28,86	↓	33,66	↑	32,37	↑	
Pós-Game	7,7		28,18		33,86		32,48		
Alteração térmica			0,68		↓		0,2		↑
CT									
Intervalo 2	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	PANAS (% AP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Parcial
Pré-Game	77	↓	28,86	↓	33,66	↓	32,37	↓	
Final	15,4		26,82		32,67		31		
Alteração térmica			2,04		↓		0,99		↓
CP									

Fonte: o autor (2021).

O resultado desta correlação foi semelhante ao observado no GEW. O intervalo 1 apresentou correlação total e o intervalo 2 apresentou correlação parcial.

Implica dizer que nos dois intervalos investigados **ocorreu correlação entre as respostas da temperatura facial (termografia digital) e das valências dos questionários GEW e PANAS no experimento com o software de treinamento.**

7.5.2.3.2 JOCO: Valência/Afeto x Termografia

A tabela 56 a seguir apresenta os resultados da análise comparativa entre as alterações das respostas de autorrelato do GEW e da alteração térmica dos ROIs no experimento com o jogo eletrônico.

Tabela 56 - JOCO – Termografia x Valência emocional do GEW

Intervalo 1	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	GEW (% VP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Parcial
Pré-Game	100	↓	30,85	↓	34,1	↓	33,5	↓	
Pós-Game	69,2		29,43		34,03		33,27		
Alteração térmica			1,42	↓	0,07	↓	0,23	↓	CP
Intervalo 2	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	GEW (% VP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Parcial
Pré-Game	100	↓	30,85	↓	34,1	↓	33,5	↓	
Final	92,3		29,46		33,7		32,86		
Alteração térmica			1,39	↓	0,4	↓	0,64	↓	CP

Fonte: o autor (2021).

Os dois intervalos apresentaram o mesmo resultado: correlação parcial. O único dos três ROIs que apresentou correlação com os resultados de autorrelato foi o nariz. A tabela 57 abaixo apresenta os resultados entre a termografia e o PANAS.

Tabela 57 - JOCO – Termografia x Valência emocional do PANAS

Intervalo 1	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	PANAS (% AP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Parcial
Pré-Game	77	↓	30,85	↓	34,1	↓	33,5	↓	
Pós-Game	38,5		29,43		34,03		33,27		
Alteração térmica			1,42	↓	0,07	↓	0,23	↓	CP
Intervalo 2	Autorrelato		Termograma (°C)						Resultado
	PANAS (% AP)		Nariz		Queixo		Bochecha		Correlação Parcial
Pré-Game	77	↓	30,85	↓	34,1	↓	33,5	↓	
Final	61,5		29,46		33,7		32,86		
Alteração térmica			1,39	↓	0,4	↓	0,64	↓	CP

Fonte: o autor (2021).

Os dois intervalos analisados apresentaram correlação parcial. Destaque para a ponta do nariz por ter sido a única região de interesse que apresentou correlação com todas as análises do afeto do PANAS.

Analisando este cenário é possível verificar que os dois questionários apresentaram os mesmos resultados: três correlações parciais e uma correlação total. O ROI que mais apresentou correlações foi a ponta do nariz com sete de oito possíveis. **O experimento de treinamento SIMU foi o que apresentou o maior número de correlações, inclusive as duas únicas totais.**

O quadro 72 abaixo apresenta um panorama com o resultado dos cenários investigados nos dois experimentos e devidamente divididos por intervalos. Verifica-se que o experimento SIMU foi o que apresentou todos os resultados possíveis de correlação (CT = correlação total, CP = correlação parcial e SC = sem correlação) conforme os parâmetros estabelecidos.

Foram ao todo três correlações totais, cinco correlações parciais e uma ausência de correlação. Destaque para o intervalo *Pré-Game* x *Pós-Game*, que apresentou resultados antagônicos.

Quadro 72 - Panorama final dos comparativos com a termografia

SIMU	Inicial x Pós	Pré x Final	Pré x Pós	Inicial x Final
Termografia x Nervosismo	CP	CP	CT	CP
Termografia x Valência (GEW)	--	CP	CT	--
Termografia x Afeto (PANAS)	--	CP	CT	--
Termo x EEG	--	--	SC	--
JOCO	Inicial x Pós	Pré x Final	Pré x Pós	Inicial x Final
Termografia x Nervosismo	CP	CP	CT	CP
Termografia x Valência (GEW)	--	CP	CP	--
Termografia x Afeto (PANAS)	--	CP	CP	--
Termo x EEG	--	--	CP	--

Fonte: o autor (2021).

Quanto ao experimento JOCO verificou-se que houve correlação em todos os cenários e intervalos investigados. Implica dizer que, nas investigações envolvendo a termografia nesta tese, **o experimento com o game de entretenimento foi o que**

mais apresentou concordância entre a termografia e as demais ferramentas de coleta de dados se comparado com o experimento de treinamento.

A tabela 58 abaixo foi baseada nos resultados das correlações entre a termografia e as outras ferramentas e é possível identificar qual dos dois experimentos apresentou as maiores alterações na temperatura facial, verificar qual ROI apresentou as maiores alterações térmicas e qual comparativo entre ROIs ocorreu a maior alteração térmica.

Na primeira coluna estão as ferramentas que foram comparadas com a termografia. A segunda coluna exibe as páginas onde é possível encontrar os intervalos e estes estão na quarta coluna. A coluna “Alterações térmicas (°C)” exibe a diferença entre as temperaturas das duas etapas de cada intervalo. Não foram consideradas as temperaturas em duplicidade e estas aparecem na cor vermelha.

Tabela 58 - Todas as diferenças de alteração térmica dos experimentos

Ferramenta	Pág.	Alterações térmicas (em °C)				Intervalos
Nervosismo SIMU	423	0,4	0,8	--	--	Inicial x Pós-Game
	424	2	0,9	--	--	Pré-Game x Final
	424	0,7	0,2	--	--	Pré-Game x Pós-Game
	424	0,9	0,3	--	--	Inicial x Final
EEG SIMU	428	0,68	--	0,11	0,2	Pré-Game x Pós-Game
GEW SIMU	431	0,68	--	0,11	0,2	Repetição de valor
	431	2,04	--	1,37	0,99	Pré-Game x Final
PANAS SIMU	432	0,68	--	0,11	0,2	Repetição de valor
	432	2,04	--	1,37	0,99	Repetição de valor
ROIs	--	Nariz	Testa	Boch.	Queixo	Média geral
Média SIMU	--	1,12	0,55	0,74	0,595	0,751
Média JOCO	--	1,608	0,35	0,435	0,235	0,657
Nervosismo JOCO	425	2,03	0,34	--	--	Inicial x Pós-Game
	425	1,39	0,35	--	--	Pré-Game x Final
	425	1,42	0,01	--	--	Pré-Game x Pós-Game
	426	2	0,7	--	--	Inicial x Final
EEG JOCO	429	1,42	--	0,23	0,07	Pré-Game x Pós-Game
GEW JOCO	433	1,42	--	0,23	0,07	Repetição de valor
	433	1,39	--	0,64	0,4	Pré-Game x Final
PANAS JOCO	433	1,42	--	0,23	0,07	Repetição de valor
	433	1,39	--	0,64	0,4	Repetição de valor

Fonte: o autor (2021).

Foram ao todo nove intervalos investigados em cada experimento: quatro do nervosismo, quatro de valência (sendo dois do GEW e dois do PANAS) e um intervalo do EEG. Contudo, alguns deles se repetem e os valores desta repetição não foram considerados, por isso os dados aparecem em vermelho.

A tabela citada anteriormente é dividida em três partes. A parte superior exibe as ferramentas do SIMU. A parte inferior mostra as ferramentas do JOCO e no centro são apresentadas as médias dos valores válidos (cor azul) das duas partes.

A maior média geral de alteração da temperatura facial ocorreu no SIMU, com 0,751°C. O ROI que apresentou as maiores médias de alteração nos dois experimentos foi a ponta do nariz. A menor média do SIMU foi da testa e a menor média do JOCO foi do queixo. A correlação com a valência do GEW e o afeto do PANAS foi a que apresentou as maiores médias do SIMU. No JOCO, a correlação de maior média foi como nervosismo.

A tabela 59 abaixo mostra a média das alterações térmicas dos quatro ROIs nos três cenários investigados. O objetivo é verificar qual dos experimentos apresentou as maiores alterações na temperatura das regiões de interesse.

A tabela apresenta a média das alterações térmicas, divididas por cada ROI, referente aos seguintes intervalos: (I) Nervosismo (Inicial x Pós-Game, Pré-Game x Final, Pré-Game x Pós-Game e Inicial x Final); (II) EEG (Pré-Game x Pós-Game); (III) Valência (Pré-Game x Final).

Tabela 59 - Médias de alterações dos ROIs nos experimentos (em °C)

ROIs	Nariz	Testa	Boch.	Queixo
Média SIMU	1,12	0,55	0,74	0,595
Média JOCO	1,608	0,35	0,435	0,235

Fonte: o autor (2021).

Verifica-se que as maiores médias de cada ROI está com o valor em negrito. O nariz é o ROI que obteve a maior média de alteração térmica dentre os demais nos dois experimentos. O experimento de treinamento SIMU obteve as maiores médias de alteração térmica em três ROIs: testa, bochechas e queixo.

7.5.2.4 Síntese das correlações: termografia x demais ferramentas

O quadro 73 abaixo apresenta a síntese da termografia, com os resultados das investigações sobre as correlações entre as alterações térmicas da termografia com o nervosismo, a valência emocional (GEW), o afeto (PANAS) e a atividade elétrica cerebral (EEG).

Quadro 73 - Síntese dos resultados da termografia infravermelha

I	R	Síntese da Termografia		Fonte
		SIMU	JOCO	
1	A	Nos dois experimentos, todas as análises da termografia com o nervosismo (n=4) e com a valência (n=2) apresentaram alguma correlação entre os resultados		Quadro 72
2	A	O intervalo comparativo Pré-Game x Pós-Game foi o que apresentou os resultados mais significativos: Quatro Correlações Totais (CT), três Correlações Parciais (CP) e o único resultado Sem Correlação (SC)		Quadro 72
3	A	Correlação parcial foi predominante nos cenários comparativos. Ao todo foram 5/9 no SIMU e 8/9 no JOCO		Quadro 72
4	A	Tanto no SIMU quanto no JOCO, a maior média de alteração térmica dentre todos os cenários e os intervalos investigados foi o intervalo 2 (Pré-Game x Final) da valência		Tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
5	A	De modo geral, a somatória das correlações entre os quatro ROIs e as demais ferramentas de coletas de dados foi a seguinte: 1) Ponta do nariz (n=10); 2) Testa (n=7); 3) Queixo e Bochechas (n=4).		Tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
6	A	A ponta do nariz foi o ROI que apresentou a maior média de alteração térmica: SIMU = 1,12°C; JOCO = 1,608°C		Tabela 59
7	C	As médias de alteração térmica dos outros ROIs do SIMU foram: Bochechas = 0,74°C; Queixo = 0,595°C; Testa = 0,55°C.	As médias de alteração térmica dos outros ROIs do JOCO foram: Bochechas = 0,435°C; Testa = 0,35°C; Queixo = 0,235°C;	Tabela 59
8	C	A maior alteração térmica do SIMU ocorreu no cenário 3 (Termografia x Valência), Intervalo 2 (Pré-Game x Final), no ROI “Nariz”, com diferença de 2,04°C.	A maior alteração térmica do JOCO ocorreu no cenário 1 (Termografia x Nervosismo), Intervalo 1 (Inicial x Pós-Game), no ROI “Nariz”, com diferença de 2,03°C.	Tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
9	C	A menor alteração térmica do SIMU ocorreu no cenário 2 (Termografia x EEG), Intervalo único (Pré-Game x Pós-Game), no ROI “Bochecha”, com diferença de 0,11°C.	A menor alteração térmica do JOCO ocorreu no cenário 1 (Termografia x Nervosismo), Intervalo 3 (Pré-Game x Pós-Game), no ROI “Testa”, com diferença de 0,01°C.	Tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

10	C	Os ROIs que apresentaram mais correlações no experimento de treinamento foram: 1) Testa (n=4); 2) Nariz (n=4); queixo e bochechas (n=3)	Os ROIs que apresentaram mais correlações no experimento de entretenimento foram: 1) Nariz (n=6); 2) testa (n=3); 3) Queixo e Bochechas (n=2)	Tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
11	C	O SIMU foi o experimento que apresentou todos os três possíveis resultados de correlação: cinco correlações parciais, três correlações totais e uma não correlação.	JOCO apresentou correlação em todos os intervalos e cenários investigados, incluindo também uma correlação total: Termografia x Nervosismo.	Quadro 72
12	D	--	O JOCO foi o único a apresentar correlação entre as ferramentas de mensuração psicofisiológica : Termografia x EEG	Quadro 72

Fonte: o autor (2021).

7.6 ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS

Ao utilizar um jogo eletrônico para se divertir ou um *software* para treinamento, o ser humano busca atender as suas necessidades (entretenimento ou aprendizagem), aos seus desejos (vencer os adversários ou aperfeiçoar os seus conhecimentos) e atingir metas (finalizar o *game* ou almejar uma melhor colocação no mercado de trabalho).

Embora os cenários do parágrafo anterior possam ser verídicos e representarem uma situação específica, entender as reais motivações do ser humano ao optar em utilizar um *game* ou um *software* de treinamento é uma tarefa muito complexa. Ao incluir as emoções nesse contexto, torna-se mais desafiadora.

O uso de diversas técnicas e ferramentas é fundamental para se obter dados qualitativos e quantitativos a serem analisados na busca por respostas nesse cenário complexo. Porém, uma única ferramenta não atende a esta necessidade e, caso sejam utilizadas várias técnicas, é fundamental que elas possam gerar resultados que se complementem. Este foi o *modus operandi* desta tese.

Nesse sentido, após a obtenção e a análise dos resultados individualmente, foi possível colocá-los lado a lado nos quadros síntese como uma maneira de facilitar a compreensão global dos resultados dos dois experimentos.

Afinal, devido a complexidade para o entendimento do estado emocional dos usuários, o uso de mais de uma ferramenta é muito importante.

7.6.1 Enfim, qual foi o melhor experimento?

Mais do que respostas sobre as experiências com sistemas computacionais, esta pesquisa se propôs a verificar a reação psicofisiológica dos voluntários e averiguar se o que foi relatado condiz com o que o corpo realmente sentiu. Diante dos resultados, verificou-se algumas diferenças quanto a positividade e negatividade no SIMU e no JOCO conforme as ferramentas e os parâmetros utilizados.

Este tópico apresenta um breve comparativo entre os resultados da **etapa Pós-Game** sob a ótica da valência. Esta etapa apresenta as respostas obtidas exatamente após o final dos dois experimentos (etapa Pós-Game), enfatizando o estado emocional dos voluntários em um dos momentos de maior significância emocional: ao final das experiências vivenciadas.

- **Valência (GEW)** – Verificou-se valência positiva no término do JOCO no relato das duas emoções mais importantes do GEW (E1 e E2). Já o final do SIMU sinalizou mais valência negativa na Emoção 1 e mais valência positiva na Emoção 2, porém com equilíbrio entre os dois. Portanto, **o JOCO proporcionou uma experiência mais positiva.**
- **Afeto (PANAS)** – Observou-se que o sentimento de afeição e estima foi negativo nos dois experimentos, porém com intensidades diferentes. Embora negativo, o afeto após o uso do jogo de entretenimento apresentou equilíbrio nas respostas. Porém, o experimento de treinamento apresentou apenas uma resposta positiva de um total de treze, ou seja, o SIMU quase foi unânime no afeto negativo. Compreende-se que **o JOCO apresentou um pouco mais de afeto positivo.**
- **Coerência emocional (GEW x PANAS)** – Os dois experimentos apresentaram a mesma quantidade de coerências na etapa Pós-Game, porém o experimento com o jogo de entretenimento resultou em maior número de coerências totais. Logo, **o JOCO apresentou mais harmonia nas respostas dos autorrelatos referentes ao estado emocional.**
- **SUS** – O SIMU apresentou nove respostas acima do limite “OK” de usabilidade com apenas dois resultados acima da classificação “Boa”. Quanto

ao JOCO, foram doze respostas acima do “OK” e nove acima de “Boa”. Logo, **o JOCO foi a experiência cujo cockpit apresentou melhor usabilidade.**

- **Leventhal e Barnes (L&B)** – Quanto a usabilidade do *software*, os resultados de “Alta concordância” com as variáveis foram 08/10 para o SIMU e 07/10 para o JOCO. Apesar do equilíbrio positivo entre os dois, **o SIMU apresentou maior número de alta concordância com a usabilidade do *software*.**
- **Atividade elétrica cerebral (EEG)** – O resultado final do IAAF dos dois experimentos foi positivo, resultando em valência positiva para ambos. No entanto, ao comparar a diferença entre o IAAF do Pré-Game e do Pós-Game, verificou-se um equilíbrio entre valência positiva e negativa. No SIMU, 07/13 dos voluntários apresentaram alterações negativas (53,8%). Já o JOCO resultou em 08/13 de respostas positivas ao verificar a diferença entre o Pré-Game e o Pós-Game (61,5%). Portanto, **o JOCO apresentou maior alteração positiva da atividade elétrica cerebral.**
- **Termografia** – Após analisar a alteração térmica de três ROIs em conjunto com os resultados da valência da Emoção 1 do GEW e do PANAS, observou-se que os dois experimentos apresentaram correlação com estas ferramentas. No SIMU observou-se duas correlações totais e duas correlações parciais. No JOCO ocorreram quatro correlações parciais. Logo, **o experimento SIMU apresentou mais correlação entre a termografia e a valência autorrelatada.**

A tabela 60 abaixo apresenta um resumo desses resultados. A tabela reforça que, de modo geral, o JOCO proporcionou mais momentos positivos do que o SIMU, tanto através das opiniões relatadas quanto das respostas psicofisiológicas.

A coluna “%” apresenta a porcentagem de respostas de cada ferramenta. Para determinar a predominância da valência é necessário que a porcentagem seja acima de 50%, podendo ser positiva (célula azul) ou negativa (célula vermelha).

Tabela 60 - Resultados globais de valência do Pós-Game

FERRAMENTA	SIMU	%	JOCO	%	Fonte
GEW – E1	Negativo	61,5	Positivo	69,2	Tabelas 19 e 21

GEW – E2	Positivo	53,8	Positivo	77	Tabelas 19 e 21
PANAS (afeto)	Negativo	92,3	Negativo	61,5	Quadro 40
SUS (nível “OK”)	Positivo	69,2	Positivo	92,3	Gráficos 16 e 17
Leventhal e Barnes (alta concordância)	Positivo	80	Positivo	70	Quadro 58
EEG (alterações térmicas)	Negativo	53,8	Positivo	61,5	Tabelas 42 e 45
TERMOGRAFIA (analisar três ROIs)	Negativo (3/3 correlações), de acordo com os intervalos 1 das tabelas 54 e 55	100	Positivo (1/3 correlações), de acordo com os intervalos 1 das Tabelas 56 e 57	33	Tabelas 54, 55, 56 e 57

Fonte: o autor (2021).

Há uma exceção quanto a porcentagem acima de 50% para a termografia do JOCO. Verifica-se na tabela supracitada que a termografia no experimento de entretenimento apresentou predomínio positivo com apenas 33% dos resultados, ou seja, abaixo de 50%.

Isso ocorreu porque o resultado da termografia buscou identificar a correlação de pelo menos um ROI com a Emoção 1 do GEW. Neste caso, como a valência do GEW foi positiva e houve a correlação com um dos três ROIs (ou seja, 33%), ele foi considerado predominantemente positivo, mesmo que os outros dois ROIs não tenham apresentado correlação.

Verificou-se nesta pesquisa que o uso de diversas ferramentas de coletas de dados enfatizou a complexidade das investigações sobre o estado emocional. Implica dizer que a adoção de apenas uma ferramenta pode ocultar ou gerar resultados incompletos ou errados sobre as reais opiniões emocionais dos indivíduos.

7.6.1.1 Termografia + EEG + Emoções: qual a relação encontrada?

Enquanto os estudos envolvendo o EEG e as emoções através do uso de questionários de autorrelato já possuem um histórico de investigações e resultados

relevantes, esta pesquisa investigou e possibilitou a verificação de possíveis correlações entre os autorrelatos e a termografia digital por infravermelho.

Buscou-se contribuir e reforçar a importância do uso em conjunto de ferramentas que possam gerar respostas tanto “objetivas” quanto “subjetivas” no estudo das emoções.

A **valência emocional foi utilizada como parâmetro** para verificar as possíveis correlações e o quadro 74 abaixo apresenta outra maneira de verificar as correlações entre os resultados obtidos. O quadro considerou apenas os resultados do Pós-Game dos dois experimentos e baseou-se na tabela 60 (p.440). As cores adotadas nas ferramentas serve apenas para diferenciação entre elas.

Quadro 74 - Correlações gerais entre as ferramentas no Pós-Game

Correlação (Pré-Game x Pós-Game)	SIMU	JOCO
GEW - E1 x GEW - E2	--	OK
GEW - E1 x PANAS	OK	--
GEW - E1 x EEG	OK	OK
GEW - E1 x Termografia	OK	OK
GEW - E2 x PANAS	--	--
GEW - E2 x EEG	--	OK
GEW - E2 x Termografia	--	OK
PANAS x EEG	OK	--
PANAS x Termografia	OK	--
EEG x Termografia	OK	OK

Fonte: o autor (2021).

Os resultados apontam que houve empate no número de correlações de valência entre as respostas das ferramentas no SIMU e no JOCO. Destaque para o GEW (E1) que apresentou correlação de valência com o EEG e a termografia nos dois experimentos. O GEW (E1), o EEG e a Termografia obtiveram seis correlações de valência cada uma.

O GEW (E2) e o PANAS obtiveram apenas três correlações cada uma. A única correlação de valência que não ocorreu em nenhum experimento foi justamente o GEW (E2) e o PANAS.

Acredita-se que os resultados desta pesquisa contribuíram para a reflexão sobre o uso de mais de uma ferramenta de coleta de dados para verificação dos estados emocionais, do uso de ferramentas de mensuração psicofisiológica para verificar a resposta emocional do sistema nervoso de usuários de sistemas computacionais e com a necessidade de expandir os experimentos para outros contextos, aumentando os pontos de vista dos resultados gerados.

7.6.2 Destaques por gênero: masculino x feminino

Os resultados das análises presentes nos quadros síntese distribuídos pelos vários subtópicos do capítulo 07 permitiram identificar particularidades e destaques de cada gênero, seja por comparação entre eles ou por destaque no resultado de alguma ferramenta. O termo “destaque” faz referência a alguma pontuação obtida em uma análise qualquer, podendo ser por valores ou porcentagem.

A seguir serão apresentados dois quadros com diversos resultados dos experimentos SIMU e JOCO, porém destacando os gêneros dos participantes. Boa parte dos dados corresponde às respostas da etapa *Pós-Game* ao serem comparadas com as respostas da etapa *Pré-Game*.

O motivo da escolha desse intervalo é o fato dele apresentar os dados mais significativos na maioria das análises. Os resultados da termografia não são citados porque todos os dados obtidos foram calculados de modo coletivo, considerando a amostra de 13 voluntários.

O quadro 75 abaixo apresenta os destaques por gênero do SIMU.

Quadro 75 - SIMU – Destaque dos resultados por gênero

Extra	Maior média de pontos no GAS	M	-
	Maior tempo de experiência de condução veicular	-	F
SIMU			
Nervosismo e Desempenho	Maiores médias de intensidade do nervosismo	-	F
	Melhores desempenhos do experimento de treinamento	M	-
	Maior redução no número de infrações da Rodada 1 para Rodada 3	M	-
	Maior redução no número de erros de condução da R1 para R3	M	-
	Maior alívio ao final do experimento de entretenimento	-	F

Valência, Afeto e coerências	Mais alterou a valência do GEW entre o Pré-Game e o Pós-Game	M	-
	Maior percentual de manutenção da valência da etapa Pré para o Pós	-	F
	Maior percentual de valência positiva do GEW - E1 no Pós-Game	-	F
	Maior percentual de valência positiva do GEW - E2 no Pós-Game	-	F
	Priorizou as emoções negativas do GEW no Pós-Game	M	-
	Maior porcentagem de alta excitação no Pós-Game	-	F
	Público que mais alterou o afeto após o término do experimento	M	-
	Apresentou 100% de afeto negativo mesmo depois da aclimação final	M	-
	Único a restaurar o afeto inicial após a aclimação final	-	F
	Único público a repetir o mesmo afeto nas três etapas	-	F
	Predomínio do afeto negativo em todas as etapas	-	F
	Público que mais apresentou Coerências Totais nos autorrelatos	M	-
	Percentualmente, o público mais incoerente	-	F
	100% de respostas positivas no GEW e no PANAS antes do treinamento	M	-
	Público que mais acredita que aprenderá a usar o <i>cockpit</i> rapidamente	M	-
	Público que mais acredita que as funções do <i>cockpit</i> estão bem integradas	-	F
	Que mais discorda que o <i>cockpit</i> seja desnecessariamente complexo	-	F
	Que mais discorda que o <i>cockpit</i> é muito complicado de usar	-	F
Usabilidade e Corlett	Discorda ser preciso aprender muita coisa para continuar usando <i>cockpit</i>	M	-
	Maior número de respostas do SUS acima do nível "OK"	-	F
	As maiores pontuações do SUS	-	F
	Maior percentual de satisfação ao usar o <i>software</i> ProS.auto	-	F
	A maioria considerou o <i>software</i> fácil de aprender	M	-
	A maioria considerou o <i>software</i> fácil de usar	-	F
	A maioria considerou o <i>software</i> fácil de reaprender	M	-
	Acredita que o <i>software</i> está adequado a tarefa a que se propõem	-	F
	Pouco concorda que o <i>software</i> possui limitações que dificultem o uso	-	F
	Alta concordância com a frequência de uso (se repetir, facilita o uso)	-	F
	Público que mais relatou rigidez baixa (muitos comandos) no SIMU	-	F
	Maioria pouco concorda que o <i>software</i> facilita retomada em imprevistos	M	-
	Público que mais concordou com as variáveis do ProS.auto	-	F
	Público que mais relatou desconforto no treinamento (média de pontos)	-	F
	Público que mais relatou desconforto "zero" no experimento	M	-
	Apresentou as maiores médias de alteração da potência de alfa	M	-
	Proporcionalmente o público com maior média de valência positiva ao final do experimento	M	-
EEG	Proporcionalmente foi o que mais modificou a valência do EEG na etapa Pós-Game	-	F
	Autorrelatos x EEG – público que proporcionalmente mais repetiu o mesmo estado emocional nas duas ferramentas no Pós-Game	-	F

	Apresentou no Pós-Game a maior correlação entre o EEG e o E1 do GEW	M	-
	Publico que apresentou a maior correlação entre o EEG e o PANAS	-	F
TOTAL		19	27

Fonte: o autor (2021).

A primeira coluna identifica as categorias das respostas com o nome dos questionários utilizados. As linhas correspondem aos resultados observados. A penúltima coluna se refere aos participantes masculinos e quando eles forem predominantes no resultado da respectiva linha, aparecerá a letra “**M**” (célula verde). A última coluna se refere as participantes femininas e quando elas se sobressaírem, surgirá a letra “**F**” (célula rosa).

Quanto a análise do quadro supracitado, verifica-se pela pontuação total que **as participantes femininas obtiveram mais resultados de destaque do que o masculino no SIMU**, com 27 destaques contra 19 dos participantes masculinos. Vale lembrar que os itens deste (e do próximo quadro) são apenas um resumo dos quadros síntese apresentados no capítulo 07 e não foi adotado nenhum parâmetro para confrontar os resultados entre os gêneros nem entre os quadros 75 e 76.

Porém, alguns detalhes ficaram evidentes no experimento de treinamento: o público masculino se destacou no desempenho e nas análises de valência e afeto por autorrelato. Quanto ao público feminino, verifica-se maior destaque na usabilidade tanto do *cockpit* quanto do *software*, além dos resultados obtidos com a eletroencefalografia.

O quadro 76 abaixo apresenta os destaques por gênero do experimento com o jogo eletrônico de entretenimento (JOCO).

Quadro 76 - JOCO – Destaque dos resultados por gênero

JOCO			
Nervosismo e desempenho	Maiores médias de nervosismo no JOCO	-	F
	Melhores desempenhos do jogo de entretenimento	-	F
	Maior redução no número de colisões	-	F
	Maior redução no tempo de conclusão da Rodada 3	-	F
	Melhores resultados de classificação final da Rodada 3	M	-
	Maior alívio ao final do experimento de entretenimento	-	F

Valência, Afetos e coerências	Maior percentual de manutenção da valência da etapa Pré para o Pós	M	-
	Maior percentual de valência positiva do GEW - E1 no Pós-Game	M	-
	Maior percentual de valência positiva do GEW - E2 no Pós-Game	-	F
	Priorizou as emoções positivas em todas as etapas	-	F
	Maior porcentagem de alta excitação no Pós-Game	-	F
	Público que mais alterou o afeto após o término do experimento	-	F
	Único público a apresentar média de afetos positivos	M	-
	Público que restaurou 100% do afeto inicial após a aclimação final	-	F
	Público que mais apresentou Coerências Totais nos autorrelatos	M	-
	Percentualmente, o público mais incoerente nos autorrelatos	-	F
	100% de respostas positivas no GEW e no PANAS antes do JOCO	M	-
Usabilidade e Corlett	Público que mais acredita que aprenderá a usar o <i>cockpit</i> rapidamente	M	-
	Público que mais acredita que as funções do <i>cockpit</i> estão bem integradas	-	F
	Que mais discorda que o <i>cockpit</i> seja desnecessariamente complexo	-	F
	Que mais discorda que o <i>cockpit</i> é muito complicado de usar	M	-
	Que mais discorda ser preciso aprender muita coisa para continuar usando o <i>cockpit</i>	M	-
	Maior número de respostas do SUS acima do nível "OK"	M	-
	As maiores pontuações do SUS	M	-
	Maior percentual de satisfação ao usar o <i>software</i>	M	-
	A maioria considerou o <i>software</i> fácil de aprender	M	-
	A maioria considerou o <i>software</i> fácil de usar	M	-
	A maioria considerou o <i>software</i> fácil de reaprender	M	-
	Acreditam que o <i>software</i> está adequado a tarefa a que se propõem	-	F
	Pouco concordam que o <i>software</i> possui limitações que dificultem o uso	-	F
	Alta concordância com a frequência (se repetir, facilita o uso)	M	-
	Público que mais relatou rigidez alta (poucos comandos) no JOCO	M	-
	Maioria pouco concorda que o <i>software</i> facilita retomada em imprevistos	-	F
	Público que mais concordou com as variáveis do <i>The Crew 2</i>	M	-
	Mais apresentou desconforto no entretenimento, por média de pontos	M	-
	Público que mais relatou desconforto "zero" no experimento	M	-
EEG	Apresentou as maiores médias de alteração da potência de alfa	-	F
	Proporcionalmente o público com maior média de valência positiva ao final do experimento	M	-
	Proporcionalmente o que mais modificou a valência do EEG da etapa Pós-Game	-	F
	Autorrelatos x EEG – público que proporcionalmente mais repetiu o mesmo estado emocional nas duas ferramentas no Pós-Game	M	-
	Apresentou no Pós-Game a maior correlação entre o EEG e o E1 do GEW	M	-
	Publico que apresentou a maior correlação entre o EEG e o PANAS	M	-
TOTAL		24	18

Fonte: o autor (2021).

Verificou-se no JOCO que houve inversão no gênero que mais se destacou, ou seja, os participantes masculinos se sobressaíram com 24 destaques contra 18 das participantes femininas.

Enquanto o público feminino se destacou no desempenho final das rodadas e nas análises de valência e afeto por autorrelato, o masculino se destacou na usabilidade do *cockpit* e do *software* e nos resultados da análise da atividade elétrica cerebral (EEG).

Curiosamente os destaques masculinos no SIMU foram os mesmos destaques femininos no JOCO e vice-versa.

Nesta tese, de modo geral, as participantes femininas apresentaram as maiores médias de nervosismo e também as maiores pontuações de alívio no término dos dois experimentos, corroborando com os resultados de McLean e Anderson (2009) e Chittaro (2014).

Mais uma vez fica evidenciada a importância da realização de pesquisas que possam apresentar e comparar os resultados de participantes dos gêneros masculino e feminino.

7.6.3 Ficha global de respostas

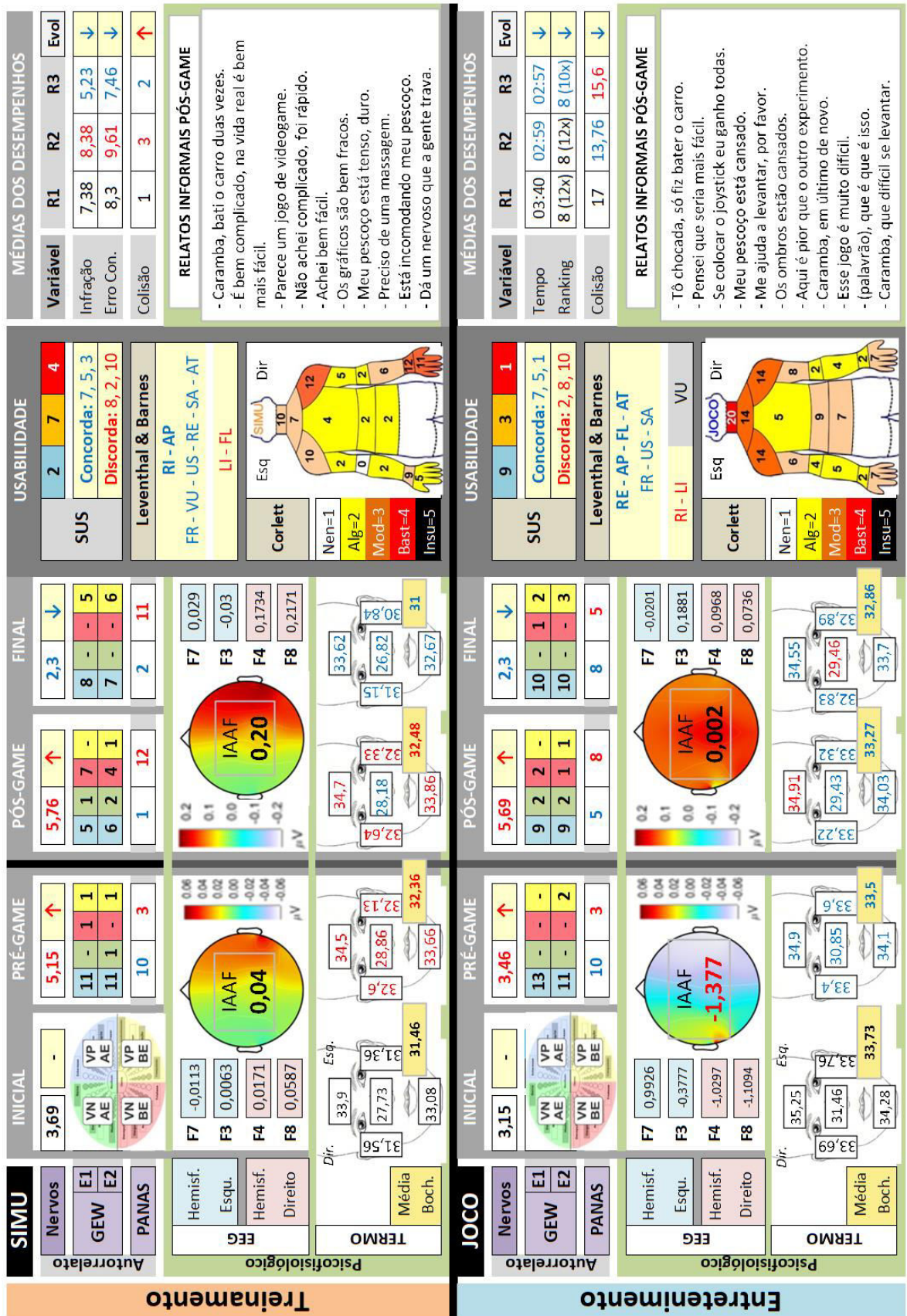
A quantidade de respostas obtidas nos experimentos SIMU e JOCO foi grande tanto pela quantidade de ferramentas de coleta de dados utilizadas quanto pelo número de etapas realizadas.

Dessa forma, observou-se a necessidade de manusear vários documentos diversas vezes para se compreender as respostas obtidas, seja na comparação entre elas ou analisar os resultados em conjunto.

Para facilitar esta análise optou-se em desenvolver uma ficha global de respostas que pudesse acolher todas as médias das respostas dos questionários e das ferramentas de mensuração psicofisiológica de maneira resumida e organizada, divididas por etapas.

A configuração da ficha se divide em duas partes praticamente iguais. A área centro-superior corresponde as respostas obtidas com o experimento de treinamento SIMU e a área centro-inferior apresenta as respostas do experimento de entretenimento JOCO. A figura 123 a seguir apresenta a ficha global de respostas.

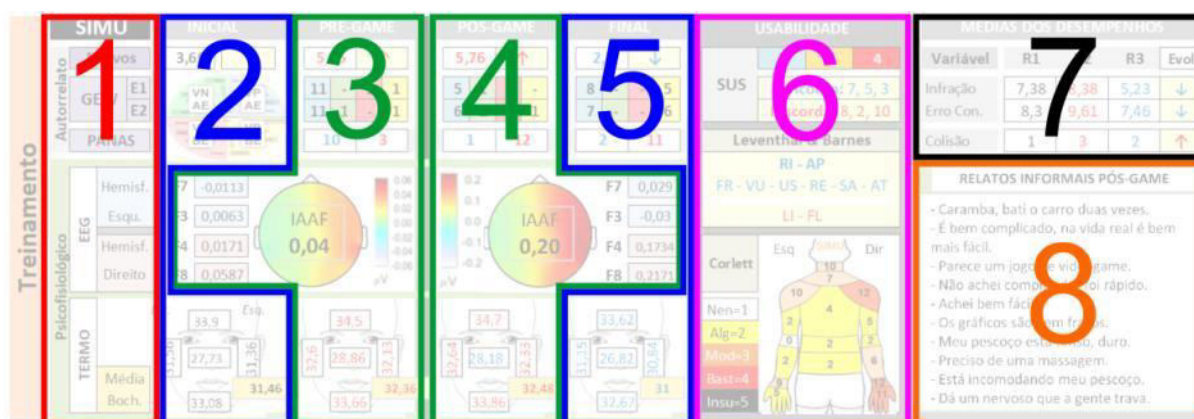
Figura 123 - Ficha global de respostas



Fonte: o autor (2021).

Para facilitar o entendimento de cada seção da ficha foram elaborados alguns resumos explicativos divididos por números, setores e cores. Estes resumos foram baseados na área centro-superior (SIMU) e serão apresentados a seguir com as devidas explicações. A figura 124 abaixo é composta por oito seções.

Figura 124 - Primeiro resumo explicativo da ficha global de respostas



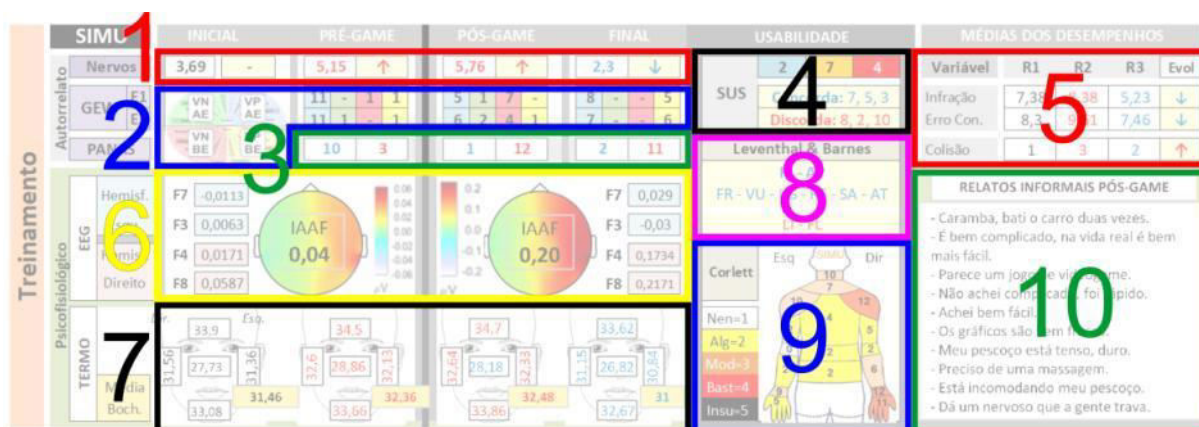
Fonte: o autor (2021).

- (1) **Indica o experimento (SIMU ou JOCO)** – Apresenta as ferramentas utilizadas no experimento: Nervos, GEW (E1 e E2), PANAS, EEG (dividido em hemisférios esquerdo e direito) e Termo. A célula amarela mostra a média de temperatura das duas bochechas.
- (2) **Etapa Inicial** – São informados os resultados do Nervos Inicial, apresenta a estrutura do GEW com os quadrantes e exibe o Termo Inicial dos cinco ROIs.
- (3) **Etapa Pré-Game** – São informados os resultados do Nervos Pré-Game, do GEW Pré-Game e do PANAS Pré-Game. No centro são exibidos os valores do EEG Pré-Game, o mapeamento topográfico, a paleta de cores e o valor do IAAF Pré-Game. Abaixo estão os resultados do Termo Pré-Game.
- (4) **Etapa Pós-Game** – Mostra os resultados do Nervos Pós-Game, GEW Pós-Game, PANAS Pós-Game, EEG Pós-Game, mapa topográfico com sua paleta de cores e o Termo Pós-Game.
- (5) **Etapa Final** – Exibe os resultados do Nervos Final, do GEW Final, do PANAS Final e do Termo Final.
- (6) **Usabilidade** – exibe as respostas de autorrelato do SUS, do modelo híbrido de Leventhal e Barnes e o Diagrama de Corlett.

- (7) **Desempenho** – exibe a média dos resultados das variáveis de desempenho.
- (8) **Relatos informais** – Transcrição de alguns relatos informais dos voluntários obtidos na etapa Pós-Game e capturadas nas filmagens com a câmera Eken.

A figura 125 abaixo traz outro resumo explicativo, porém destacando todos os questionários e informando como os dados e as respostas estão dispostas na ficha. Ao todo são dez seções e cada uma corresponde ao resultado médio de uma ferramenta específica.

Figura 125 - Segundo resumo explicativo da ficha global de respostas



Fonte: o autor (2021).

- (1) **Nervosismo** – São apresentados os valores médios do nervosismo nas quatro etapas. Quando a média de uma etapa é superior ao da etapa anterior, a seta apresenta-se vermelha e para cima (↑), indicando aumento do nervosismo. Se a temperatura for menor do que a etapa anterior, a seta surge azul e para baixo (↓), indicando queda.
- (2) **GEW** – A estrutura do GEW é apresentada separando os quadrantes por cores e siglas. Nas etapas Pré-Game, Pós-Game e Final são apresentados os resultados da média de respostas do GEW divididos em E1 (células superiores) e E2 (células inferiores) em cada etapa. Os valores correspondem ao número de emoções de cada quadrante. As cores são as mesmas das valências da estrutura do GEW. Lembrando que a soma dos valores das cores azul e amarelo correspondem ao total de valência positiva. E o somatório das cores verde e vermelha é valência negativa.

- (3) **PANAS** – São apresentados os resultados das etapas *Pré-Game*, *Pós-Game* e *Final*. Em cada etapa, os valores na cor azul se referem ao total de relatos de afeto positivo e os valores na cor vermelha informam o total de afetos negativos.
- (4) **SUS** – Os três valores superiores indicam, respectivamente, a categoria de pontuação do SUS dos treze voluntários: (I) Azul (73 pontos ou mais) – indica usabilidade boa ou superior; (II) Amarela (52,1 a 72,9 pontos) – indica razoável usabilidade; (III) Vermelha (0 a 52 pontos) – indica baixa ou nenhuma usabilidade. Quanto as duas células abaixo, o campo “Concorda” informa os números dos três itens de maior concordância e o campo “Discorda” informa os três de maior discordância. Estes itens podem ser consultados no questionário SUS (Anexo J).
- (5) **Médias dos Desempenhos** – São apresentadas as médias dos valores das três variáveis de desempenho das rodadas 1, 2 e 3 (R1, R2, R3). Ao comparar o valor com a etapa anterior o valor aparece vermelho (se houve aumento) ou azul (se houve queda). A coluna “Evol.” indica se houve evolução da Rodada 1 para Rodada 3. A seta vermelha (↑) indica involução (aumento de transgressões) e a seta azul (↓) indica evolução (queda).
- (6) **EEG** – Ocorreu apenas no *Pré-Game* e no *Pós-Game*. Os valores médios das atividades cerebrais dos quatro eletrodos são exibidos, assim como o mapeamento topográfico do escalpo e o valor do IAAF.
- (7) **Termo** – Quatro faces humanas apresentam as médias das temperaturas da testa, das bochechas direita e esquerda, do nariz e do queixo. Na célula amarela é possível verificar a média da soma das duas bochechas. Os valores vermelhos indicam aumento da temperatura se comparada com a etapa anterior. Os valores azuis indicam queda na temperatura.
- (8) **Leventhal e Barnes** – As dez siglas representam as dez variáveis, a saber: **FR** = frequência, **RI** = Rigidez, **LI** = Limitações, **VU** = Variáveis do usuário, **AP** = Facilidade de aprender, **US** = Facilidade de usar, **RE** = Facilidade de reaprender, **FL** = Flexibilidade, **SA** = Satisfação, **AT** = Adequado a tarefa. As siglas em azul indicam alta concordância, as siglas de cor vermelha apresentam as variáveis de baixa concordância e as que estão na célula

cinza possuem resultado moderado. As que estiverem em negrito indicam maior escore de alta concordância.

- (9) **Diagrama de Corlett** – A legenda mostra o nível de desconforto dividida por cores. O modelo humano apresenta os segmentos com a somatória dos valores dos autorrelatos, sendo possível ver as áreas com maior desconforto.
- (10) **Relatos informais Pós-Game** – Exibe alguns relatos dos voluntários após o término da rodada 3. Não há um tema predominante, ou seja, os voluntários opinam sobre o *software*, o *cockpit*, o desconforto, etc.

É importante ressaltar que esta ficha atende especificamente as necessidades de síntese das respostas desta pesquisa. Devido a grande quantidade de dados gerada e a necessidade de comparação entre as respostas das várias etapas, esta ficha possibilita uma visão global dos resultados.

Alternativas de adaptação desta ficha podem ser realizadas para atender outros contextos e objetivos. Por exemplo, é possível adaptá-lo para apresentar dados de indivíduos de maneira isolada. Neste caso, torna-se possível verificar os dados de várias pessoas e depois comparar suas respostas e seus comportamentos. Ou então adaptar a ficha para estudos longitudinais, informando os dados em vários períodos de tempo em pesquisas de longa duração.

Outros cenários possíveis de uso da ficha global são: (I) desenvolver um *software* que permita automatizar a inclusão de dados e gerar gráficos explicativos, facilitando a análise dos dados. Ou seja, uma versão digital desta ficha; (II) utilizar a ficha como material complementar ao tratamento de saúde das pessoas, especialmente os que utilizam *games* como alternativa terapêutica; (III) usar a ficha em processos de seleção de candidatos ao mercado de trabalho, principalmente em atividades que exijam alto nível de controle emocional e concentração.

Acredita-se que a elaboração desta ficha global de respostas possa motivar outros pesquisadores a também buscarem um meio de sintetizar seus resultados, facilitando a leitura, a interpretação e as reflexões sobre suas pesquisas.

O próximo capítulo apresenta as conclusões deste estudo com uma análise dos objetivos alcançados, confirmação ou refutação das hipóteses levantadas e uma visão sobre os cenários futuros para o tema em questão e as ferramentas utilizadas.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa se propôs a analisar as respostas emocionais de voluntários ao utilizarem dois sistemas computacionais através do uso de questionários de autorrelato e de mensurações psicofisiológicas.

Acredita-se que os objetivos foram alcançados e este capítulo corresponde a finalização deste trabalho com a apresentação das conclusões finais, abordando os principais resultados obtidos de modo resumido.

Conforme citou Olsson (2015), a conclusão de uma pesquisa deve ser mapeada cuidadosamente considerando sua descrição na introdução. Ou seja, as discussões finais devem acompanhar os objetivos elaborados anteriormente. E é justamente nesse sentido que este capítulo discorre.

O capítulo também debate a contribuição deste trabalho para o *design* e a ergonomia, além de apresentar as limitações e dificuldades encontradas. Ao final, considerando a multidisciplinaridade envolvida na pesquisa e as novas perspectivas que foram observadas, são levantadas sugestões para trabalhos futuros baseadas na nuvem de palavras final (p.238).

8.1 AFINAL, ATENDEU AOS OBJETIVOS PROPOSTOS?

Conforme visto no capítulo anterior, esta pesquisa exigiu o uso de diversas ferramentas de autorrelato, equipamentos eletrônicos, parceiros especialistas em suas respectivas áreas, ambientes de pesquisa e participação ativa do pesquisador para atender aos objetivos traçados.

Apesar desse contexto complexo e das limitações encontradas, os resultados obtidos trouxeram a certeza do dever cumprido conforme os parâmetros estabelecidos em cada objetivo.

Também reafirmou a convicção de que a ciência é dinâmica e que os resultados encontrados aqui nunca tiveram a pretensão de encerrar o assunto, mas contribuir com a incansável busca da qualidade de vida do ser humano.

A seguir serão apresentadas as conclusões de cada objetivo proposto.

OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Verificar as respostas emocionais relatadas e sentidas por usuários após utilizarem um sistema computacional de treinamento e outro de entretenimento.

Esta verificação foi possível através do uso de quatro ferramentas de coleta de dados. Os questionários de autorrelato foram o GEW e o PANAS. Os dois equipamentos de mensuração psicofisiológica não invasivas foram a eletroencefalografia e a termografia digital por infravermelho.

Os dois experimentos utilizaram dois sistemas computacionais diferentes, sendo um com características de treinamento e o outro de entretenimento. As diferenças entre eles permitiram gerar resultados diversificados e comparáveis entre as ferramentas, ora harmônicos, ora conflitantes.

Esta dupla investigação tornou possível a análise das respostas relatadas e sentidas dos voluntários sob vários pontos de vista: treino x diversão, emoção x usabilidade, nervosismo x desempenho, masculino x feminino.

Aliás, além dos resultados gerados, foram observadas novas e potenciais perspectivas que podem ser investigativas em estudos futuros, bem como foi possível corroborar com alguns resultados científicos já encontrados na literatura.

Detalhe para a questão das evoluções, ou seja, para as melhorias no desempenho obtidas ao final dos experimentos de acordo com as métricas de desempenho dos dois sistemas. Verificou-se que, assim como ocorreu em Allen et al. (2005), o experimento de treinamento foi o que resultou nas melhores evoluções de desempenho dos voluntários.

Acredita-se que o ambiente de pesquisa (Centrão) e o sistema utilizado (*cockpit* de autoescola e *software* de treinamento) no experimento SIMU podem ter contribuído com os resultados. Afinal, a necessidade constante de ultrapassar limites e melhorar os resultados é inerente em cenários de treinamento e de aprendizagem.

Portanto, conclui-se que este objetivo específico foi alcançado.

OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Analisar os resultados da termografia e dos questionários de autorrelato visando encontrar correlações emocionais entre os relatos e as respostas fisiológicas.

Os resultados finais do GEW e do PANAS permitiram identificar as valências predominantes dos voluntários em cada experimento. Quanto a termografia, por ainda ser uma ferramenta com poucas investigações na área das emoções, foi necessário verificar na literatura especializada resultados que apresentassem: (I) parâmetros relacionados as valências emocionais; (II) experimentos que tenham configuração semelhante com a presente tese; (III) regiões de interesse da face semelhantes ao utilizados nesta tese e que já tenham sido investigados.

Acredita-se que os resultados desta pesquisa tenham contribuído para os estudos envolvendo a termografia infravermelha e as emoções humanas, especialmente em experimentos envolvendo sistemas computacionais.

Logo, conclui-se que este objetivo específico foi atendido.

OBJETIVO ESPECÍFICO 03

Buscar correlações entre as respostas emocionais obtidas com o uso da termografia infravermelha e da eletroencefalografia.

Esta foi a verificação mais complexa de toda a tese por envolver as duas ferramentas de mensuração psicofisiológica cujo processo operacional exigiu a participação de profissionais especialistas na instalação, calibração, uso, análise e interpretação dos dados.

O uso destas ferramentas de mensuração psicofisiológica foi o que gerou mais custos nesta pesquisa. Inclusive a análise da eletroencefalografia (EEG) foi realizada apenas em um intervalo investigativo (Pré-Game x Pós-Game). Aliás, este intervalo foi o que apresentou as respostas mais significativas e acredita-se que a análise de outros intervalos poderá trazer outros resultados relevantes e comparáveis entre si. Fica aqui a sugestão.

Após estabelecer que as valências emocionais (positivas e negativas) seriam os parâmetros a serem investigados e que o sinal de EEG iria considerar a Hipótese de Valência, buscou-se na literatura especializada em termografia quais regiões de interesse apresentaram resultados mais consistentes relacionados às valências.

Dessa forma, tornou possível verificar a correlação entre as respostas da termografia e do EEG e contribuir com os estudos que utilizam ferramentas de mensuração psicofisiológica no entendimento das emoções humanas.

Por conseguinte, acredita-se que o objetivo antes citado foi alcançado.

OBJETIVO ESPECÍFICO 04

Verificar a coerência entre as respostas emocionais de autorrelatos dos dois experimentos, incluindo as diferenças entre os gêneros dos voluntários.

Ao utilizar dois questionários de autorrelato e duplicar as possibilidades de um deles (Emoção 1 e Emoção 2 do GEW), foram geradas três respostas de cada voluntário, sendo necessária uma análise de coerência entre elas. Nesse contexto, com as análises de coerência emocional foi possível concluir que o uso de apenas um questionário de autorrelato pode não trazer de maneira clara, correta e conclusiva as respostas sobre o real estado emocional dos voluntários.

Vale lembrar que esta conclusão foi verificada nos dois experimentos investigados (SIMU e JOCO), o que reforça a necessidade de se considerar o uso de mais de uma ferramenta de coleta de dados por autorrelato.

Quanto a análise dos dados considerando o gênero dos participantes, os resultados também apresentaram respostas tanto harmônicas quanto divergentes, apontando particularidades dos públicos masculino e feminino e as suas reações em cada um dos dois experimentos conforme as ferramentas de coleta de dados. Os resultados podem ser verificados no subtópico 7.6.2 (p.443).

Diante do exposto, acredita-se que este objetivo foi atendido.

OBJETIVO ESPECÍFICO 05

Identificar diferenças na usabilidade dos dois sistemas computacionais.

Por se tratar de uma pesquisa que exigiu experiências que pudessem alterar o estado emocional dos voluntários, buscou-se analisar a usabilidade dos sistemas computacionais considerando o uso do *hardware* (*cockpit* veicular), o uso do *software* e o possível desconforto físico causado ao término dos dois experimentos.

Após utilizar os questionários SUS e o modelo híbrido de Leventhal e Barnes foi possível verificar as opiniões dos voluntários sobre a usabilidade dos dois sistemas, cujo resultado global apresentou boa integração entre os comandos do *hardware* e do *software* e boa interface dos dois *softwares*.

O *cockpit* do JOCO foi o mais bem avaliado quanto a usabilidade de acordo com o questionário SUS. No entanto, ele foi o que mais causou desconforto nos voluntários, segundo o diagrama de Corlett. O modelo de Leventhal e Barnes verificou que o *software* de treinamento ProS.auto foi mais bem avaliado do que o jogo eletrônico *The Crew 2*.

Apesar de cada sistema computacional apresentar características distintas, seja na narrativa, na jogabilidade, nos cenários e nos objetivos da tarefa, acredita-se que, de modo geral, foi possível identificar diferenças de usabilidade entre eles, tanto dos *hardwares* quanto dos *softwares*.

Logo, conclui-se que este objetivo específico foi atendido.

OBJETIVO GERAL

Identificar correlações emocionais e de usabilidade nas respostas dos usuários de dois sistemas computacionais através da aplicação de ferramentas de autorrelato e de mensuração psicofisiológica.

Diante do que foi exposto neste capítulo quanto aos êxitos observados nos objetivos específicos, dos resultados de cada ferramenta e das coerências e correlações relatados no capítulo 07, **acredita-se que o objetivo geral foi atingido.**

Conclui-se que o uso de ferramentas de coleta de dados do tipo autorrelato (questionários) e instrumentos de mensuração psicofisiológica podem ser aplicados em conjunto, de maneira integrada, para estudos referentes ao estado emocional.

8.1.1 Hipóteses confirmadas ou refutadas?

A resolução dos objetivos permitiu verificar a comprovação das duas hipóteses conforme é possível constatar a seguir.

HIPÓTESE 1

Existe coerência do ponto de vista da valência emocional entre as respostas relatadas obtidas através de técnicas tradicionais de avaliação por autorrelato e as respostas psicofisiológicas aferidas por meio do uso da eletroencefalografia e da termografia infravermelha em experimentos com sistemas computacionais.

Utilizando a valência como parâmetro principal foi possível verificar correlações entre as respostas dos questionários de autorrelato e os resultados obtidos com as ferramentas de mensuração psicofisiológica. Destaque para o EEG, que ao utilizar a Hipótese de Valência e o cálculo do IAAF, permitiu gerar resultados objetivos e de fácil verificação de correspondência com as respostas dos questionários de autorrelato.

Embora a termografia utilize como variáveis a alteração da temperatura de várias regiões de interesse da face, foi necessário buscar na literatura por parâmetros que pudessem ser utilizados para estabelecer comparativos com as valências encontradas com as respostas dos questionários. No entanto, os resultados encontrados com a termografia foram promissores.

De modo geral, **acredita-se que esta hipótese foi confirmada** conforme os resultados obtidos e as correlações realizadas entre as respostas das ferramentas de coleta de dados.

HIPÓTESE 2

Existe correlação entre os resultados obtidos com o uso da termografia digital por infravermelho e da eletroencefalografia do ponto de vista da valência emocional de usuários após utilizarem dois sistemas computacionais.

As duas ferramentas de mensuração psicofisiológica apresentaram correlação nas suas respostas no experimento de entretenimento JOCO, onde a valência do EEG encontrou analogia com duas das três regiões de interesse analisadas. Já os resultados do experimento de treinamento SIMU não apresentaram correspondência emocional entre a atividade cerebral e a alteração térmica da face.

Isso implica dizer que o experimento com o jogo eletrônico destinado ao entretenimento, com maior liberdade e com “narrativa desregrada” sem a obrigatoriedade de seguir as regras de trânsito foi o evento que gerou alterações no estado emocional da maioria dos voluntários conforme observado na alteração térmica e na atividade elétrica cerebral.

Logo, esta hipótese foi parcialmente confirmada. Ou seja, refutada no SIMU e confirmada no JOCO.

8.2 PARA NÃO DIZER QUE NÃO FALEI DAS... DIFICULDADES

Pesquisas que envolvem várias áreas do conhecimento trazem grandes desafios e dificuldades ao longo da investigação. Nesta tese foram diversas situações que proporcionaram de reflexões conceituais e revisões metodológicas a ajustes no *layout* dos ambientes e alterações na logística e nas estratégias da pesquisa, bem como a necessidade de parcerias especializadas.

A seguir serão citadas as situações de dificuldade encontradas ao longo do processo investigativo desta tese, dos testes pilotos às análises dos dados obtidos, divididos em subtópicos.

A) Logística

(1) Houve necessidade de parcerias profissionais para consultoria, porém alguns deles não estavam disponíveis quando foram solicitados, especialmente os especialistas em eletroencefalografia e neurociência. SOLUÇÃO: criar uma rede de contatos com vários profissionais especialistas, divididos por área do conhecimento, de modo a atender as necessidades em tempo hábil com relevante antecedência. Pelo menos dois profissionais por área do conhecimento considerando os eixos temáticos da pesquisa.

(2) Um dos especialistas solicitados apresentou resultados inesperados durante uma das consultorias, inclusive solicitando a realização de novas coletas. SOLUÇÃO: seguindo os princípios da ética profissional buscou-se uma segunda opinião, cujo resultado foi satisfatório. De maneira discreta foram apresentados os “problemas” da primeira análise e o motivo da invalidez dos resultados foi o uso de um *software* específico por parte do primeiro consultor e que não permitiu extrair os dados de acordo com as necessidades da pesquisa. O segundo consultor apresentou resultados satisfatórios e estes dados foram utilizados nas análises.

(3) Os gastos durante os testes pilotos foram além do esperado, principalmente pela necessidade de aquisição de insumos e acessórios a serem usados na realização dos experimentos. SOLUÇÃO: antes do início da pesquisa é importante elaborar uma tabela de custos fixos iniciais (hospedagem, alimentação, transporte, monitor) e fazer simulações dos

gastos diários. Também é importante separar um valor mensal nos meses anteriores a realização do experimento para ser utilizado posteriormente, caso haja necessidade. As viagens realizadas para os testes pilotos foram fundamentais e serviram para se ter uma ideia dos gastos.

(4) O primeiro local de hospedagem, durante os testes pilotos, não possuía armário grande o suficiente para guardar os equipamentos de alto valor.

SOLUÇÃO: pesquisar por hotéis em bairros e ruas que tenham histórico de pouca violência, com câmeras no interior e armários grandes com cadeados.

(5) A cidade onde foram realizados os experimentos é desconhecida pelo pesquisador.

SOLUÇÃO: o monitor do experimento de treinamento também realizava serviços de transporte particular e ficou encarregado de realizar todo o suporte de transporte dos equipamentos e dos voluntários.

DICA: para pesquisas realizadas em cidades ou estados fora da residência do pesquisador é fundamental contar com um parceiro nativo para todo o suporte relacionado, pelo menos, ao transporte dos envolvidos.

B) Ambientes de pesquisa

(1) Os ambientes são privados e reservados, porém a presença de clientes inicialmente foi vista como um incômodo tanto pela movimentação quanto pela curiosidade dos mesmos. SOLUÇÃO: 1) escolha de salas isoladas; 2) presença do monitor para controle de acesso; 3) organização do *layout*, posicionando os voluntários em ação de costas para porta de entrada.

(2) Os dois estabelecimentos possuem horários de funcionamento diferentes. Enquanto o ambiente do SIMU (Centrão) estava disponível para o experimento apenas no período da tarde (13h às 18h), o ambiente JOCO (Home VR) funcionava em dois turnos (14h às 22h). SOLUÇÃO: Foi solicitada junto aos diretores a alteração dos horários conforme demanda e agendamento dos voluntários. Alguns dias houve necessidade dessa alteração, porém gerou um custo financeiro a mais para o pesquisador.

(3) Quantidade insuficiente de tomadas de energia, considerando os vários equipamentos eletrônicos que deveriam ficar ligados simultaneamente. O ambiente do SIMU necessitou de cinco tomadas e o ambiente do JOCO precisou de seis tomadas. SOLUÇÃO: 1) uso de filtro de linha com disjuntor e

especificado pelo INMETRO; 2) reorganizar o *layout* conforme o comprimento do filtro de linha para permitir a conexão adequada dos equipamentos e concentrá-los em um único lugar e evitar que fiquem espalhados na sala.

(4) O sinal do WI-FI caiu algumas vezes no SIMU, impedindo que o *software* do simulador funcionasse e o computador gravasse os sinais do EEG. SOLUÇÃO: solicitar junto a empresa provedora da *internet* que analisasse o sinal de *internet*, além da realização de uma manutenção no sinal e no roteador. Inclusive explicar a real necessidade de um sinal limpo por um determinado período de tempo (quantidade de dias) devido às experiências que serão realizadas no ambiente.

(5) A dimensão das duas salas de experimento é diferente, uma delas é o dobro da outra. Nesse caso, tanto a circulação do ar quanto a manutenção da temperatura da sala maior tornou-se mais demorada. SOLUÇÃO: para diminuir a dimensão da sala maior criou-se uma barreira com tecidos de modo que a área das duas salas ficou com dimensão equivalente. Logo, o tempo de resfriamento e manutenção da temperatura foi semelhante.

(6) Os ares-condicionados das salas de experimento direcionaram o ar para a parede e havia retorno para o centro da sala. O protocolo de pesquisa da termografia exige que nenhuma corrente de ar deva incidir sobre os voluntários. SOLUÇÃO: 1) consultoria com um profissional experiente na análise de condições ambientais para medição da velocidade do ar por meio de um termo anemômetro digital; 2) alteração no *layout* da sala para evitar que o ar entrasse em contato com os voluntários; 3) Testes de movimentação do pesquisador e do monitor durante os experimentos com o objetivo de verificar se a movimentação de pessoas poderia influenciar no direcionamento das correntes de ar.

(7) Durante os contatos via aplicativo de mensagens alguns voluntários se mostraram preocupados com a segurança e o transporte. SOLUÇÃO: o pesquisador garantiu o transporte de ida dos voluntários aos locais de experimento e o retorno para seu local de trabalho ou residência. O monitor do Centrão também era motorista de aplicativo e ficou disponível, atendendo a esta necessidade.

C) Equipamentos

(1) Durante uma das participações no SIMU **o simulador de condução veicular travou e não funcionou mais**, não sendo possível a conclusão da atividade. SOLUÇÃO: substituição do equipamento por outro reserva. DICA: realizar revisão e manutenção de equipamentos antes do início dos experimentos. Se possível, ter um equipamento reserva e calibrá-los da mesma maneira para uma substituição rápida e eficiente caso necessário.

(2) Por questões de segurança, os equipamentos de mensuração psicofisiológica não ficavam nas salas de experimento ao final do expediente. Eles eram montados e desmontados diariamente. No entanto, ao remontar a estrutura no dia posterior, observou-se **alterações na angulação da captura de imagens**. SOLUÇÃO: marcar com fita adesiva o posicionamento de cada equipamento na sala de experimento, além de anotar todas as informações dos sistemas (angulação e zoom) de modo a manter uniformidade na captura dos dados em todas as seções.

(3) **Houve dificuldade para encontrar a quantidade ideal de solução salina para emudecer os eletrodos do Emotiv EPOC+, o que causou inconsistência ou ausência dos sinais elétricos no início dos testes pilotos**. SOLUÇÃO: embora o Manual de instrução do Emotiv EPOC recomende alguns pingos de solução salina em cada eletrodo, foi necessário emudecê-los mais do que o recomendado para que o sinal fosse capturado.

(4) Devido a necessidade diária de desmontar os feltros dos eletrodos do Emotiv EPOC para não oxidá-los, conforme manual do usuário, **houve problemas de conexão entre alguns feltros e eletrodos quando o equipamento era montado** no dia seguinte, gerando perda de tempo. SOLUÇÃO: 1) após verificar o perfeito funcionamento de todos os eletrodos, cada um deles recebeu uma marcação especial para que a montagem com o feltro fosse repetida diariamente; 2) após a montagem do Emotiv EPOC no início de cada expediente, o pesquisador testava o equipamento em sua cabeça para verificar se todos estavam ativos através do quadro de monitoramento dos eletrodos disponível do *software* Emotiv PRO Academic Plus para verificar a qualidade dos sinais em tempo real.

(5) Durante os testes pilotos observou-se que alguns equipamentos e sistemas, ao serem acionados, **necessitavam de um tempo de calibração e essa situação causou alguns atrasos na coleta de dados.** SOLUÇÃO: ligar os equipamentos e não desligá-los até o final do expediente.

(7) **Alguns voluntários tinham cabelos com estilos diversos que dificultaram à instalação do Emotiv EPOC+ e consequentemente a leitura adequada do sinal** (figura 126 abaixo). SOLUÇÃO: 1) lembrar aos voluntários, através de aplicativo de mensagem, para seguirem os procedimentos de pré-teste antes de comparecerem ao experimento e, se possível, manterem seus cabelos o mais natural possível; 2) umedecer um pouco mais os feltros dos eletrodos do Emotiv EPOC+; 3) pedir permissão aos voluntários para manusear seus cabelos para obter o melhor contato do Emotiv EPOC+ com o couro cabeludo.

Figura 126 - Diversos tipos de cabelos e o Emotiv EPOC+



Fonte: o autor (2020).

(8) Alguns equipamentos descarregaram a bateria durante os testes pilotos, atrapalhando o processo de captura e aumentando o tempo do experimento. SOLUÇÃO: 1) utilizar um filtro de linha de cabo longo e cinco tomadas; 2) elaborar nas salas de experimento um *layout* que permitisse a alimentação elétrica do máximo possível de equipamentos ao mesmo tempo e mantê-los próximos.

D) Softwares

(1) O pesquisador nunca havia utilizado antes os softwares das ferramentas de coletas de dados e dos sistemas computacionais. SOLUÇÃO: 1) o pesquisador e o monitor de cada experimento utilizaram o *game* e o *software* de treinamento para entender toda a dinâmica dos dois *softwares*, suas narrativas e jogabilidade, compreender os desafios propostos, os comandos a serem executados e o que poderia ser explorado junto aos voluntários, conforme os objetivos propostos na tese; 2) o pesquisador, através de consultorias com os parceiros, utilizou os *softwares* da termografia e do EEG diversas vezes para entender toda a dinâmica e funcionalidade deles; 3) o pesquisador entrou em contato com os desenvolvedores do Emotiv PRO para tirar dúvidas e estabelecer um breve vínculo técnico caso houvesse a necessidade de mais orientações.

(2) O software ProS.auto e o game The Crew 2 necessitam de alguns procedimentos para o reinício de cada rodada. Verificou-se nos testes pilotos diferenças no tempo de início de cada rodada quando os voluntários tentavam reiniciar. SOLUÇÃO: os voluntários não se preocupavam mais com o início das rodadas. O monitor ficou encarregado de reiniciá-las no SIMU (treinamento) e o pesquisador iniciou todas as rodadas do JOCO (entretenimento).

E) Voluntários

(1) A quantidade de voluntários esperada não foi atingida. SOLUÇÃO: 1) para incentivar os voluntários a participarem e também a convocarem outros participantes, foi informado que o pesquisador garantiria o transporte de ida e volta; 2) apesar de não ter atingido a quantidade de voluntários pretendida,

optou-se em seguir todos os procedimentos traçados sem nenhuma alteração, principalmente por entender que as particularidades exigidas nos critérios de inclusão foram específicas o suficiente para exigir uma amostra homogênea, não cabendo adaptações. Devido a estas dificuldades, não poderia deixar de aproveitar a oportunidade de explorar este público.

(2) Os voluntários possuíam diversas estaturas e houve a preocupação com o conforto nos cockpits. SOLUÇÃO: os dois *cockpits* possuem regulagem de alcance e distância dos comandos para o corpo dos voluntários. Para otimizar a adaptação das distâncias foram realizadas algumas simulações de ajustes para tornar esse processo o mais rápido possível. O monitor de cada experimento foi o encarregado desse processo.

(3) Alguns voluntários não cumpriram os procedimentos de pré-teste elaborados conforme o protocolo da termografia e do EEG. SOLUÇÃO: 1) foram dispensados do experimento e houve novo agendamento conforme disponibilidade; 2) para evitar que outros cometessem o mesmo equívoco, todos os demais foram contatados por aplicativo de mensagem como objetivo de lembrar sobre a necessidade de seguir os procedimentos de pré-teste.

(4) Alguns voluntários chegaram no horário diferente do agendado, alguns com antecedência e outros atrasados. Outros voluntários trouxeram potenciais voluntários para participar. SOLUÇÃO: 1) houve ajustes nos horários marcados, sem prejuízo para os que estavam no horário correto; 2) novo agendamento para os novatos, com explanação dos objetivos da pesquisa, apresentação do TCLE e dos procedimentos de pré-teste.

(5) Nos testes pilotos verificou-se que alguns voluntários não entendiam alguns termos dos questionários. SOLUÇÃO: no verso de cada questionário foi inserido um dicionário de termos e sinônimos para ser consultado. Dessa forma, evitou-se respostas imprecisas, além de contatos com o monitor e o pesquisador.

8.3 CENÁRIOS FUTUROS: UMA VISÃO MULTIDISCIPLINAR

Estudos de caráter multidisciplinar como a presente tese permitem ampliar os cenários investigativos de cada uma das áreas envolvidas, encontrar conexões entre

várias áreas do saber, além de ampliar os horizontes de pesquisa para além das fronteiras dos objetos deste estudo.

Embora todos os objetivos propostos tenham sido alcançados, algumas percepções que poderiam ter sido verificadas acabaram não ocorrendo. Inclusive, o motivo de ter sido elaborada uma nuvem de palavras ao final de cada capítulo permitiu verificar o quanto esta pesquisa é multidisciplinar.

Portanto, ao combinar termos da nuvem de palavras de cada capítulo foi possível observar diversos cenários com grande e relevante potencial de investigação em estudos futuros e alguns deles são citados a seguir.

Estas são algumas das inúmeras possibilidades verificadas. O desejo é que outros pesquisadores possam contribuir com novas combinações de palavras e, conseqüentemente, novas pesquisas, resultados e contribuições.

- **ERGONOMIA + TERMOGRAFIA + GAME + EEG + EMOÇÃO** = Utilizar o mesmo desenho desta pesquisa, porém com algumas adaptações; (1) incluir questionários para verificação da sensibilidade emocional, tais como o *Assessing Emotions Scale* (Avaliação da Escala de Emoções) e o *Interpersonal Reactivity Index* (Índice de Reatividade Interpessoal), a exemplo da pesquisa de Valenzi et al. (2014). Dessa forma é possível verificar se os participantes são adequados para o referido estudo emocional; (2) ampliar a amostragem para outros públicos, como por exemplo, a comunidade LGBTQIA+ ou pessoas com alguma deficiência; (3) utilizar equipamento de eletroencefalografia com mais eletrodos; (4) utilizar jogos que possam causar mais estresse, como *games* de suspense ou terror.
- **DESIGN + EMOÇÃO + UX + IHC** = Utilizar a ficha global de respostas elaborada nesta tese como modelo para desenvolver um *software*. Esta ficha corresponde a um banco de dados que integra respostas variadas sobre as emoções e o desempenho de um grupo de voluntários. Porém, ela pode ser adaptada para coleta de dados individuais e utilizada em pesquisas longitudinais, ou seja, em investigações que necessitem de período mais extenso, permitindo avaliar a evolução dos voluntários ao longo do tempo. Uma ficha global digital pode ser utilizada, por exemplo, em processos de seleção que busquem candidatos com melhor controle emocional.

- **USABILIDADE + TERMOGRAFIA + GAME + EEG** = Utilizando jogos eletrônicos *online* de competição (estilo MOBA, MMO) fazer um comparativo entre os resultados de usabilidade (por autorrelato, termografia infravermelha e EEG) de seções de treinamento e competições de *eSports*. Analisar as possíveis diferenças relacionadas ao desempenho e ao desconforto físico de jogadores profissionais de *games* que participam de competições de *eSports* e buscar por melhorias aplicáveis ao *design* de *games*, tanto dos *softwares* (*games*) quanto dos *hardwares* (dispositivos).
- **DESIGN + ERGONOMIA + TERMOGRAFIA** = Analisar a usabilidade de equipamentos durante seções de treinamento que exijam poucos movimentos (devido a sudorese que pode atrapalhar a leitura termográfica). Analisar as ações executadas pelos participantes, tais como a aplicação de força, posturas adotadas, possíveis fadigas físicas de membros superiores e inferiores durante o experimento. Utilizar o diagrama de Corlett e a termografia digital para verificar se a configuração e o *layout* da célula de atividade, bem como os equipamentos usados no treinamento, atendem aos preceitos da usabilidade.
- **USABILIDADE + GAMES + EEG + TERMOGRAFIA + EMOÇÃO** = Alguns questionários são destinados ao estudo específico do desempenho do usuário em condução veicular, como o Teste de Viena¹⁵⁸ e seus correlatos. Analisar as alterações emocionais durante as várias etapas de um processo de treinamento e aprendizagem e confrontar os resultados de autorrelatos do Teste de Viena e as respostas psicofisiológicas (EEG e termografia). Dessa forma, contribuir para a avaliação do processo de aprendizagem de condução veicular, do estudo sobre a distração e a desatenção do motorista, abrindo mais uma vertente no processo de monitoramento e avaliação dos usuários em situações de treinamentos.
- **DESIGN + ERGONOMIA + GAME + UX** = analisar a usabilidade de dispositivos (teclados e mouse) durante seções de uso de jogos eletrônicos, comparando os modelos tradicionais e comuns com os modelos para jogadores profissionais (modelos *top* de linha). O objetivo é verificar se os modelos ditos profissionais realmente proporcionam melhor desempenho aos

¹⁵⁸ Fonte: <https://www.schuhfried.com/pt/vienna-test-system/>.

jogadores. Se possível, fazer esta pesquisa de modo multicultural, com voluntários de vários países (Brasil x China, por exemplo). Atenção para unificação dos protocolos e disponibilidade dos mesmos dispositivos nos respectivos mercados locais.

- **EXERGAMES + UX + TERMOGRAFIA** = Com a participação de voluntários acometidos por problemas de locomoção e movimentação dos membros, comparar o resultado de seções de atividades terapêuticas tradicionais com as seções que utilizam *exergames* (jogos eletrônicos comandados pela movimentação corporal). Utilizar questionários de autorrelato para descobrir diferenças entre os dois tratamentos e utilizar a termografia digital para verificar diferenças na temperatura dos membros utilizados nos tratamentos. Analisar se as respostas de autorrelato dos usuários possuem correlação com as análises fisiológicas capturadas pela termografia infravermelha.
- **TERMOGRAFIA + EEG + GAMES + EMOÇÕES** = Usar a verificação das emoções através da termografia e de questionários de autorrelatos em **pesquisas que incluam o som como a principal variável**. Por exemplo, o estado emocional de voluntários utilizando um *game* de suspense com e sem o som (trilha sonora). Ou então pesquisar pessoas com deficiência auditiva que estejam utilizando *games*. Ou ainda verificar alguns cenários contraditórios, como cenas de terror com música romântica e cenas de paz com músicas de suspense. Ou seja, verificar até que ponto o som pode ser um desencadeador de emoções e como o corpo responderia a estas situações paradoxais. A pesquisa também poderia comparar pessoas sem deficiência com usuários surdos ou com deficiência auditiva.
- **EMOÇÃO + TERMOGRAFIA + IHC** = Investigações sobre a relação entre as emoções humanas e a termografia infravermelha ainda encontram muitas lacunas e uma delas corresponde a especificação de quais regiões de interesse da face geram resultados mais precisos e consistentes. Analisar as respostas emocionais obtidas com a termografia e compará-los com outros modelos bidimensionais de emoções, além de modelo de Russell que foi utilizado nessa tese. Ou seja, verificar qual modelo (Plutchik, Ekman, modelo de estado emocional PAD, Thayer) apresenta melhor correlação emocional

com a termografia. Nesse cenário, realizar esta investigação com o uso de sistemas computacionais.

- **TERMOGRAFIA + EMOÇÃO + EEG** = Esta tese utilizou a Hipótese de Valência para o EEG. Portanto, comparar os resultados da termografia com outras hipóteses de assimetria cerebral (Hipótese do Hemisfério Direito, Hipótese Integrativa), inclusive observar a combinação entre elas e verificar qual dessas hipóteses apresenta as maiores e mais significativas correlações emocionais com os resultados da termografia.
- **GAMES + UX** = Esta tese utilizou um *software* de treinamento e um *game* com jogabilidade semelhante: guiar um veículo utilizando um simulador do tipo *cockpit*. Sugere-se fazer uma revisão e uma catalogação de *games* de entretenimento que tenham semelhanças de jogabilidade com jogos sérios de treinamento. Ou seja, existem jogos de diversão e *software* de treinamento semelhantes na engenharia, na medicina? Ou em situações de treinamento com veículos pesados ou com simulador de avião? Acredita-se que esse levantamento pode trazer novas luzes no comparativo entre jogos comerciais (entretenimento) e jogos sérios (de treinamento), podendo ser explorado em várias áreas: *games*, usabilidade, UX, aspectos emocionais.

Diante das diversas possibilidades apresentadas para estudos futuros, recomenda-se ampliar os cenários investigativos através de várias conjunturas e seus respectivos elementos, tais como:

- Diversificação do público-alvo: crianças, adolescentes, estudantes, comunidade LGBTQIA+, profissionais, atletas, idosos, enfermos, pessoas com deficiência;
- Diversificação dos ambientes de pesquisa: ambientes residenciais, laboratoriais, acadêmicos, industriais, esportivos, de lazer, de saúde;
- Diversidade de tarefas a serem executadas: acadêmicas, operacionais, de lazer, de descanso, treinamento;
- Variedade de estados emocionais ou de evocação de emoções: valência e excitação, emoções específicas, estresse, ansiedade, nervosismo.

Entre as perspectivas futuras espera-se, através desta pesquisa, motivar profissionais e pesquisadores nas áreas do *Design* e da Ergonomia a enveredarem por outras áreas do conhecimento para somar conhecimentos e experiências. A experiência do usuário é uma fonte imensurável de possibilidades investigativas, permitindo o crescimento cada vez maior de novas áreas de interesse e correlação com outras áreas do saber.

8.4 O IMPORTANTE É QUE EMOÇÕES EU VIVI

Nas palavras de Eco (2010), o pesquisador deve fazer uma tese sobre um tema que lhe interesse, vivê-la como um desafio, como uma verdadeira caça ao tesouro, mas sobretudo, fazê-la com gosto. A experiência vivenciada nos últimos anos pelo autor desta pesquisa foi exatamente dessa maneira.

Cada etapa vivenciada neste processo foi de amadurecimento em várias vertentes. Como ser humano, ao lidar com pessoas de diferentes credos, estilos e comportamentos. Como desbravador, ao buscar conhecimentos em cidades desconhecidas através da participação em eventos científicos. Como interlocutor, durante as trocas de informações com profissionais de várias áreas do conhecimento, o que proporcionou aumento na sua rede de contatos.

Também enquanto gestor de todo o processo, da locação dos ambientes à aquisição de insumos, do agendamento dos participantes ao sequenciamento dos experimentos nas coletas de dados. Como pesquisador, ao reunir uma grande quantidade de dados, analisá-los conforme as propostas e dar-lhes as devidas considerações e direcionamentos.

Esta pesquisa permitiu ao autor refletir sobre a importância das ciências na vida do ser humano em quaisquer circunstâncias. Assim como na relevância da prática acadêmica e da prática profissional.

Aliás, em tempos sombrios de pandemia, a ciência mais uma vez permitiu que a sociedade (literalmente) respirasse um pouco mais e seguisse seu destino. Diante das inúmeras dificuldades encontradas, os incansáveis cientistas conseguiram mais uma vez dar uma resposta positiva para humanidade.

Viva as ciências, os pesquisadores, os participantes voluntários e as agências de fomento à pesquisa, como a CAPES!

Nesse contexto, espera-se que esta pesquisa possa ser aprofundada e que novos cenários possam surgir a partir dela. Espera-se que os(as) leitores(as) que tiverem a oportunidade de ler este trabalho também possam enxergar o *Design* e a Ergonomia com outros olhos além da “beleza do produto” e da “ciência do conforto” respectivamente. Mas com novas perspectivas em novos horizontes, com novas conexões e que possam trazer novas contribuições.

Por fim, o autor desta tese afirma que este foi um grande desafio e foi realizado com muito gosto, assim como recomendou Eco (2010).

REFERÊNCIAS

ABERNATHY, M.; BRANDT, M. M.; ROBINSON, C. Noninvasive testing of the carotid system. **American Family Physician**, v. 29 (3), p. 157-71, 1984.

ABHISHEK, A. M.; SUMA, H. N. Stress analysis of a computer game player using electroencephalogram. **In: International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing**, 1, Proceedings of I4C. Bangalore, India, 2014. DOI: 10.1109/CIMCA.2014.7057749.

ABREU, C. N. de; KARAM, R. G.; GÓES, D. S.; SPRITZER, D. T. (2008). Dependência de Internet e de jogos eletrônicos: uma revisão. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, 30(2), 156–167, 2008. DOI: [10.1590/s1516-44462008000200014](https://doi.org/10.1590/s1516-44462008000200014).

AGUIAR, B.; CORREIA, W.; CAMPOS, F. Uso da Escala Likert na análise de jogos. **In: SBGames 2011: X Simpósio de Games e Entretenimento Digital**, 2011, Salvador. Proceedings da SBGames 2011, 2011. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames/papers/art/short/91952.pdf>.

AGUIAR, E.; SARINHO, V. Uma Proposta de Taxonomia para Storytelling em Jogos Digitais. **In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital**, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignShort/208626.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2020.

AHN, M., LEE, M., CHOI, J., JUN, S. A review of brain-computer interface games and an opinion survey from researchers. Dev. Users, **Sensors**, 14 (8), 14601-14633, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s140814601>.

AHRAM, T.; FALCÃO, C.; BARROS, R. Q.; SOARES, M. M.; KARWOWSKI, W. Neurodesign: applications of neuroscience in design and human-system interactions. **In: SOARES, M. M.; REBELO, F. Ergonomics in Design: Methods and Techniques**. pp.481-496. Florida: CRC Press, 2016. DOI: 10.1201/9781315367668-31.

AIRES JUNIOR, F. A. F. **Otimização do processo metodológico para aquisição de imagens termográfica da face.** Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.

AKULA, A.; KHANNA, N.; GHOSH, R.; KUMAR, S.; DAS, A.; SARDANA, H. K. Adaptive contour-based statistical background subtraction method for moving target detection in infrared video sequences. **Infrared Physics & Technology**, 63(), 103–109, 2014. DOI: 10.1016/j.infrared.2013.12.012. Disponível em: <http://vcip-okstate.org/pbvs/bench/> (Dataset 09). Acesso em: 18 jan. 2020.

ALBERT, F. R.; COSTA, D. L. Desenvolvimento visual de jogo sério sobre educação sexual. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignFull/209677.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.

ALBRAIKAN, A; TOBON, D. P.; EL SADDIK, A. Toward User-Independent Emotion Recognition using Physiological Signals. **IEEE Sensors Journal**, 19 (19), 8402-8412, 2018. DOI: 10.1109/JSEN.2018.2867221.

ALBUQUERQUE, L. W. N. **Relatório básico de conforto ambiental – Pesquisa Ademario.** Recife, 2020.

ALBUQUERQUE, R. M.; FIALHO, F. A. P. Diversão nos jogos eletrônicos: reflexões epistemológicas para o Game Design. In: SBGames 2010: IX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2010, Florianópolis. Proceedings da SBGames 2010, 2010. Disponível em: http://www.sbgames.org/papers/sbgames10/artanddesign/Full_A&D_4.pdf. Acesso em: 05 jan.2020.

ALCHALCABI, A. E.; EDDIN, A. N.; SHIRMOHAMMADI, S. More attention, less deficit: Wearable EEG-based serious game for focus improvement. In: IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH 2017). (), 1-8, 2017. DOI: 10.1109/segah.2017.7939288.

ALL ABOUT UX. **Positive and Negative Affect Scale (PANAS)**. Information for user experience professionals. Disponível em: <http://www.allaboutux.org/positive-and-negative-affect-scale-panas>. Acesso em: 10 ago.2019.

ALLEN, D. P.; MACKINNON, C. D. Time–frequency analysis of movement-related spectral power in EEG during repetitive movements: A comparison of methods. **Journal of Neuroscience Methods**, 186(1), 107–115, 2010. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2009.10.022.

ALLEN, J. J. B.; URRY, H. L.; HITT, S. K.; COAN, J. A. The stability of resting frontal electroencephalographic asymmetry in depression. **Psychophysiology**, 41(2), 269–280, 2004. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2003.00149.x.

ALLEN, R. W.; COOK, M. L.; PARK, G. D. Novice Driver Performance Improvement with Simulator Training In: DORN, L. (Ed.) Driver Behaviour and Training Volume II - Human factors in road and rail transport. New York: Routledge, 2005.

ALMADA, L. F. A neurociência afetiva como modelo explicativo das emoções básicas. **Psicologia Argumento**. 32 (79), pp.69-77, 2014. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/psicologiaargumento/article/view/20121>.

ALOTAIBY, T.; EL-SAMIE, F. E. A.; ALSHEBEILI, S. A.; AHMAD, I. A review of channel selection algorithms for EEG signal processing. **EURASIP Journal on Advances in Signal Processing**, 2015(1), 66–, 2015. DOI: 10.1186/s13634-015-0251-9.

ALVES, F. **Gamification: como criar experiências de aprendizagem engajadoras um guia completo: do conceito à prática**. São Paulo: DVS editora, 2014.

ALVES, J. B.; HAYDU, N. B.; SOUZA, R. M. O uso de simuladores para treinamento em áreas de alta periculosidade – Case Simulador de Guindastes Petrobras. In: SBGames 2010: IX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2010, Florianópolis. Proceedings da SBGames 2010, 2010. Disponível em: <http://www.sbgames.org/papers/sbgames10/culture/full/full18.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2020.

ALVES, L. R. Games e educação – a construção de novos significados. **Revista portuguesa de pedagogia**, (42), 225-236, 2008. DOI: 10.14195/1647-8614_42-2_12.

ALVES, L. S. **Medição de Biopotenciais - o Estado da Arte**. Instrumentação Física. IF-UFRGS. Disponível em: http://cta.if.ufrgs.br/projects/instrumentacao-fisica/wiki/Medi%C3%A7%C3%A3o_de_Biopotenciais_-_o_Estado_da_Arte#:~:text=Aspectos%20a%20serem%20considerados%20na,e%20no%20exterior%20da%20c%C3%A9lula. Publicado em: 28 maio 2013. Acesso em: 18 jan.2020.

ALVES, N. T.; AZNAR-CASANOVA, J. A.; FUKUSIMA, S. S. Patterns of brain asymmetry in the perception of positive and negative facial expressions. **Laterality (Hove)**, 14(3), 256-272, 2008A. DOI: 10.1080/13576500802362927.

ALVES, N. T.; FUKUSIMA, S. S.; AZNAR-CASANOVA, J. A. Models of brain asymmetry in emotional processing. **Psychology & Neuroscience**, 1(1), 63-66, 2008B. DOI: <http://dx.doi.org/10.3922/j.psns.2008.1.010>.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. DSM-V. **b**. Tradução: Maria Inês Corrêa Nascimento ... *et al*. Revisão técnica: Aristides Volpato Cordioli et al.— 5. ed. — Dados eletrônicos. — Porto Alegre: Artmed, 2014. Disponível em: <http://www.niip.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Manual-Diagnostico-e-Estatistico-de-Transtornos-Mentais-DSM-5-1-pdf.pdf>. Acesso em: 26 dez.2019.

ANGUERA, J. A.; BOCCANFUSO, J.; RINTOUL, J. L.; AL-HASHIMI, O.; FARAJI, F.; JANOWICH, J.; KONG, E.; LARRABURO, Y.; ROLLE, C.; JOHNSTON, E.; GAZZALEY, A. Video game training enhances cognitive control in older adults. **Nature**, 501 (7465), p.97-101, 2013. DOI: 10.1038/nature12486.

AOKI, R. Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais aplicada ao ensino de Redação Jornalística. **Media & Jornalismo**, 20(36), 109-128, 2020. DOI: https://doi.org/10.14195/2183-5462_36_6.

ARAÚJO, M. C. C.; FAÇANHA, A. R.; VIANA, W. Desafios para o Design, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Acessíveis. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/WorkshopGranDGamesBR/209787.pdf>. Acesso em: 16 dez.2020.

ARREBOLA, L. S.; YI, L. C.; OLIVEIRA, V. G. C. The use of video games combined with conventional physical therapy in children with upper limb fractures: An exploratory study. **Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine**, (), 1–6, 2019. DOI: 10.3233/PRM-170529.

ARTHUR, P.; PASSINI, R. **Wayfinding: people, signs and architecture**. Oakville Ontario Canada: Focus, 2002.

ARX, T. V.; TAMURA, K.; YUKIYA, O.; LOZANOFF, S. The Face – A Vascular Perspective. A literature review. **Swiss Dental Journal**. 128(5): 382-392, 2018.

ASHFORD, W. **MIT scientists take a step closer to artificial intelligence**. Computer Weekly. Disponível em: <https://www.computerweekly.com/news/2240111287/MIT-scientists-take-a-step-closer-to-artificial-intelligence>. Publicado em 18 nov.2011. Acesso em: 04 fev.2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO/CIE 8995: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, 2013.

ATTWOOD, D. A.; DEEB, J. M.; DANZ-REECE, A. E. **Ergonomic Solutions for the Process Industries**. Gulf Professional Publishing: Elsevier, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7704-2.X5000-4>.

AZEVEDO, G. S.; LIMA, L. S.; SARINHO, V. T. Dengueside Survival: Produzindo um Jogo de Tabuleiro Estilo RPG para o Combate ao Mosquito Aedes Aegypti. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/JogosSaudeFull/208511.pdf>. Acesso em: 13 dez.2020.

BADCOCK, N. A.; MOUSIKOU, P.; MAHAJAN, Y.; DE LISSA, P.; THIE, J.; MCARTHUR, G. Validation of the Emotiv EPOC®EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. **PeerJ**, 1(), e38–, 2013. DOI: 10.7717/peerj.38.

BANDO, S.; OIWA K.; NOZAWA A. Evaluation of dynamics of forehead skin temperature under induced drowsiness. **IEEE Trans. Electr. Electron. Eng.** 12 (S1): S104–S109, 2017. DOI: 10.1002/tee.22423.

BANGOR, A.; KORTUM, P. T.; MILLER, J. T. An empirical evaluation of the System Usability Scale. **International Journal of Human-Computer Interaction**, 24(6), 574-594, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>.

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. **Journal of Usability Studies**. 4 (3), 114-123, 2009. Disponível em: http://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/8/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

BANICH, M. T.; COMPTON, R. J. **Cognitive Neuroscience**. 4th Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

BARBOSA, R. G.; RODRIGUES, M. A. F.; LUSTOSA, E. B. S.; FIGUEIREDO, J. A.; BELEZA, I. V.; NEVES, L. R. O. Jogo Orientado a Dados para Tomada de Decisão e Simulação de Biópsia de Câncer de Mama. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/JogosSaudeFull/209517.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2020.

BARLETT, C. P.; ANDERSON, C. A.; SWING, E. L. Video Game Effects—Confirmed, Suspected, and Speculative A Review of the Evidence. **Simulation & Gaming**. 40(3), pp. 377-403, 2009. DOI: 10.1177/1046878108327539.

BARRETT, L. F. Emotions are real. **Emotion**, 12(3), 413–429, 2012. DOI: 10.1037/a0027555.

BARROS, M.; NEVES, A.; CORREIA, W.; SOARES, M. Exergames: the role of ergonomics and design in helping to control childhood obesity through physical and functional exercise program. **Work**, 41 (1), 1208-1211, 2012. DOI: 10.3233/WOR-2012-0644-1208.

BARROS, R. Q. **Aplicação da neuroergonomia, rastreamento ocular e termografia por infravermelho na avaliação de produto de consumo: um estudo de usabilidade**. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. 330f. 2016.

BARROS, R. Q.; SOARES, M. M.; MARÇAL, M. A.; TAVARES, A. S.; OLIVEIRA, J. A. N. SILVA, J. R. R.; NEVES, A. S. O.; OLIVEIRA, R.; NEVES NETO, G. O. S. Using digital thermography to analyze the product user's affective experience of a product. In: 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2016) and the Affiliated Conferences, AHFE 2016: Orlando, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-41983-1_10.

BARTLE, R. **Hearts, clubs, diamonds, spades: players who suit muds**, 1996. Disponível em: <http://mud.co.uk/richard/hcds.htm>. Acesso em: 04 set. 2019.

BASU, A.; ROUTRAY, A.; DEB, A. K. Human Emotion Recognition from Facial Thermal Image using Histogram based Features and Multi-Class Support Vector Machine. In: International Conference on Quantitative InfraRed Thermography - QITR, 12, Mahabalipuram, India, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.21611/qirt.2015.0055>.

BATABYAL, T.; MUTHUKRISHNAN, S. P.; SHARMA, R.; TAYADE, P.; KAUR, S. Neural substrates of emotional interference: A quantitative EEG study. **Neuroscience Letters**, 685, 1–6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.07.019>.

BATEMAN, S.; DOUCETTE, A.; XIAO, R.; GUTWIN, C.; MANDRYK, R. L.; COCKBURN, A. Effects of View, Input Device, and Track Width on Video Game Driving. In: GI '11: Proceedings of Graphics Interface 2011, St. John's, Newfoundland, Canada, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.11575/PRISM/35487>.

BEACHAM, A. M.; VICKERS, L. H.; MONAGHAN, J. M. Vertical farming: a summary of approaches to growing skywards. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 94 (3): 277-283, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1574214>.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neuroscience: Exploring the brain**. Philadelphia: Lippincott, Williams e Wilkins. 2007.

BELLOTTI, F.; KAPRALOS, B.; LEE, K.; MORENO-GER, P.; BERTA, R. Assessment in and of Serious Games: An Overview. **Advances in Human-Computer Interaction**, 2013 (ID136864), 1–11, 2013. DOI: 10.1155/2013/136864.

BENEDICIC, M.; DOLENC, V. V.; STEFANOVSKA, A.; BOSNJAK, R. Left-right asymmetry of the facial microvascular control. **Clin Auton Res**, 16(1), 58–60, 2006. DOI: 10.1007/s10286-006-0328-5.

BENKER, J. **Incremental Analysis of Affective Evaluation Methods in the Context of Industrial Requirements**. Master Degree (Faculty of Life Sciences, University College London), 2011. Disponível em: <https://ucl.ac.uk/content/2-study/4-current-taught-course/1-distinction-projects/7-11/benkerj.pdf>. Acesso em 13 ago.2019.

BENLAMINE, M.; CHAOUACHI, M.; FRASSON, C.; DUFRESNE, A. Physiology-based Recognition of Facial Micro-expressions using EEG and Identification of the Relevant Sensors by Emotion. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Physiological Computing Systems - Volume 1: PhyCS, pages 130-137, 2016. DOI: 10.5220/0006002701300137.

BENVENUTI, S. M.; BIANCHIN, M.; ANGRILLI, A. Posture affects emotional responses: A Head Down Bed Rest and ERP study. **Brain and Cognition**, 82(3), 313–318, 2013. DOI: 10.1016/j.bandc.2013.05.006.

BERGER, T. W.; GERHARDT, G.; LIKER, M. A.; SOUSSOU, W. The Impact of Neurotechnology on Rehabilitation. **IEEE Reviews in Biomedical Engineering**. 1, pp. 157-197, 2008, DOI: 10.1109/RBME.2008.2008687.

BERRIDGE, K. C. Motivation concepts in behavioral neuroscience. **Physiology & Behavior**, 81(2), p. 179-209, 2004. DOI: 10.1016/j.physbeh.2004.02.004.

BERTA, R.; BELLOTTI, F.; DE GLORIA, A.; PRANANTHA, D.; SCHATTEN, C. Electroencephalogram and physiological signal analysis for assessing flow in games. **IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games**. 5(2), pp. 164-175. 2013. DOI: 10.1109/TCIAIG.2013.2260340.

BHATTI, A. M.; MAJID, M.; ANWAR, S. M.; KHAN, B. Human emotion recognition and analysis in response to audio music using brain signals. **Computers in Human Behavior**. 65, pp. 267e275, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.029>.

BILGRAMI, Z.; McLAUGHLIN, L.; MILANAİK, R.; ADESMAN, A. Health implications of new-age technologies: a systematic review. **Minerva Pediatr.** 69(4): 348-367, 2017. DOI: 10.23736/S0026-4946.17.04937-4.

BILODEAU, G.-A.; TORABI, A.; ST-CHARLES, P.-L.; RIAHI, D. Thermal–visible registration of human silhouettes: A similarity measure performance evaluation. **Infrared Physics & Technology**, 64(), 79–86, 2014. DOI: 10.1016/j.infrared.2014.02.005.

BISCHKE, C.; DEBNATH, N. Hardware Solutions for Biofeedback and Game Interactions. **In: IEEE 2014 11th International Conference on Information Technology: New Generations**, Las Vegas, NV, 2014, pp. 73-77, DOI: 10.1109/ITNG.2014.34.

BLANCO, J.A.; VANLEER, A. C.; CALIBO, T. K.; FIREBAUGH, S. L. Single-Trial Cognitive Stress Classification Using Portable Wireless Electroencephalography. **Sensors (Basel)**. 19(3): 499, 2019. DOI:10.3390/s19030499.

BOCCANFUSO, L.; WANG, Q.; LEITE, I.; LI, B.; TORRES, C.; CHEN, L. [...], SHIC, F. A thermal emotion classifier for improved human-robot interaction. **In: 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)**. 2016. DOI: 10.1109/roman.2016.7745198.

BODOLAI, D.; GAZDI, L.; FORSTNER, B.; SZEGLETES, L. Supervising Biofeedback-based serious games. **In: 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)**, Gyor, 2015, pp. 273-278, 2015. DOI: 10.1109/CogInfoCom.2015.7390603.

BOEHNER, K.; DEPAULA, R.; DOURISH, P.; SENGERS, P. How emotion is made and measured. **Int. J. Human-Computer Studies**, 65(4), 275–291, 2007. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2006.11.016.

BOMFIM, L. H. S.; MADUREIRA, J. S.; LOPES, J. N. S. Um Mapeamento Sistemático sobre uso de Realidade Aumentada no Ensino de Biologia na Educação Básica. **In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital**, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/209609.pdf>. Acesso: 10 dez.2020.

BONNET, L.; LOTTE, F.; LÉCUYER, A. Two Brains, One Game: Design and Evaluation of a Multiuser BCI Video Game Based on Motor Imagery. In: IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, vol. 5, no. 2, pp. 185-198, 2013, DOI: 10.1109/TCIAIG.2012.2237173.

BOS, D. O. **EEG-based Emotion Recognition The Influence of Visual and Auditory Stimuli**, 2017. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.226.8188>. Acesso em: 19 out.2020.

BOYLE, E. A.; HAINEY, T.; CONNOLLY, T. M.; GRAY, G.; EARP, J.; OTT, M.; LIM, T.; NINAUS, M.; RIBEIRO, C.; PEREIRA, J. An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. **Computers & Education**, 94, 178-192, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>.

BRADLEY, M. M.; LANG, P. J. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. **Journal of behavior therapy and experimental psychiatry**, 25(1), 49-59, 1994.

BRAHMBHATT, S.; HAM, C.; KEMP, C. C.; HAYS, J. ContactDB: Analyzing and Predicting Grasp Contact via Thermal Imaging. In: IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Pp. 8709-8719, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1904.06830>. Acesso em: 07 abr. 2020.

BRANDÃO, M. L. **As Bases Biológicas do Comportamento: introdução à neurociência**. São Paulo: EPU, 2004.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo da Educação Básica 2019 – Resumo Técnico**. Versão Preliminar. Brasília: INEP, 2020. Disponível: <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/0/Resumo+T%C3%A9cnico+%28vers%C3%A3o+preliminar%29+-+Censo+da+Educa%C3%A7%C3%A3o+B%C3%A1sica+2019/73e6de67-2be3-413f-9e4c-90c424d27d96?version=1.0>. Acesso em: 13 mar.2020.

BRASIL. **Lei Nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. [2002] Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm. Acesso em: 06 maio 2019.

BRENER, J. Visceral Perception. In: BEATTY, J.; LEGEWIE, H. (Eds.) *Biofeedback and Behavior*. (Chapter 15), 235–259, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2526-0>.

BREYER, F. B. “**Avaliação heurística para protótipos de jogos digitais**”: Adaptação do método de avaliação através de heurísticas para a aplicação no primeiro protótipo funcional de jogos digitais. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal de Pernambuco. CAC. Programa de Pós-Graduação em Design, 2008. 103 fl.

BRIDGER, D. **Neuro Design: Neuromarketing Insights to Boost Engagement and Profitability**. London: Kogan Page, 2017.

BRIGHTFOCUS FOUNDATION. **Brain Anatomy and Limbic System**. Disponível em: <https://www.brightfocus.org/alzheimers/infographic/brain-anatomy-and-limbic-system>. Publicado em: 21 jul.2019. Acesso em: 06 set.2019.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. A. C. Termometria cutânea: novos conceitos. **J Vasc Br**, Vol. 2 (2), p. 151-160, 2003. Disponível em: <http://www.jvb.periodikos.com.br/article/5e21f58c0e8825a7456d0101>. Acesso em: 28 mar. 2019.

BRITTO, L. F. S.; PACÍFICO, L. D. S. Evaluating Video Game Acceptance in Game Reviews using Sentiment Analysis Techniques. In: *SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital*, 2020, Recife. *Proceedings da SBGames 2020*, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ComputacaoShort/209781.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2020.

BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. In: JORDAN, P. W.; THOMAS, B.; MCCLELLAND, I. L.; WEERDMEESTER, B. (Eds.) *Usability Evaluation In Industry*. London, Taylor & Francis, p. 189-194, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781498710411>. Disponível em: <https://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>. Acesso em: 29 abril 2019.

BROOKE, J. SUS: a Retrospective. **Journal of Usability Studies**. 8 (2), 29-40, 2013.

BROOKHUIS, K. A.; WAARD, D. Monitoring drivers' mental workload in driving simulators using physiological measures. **Accident Analysis and Prevention**, 42(3), 898–903, 2010. DOI: 10.1016/j.aap.2009.06.001.

BUELOW, M. T.; OKDIE, B. M.; COOPER, A. B. The influence of video games on executive functions in college students. **Computers in Human Behavior**, 45, 228–234, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.029>.

BUNGE, S. A.; KAHN, I. Cognition: An Overview of Neuroimaging Techniques. **Encyclopedia of Neuroscience**. vol. 2, pp. 1063-1067, 2009.

BUNN, P. S.; MIRANDA, M. E. K; RODRIGUES, A. I.; SODRÉ, R. S.; NEVES, E. B.; SILVA, E. B. Infrared thermography and musculoskeletal injuries: a systematic review with meta-analysis. **Infrared Physics & Technology**, 109(), 103435–, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103435>.

BURKE, B. **Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias**. São Paulo: DVS Editora, 2015.

BURWELL, S.; SAMPLE, M.; RACINE, E. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review. **BMC Med Ethics**. 18 (1), 60, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12910-017-0220-y>.

BUSARELLO, R. I. **Gamification: princípios e estratégias**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016.

CACIOPPO, J. T.; TASSINARY, L. G.; BERNTSON, G. G. (eds). **Handbook of Psychophysiology**, 3rd Edition, New York: Cambridge University Press, 2007.

CAILLOIS, R. **Man, Play and Games**. Chicago: University of Illinois Press, 2001.

CAIMAR, B. A.; LOPES, G. C. D. Frequência das Ondas Cerebrais: uma perspectiva da neurociência. **Cognitionis**. 2020. Disponível em: <https://unilogos.org/revista/wp-content/uploads/2020/11/FREQUENCIA-DAS-ONDAS-CEREBRAIS-UMA-PERSPECTIVA-DA-NEUROCI%C3%80NCIA.pdf>. DOI: 10.38087/2595.8801.55.

CALLELE, D.; NEUFELD, E.; SCHNEIDER, K. Emotional Requirements in Video Games. In: 14th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE'06), pp. 299-302, 2006. DOI: 10.1109/RE.2006.19.

CALVO, R. A.; D'MELLO, S. Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications. **IEEE Transactions on Affective Computing**. 1 (1), pp. 18-37, 2010. DOI: 10.1109/T-AFFC.2010.1.

CALVO, R. A.; D'MELLO, S.; GRATCH, J.; KAPPAS, A. (Eds.) **The Oxford Handbook of Affective Computing**. New York: Oxford University Press, 2015.

CANDRA, H., YUWONO, M., HANDOJOSENO, A., CHAI, R., SU, S., & NGUYEN, H. T. **Recognizing emotions from EEG subbands using wavelet analysis**. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015. DOI: 10.1109/embc.2015.7319766.

CARDONE, D.; PERPETUINI, D.; FILIPPINI, C.; SPADOLINI, E.; MANCINI, L.; CHIARELLI, A. M.; MERLA, A. Driver Stress State Evaluation by Means of Thermal Imaging: A Supervised Machine Learning Approach Based on ECG Signal. **Applied Sciences**, 10(16), 5673–, 2020. DOI: 10.3390/app10165673.

CARDOSO, I. **Os Jetsons: relembre as tecnologias e veja o que é realidade**. Disponível em: <https://www.terra.com.br/diversao/os-jetsons-relembre-as-tecnologias-e-veja-o-que-e-realidade,9a28fbd1680ea310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. Publicado em 16 mar.2011. Acesso em: 19 mar.2019.

CARTER, B.; REES, P.; HALE, L.; BHATTACHARJEE, D.; PARADKAR, M. S. Association Between Portable Screen-Based Media Device Access or Use and Sleep Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. **JAMA Pediatr**. 170(12): 1202-1208, 2016. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2016.2341.

CARVALHO, H. W.; ANDREOLI, S. B.; LARA, D. R.; PATRICK, C. J.; QUINTANA, M. I.; BRESSAN, R. A.; MELO, M. F.; MARI, J. J.; JORGE, M. R. Structural validity and reliability of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Evidence from a large Brazilian

community sample. **Revista Brasileira de Psiquiatria**. V.35 (2). São Paulo, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-4446-2012-0957>.

CENGIZ, T. G.; BABALIK, F. C. An on-the-road experiment into the thermal comfort of car seats. **Applied Ergonomics**, 38(3), 337–347, 2007. DOI: 10.1016/j.apergo.2006.04.018.

CHAMBERLAND, C.; GREGOIRE, M.; MICHON, P.-E.; GAGNON, J.-C.; JACKSON, P. L.; TREMBLAY, S. A Cognitive and Affective Neuroergonomics Approach to Game Design. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 59(1), 1075–1079, 2015. DOI: 10.1177/1541931215591301.

CHANDRA, S.; SHARMA, G.; SALAM, A. A.; JHA, D.; MITTAL, A. P. Playing Action Video Games a Key to Cognitive Enhancement. **Procedia Computer Science**, 84(2016), 115–122, 2016. DOI: 10.1016/j.procs.2016.04.074.

CHARLTON, J. P.; DANFORTH, I. D. Distinguishing addiction and high engagement in the context of online game playing. **Comput Human Behav**. 23(3): 1531-48, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2005.07.002>.

CHAVARRIAGA, R.; CAREY, C.; CONTRERAS-VIDAL, J. L.; MCKINNEY, Z.; BIANCHI, L. Standardization of Neurotechnology for Brain-Machine Interfacing: State of the Art and Recommendations. **IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology**. 2, pp. 71-73, 2021, DOI: 10.1109/OJEMB.2021.3061328.

CHEEMA, U.; MOON, S. Sejong face database: A multi-modal disguise face database. **Computer Vision and Image Understanding**. V.208–209, 103218, 2021. DOI: 10.1016/j.cviu.2021.103218.

CHEN, S.; CHEN, C.; LIN, J.; KO, L.; LIN, C. Gaming controlling via brain-computer interface using multiple physiological signals. In: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2014), 2014, pp. 3156-3159, 2014. DOI: 10.1109/SMC.2014.6974413.

CHEN, Y.-H.; GERMAIN, C. A.; RORISSA, A. Defining Usability: How Library Practice Differs from Published Research. **Libraries and the Academy**, Vol. 11, No. 2, pp. 599–628, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1353/pla.2011.0020>.

CHIN, J.; DUKES, R.; GAMSON, W. Assessment in Simulation and Gaming: A Review of the Last 40 Years. **Simulation & Gaming**, 40(4), 553–568, 2009. DOI: 10.1177/1046878109332955.

CHITTARO, L. Anxiety Induction in Virtual Environments: An Experimental Comparison of Three General Techniques. **Interacting with Computers**, 26(6), 528–539, 2014. DOI: 10.1093/iwc/iwt049.

CHRISTIE, I. C.; FRIEDMAN, B. H. Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach. **International Journal of Psychophysiology**, 51(2), 143–153, 2004. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2003.08.002.

CLEMENTE, M.; RODRÍGUEZ, A.; REY, B.; ALCANÍZ, M. Assessment of the influence of navigation control and screen size on the sense of presence in virtual reality using EEG. **Expert Systems with Applications**, 41(4), 1584–1592, 2014. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.08.055.

CNPQ. **Árvore do Conhecimento**. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/arvore-do-conhecimento>. Acesso em: 05 mar.2019.

COAN, J. A.; ALLEN, J. J. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. **Biol Psychol.** 67(1-2): 7-49, 2004. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.002.

CONNELL JUNIOR, J. F.; RUZICKA JUNIOR, F. F.; GROSSI, C. E.; OSBORNE, A. W.; CONTE, A. J. Thermography in the detection of breast cancer. **Cancer**, 19(1), 83–88, 1966. DOI: 10.1002/1097-0142(196601)19:1<83::aid-cnrcr2820190109>3.0.co;2-6.

CONNOLLY, T. C.; BOYLE, E. A.; HAINEY, T.; MCARTHUR, E.; BOYLE, J. M. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & Education**, 59, 661-686, 2012. DOI: [10.1016/j.compedu.2012.03.004](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004).

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Resolução No 466**, de 12 de dezembro de 2012. Acesso em:: 18 nov.2018. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Resolução No 510**, de 07 de abril de 2016. Acesso em: 18 nov.2018. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>.

CORLETT, E. N. The evaluation of posture and its effects. In: WILSON, J. R., CORLETT, E. Nigel. Evaluation of human work – A practical ergonomics methodology. Taylor & Francis: Londres, 1995.

CORLETT, E. N.; MANENICA, I. The effects and measurement of working postures. **Applied ergonomics**, v.11, n.1, p. 7-16, 1980. DOI: 10.1016/0003-6870(80)90115-5.

CORREIA, A. G. G. **Filtro Notch para aplicações em EEGs e ECGs, com recurso a técnicas de F&H em CMOS**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, 99f. Porto, 2010.

CORREIA, J. P.; HORTA, M. P. C. Personalidade e comportamentos de risco de motoristas: diferenças entre sexos. **Revista Psicologia: Teoria e Prática**, 16(1), 79-90, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15348/1980-6906/psicologia.v16n1p79-90>.

CORREIA, L.; CAYRES, V.; RAMOS, R. Fundamentos de Jogos em Abordagens Educacionais: Um Retrato da Motivação do Aluno Jogador. In: SBGames 2016: XV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2016, São Paulo. Proceedings da SBGames 2016, 2016. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157566.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2020.

COSTA, A. F.; NAKAMURA, R. Experiência de usuário e experiência de jogador: discussão sobre os conceitos e sua avaliação no projeto de jogos digitais. In: SBGames 2015: XIV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2015, Teresina. Proceedings da SBGames 2015, 2015. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2015/anaispdf/artesedesign-full/147484.pdf>. Acesso em: 05 jan.2020.

COSTA, L. M.; XEXÉO, G. B. Aplicação de Variantes para Desenvolvimento de Um Jogo Sérioso Sobre COVID-19: Estudo de Caso Xô Corona. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020.

Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignShort/209629.pdf>.

Acesso em: 12 dez. 2020.

COUTINHO, B. C. **Sistemas operacionais**: Curso Técnico em Informática. Colatina: CEAD / Ifes, 2010. Disponível em: http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/711/Sistemas_Operacionais_web.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 01 mar.2020.

COUTO, H. A. **Como instituir a ergonomia na empresa: a prática dos comitês de ergonomia**. Belo Horizonte: ERGO editora, 2011.

COUTO, R. M. S. Reflexões sobre a questão da interdisciplinaridade. In: COUTO, R. M. S.; OLIVEIRA, A. J.; FARBIARZ, J. L.; NOVAES, L. (orgs.) Formas do Design: por uma metodologia interdisciplinar. 2ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2014.

COVER, R. Gaming (Ad)diction: Discourse, Identity, Time and Play in the Production of the Gamer Addiction Myth. **Game Studies**, 6(1), 15pp, 2006. Disponível em: <http://gamestudies.org/0601/articles/cover>. Acesso em: 10 maio 2019.

CRAWFORD, C., **The Art of Computer Game Design**. Osborne/McGraw-Hill, 1984.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative and mixed methods**. 5 th. Sage, 2018.

CROSS, C. B.; SKIPPER, J. A.; PETKIE, D.; STOCKTON, G. R.; COLBERT, F. P. Thermal imaging to detect physiological indicators of stress in humans. In: SPIE Proceedings [SPIE SPIE Defense, Security, and Sensing - Baltimore, Maryland, USA (Monday 29 April 2013) Thermosense: Thermal Infrared Applications XXXV. 8705(), 87050I–, 2013. DOI: 10.1117/12.2018107.

CRUZ-ALBARRAN, I. A.; BENITEZ-RANGEL, J. P.; OSORNIO-RIOS, R. A.; MORALES-HERNANDEZ, L. A. Human emotions detection based on a smart-thermal system of thermographic images. **Infrared Physics & Technology**.v.81: 250–26, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.01.002>.

CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow: The Psychology of Optimal Experience." **Journal of Leisure Research**, 24(1), pp. 93–94, 1990.

CUMMINGS, J. J.; BAILENSON, J. N.; FIDLER, M. J. How Immersive is Enough?: A Foundation for a Meta-analysis of the Effect of Immersive Technology on Measured Presence. **In:** Proceedings of the International Society for Presence Research Annual Conference. 2012.

CUPERSCHMID, A. R. M.; HILDEBRAND, H. R. Avaliação Heurística de Jogabilidade Counter-Strike: Global Offensive. **In:** SBGames 2013: XII Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2013, São Paulo. Proceedings da SBGames 2013, 2013. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2013/proceedings/artedesign/44-dt-paper.pdf>. Acesso em: 05 jan.2020.

CYBIS, R. M.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade:** conhecimentos, métodos e aplicações. São Paulo: Novatec Editora, 2010.

DAILY MAIL. **It was only a matter of time: Study shows how scientists can now 'read your mind'**. Daily Mail Online. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2078614/Study-shows-scientists-read-mind.html>. Publicado em: 26 dez.2019. Acesso em: 02 fev.2019.

DAIMI, S. N.; SAHA, G. Classification of emotions induced by music videos and correlation with participants' rating. **Expert Systems with Applications**, 41(13), 6057–6065, 2014. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.03.050.

DAMÁSIO, A. R. **E o cérebro criou o homem**. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

DAMIANI, S.; DEREGIBUS, E.; ANDREONE, L. Driver-vehicle interfaces and interaction: where are they going?. **Eur. Transp. Res. Rev**, 1(2), 87–96, 2009. DOI: 10.1007/s12544-009-0009-2.

DANIEL, G. S.; MOREIRA, M. H. I. MESQUITA, R. P. InglesAR - A Collaborative Augmented Reality Game for English Practicing. **In:** SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em:

<https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoShort/208684.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.

DARIN, T.; CARNEIRO, N. Avaliação de Fatores Humanos na Interação com Jogos Digitais. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/WorkshopGranDGamesBR/209620.pdf>. Acesso em: 15 dez.2020.

DAVIDSON, R. J. Affective Style and Affective Disorders: Perspectives from Affective Neuroscience. **Cognition & Emotion**, 12(3), 307–330, 1998. DOI: 10.1080/026999398379628.

DAVIDSON, R. J. Emotion and Affective Style: Hemispheric Substrates. **Psychological Science**, 3(1), 39–43, 1992. DOI: 10.1111/j.1467-9280.1992.tb00254.x.

DAVIDSON, R. J. Well-being and affective style: neural substrates and biobehavioural correlates. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.** 359 (1449), 1395–1411, 2004. DOI: 10.1098/rstb.2004.1510.

DAVIDSON, R. J. What does the prefrontal cortex “do” in affect: perspectives on frontal EEG asymmetry research. **Biological Psychology**, 67(1-2), 219–234, 2004. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.008.

DAVIDSON, R. J.; EKMAN, P.; SARON, C. D.; SENULIS, J. A.; FRIESEN, W. V. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology I. **Journal of Personality and Social Psychology**. 58(2): 330-341, 1990.

DAVIDSON, R. J.; FOX, N. A. Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants. **Science**, 218(4578), 1235–1237, 1982. DOI: 10.1126/science.7146906 .

DAVIDSON, R. J.; PUTNAM, K. M.; LARSON, C. L. Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation--A Possible Prelude to Violence. **Science**, 289(5479), 591–594, 2000. DOI: 10.1126/science.289.5479.591.

DEHAIS, F.; KARWOWSKI, W.; AYAZ, H. Brain at Work and in Everyday Life as the Next Frontier: Grand Field Challenges for Neuroergonomics. **Frontiers in Neuroergonomics**, 1(), 583733–, 2020A. DOI: 10.3389/fnrgo.2020.583733.

DEHAIS, F.; LAFONT, A.; ROY, R.; FAIRCLOUGH, S. A Neuroergonomics Approach to Mental Workload, Engagement and Human Performance. **Frontiers in Neuroscience**, 14(), 268–, 2020B. DOI: 10.3389/fnins.2020.00268.

DELORME, A. MAKEIG, S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics, **Journal of Neuroscience Methods**, v. 134, n. 1, p. 9–21, 2004. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009.

DEMITRI, M. **Types of Brain Imaging Techniques**. Psych Central. Disponível em: <https://psychcentral.com/lib/types-of-brain-imaging-techniques/>. Publicado em: 17 maio 2016. Acesso em: 11 maio 2018.

DENG, L.; WANG, G. Application of EEG and Interactive Evolutionary Design Method in Cultural and Creative Product Design. **Computational Intelligence and Neuroscience**. 2019 (6), 1-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/1860921>.

DENTON, H. G.; MCDONAGH, D.; BAKER, S.; WORMALD, P. Introducing the student designer to the role of emotion in design. In: MCDONAGH, D.; HEKKERT, P.; ERP, J. V.; GYI, D. Design and Emotion The Experience of Everyday Things. London: Taylor and Francis, 2004.

DESMET, P. A Multilayered Model of Product Emotions. **The Design Journal**, 6 (2), 2003.

DESMET, P. **Designing emotions**. Ph.D. Thesis. Delft: Delft University of Technology, 2002.

DESMET, P. M. A.; OVERBEEKE, C. J.; TAX, S. J. E. T. Designing Products with Added Emotional Value: Development and Application of an Approach for Research through Design. **The Design Journal**, 4 (1), 32-47, 2001.

DEWI, D. A.; JEREMIAH, P.; SANI, Z. H. B. A. A computational system approach to develop student's based emotion system: An alternative feedback tool for lecturers to enhance

teaching and learning. In: 2011 Malaysian Conference in Software Engineering, 2011, pp. 342-348, 2011. DOI: 10.1109/MySEC.2011.6140695.

DHARMADHIKARI, A. S.; JAISWAL, S. V.; TANDLE, A. L.; SINHA, D.; JOG, N. Study of Frontal Alpha Asymmetry in Mild Depression: A Potential Biomarker or Not?. **Journal of Neurosciences in Rural Practice**, 10(2), 250–255, 2019. DOI: 10.4103/jnrrp.jnrrp_293_18.

DHINDSA, K.; CARCONE, D.; BECKER, S. Toward an Open-Ended BCI: A User-Centered Coadaptive Design. **Neural Computation**, 29 (10), pp. 2742-2768, 2017. DOI: 10.1162/neco_a_01001.

DI STASI, L. L.; CATENA, A.; CAÑAS, J. J.; MACKNIK, S. L.; MARTINEZ-CONDE, S. Saccadic velocity as an arousal index in naturalistic tasks. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**. Volume 37, Issue 5, p.968-975, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.03.011>.

DIAS, C. R.; PEREIRA, M. R.; FREIRE, A. P. Qualitative review of usability problems in health information systems for radiology. *Journal of Biomedical Informatics*. 76, pp. 19-33, 2017A. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.10.004>.

DIAS, J. D.; MEKARO, M. S. LU, J. K. C.; OTSUKA, J L. FONSECA, L. M. M.; ZEM-MASCARENHAS, S. H. Desenvolvimento de serious game como estratégia para promoção de saúde e enfrentamento da obesidade infantil. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**. 24: e2759, 2016. DOI: 10.1590/1518-8345.1015.2759.

DIAS, T. S.; CONCEIÇÃO, K. F.; OLIVEIRA, A. I. A.; SILVA, R. L. M. As contribuições da gameterapia no desempenho motor de indivíduo com paralisia cerebral. **Cad. Bras. Ter. Ocup.**, São Carlos, v. 25, n. 3, p. 575-584, 2017B. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAO0934>.

DIAZ-PIEDRA, C.; GOMEZ-MILAN, E.; DI STASI, L. L. Nasal skin temperature reveals changes in arousal levels due to time on task: An experimental thermal infrared imaging study. **Applied Ergonomics**, 81(), 102870–, 2019. DOI: [10.1016/j.apergo.2019.06.001](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.06.001).

DICKTER, C. L.; KIEFFABER, P. D. **EEG methods for social and personality psychology**. Thousand Oaks, CA: SAGE, 2014.

DIEN, J. Issues in the application of the average reference: Review, critiques, and recommendations. **Behavior Research Methods, Instruments & Computers**, 30(1), 34–43, 1998. DOI: <https://doi.org/10.3758/BF03209414>.

DIJKSTERHUIS, C.; DE WAARD, D.; BROOKHUIS, K. A.; MULDER, B. L. J. M.; DE JONG, R. Classifying visuomotor workload in a driving simulator using subject specific spatial brain patterns. **Frontiers in Neuroscience**, 7: 149, 202–212, 2013. DOI: 10.3389/fnins.2013.00149.

DOLGOV, I.; GRAVES, W. J.; NEARENTS, M. R.; SCHWARK, J. D.; VOLKMAN, C. B. Effects of cooperative gaming and avatar customization on subsequent spontaneous helping behavior. **Computers in Human Behavior**. 33, 49–55, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.028>.

DOMÍNGUEZ, A.; NAVARRETE, J. S.; MARCOS, L.; SANZ, L. F.; PAGÉS, C.; HERRÁIZ, J. J. M. Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. **Journal Computers & Education**, Virginia, v. 63, p. 380–392, 2013.

DRACHEN, A.; EL-NASR, M. S.; CANOSSA, A. Game Analytics – The Basics. In: EL-NASR, M. S.; DRACHEN, A.; CANOSSA, A. (Eds). *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data*. London: Springer-Verlag London, 2013. Disponível em: <https://andersdrachen.files.wordpress.com/2013/07/02drachenetal02.pdf>. Acesso em: 28 maio 2019.

DUMBUYA, A.; REED, N.; RHYS-TYLER, G.; ZHAO, Q. J.; WOOD, R. L. Interactive Scenario Modelling for Hazard Perception in Driver Training. In: DORN, L. (Ed.) *Driver Behaviour and Training Volume II - Human factors in road and rail transport*. New York: Routledge, 2005.

DUTTA, S. S. Limbic system and behavior. Disponível em: <https://www.news-medical.net/health/Limbic-System-and-Behavior.aspx#>. Publicado em: 24 maio 2021. Acesso em: 19 jun.2021.

DZEDZICKIS, A.; KAKLAUSKAS, A.; BUCINSKAS, V. Human Emotion Recognition: Review of Sensors and Methods. **Sensors**, 20(3), 592–, 2020. DOI: 10.3390/s20030592.

EASON, K. D. Towards the experimental study of usability. **Behav. Inf. Technol.** 3 (2), 133–143, 1984.

ECO, U. **Como se faz uma tese**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2010.

EDWARDS. J.; JEFFREY, S.; MAY. T.; RINEHART, N. J.; BARNETT, L. M. Does playing a sports active video game improve object control skills of children with autism spectrum disorder? **Journal of Sport and Health Science**. 6(1): 17-24, 2016. DOI: 10.1016/j.jshs.2016.09.004.

EINSIEDEL, E. F. (Ed.) **Emerging technologies: from hindsight to foresight**. UBC Press: Vancouver, 2008.

EKMAN, P. **A linguagem das emoções: revolucionando sua comunicação e seus relacionamentos reconhecendo todas as expressões das pessoas ao redor**. São Paulo: Lua de Papel, 2003.

ELECTRICAL4U. **Butterworth Filter: What is it? (Design & Applications)**. Disponível em: <https://www.electrical4u.com/butterworth-filter/>. Atualizado em: 11 out.2020. Acesso em: 05 jan.2021.

ELFENBEIN, H. A.; MACCANN, C. A closer look at ability emotional intelligence (EI): What are its component parts, and how do they relate to each other? **Social and Personality Psychology Compass**, 11(7), e12324, 2017. DOI: 10.1111/spc3.12324.

ELPROCUS. **Butterworth Filter Construction along with its Applications**. Disponível em: <https://www.elprocus.com/butterworth-filter-formula-and-calculations/>. Acesso em: 05 jan. 2021.

ELVERDAM, C.; AARSETH, E. Game Classification and Game Design: Construction Through Critical Analysis. **Games and Culture**, 2(1), 3–22, 2007. DOI: 10.1177/1555412006286892.

EMOTIV. **About Us**. Disponível em: <https://www.emotiv.com/about-emotiv/>. Acesso em 30 jul.2019.

EMOTIV. **Emotiv EPOC+**. Disponível em: <https://www.emotiv.com/epoc/>. Acesso em: 30 jul.2020.

ENGERT, V.; MERLA, A.; GRANT, J. A.; CARDONE, D.; TUSCHE, A.; SINGER, T. Exploring the Use of Thermal Infrared Imaging in Human Stress Research. **PLoS ONE**, 9(3), e90782–, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0090782.

ERHEL, S.; JAMET, E. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. **Computers & Education**. 67: 156-167, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>.

ERTL, M., HILDEBRANDT, M., OURINA, K., LEICHT, G., & MULERT, C. Emotion regulation by cognitive reappraisal — The role of frontal theta oscillations. **NeuroImage**, 81, 412–421, 2013. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2013.05.044.

ESPERIDIÃO-ANTONIO, V.; MAJESKI-COLOMBO, M.; TOLEDO-MONTEVERDE, D.; MORAES-MARTINS, G.; FERNANDES, J. J.; ASSIS, M. B.; SIQUEIRA-BATISTA, R. Neurobiologia das emoções. **Archives of Clinical Psychiatry** (São Paulo), 35(2), 55–65, 2008. DOI: 10.1590/S0101-60832008000200003.

ESTUPIÑÁN, S.; REBELO, F.; NORIEGA, P.; FERREIRA, C.; DUARTE, E. Can Virtual Reality Increase Emotional Responses (Arousal and Valence)? A Pilot Study. **Lecture Notes in Computer Science**, 541–549, 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-07626-3_51.

EVANS, C.; KING, D. L.; DELFABBRO, P. H. Effect of brief gaming abstinence on withdrawal in adolescent at-risk daily gamers: A randomized controlled study. **Computers in Human Behavior**, 88, 70–77, 2018. DOI: 10.1016/j.chb.2018.06.024.

FACE-REC – FACE RECOGNITION HOMEPAGE. **Databases**. Disponível em: <https://www.face-rec.org/databases/>. Acesso em 09 jan. 2021.

FALCÃO, C. S.; SOARES, M. Usability of Consumer Products: an analyzes of concepts, methods and applications. **Estudos em Design**. 21(2), pp. 01-26, 2013.

FALCÃO, F. S. **Métodos de avaliação biomecânica aplicados a postos de trabalho no pólo industrial de Manaus (AM): uma contribuição para o design ergonômico.**

Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP. Programa de Pós-Graduação em Desenho Industrial. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru: UNESP, 2007.

FANG, Y.-M.; CHEN, K.-M.; HUANG, Y.-J. Emotional reactions of different interface formats: Comparing digital and traditional board games. **Advances in Mechanical Engineering**. Vol. 8(3) 1–8, 2016. DOI: 10.1177/1687814016641902.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**. Analysis and applications in environmental engineering. Robert E. Malabar, Florida: Krieger Publishing Company. 1982.

FARIA, A. J.; HUTCHINSON, D.; WELLINGTON, W. J.; GOLD, S. Developments in Business Gaming: A Review of the Past 40 Years. **Simulation Gaming**. 40(4): 464-487, 2009. DOI: 10.1177/1046878108327585.

FAUST, K. A.; MEYER, J. F.; GRIFFITHS, M. D. Competitive and Professional Gaming: Discussing Potential Benefits of Scientific Study. **International Journal of Cyber Behavior, Psychology and Learning**, 3(1), 67-77, 2013. DOI: 10.4018/ijcbpl.2013010106.

FEDEROFF, M. **Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of FUN in video games**. Unpublished master. Indiana University, Indiana, 2002.

FERNANDEZ, A.; INSFRAN, E.; ABRAHÃO, S. Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. **Information and software technology**. 53(8), pp. 789-817, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2011.02.007>.

FERNÁNDEZ-CUEVAS I.; MARINS, J. C. B.; LASTRAS, J. A.; CARMONA, P. M. G.; CANO, S. P.; GARCIA-CONCEPCION, M. A. SILLERO-QUINTANA, M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>.

FERREIRA, A., DAMASCENO, A. R. P.; MORAES, J.; CORTÊS, M.; OLIVEIRA, F. Conversational agents for seniors, the Guardian platform. In: Anais Estendidos do XVIII

Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – IHC 2019. Porto Alegre: SBC, 2019.

FERREIRA, A. H. J.; SANTOS, V. V. A.; SANTANA, K. C.; PEREIRA, C. P. DinQuiz: um jogo sobre educação financeira voltado ao público infantil. **In:** SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoShort/209369.pdf>. Acesso em: 12 dez.2020.

FERREIRA, C. **Estudos sobre a mensuração científica da face humana: vol. 1 – o guia do emocionauta**. São Paulo: CICEM Editora, 2018.

FERREIRA, V. G.; CANEDO, E. D. Estudo bibliométrico da User Experience em pesquisas na educação. **In:** SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/208479.pdf>. Acesso: 10 dez.2020.

FILIK, R.; BRIGHTMAN, E.; GATHERCOLE, C.; LEUTHOLD, H. The emotional impact of verbal irony: Eye-tracking evidence for a two-stage process. **Journal of Memory and Language**, 93 (2017), 193–202, 2017. DOI: 10.1016/j.jml.2016.09.006.

FILIPPINI, C.; PERPETUINI, D.; CARDONE, D.; CHIARELLI, A. M.; MERLA, A. Thermal Infrared Imaging-Based Affective Computing and Its Application to Facilitate Human Robot Interaction: A Review. **Applied Sciences**, 10(8), 2924–, 2020. DOI: 10.3390/app10082924.

FILIPPINI, C.; SPADOLINI, E.; CARDONE, D.; MERLA, A. Thermal Imaging Based Affective Computing for Educational Robot. **In:** Proceedings of the Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings, Florence Italy. 16–19 September 2019; Volume 27 (1), p. 27–, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/proceedings2019027027>.

FINSTAD, K. The System Usability Scale and non-native English speakers. **Journal of Usability Studies** (1)4, 185-188, 2006. Disponível em: <https://uxpajournal.org/the-system-usability-scale-and-non-native-english-speakers/>. Acesso em: 03 abr.2019.

FONTANA, I. M.; HEEMANN, A.; GOMES, M. Design Colaborativo: Fatores críticos para o Sucesso do Co-Design. **In:** Congresso Sulamericano de Design de Interação, 4. São Paulo,

2012, p. 371-382. Anais do 4o Congresso Sulamericano de Design de Interação. São Paulo, 2012.

FONTOURA, A. M. Um Pouco de História. In: MARTINS, R. F. F.; VAN DER LINDEN, J. C. S. (orgs.) Pelos Caminhos do Design: Metodologia de Projeto. Londrina: EDUEL, 2012.

FORCELINI, F.; MERINO, E. A. D. Termografia Infravermelha no Desenvolvimento de Produtos: formas de abordagem e categorias dos produtos. In: Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo: Blucher, 2019. DOI: 10.5151/ped2018-3.3_ACO_73.

FORTIM, I.; MONTEIRO, L. F.; SANCASSANI, V.; BENGEL, M. J. A Tipologia das Jogadoras: Um estudo do público feminino gamer brasileiro. In: Proceedings do SBGames 2016: XV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2016, São Paulo. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157458.pdf>. Acesso: 03 jan.2020.

FOX, N. A., DAVIDSON, R. J. Electroencephalogram asymmetry in response to the approach of a stranger and maternal separation in 10-month-old infants. **Developmental Psychology**, 23, 233–240, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1037/0012-1649.23.2.233>.

FOX, N. A.; DAVIDSON, R. J. Patterns of brain electrical activity during facial signs of emotion in 10-month-old infants. **Developmental Psychology**, 24(2), 230–236, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1037/0012-1649.24.2.230>.

FOX, N. A.; DAVIDSON, R. J. Taste-elicited changes in facial signs of emotion and the asymmetry of brain electrical activity in human newborns. **Neuropsychologia**, 24(3), 417–422, 1986. DOI: 10.1016/0028-3932(86)90028-x

FRANÇA, A. C. P. **Biofeedback e regulação emocional: um estudo sobre a emoção aplicada a sistema de treinamento em realidade virtual**. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, CAC. Programa de Pós-Graduação em Design, 2019. Recife: UFPE, 2019. 314f.

FRANÇA, A. C. P., VITORINO, D. F.; OLIVEIRA, N. A.; LIMA, C. N.; SOARES, M. M. A Comparative Usability Analysis of Virtual Reality Goggles. In: Marcus, A.; Wang, W. (eds) Design, User Experience, and Usability: Designing Pleasurable Experiences. DUXU 2017.

Lecture Notes in Computer Science, vol 10289, Springer, Cham. 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58637-3_44.

FRASCA, G. Ludologists love stories too: notes from a debate that never took place. In: Proceedings of DiGRA 2003 International Conference: Level Up. Utrecht University, 2003. Disponível em: <http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/05163.01125.pdf>. Acesso em: 10 fev.2019.

FREY, F.; MÜHL, C.; LOTTE, F.; HACHET, M. Review of the Use of Electroencephalography as an Evaluation Method for Human-Computer Interaction. In: PhyCS - International Conference on Physiological Computing Systems, Jan 2014, Lisbonne, Portugal. DOI: 10.5220/0004708102140223.

FU, Y.; FRASSON, C. Detecting Thermal Emotional Profile. In: 3rd International Conference on Physiological Computing Systems, 2016. DOI: 10.5220/0006007901420151.

FUNDACENTRO. **NHO 11 - avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho: procedimento técnico**. 63p. São Paulo, 2018.

FUNKE, M. E.; WARM, J. S.; MATTHEWS, G.; FUNKE, G. J.; CHIU, P. Y.; SHAW, T. H.; GREENLEE, E. T. The Neuroergonomics of Vigilance: Effects of Spatial Uncertainty on Cerebral Blood Flow Velocity and Oculomotor Fatigue. **Human Factors**, 59(1), 62–75, 2017. DOI: 10.1177/0018720816683121.

GAETAN, S.; BONNET, A.; BREJARD, V.; CURY, F. French validation of the 7-item Game Addiction Scale for adolescents. **Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology**, 64(4), 161–168, 2014. DOI: [10.1016/j.erap.2014.04.004](https://doi.org/10.1016/j.erap.2014.04.004).

GAINOTTI, G. A historical review of investigations on laterality of emotions in the human brain. **Journal of the History of the Neurosciences**. 28(1): 23-41, 2019A. DOI: 10.1080/0964704X.2018.1524683.

GAINOTTI, G. Emotions and the Right Hemisphere: Can New Data Clarify Old Models? **Neuroscientist**. 25(3): 258-270, 2019B. DOI: 10.1177/1073858418785342.

GAINOTTI, G. Unconscious processing of emotions and the right hemisphere. **Neuropsychologia**, 50(2), 205–218, 2012. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.005.

GAO, J.; WANG, W.; ZHANG, J. Explore Interregional EEG Correlations Changed by Sport Training Using Feature Selection. **Computational Intelligence and Neuroscience**, vol. 2016, 10 p., 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/6184823>.

GARCIA-AGUNDEZ, A.; FOLKERTS, A. K.; KONRAD, R.; CASERMAN, P.; TREGEL, T.; GOOSSES, M.; GÖBEL, S.; KALBE, E. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. **J Neuroeng Rehabil**. 16(1):17, 2019. DOI: 10.1186/s12984-019-0492-1.

GEE, J. P. Learning by Design: good video games as learning machines. **E-Learning**, 2 (1), PP.5-16, 2005. DOI: 10.2304/elea.2005.2.1.5.

GELDER, B. Why bodies? Twelve reasons for including bodily expressions in affective neuroscience. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**. 364(1535): 3475–3484, 2009. DOI: 10.1098/rstb.2009.0190.

GENDRON, M. Defining emotion: A brief history. **Emotion Review**, 2(4), 371-372, 2010. DOI: 10.1177/1754073910374669.

GENNO, H., ISHIKAWA, K., KANBARA, O., KIKUMOTO, M., FUJIWARA, Y., SUZUKI, R., OSUMI, M. Using facial skin temperature to objectively evaluate sensations. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Pages 161-171, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(96\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00011-X).

GENNO, H.; SAIJO, A.; YOSHIDA, H.; SUZUKI, R.; OSUMI, M. Non-contact method for measuring facial skin temperature. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 19 (2): 147–159, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(96\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00010-8).

GHAHRAMANI, A.; CASTRO, G.; BECERIK-GERBER, B.; YU, X. Infrared thermography of human face for monitoring thermoregulation performance and estimating personal thermal comfort. **Building and Environment**, 109 (1–11), 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.005>.

GIBS – **Gordon Institute of Business Science. Emerging to Converging Technologies: The Future World Conference. University of Pretoria. Speaker info Pack.** Disponível em: https://www.gibs.co.za/news-events/events/open-programmes/Documents/19072%20Tech%20Conf%20Speakers_Fweb2.pdf. Acesso em 22 set.2019.

GIGGINS, O. M.; PERSSON, U. M.; CAULFIELD, B. Biofeedback in rehabilitation. **J. Neuroeng Rehabil.** 10 (1): 60, 2013. DOI: 10.1186/1743-0003-10-60.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GILLESPIE, R. M. The physical impact of computers and electronic game use on children and adolescents, a review of current literature. **Work.** 18(3): 249-59, 2002.

GILMAN, L.; CAGE, D. N.; HORN, A.; BISHOP, F.; KLAM, W. P.; DOAN, A. P. Tendon Rupture Associated With Excessive Smartphone Gaming. **JAMA Internal Medicine**, 175(6), 1048–, 2015. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.0753.

GLANNON, W. **Brain, Body, and Mind: Neuroethics with a Human Face.** Oxford/New York: Oxford University Press, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199734092.001.0001>.

GOLLAN, J. K.; HOXHA, D.; CHIHADÉ, D.; PFLIEGER, M. E.; ROSEBROCK, L.; CACIOPPO, J. Frontal alpha EEG asymmetry before and after behavioral activation treatment for depression. **Biological Psychology**, 99(), 198–208, 2014. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2014.03.003.

GOLD, C.; FACHNER, J.; ERKKILÄ, J. Validity and reliability of electroencephalographic frontal alpha asymmetry and frontal midline theta as biomarkers for depression. **Scandinavian Journal of Psychology**, 54(2), 118–126, 2013. DOI: 10.1111/sjop.12022.

GOMES FILHO, J. **Ergonomia do Objeto: sistema técnico de leitura ergonômica.** 2ed. Editora Escrituras: São Paulo, 2010.

GONÇALVES, V. S.; MACEDO, A. A. Similarities and Divergences in Electronic Game Review Texts. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020,

Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ComputacaoFull/209475.pdf>. Acesso em: 19 dez.2020.

GONG, Z.; XIANG, Z.; OUYANG, X.; ZHANG, J.; LAU, N.; ZHOU, J.; CHAN C. C. Wearable Fiber Optic Technology Based on Smart Textile: A Review. **Materials**. 12 (20), 3311, 2019. DOI: 10.3390/ma12203311.

GOULART, C.; VALADÃO, C.; DELISLE-RODRIGUEZ, D.; CALDEIRA, E.; BASTOS, T. Emotion analysis in children through facial emissivity of infrared thermal imaging. **PLoS ONE** 14(3): e0212928, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212928>.

GOUVEIA, V. V., LIMA, T. J. S., SANTOS, W. S., FREIRES, L. A., PESSOA, V. S. Afetos no ambiente de trabalho: é possível identificar uma estrutura circumplex?. **Revista Psicologia, Organizações e Trabalho**, v. 10, n. 2, p. 85-96, 2010. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rpot/v10n2/v10n2a07.pdf>. Acesso em: 12 fev.2020.

GRANATO, M.; GADIA, D.; MAGGIORINI, D.; RIPAMONTI, L. A. Feature Extraction and Selection for Real-Time Emotion Recognition in Video Games Players. In: 14th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS), Las Palmas de Gran Canaria, Spain, pp. 717-724, 2018. DOI: 10.1109/SITIS.2018.00115.

GRANDJEAN, E. Ergodesign 84: Ergonomics and Design in the Electronic Office. **Behaviour and Information Technology**, vol. 3, (4). Taylor & Francis, 1984.

GRATT, B. M.; PULLINGER, A.; SICKLES, E. A.; LEE, J. J. Electronic thermography of normal facial structures: a pilot study. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology**. 68(3): 346-51, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(89\)90222-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(89)90222-3).

GRATT, B. M.; SICKLES, E. A.; Electronic facial thermography: an analysis of asymptomatic adult subjects. **J Orofac Pain**. 9(3): 255-65, 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8995925/>. Acesso em: 14 fev.2018.

GREGERSEN, N. P. Driver Education – A Difficult but Possible Safety Measure. In: DORN, L. (Ed.) In: DORN, L. (Ed.), Driver Behaviour and Training, vol. II. Ashgate, Aldershot, UK, 2005.

GREITEMEYER, T. The contagious impact of playing violent video games on aggression: Longitudinal evidence. **Aggress Behav.** 45(6): 635–642, 2019. DOI: 10.1002/ab.21857.

GREITEMEYER, T. The spreading impact of playing violent video games on aggression. **Computers in Human Behavior.** 80, 216-219, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.022>.

GRILLON, C.; QUISPE-ESCUADERO, D.; MATHUR, A.; ERNST, M. Mental fatigue impairs emotion regulation. **Emotion**, 15(3), 383–389, 2015. DOI: 10.1037/emo0000058.

GRUDIN, J. Brian Shackel's contribution to the written history of Human–Computer Interaction. **Interacting with Computers.** 21 (5-6), pp. 370–374, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2009.03.005>.

GRÜSSER, S. M.; THALEMANN, R.; GRIFFITHS, M.D. Excessive Computer Game Playing: Evidence for Addiction and Aggression? **CyberPsychology & Behavior**, v. 10, n. 2, p. 290-292, 2007. DOI: 10.1089/cpb.2006.9956.

GUERCY, A. L. N.; ISHITANI, L. Adequação de jogos digitais para atrair mais garotas para jogar. In: SBGames 2020 - XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignFull/209367.pdf>. Acesso em: 18 dez.2020.

GULARTE, D. **Jogos Eletrônicos: 50 anos de interação e diversão**. Teresópolis-RJ: Novas Ideias, 2010.

GUO, Z.; PAN, Y.; ZHAO, G.; CAO, S.; ZHANG, J. Detection of Driver Vigilance Level Using EEG Signals and Driving Contexts. **IEEE Transactions on Reliability**, 67(1), 370–380, 2018. DOI: 10.1109/tr.2017.2778754.

HADDAD, D. S. **Estudo da distribuição térmica da superfície cutânea facial por meio de termografia infravermelha: termoanatomia da face**. Tese (Doutorado em Odontologia). Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 107f. 2014.

HAGEMANN, D.; HEWIG, J.; NAUMANN, E.; SEIFERT, J.; BARTUSSEK, D. Resting Brain Asymmetry and Affective Reactivity - Aggregated Data Support the Right-Hemisphere Hypothesis. **Journal of Individual Differences**, 26, pp. 139-154, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1027/1614-0001.26.3.139>.

HAGHBIN, M.; SHATERIAN, F.; HOSSEINZADEH, D.; GRIFFITHS, M. D. A brief report on the relationship between self-control, video game addiction and academic achievement in normal and ADHD students. **J Behav Addict**. 2(4): 239-243, 2013. DOI: 10.1556/JBA.2.2013.4.7.

HAIRSTON, W. D.; WHITAKER, K. W.; RIES, A. J.; VETTEL, J. M.; BRADFORD, J. C.; KERICK, S. E.; MCDOWELL, K. Usability of four commercially-oriented EEG systems. **Journal of Neural Engineering**, 11(4), 2014.

HAMDAN, A. C. Neuroética: a institucionalização da ética na neurociência. **Rev. Bioét.** 25 (2), 275-281, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-80422017252187>.

HAMON, M.; RAMADOUR, R.; FREY, J. Exploring Biofeedback with a Tangible Interface Designed for Relaxation. In: Proceedings of the 5th International Conference on Physiological Computing Systems - Volume 1: PhyCS, pages 54-63, 2018. DOI: 10.5220/0006961200540063.

HARMON-JONES, E. Clarifying the emotive functions of asymmetrical frontal cortical activity. **Psychophysiology**, 40(6), 838–848, 2003. DOI: 10.1111/1469-8986.00121.

HARMON-JONES, E.; GABLE, P. A.; PETERSON, C. K. The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: a review and update. **Biol Psychol.** 84(3): 451-62, 2010. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2009.08.010.

HART, J. D.; PIUMSOMBOON, T.; LAWRENCE, L.; LEE, G. A.; SMITH, R. T.; BILLINGHURST, M. Demonstrating Emotion Sharing and Augmentation in Cooperative Virtual Reality Games. In: Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts - CHI PLAY '18, (), 117–120, 2018. DOI: 10.1145/3270316.3270596.

HARVEY, C.; STANTON, N. A.; PICKERING, C. A.; MCDONALD, M.; ZHENG, P. Context of use as a factor in determining the usability of in-vehicle devices. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, 12(4), 318–338, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/14639221003717024>.

HASSENZAHL, M. The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. **Human-Computer Interaction**. v. 4 (), pp. 319-349, 2004. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904_2.

HASSENZAHL, M.; TRACTINSKY, N. User experience - a research agenda. **Behaviour & Information Technology**, 25(2), 91–97, 2006. DOI: 10.1080/01449290500330331.

HAZLETT, R. L. Measuring emotional valence during interactive experiences: Boys at video game play. In: *CHI 2006: Conference on Human Factors in Computing Systems, Conference Proceedings SIGCHI*. Proceedings, vol. 2, pp. 1023-1026, Montreal, QC, Canada, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1145/1124772.1124925>.

HEINS, E.; SEITZ, C.; SCHÜZ, J.; TOSCHKE, A. M.; HARTH, K.; LETZEL, S.; BÖHLER, E. Schlafenszeiten, Fernseh- und Computergewohnheiten von Grundschulkindern in Deutschland [Bedtime, television and computer habits of primary school children in Germany]. **Gesundheitswesen**. 69(3): 151-7, 2007. DOI: 10.1055/s-2007-971061.

HELLER, W. Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality, and arousal. **Neuropsychology**, 7(4), 476–489, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1037/0894-4105.7.4.476>.

HELLER, W. The neuropsychology of emotion: Developmental patterns and implications for psychopathology. In: STEIN, N. L.; LEVENTHAL, B.; Trabasso, T. (Eds.), *Psychological and biological approaches to emotion* (pp. 167–211). Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1990.

HENRIQUES, R.; PAIVA, A. Seven Principles to Mine Flexible Behavior from Physiological Signals for Effective Emotion Recognition and Description in Affective Interactions. **PhyCS**, pp. 75-82, 2014. DOI: 10.5220/0004666400750082.

HERBON, A.; PETER, C.; MARKERT, L.; VAN DER MEER, E.; VOSKAMP, J. Emotion studies in HCI – A new approach. In: **Proceedings HCI International 2005**, L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, New Jersey, USA, 2005.

HERMOSILLA, G.; RUIZ-DEL-SOLAR, J.; VERSCHAE, R.; CORREA, M. A comparative study of thermal face recognition methods in unconstrained environments. **Pattern Recognition**, 45(7), 2445–2459, 2012. DOI: [10.1016/j.patcog.2012.01.001](https://doi.org/10.1016/j.patcog.2012.01.001).

HERNANDEZ-OSSA, K. A.; VALENCIA-JIMÉNEZ, N. J.; SOUZA, M. D. P.; LEAL, C. K. N.; DELISLE-RODRÍGUEZ, D.; SOUZA, M. L.; FERREIRA, A.; FRIZERA-NETO, A.; BASTOS-FILHO, T. F. Considerações Práticas na Aquisição de Sinais de EEG para Aplicações em Psicologia. In: 2nd International Workshop on Assistive Technology (IWAT2019), Vitória, ES, Brazil, 2019.

HERNÁNDEZ-ROSALES, D. E.; ALARCÓN-PAREDES, A.; GUZMÁN-GUZMÁN, I. P.; NAVARRO-ZARZA, J. E.; ALONSO-SILVERIO, G. A. Computational system for early diagnostic of Rheumatoid Arthritis, using variables of process and artificial intelligence. In: 2017 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE), 2017, pp. 1-1, 2017. DOI: 10.1109/GMEPE-PAHCE.2017.7972107.

HESS, R. J.; WRIGHT, W. J. **Evaluation Strategies as a Function of Product Development Stages**. St. Ann, Missouri: CEMREL, 1972.

HEVNER, A. R.; DAVIS, C. COLLINS, R. W.; GILL, T. G. A neurodesign model for IS research. **Informing Science**. 17, 103-132, 2014. DOI: 10.28945/1956.

HIRSHFIELD, L. M., BOBKO, P., BARELKA, A., HIRSHFIELD, S. H., FARRINGTON, M. T., GULBRONSON, S., & PAVERMAN, D. Using Noninvasive Brain Measurement to Explore the Psychological Effects of Computer Malfunctions on Users during Human-Computer Interactions. **Advances in Human-Computer Interaction**. 1–13, 2014. DOI: 10.1155/2014/101038.

HÖGER, R.; SEIDENSTÜCKER, J.; MARQUARDT, N. Mental models and attentional processes in car driving. Mental models and attentional processes in car driving. In: DORN, L. (Ed.), *Driver Behaviour and Training*, vol. II. Ashgate, Aldershot, UK, 2005.

HOLST, G. C. **Common sense approach to thermal imaging**. Washington, DC, USA: SPIE Optical Engineering Press, 2000.

HOPKINS, W. G. **A New View of Statistics**. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>. Postado em 2002. Atualizado em: 07 ago.2006. Acesso em: 05 ago.2020.

HOUNSELL, M. S.; TORI, R.; KIRNER, C. Realidade Aumentada. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

HU, X.; CHEN, J.; WANG, F.; ZHANG, D. Ten challenges for EEG-based affective computing. **Brain Science Advances**, 5(1), 1–20, 2019. DOI: 10.1177/2096595819896200.

HUANHUAN, L.; SU, W. The role of cognitive distortion in online game addiction among Chinese adolescents. **Children and Youth Services Review**, 35 (9), 1468-1475, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2013.05.021>.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura**. São Paulo: Perspectiva, 2011.

HUNT, J. Introduction to Games Programming. In: **Advanced Guide to Python 3 Programming**. Undergraduate Topics in Computer Science. Springer, Cham. PP. 121-123, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-25943-3_11.

HUSÁROVÁ, D.; VESELSKÁ, Z. D.; SIGMUNDOVÁ, D.; GECKOVÁ, A. M. Age and Gender Differences in Prevalence of Screen Based Behaviour, Physical Activity and Health Complaints among Slovak School-aged Children. **Cent Eur J Public Health**. 23 Suppl:S30-6, 2015. DOI: 10.21101/cejph.a4177.

HUSSAIN, A.; MKPOJIOGU, E.O.C.; KAMAL, F. M. A Systematic Review on Usability Evaluation Methods for M-Commerce Apps. **Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering**. 8(10), pp. 29-34, 2016.

HWANG, H.-J.; KIM, S.; CHOI, S.; IM, C.-H. EEG-Based Brain-Computer Interfaces: A Thorough Literature Survey. **International Journal of Human-Computer Interaction**, 29(12), 814–826, 2013. DOI: 10.1080/10447318.2013.780869.

IACT - INTERNATIONAL ACADEMY OF CLINICAL THERMOLOGY. **Thermography Guidelines. Standards and Protocols in Clinical Thermographic Imaging.** Disponível em: <http://www.iact-org.org/professionals/thermog-guidelines.html>. Publicado em: ?? set.2002. Acesso em: 02 fev.2019.

IBND – INSTITUTO BRASILEIRO DE NEURODESENVOLVIMENTO. **O que é Neurociência?** Disponível em: <https://www.ibnd.com.br/blog/o-que-e-neurociencia.html>. Publicado em: 03 maio 2020. Acesso em: 24 ago.2020.

IBTM. **Manual de Termografia Médica (ebook).** Disponível em: <https://ibtm.com.br/item/manual-de-termografia-medica-ebook/>. Acesso: 23 mar. 2020.

IEA. **What is Ergonomics?** Disponível em: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>. Acesso em: 05 fev.2021.

IIDA, I. ERGONOMIA: PROJETO E PRODUÇÃO. 2ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IJSSELSTEIJN, W.; DE KORT, Y.; POELS, K.; JURGELIONIS, A.; BELLOTTI, F. Characterising and measuring user experiences in digital games. **In:** International conference on advances in computer entertainment technology, volume 2, page 27, 2007.

INCE, R.; ADANIR, S. S.; SEVMEZ, F. The inventor of electroencephalography (EEG): Hans Berger (1873 - 1941). **Child's Nervous System**, 37(), s00381-020-04564-z–, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00381-020-04564-z>.

INFORMA TECH. **State of the Game Industry 2021.** Game Developers Conference-GDC. 9 ed. San Francisco, 2021. Disponível em: <https://reg.gdconf.com/state-of-game-industry-2021>. Acesso em: 18 dez.2021.

INTERNATIONAL NEUROETHICS SOCIETY. Meetings and Events. Disponível em: <https://www.neuroethicssociety.org/meetings>. Acesso em: 17 abr.2022.

IOANNOU, S.; EBISCH, S.; AURELI, T.; BAFUNNO, D.; IOANNIDES, H. A.; CARDONE, D.; MANINI, B.; ROMANI, G. L.; GALLESE, V.; MERLA, A. The Autonomic Signature of Guilt in

Children: A Thermal Infrared Imaging Study. **PLoS ONE**, 8(11), e79440–, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0079440.

IOANNOU, S.; GALLESE, V.; MERLA, A. Thermal infrared imaging in psychophysiology: Potentialities and limits. **Psychophysiology**, 51: 951–963, 2014A. DOI: 10.1111/psyp.12243.

IOANNOU, S.; MORRIS, P.; MERCER, H.; BAKER, M.; GALLESE, V.; REDDY, V. Proximity and gaze influences facial temperature: a thermal infrared imaging study. **Frontiers in Psychology**, 5: 845, 2014B. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00845.

IOANNOU, S.; MORRIS, P.; TERRY, S.; BAKER, M.; GALLESE, V.; REDDY, V. Sympathy Crying: Insights from Infrared Thermal Imaging on a Female Sample. **PLOS ONE**, 11(10), e0162749, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0162749.

IRIS THERMAL. **IRIS Thermal/Visible Face Database**. Database 2. Disponível em: <http://vcipl-okstate.org/pbvs/bench/index.html>. Publicado em: 2013. Acesso em: 18 jan. 2020.

IRLES, D. L.; GOMIS, R. M.; CAMPOS, J. C. M.; GONZÁLES, S. T. Validación española de la Escala de Adicción a Videojuegos para Adolescentes (GASA). **Atencion Primaria**. 50(6): 350–358, 2018. DOI: [10.1016/j.aprim.2017.03.015](https://doi.org/10.1016/j.aprim.2017.03.015).

ISHAQUE, M.; WALLACE, D. J.; GRANDHI, R. Pneumoencephalography in the workup of neuropsychiatric illnesses: a historical perspective. **Neurosurgical Focus**, 43(3), E10–, 2017. DOI: 10.3171/2017.6.FOCUS17238.

ISO 9241-11. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)**. Part 11: Guidance on usability. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization, 1998.

IVANOVIC, L.; MARKOVIC, B.; ARSOVSKI, S.; RACKOV, M.; KUZMANOVIC, S. Emotional design and quality of life. In: 2nd International conference on Quality of Life, 2017. Disponível em: http://cqm.rs/2017/cd1/pdf/papers/focus_1/13.pdf.

IZARD, C. E. The Many Meanings/Aspects of Emotion: Definitions, Functions, Activation, and Regulation. **Emotion Review**. 2(4): 363-370, 2010. DOI: 10.1177/1754073910374661.

IZARD, C. E. **The Psychology of Emotions**. New York: Plenum Press, 1991.

IZARD, C. E.; DOUGHERTY, F.E.; BLOXOM, B.M.; KOTSCH, N.E. **The Differential Emotions Scale: A method of measuring the subjective experience of discrete emotions**. Unpublished manuscript. Nashville: Vanderbilt University, Department of Psychology, 1974.

JACKRABBIT DESIGN. **Neuroscience and Design**. Disponível em: <https://www.jumpingjackrabbit.com/assets/NeuroscienceWhitepaperR2-1.pdf>. Publicado em: 11 set.2015. Acesso em: 19 fev.2020.

JACOBS, K.; BAKER, N. A. The association between children's computer use and musculoskeletal discomfort. **Work**. 18(3): 221-226, 2002. Disponível em: <https://content.iospress.com/download/work/wor00233?id=work/wor00233>. Acesso em: 10 jul.2019.

JAMES, W. **The Principles of Psychology**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

JANDL JR, P. **Notas sobre Sistemas Operacionais**. Apostila 1 – Sistemas. Natal: IFRN, 2004. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/rodrigotertulino/livros/notas-sobre-sistemas-operacionais>. Acesso em: 19 abr.2019.

JANG, E.; PARK, M.; PARK, B.; KIM, S.; CHUNG, M.; SOHN, J. Relationship between Affective Dimensions and Physiological Responses Induced by Emotional Stimuli - Base on Affective Dimensions: Arousal, Valence, Intensity and Approach. **In: Proceedings of the International Conference on Physiological Computing Systems - Volume 1: PhyCS**, pages 254-259, 2014. DOI: 10.5220/0004728302540259.

JAQUES, P.; VICARI, R. M. Estado da Arte em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que consideram a Afetividade do Aluno. **Informática Na Educação Teoria & Prática**, 8(1): 15-38, 2005. DOI: 10.22456/1982-1654.9627.

JARDIM, D. **Remoção de artefatos em EEG para NEUROFEEDBACK**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2017. 92 fl.

JÄRVELÄ, S.; EKMAN, I.; KIVIKANGAS, J. M.; RAVAJA, N. Stimulus games. In: LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) *Game research methods - An overview*. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

JÄRVILEHTO, T.; NURKKALA, V.-M.; KOSKELA, K.; KALERMO, J. Anticipation, Neural Function and Mastering Driving. In: DORN, L.; MATTHEWS, G.; GLENDON, I. *Driver Behaviour and Training, Vol VI. - Human Factors in Road and Rail Transport*. Ashgate: Cranfield University – UK, 2013.

JENKINS, S. D.; BROWN, R. D.; DONNE, K. E. Infrared thermography in design research: The application of thermal imaging as a measurement tool in the design process. In: STEBBING, P; BURDEN, G.; ANUSIONWU, L. (Eds.), *Cumulus working papers: Schwäbisch Gmünd 18/07* (pp. 41-47), 2007. Helsinki: University of Art & Design Helsinki. Disponível em: <https://www.cumulusassociation.org/cumulus-working-papers-schwabisch-gmund-1807/>. Acesso em: 18 abr. 2019.

JENKINS, S.; BROWN, R.; RUTTERFORD, N. Comparing thermographic, EEG, and subjective measures of affective experience during simulated interactions. **International Journal of Design**. v. 3 n. 2 p. 53-65. 2009.

JENNETT, C.; COX, A. L.; CAIRNS, P.; DHOPAREE, S.; EPPS, A.; TIJS, T.; WALTON, A. Measuring and defining the experience of immersion in games. **International Journal Human-Computer Studies**, 66(9), 641–661, 2008. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2008.04.004.

JERCIC, P.; WEN, W.; HAGELBACK, J.; SUNDSTEDT, V. The Effect of Emotions and Social Behavior on Performance in a Collaborative Serious Game Between Humans and Autonomous Robots. **International Journal of Social Robotics**. V.10, Issue 1, pp 115–129, 2018. DOI: 10.1007/s12369-017-0437-4.

JERRITTA, S.; MURUGAPPAN, M.; NAGARAJAN, R.; WAN, K. Physiological signals based human emotion Recognition: a review. In: *IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA)* - Penang, Malaysia, 2011. (0), 410–415, 2011. DOI: 10.1109/cspa.2011.5759912.

JERZAK N.; REBELO F. Serious Games and Heuristic Evaluation – The Cross-Comparison of Existing Heuristic Evaluation Methods for Games. In: MARCUS, A. (Ed.) Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience. DUXU 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8517, p. 453-464. Springer, Cham, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-07668-3_44.

JEUNET, C.; TONIN, L.; ALBERT, L.; CHAVARRIAGA, R.; BIDEAU, B.; ARGELAGUET, F.; MILLÁN, J. d. R.; LÉCUYER, A.; KULPA, R. Uncovering EEG Correlates of Covert Attention in Soccer Goalkeepers: Towards Innovative Sport Training Procedures. **Scientific Reports**. 10, 1705, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58533-2>.

JHEE, J. H.; LYE, Q. T.; WOO, K. Not Yet Game Over: A Reappraisal of Video Game Addiction. **Loading**, 12 (19), 1-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7202/1058317ar>.

JIAN, B.-L.; CHEN, C.-L.; CHU, W.-L.; HUANG, M.-W. The facial expression of schizophrenic patients applied with infrared thermal facial image sequence. **BMC Psychiatry**, 17: 229, 2017. DOI: 10.1186/s12888-017-1387-y.

JOFILSAN, N. C.; LIMA, S. M. L.; BEZERRA, M. H. A.; FERREIRA NETO, M. S.; QUEIROZ, L. M.; SILVA, G. C. G.; SILVA, L. V. J. B. Agrolândia um Jogo Sério com Temática Agrária. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/209574.pdf>. Acesso em: 19 dez.2020.

JOHANNESSEN, G. H. J.; HORNBAEK, K. Must evaluation methods be about usability? Devising and assessing the utility inspection method. **Behaviour & Information Technology**, 33(2), 195–206, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2012.751708>.

JOHN, N.; SHARMA, M. K.; KAPANEE, A. R. M. Gaming- a bane or a boon-a systematic review. **Asian J Psychiatr**. 42: 12-17, 2019. DOI: 10.1016/j.ajp.2019.03.001.

JOHNSON, A.; PROCTOR, R. W. **Neuroergonomics: A Cognitive Neuroscience Approach to Human Factors and Ergonomics**. New York: Palgrave Macmillan, 2013.

JONES, B. F. Reappraisal of the Use of Infrared Thermal Image Analysis in Medicine. **IEEE Transactions on Medical Imaging**, 17 (6), pp. 1019-1027, 1998. DOI: 10.1109/42.746635.

JONES, B. F.; PLASSMANN, P. Digital Infrared Thermal Imaging of Human Skin. **IEEE Engineering in Medicine and Biology**. 21 (6): pp. 41-48, 2002. DOI: 10.1109/memb.2002.1175137.

JORDAN, P. W. **An introduction to usability**. London: Taylor & Francis, 1998.

JORDAN, P. W. **Designing Pleasurable Products: An introduction to the new human factors**. London; New York: Taylor & Francis, 2000.

JORDAN, P. W. Human factors for pleasure in product use. **Applied Ergonomics**. v.29 (1): 25-33, 1998.

JORDAN, P. W. Pleasure with products: Human factors for body, mind and soul. **In**: W.S. GREEN; P.W. JORDAN (eds.). Human factors in product design: Current practice and future trends. London, Taylor & Francis, p. 206-217, 1999.

KAHNEMAN, D; RIIS, J. Living, and thinking about it: two perspectives on life. **In**: HUPPERT, F.; BAYLIS, N.; KEVERNE, B. The Science of Well-Being. Oxford University Press, USA, 2006.

KAJIWARA, S. Evaluation of driver's mental workload by facial temperature and electrodermal activity under simulated driving conditions. **International Journal of Automotive Technology**, 15(1), 65–70, 2014. DOI: 10.1007/s12239-014-0007-9.

KALLIO, K. P.; MAYRA, F.; KAIPAINEN, K. At Least Nine Ways to Play: Approaching Gamer Mentalities. **Games and Culture**, 6(4), 327–353, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1177/1555412010391089>.

KAMPA, E. R. Competências Colaborativas no Desenvolvimento de Jogos: Uma revisão da literatura. **In**: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignShort/209473.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.

KANG, J.; MCGINLEY, J.A.; MCFADYEN, G.; BABSKI-REEVES, K. Determining learning level and effective training times using thermography. **In:** Proceedings of the Army Science Conference, Orlando, FL, USA, 27–30 November 2006.

KAPLAN, R. L.; VAN DAMME, I.; LEVINE, L. J.; LOFTUS, E. F. Emotion and False Memory. **Emotion Review**, 1-6, 2015. DOI: 10.1177/1754073915601228.

KARAMNEJAD, M.; GROMALA, D.; CHOO, A.; SHAW, C.; TONG, X. Orientation of Attention in Visual Feedbacks during Neurofeedback Relaxation. **In:** Proceedings of the International Conference on Physiological Computing Systems - Volume 1: PhyCS, pages 196-203, 2014. DOI: 10.5220/0004724801960203.

KARBAUSKAITE, R., SAKALAUSKAS, L., DZEMYDA, G. Kriging Predictor for Facial Emotion Recognition Using Numerical Proximities of Human Emotions. **INFORMATICA**, 2020, Vol. 31, No. 2, 249–275, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15388/20-INFOR419>.

KARWOWSKI, W. Neuroergonomics: A Complex Systems Perspective. **In:** JOHNSON, A.; PROCTOR, R. W. Neuroergonomics: A Cognitive Neuroscience Approach to Human Factors and Ergonomics. New York: Palgrave Macmillan, 2013.

KAZA, K.; PSALTIS, A.; STEFANIDIS, K.; APOSTOLAKIS, K. C.; THERMOS, S.; DIMITROPOULOS, K.; DARAS, P. Body Motion Analysis for Emotion Recognition in Serious Games. **In:** ANTONA, M.; STEPHANIDIS, C. (Eds) Universal Access in Human-Computer Interaction. Interaction Techniques and Environments. UAHCI 2016. pp 33-42, 2016.

KEEBLER, J. R.; OSOSKY, S.; TAYLOR, G.; SCIARINI, L. W.; JENTSCH, F. Neuroethics: Protecting the Private Brain. **In:** MAREK, T.; KARWOWSKI, W.; RICE, V. (Eds.) Advances in Understanding Human Performance Neuroergonomics, Human Factors Design, and Special Populations. Boca Raton: CRC Press, 2011.

KEEBLER, J. R.; TAYLOR, G.; PHILLIPS, E.; OSOSKY, S.; SCIARINI, L. W. Neuroethics: Considerations for a Future Embedded with Neurotechnology. **In:** Fafrowicz, M.; Marek, T.; Karwowski, W.; Schmorow, D. (Eds.). Neuroadaptive Systems: Theory and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1201/b13019>.

KEROUS, B.; SKOLA, F.; LIAROKAPIS, F. EEG-based BCI and video games: a progress report. **Virtual Reality**, 22(2), 119–135, 2017. DOI: 10.1007/s10055-017-0328-x.

KHAN, M. M.; WARD, R. D.; INGLEBY, M. Automated classification and recognition of facial expressions using infrared thermal imaging. In: Proceedings of the IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems 2004. 1 (), pp. 202-206, 2004. DOI: 10.1109/ICCIS.2004.1460412.

KHAN, M. M.; WARD, R. D.; INGLEBY, M. **Infrared Thermal Sensing of Positive and Negative Affective States**. IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Bangkok, 2006, pp. 1-6, 2006. DOI: 10.1109/RAMECH.2006.252608.

KHAN, R.; SHARIF, O. A Literature Review on Emotion Recognition using Various Methods. **Global Journal of Computer Science and Technology**. 17 (1), 2017.

KHAZAAL, Y.; CHATTON, A.; ROTHEN, S.; ACHAB, S.; THORENS, G.; ZULLINO, D.; GMEL, G. Psychometric properties of the 7-item game addiction scale among french and German speaking adults. **BMC Psychiatry**, 16(1), 132–, 2016. DOI: 10.1186/s12888-016-0836-3.

KHUSHABA, R. N.; CHELSEA, W.; KODAGODA, S.; LOUVIERE, J.; KAHN, B. E.; TOWNSEND, C. Consumer Neuroscience: Assessing the Brain Response to Marketing Stimuli Using Electroencephalogram (EEG) and Eye Tracking. **Expert Systems with Applications**, 40/9, 3803-3812, 2013.

KILLGORE, W. D. S.; YURGELUN-TODD, D. A. The right-hemisphere and valence hypotheses: could they both be right (and sometimes left)?. **Social Cognitive and Affective Neuroscience**, 2(3), 240–250, 2007. DOI: 10.1093/scan/nsm020.

KIRKLAND, L. **Using Neuroscience to Inform Your UX Strategy and Design**. UX Matters. Disponível em: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2012/07/using-neuroscience-to-inform-your-ux-strategy-and-design.php>. Publicado em: 9 jul.2012. Acesso em: 22 fev. 2019.

KIVIKANGAS, J. M.; EKMAN, I.; CHANEL, G.; JÄRVELÄ, S.; COWLEY, B.; SALMINEN, M.; HENTTONEN, P. J.; RAVAJA, N. Review on psychophysiological methods in game

research. In: Nordic DiGRA 2010. Disponível em: <http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/10343.06308.pdf>. Acesso em: 28 jul.2019.

KIVIKANGAS, J. M.; EKMAN, I.; CHANEL, G.; JÄRVELÄ, S.; COWLEY, B.; SALMINEN, M.; RAVAJA, N. A review of the use of psychophysiological methods in game research. **Journal of Gaming and Virtual Worlds**. 3 (3), 181-199, 2011. DOI: 10.1386/jgww.3.3.181_1.

KLINE, J. P.; BLACKHART, G. C.; WOODWARD, K. M.; WILLIAMS, S. R.; SCHWARTZ, G. E. R. Anterior electroencephalographic asymmetry changes in elderly women in response to a pleasant and an unpleasant odor. **Biological Psychology**, 52(3), pp.241-250, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00046-0).

KLOCK, A. C. T.; FLORES, T. H.; GASPARINI, I.; HOUNSELL, M. S. Classificação de Jogadores: Um mapeamento sistemático da literatura. In: SBGames 2016: XV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2016, São Paulo. Proceedings da SBGames 2016, 2016. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/156973.pdf>. Acesso em: 03 jan.2020.

KNUTZ, E.; MARKUSSEN, T.; DESMET, P.; VISCH, V. Designing narrative games for a serious context. In: BRASSETT, J.; HEKKERT, P.; LUDDEN, G.; MALPASS, M.; MCDONNELL, J. (Eds.), Out of Control 2012; Proceedings of 8th International Design and Emotion Conference, September 11-14. London, England: Central Saint Martins College of Arts & Design, 2012. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:c102c863-38b5-4a09-8948-b1e3b6d983d4?collection=research>. Acesso em: 28 jun.2019.

KOGA, Y.; KAWASHIMA, D. Development and Validation of Japanese Version of the Game Addiction Scale for Adolescents. **The Japanese Journal of Personality**, 27(2), 175–177, 2018. DOI: 10.2132/personality.27.2.10.

KÖGEL, J.; JOX, R. J.; FRIEDRICH, O. What is it like to use a BCI? – insights from an interview study with brain-computer interface users. **BMC Med Ethics** 21 (1), 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12910-019-0442-2>.

KÖGEL, J.; SCHIMD, J. R.; JOX, R. J.; FRIEDRICH, O. Using brain-computer interfaces: a scoping review of studies employing social research methods. **BMC Medical Ethics**. 20 (18), 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12910-019-0354-1>.

KOJI, N.; NOZAWA, A.; IDE, H. Evaluation of Emotions by Nasal Skin Temperature on Auditory Stimulus and Olfactory Stimulus. **IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems**, 124(9), 1914–1915, 2004. DOI: 10.1541/ieejieiss.124.1914.

KOSONOGOV, V.; DE ZORZI, L.; HONORÉ, J.; MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, E. S.; NANDRINO, J.-L.; MARTINEZ-SELVA, J. M.; SEQUEIRA, H. Facial thermal variations: A new marker of emotional arousal. **PLoS One**. 12(9):1–15, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0183592.

KOTOWSKI, K.; STAPOR, K.; LESKI, J.; KOTAS, M. Validation of Emotiv EPOC+ for extracting ERP correlates of emotional face processing. **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, 38(4): 773–781, 2018. DOI: 10.1016/j.bbe.2018.06.006.

KOTSIA, I.; ZAFEIRIOU, S.; GOUDELIS, G.; PATRAS, I.; KARPOUZIS, K. Multimodal Sensing in Affective Gaming. In: KARPOUZIS, K.; YANNAKAKIS, G. N. (Eds) *Emotion in Games – Theory and Praxis*. Cham, Switzerland: Springer, 2016.

KREIBIG, S. D. Autonomic nervous system activity in emotion: A review. **Biological Psychology**. 84 (3), p. 394–421. 2010. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2010.03.010.

KRETSCHMER, F.; KOLLENBERG, M. E. **Vertical Farming - Can Urban Agriculture Feed a Hungry World?** Disponível em: <https://www.spiegel.de/international/zeitgeist/vertical-farming-can-urban-agriculture-feed-a-hungry-world-a-775754.html>. Publicado em: 22 jul.2011. Acesso em: 03 fev.2019.

KRIŠTO, M.; IVAŠIĆ-KOS, M. An overview of thermal face recognition methods. In: 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, 2018, pp. 1098-1103, 2018. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400200.

KROPOTOV, J. D. *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. Ed.1. Cambridge: Academic Press, 2009.

KUIKKANIEMI, K.; LAITINEN, T.; TURPEINEN, M.; SAARI, T.; KOSUNEN, I.; RAVAJA, N. The influence of implicit and explicit biofeedback in first-person shooter games. **In:** ACM Press the 28th international conference - Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - CHI '10 – Atlanta, Georgia, USA. (), 859–, 2010. DOI:10.1145/1753326.1753453.

KUITTINEN, J.; KULTIMA, A.; NIEMELÄ, J.; PAAVILAINEN, J. Casual games discussion. **In:** Proceedings of the 2007 conference on Future Play - Future Play '07. Toronto, Canada: ACM Press. P.105–112, 2007. DOI: 10.1145/1328202.1328221.

KUMAR, J.; KUMAR, J. Affective modelling of users in HCI using EEG. *Procedia Computer Science*. 84, 107 – 114. **In:** 7th International conference on Intelligent Human Computer Interaction, IHCI 2015, 2016.

KUO, J.-Y.; CHEN, C.-H.; ROBERTS, J. A framework for understanding the emotional impacts in virtual sport training. **Virtual and Physical Prototyping**, 8(4), 235–239, 2013. DOI: 10.1080/17452759.2013.862957.

KURAOKA, K.; NAKAMURA, K. The use of nasal skin temperature measurements in studying emotion in macaque monkeys. **Physiology & Behavior**, 102(3-4), 347–355, 2011. DOI: 10.1016/j.physbeh.2010.11.029.

KUREMOTO, T., TSURUSAKI, T., KOBAYASHI, K., MABU, S., & OBAYASHI, M. An Improved Reinforcement Learning System Using Affective Factors. **Robotics**, 2(3), 149–164, 2013. DOI: 10.3390/robotics2030149.

LAHIRI, B. B; BAGAVATHIAPPAN, S.; JAYAKUMAR, T.; PHILIP, J. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, 55 (4), 221-235, 2012. DOI: 10.1016/j.infrared.2012.03.007.

LAI, C.-H.; PENG, C.-W.; CHEN, Y.-L.; HUANG, C.-P.; HSIAO, Y.-L.; CHEN, S.-C. Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. **Gait & Posture**, 37 (4), 511–515, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.003>.

LANDA, L.; KRPOUN, Z.; KOLAROVA, M.; KASPAREK, T. Event-related Potentials and Their Applications. **Activitas Nervosa Superior**. 56 (1-2). PP. 17-23, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03379603>.

LANDERS, R. N.; BAUER, K. N. Quantitative methods and analyses for the study of players and their behaviour. In: LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) **Game research methods - An overview**. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

LANDIM, P. C. **Design, empresa, sociedade** [online]. São Paulo: Editora UNESP, Cultura Acadêmica, 2010.

LANG, M. Investigating the Emotiv EPOC for cognitive control in limited training time. Department of Computer Science, University of Canterbury, 2012.

LANG, P. J.; BRADLEY, M. M; CUTHBERT, B. N. International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings. NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, Gainesville, 39-58, 1997.

LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) **Game research methods - An overview**. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

LANKOSKI, P.; HOLOPAINEN, J. Game Design Research – An Overview. In: LANKOSKI, P.; HOLOPAINEN, J. **Game Design Research – An Introduction to Theory and Practice**. Pittsburgh: ETC Press, 2017. Disponível em: <https://press.etc.cmu.edu/index.php/product/game-design-research/>. Acesso em: 14 jan.2021.

LATIF, M. H.; YUSOF, H. Md.; SIDEK, S. N.; RUSLI, N.; FATAI, S. Emotion detection from thermal facial imprint based on GLCM features. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, 11 (1). pp. 345-350, 2016. Disponível em: <http://irep.iium.edu.my/49956/>. Acesso em: 24 fev. 2019.

LAURANS, G.; DESMET, P.M.A. Using self-confrontation to study user experience: A new approach to the dynamic measurement of emotions while interacting with products. In: DESMET, P. M. A.; KARLSSON, M.A.; VAN ERP, J. (Eds.), **Design & Emotion 2006**; Proceedings of The International Conference on Design and Emotion, September 27-29. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2006.

LAURENTINO, S. G. **Tomada de decisão em pacientes deprimidos: estudo eletrofisiológico**. Tese (Doutorado em Neurologia) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, 2015. Recife: UFPE, 2015. 116 f.

LAVIE, T.; MEYER, J. Adaptive User Interfaces and Personalization. **In:** KARWOWSKI, W. (Ed.) *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors Volume 1* (2ed.). Boca Raton: CRC Press, 2006.

LECOUTRE, L.; LINI, S.; BEY, C.; LEBOUR, Q.; FAVIER, P. Evaluating EEG Measures as a Workload Assessment in an Operational Video Game Setup. **In:** *Proceedings of the 2nd International Conference on Physiological Computing Systems - Volume 1: PhyCS*, ISBN 978-989-758-085-7, pages 112-117, 2015. DOI: 10.5220/0005318901120117.

LEE, D.; BAE, Y. The Effectiveness of Driving Game on Trunk Control and Gait Ability in Stroke. **Journal of Motor Behavior**, 52(4):1-8, 2019. DOI: 10.1080/00222895.2019.1574259.

LEE, Y.-Y.; HSIEH, S. Classifying Different Emotional States by Means of EEG-Based Functional Connectivity Patterns. **PLoS ONE**, 9(4), e95415–, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0095415.

LEGRAND, F. D.; BERTUCCI, W. M.; ARFAOUI, A. Relationships between facial temperature changes, end-exercise affect and during-exercise changes in affect: a preliminary study, **Eur. J. Sport Sci.** 15(2), pp. 161–166, 2015. DOI: 10.1080/17461391.2014.948077.

LELORD, F.; ANDRE, C. **A força das emoções**. Cascais: Editora Pergaminho, 2002.

LEMMENS, J. S.; VALKENBURG, P. M.; PETER, J. Development and Validation of a Game Addiction Scale for Adolescents. **Media Psychology**, 12(1), 77–95, 2009. DOI: 10.1080/15213260802669458.

LEMOS, I. L.; CONTI, M. A.; SOUGEY, E. B. Avaliação da equivalência semântica e consistência interna da Game Addiction Scale (GAS): versão em português. **J. bras. psiquiatr.** vol.64 no.1, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0047-2085000000051>.

LEMOS, I. L.; CARDOSO, A.; SOUGEY, E. B. Validity and reliability assessment of the Brazilian version of the game addiction scale (GAS). **Comprehensive Psychiatry**, 67, 19–25, 2016. DOI: [10.1016/j.comppsy.2016.01.014](https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2016.01.014).

LEMOS, L. Dislexia na interface videogame, educação e saúde. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/208547.pdf>. Acesso em: 10 dez.2020.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 1ed. São Paulo: Atheneu, 2002.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LENT, R. (coord.) **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Koogan, 2013.

LEVENTHAL, L.; BARNES, J. **Usability Engineering: Process, Products and Examples**. New Jersey: Pearson Education Inc., 2008.

LEVY, W. J. Effect of Epoch Length on Power Spectrum Analysis of the EEG. **Anesthesiology**, 66(4), 489–495, 1987. DOI: 10.1097/00000542-198704000-00007.

LEWIS, J. R.; SAURO, J. The Factor Structure of the System Usability Scale. In: KUROSU, M. (eds) Human Centered Design. HCD 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5619. Springer, Berlin, Heidelberg. Lecture Notes in Computer Science, 94–103, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12.

LI, S. Z.; CHU, R.; LIAO, S.; ZHANG, L. Illumination Invariant Face Recognition Using Near-Infrared Images. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. V. 29 (4), pp. 627-639, 2007. DOI: 10.1109/TPAMI.2007.1014.

LI, Y.; ELMAGHRABY, A. S.; EL-BAZ, A.; SOKHADZE, E. M. Using physiological signal analysis to design affective VR games. In: IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), Abu Dhabi, 2015, pp. 57-62, 2015. DOI: 10.1109/ISSPIT.2015.7394401.

LIANG, J.; XIAN, D.; LIU, X.; FU, J.; ZHANG, X.; TANG, B.; LEI, J. Usability Study of Mainstream Wearable Fitness Devices: Feature Analysis and System Usability Scale Evaluation. **JMIR Mhealth Uhealth**. 6(11): e11066, 2018. DOI: 10.2196/11066.

LIDWELL, W.; HOLDEN, K.; BUTLER, J. **Universal Principles of Design - 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach through Design**. Beverly, MA: Rockport Publishers, 2010.

LIEBEROTH, A.; ROEPSTORFF, A. Mixed methods in game research - Playing on strengths and countering weaknesses. In: LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) *Game research methods - An overview*. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

LIEBEROTH, A.; WELLNITZ, K. B.; AAGAARD, J. Sex, violence and learning - Assessing game eZects. In: LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) *Game research methods - An overview*. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

LIM, C. L.; BYRNE, C.; LEE, J. K. Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings. **Thermoregulation in Sports and Exercise**. v.37 (4), 347-353, 2008.

LIN, M.-H.; WANG, C.-Y.; CHENG, S.-K.; CHENG, S.-H. An event-related potential study of semantic style-match judgments of artistic furniture. **International Journal of Psychophysiology**. 82 (2), pp. 188–195, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.08.007>.

LINDLEY, C. **Game Taxonomies: A High Level Framework for Game Analysis and Design**, 2003. Disponível em:

https://www.gamasutra.com/view/feature/131205/game_taxonomies_a_high_level_.php.

Acesso em: 09 maio 2019.

LINDQUIST, K. A.; GENDRON, M.; BARRETT, L. F.; DICKERSON, B. C. Emotion perception, but not affect perception, is impaired with semantic memory loss. **Emotion**, 14(2), 375–387, 2014. DOI: 10.1037/a0035293.

LIU, Y.; WU, C.; BERMAN, M. G. Computational neuroergonomics. **NeuroImage**, 59(1), 109–116, 2012. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.05.027.

LIU, Z.; CASCIOLI, V.; HEUSCH, A. I.; MCCARTHY, P. W. Studying thermal characteristics of seating materials by recording temperature from 3 positions at the seat-subject interface. **Journal of Tissue Viability**, 20(3), 73–80, 2011. DOI: 10.1016/j.jtv.2011.04.002.

LÖBACH, B. **Design Industrial: Bases para a Configuração dos Produtos Industriais**. São Paulo: Blucher, 2001.

LOH, C. S.; SHENG, Y.; IFENTHALER, D. Serious Games Analytics: Theoretical Framework. In: LOH, C. S.; SHENG, Y.; IFENTHALER, D. (eds). **Serious Games Analytics. Advances in Game-Based Learning**. Springer, Cham, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05834-4_1.

LOPEZ, A., LOURENÇO, P. R., DIMAS, I., FIGUEIREDO, C. PJAWSN – Escala Portuguesa do Bem-Estar Afetivo no Trabalho: Contributos para a sua validação. In: CARVALHO, C.; LOURENÇO, P. R.; PERALTA, C. (Eds.) **A emoção nas organizações** Viseu: Psicosoma, 2012. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/9248>. Acesso em: 12 ago.2020.

LOPETEGUI, E.; ZAPIRAIN, B. G.; MENDEZ, A. Tennis computer game with brain control using EEG signals. In: 16th International Conference on Computer Games (CGAMES 2011), pp. 228-234, 2011. DOI: 10.1109/CGAMES.2011.6000344.

LORGUS, A. L.; ODEBRECHT, C. **Metodologia de Pesquisa Aplicada ao Design**. Blumenau: edifurb, 2011.

LOVE, T. Beyond emotions in designing and design: epistemological and practical issues. In: MCDONAGH, D.; HEKKERT, P.; VAN ERP, J.; GYI, D. (Eds.), *Design and emotion: The experience of everyday things* (pp. 387-391). London: Taylor and Francis, 2004.

LOVO, M. S. **Neuromarketing aplicado ao patrocínio esportivo: estudo experimental com eletroencefalografia (EEG) sobre a atitude de torcedores com o patrocinador em diferentes desempenhos da equipe patrocinada**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Pós-Graduação em Administração de Organizações, 242p. 2019.

LU, G.; HOU, G. Effects of Semantic Congruence on Sign Identification: An ERP Study. **Human Factors**. 62(5): 800-811, 2020. DOI: 10.1177/0018720819854880.

LUCCAS, F. J. C.; ANGHINAH, R.; BRAGA, N. I. O.; FONSECA, L. C.; FROCHTENGARTEN, M. L.; JORGE, M. S.; KANDA, P. A. M. Recomendações para o registro/interpretação do mapeamento topográfico do eletrencefalograma e potenciais evocados: Parte II: Correlações clínicas. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**. vol.57, n.1, pp.132-146, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0004-282X1999000100026>.

LUCIANO, M. F. D.; PEREIRA, J. V. S.; CERQUEIRA, L. C.; JESUS, M. G.; GUIMARÃES, P.; BONFIM, C.; ALVES, L. Um estudo sobre motivação entre o Minecraft e o Gamebook Guardiões da Floresta. In: SBGames 2018: XVII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital, 2018, Foz do Iguaçu. Proceedings da SBGames 2018, 2018.

LUZ, A. R. **Vídeo game: história, linguagem e expressão gráfica**. Coleção pensando o design, Carlos Zibel Costa (coord). São Paulo: Blucher, 2010.

LUZ, S. C. T.; OLIVEIRA, T. P.; ANDRADE, M. C.; ÁVILA, A. O. V.; DE LA ROSA, F. J. B. Adaptação à prótese híbrida de extremidade superior: estudo termográfico de um caso. **Fisioterapia e Pesquisa**, 17(2), 173–177, 2010. DOI: 10.1590/s1809-29502010000200014.

LV, Z.; ESTEVE, C.; CHIRIVELLA, J.; GAGLIARDO, P. Serious Game based personalised healthcare system for dysphonia rehabilitation, **Pervasive and Mobile Computing**. V. 41, 504-519, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2017.04.006>.

LYNCH, Z. **A Revolução Neurotecnológica: como a neurociência está mudando o nosso mundo**. Zack Lynch com Byron Laursen. Tradução de Carmen Fischer. São Paulo: Cultrix, 2011.

LYNCH, Z. Neurotechnology and society (2010-2060). **Ann N Y Acad Sci**. 1013:229-33, 2004. DOI: 10.1196/annals.1305.0

MACAY, M.; CASEY, J. Serious Games: Fun vs. Reality. In: Simulation Interoperability Standards Organization – SISO, Spring SIW 2011 Conference, Orlando-Florida, 2011. Disponível em:

https://www.sisostds.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=32352&PortalId=0&TabId=105. Acesso em: 18 julho 2020.

COPYRIGHT NOTICE - Copyright 2020, SISO, Inc. Permission is hereby granted to quote any of the material herein, or to make copies thereof, for non-commercial purposes, as long as proper attribution is made and this copyright notice is included. All other uses are prohibited without written permission from SISO, Inc.

MACGONIGAL, J. **Reality is Broken: why games make us better and how they can change the world**. London: Handom House, 2011.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S.; COSTA, R. M. E. M. Serious Games Baseados em Realidade Virtual para Educação Médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**. 35 (2): 254-262, 2011.

MACIEL, U. **Relatório da análise dos sinais de EEG**. 2ª versão. Recife, 2021.

MACIUSZEK, D.; WEICHT, M.; MARTENS, A. Seamless integration of game and learning using modeling and simulation. In: Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC), 2012. DOI:10.1109/wsc.2012.6465234.

MADAN, A.; DUBEY, S. K. Usability evaluation methods: a literature review. **International Journal of Engineering Science and Technology**. 4(2), PP. 590-599, 2012.

MADEIRA, S. J. P. S. **Avaliação de usabilidade do Sistema de Informações e Gestão Acadêmica da Universidade Federal de Pernambuco (SIG@UFPE): um estudo de caso no Centro de Artes e Comunicação**. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade

Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 348f., Recife, 2018.

MAGALHÃES, S.; ALBUQUERQUE, R. R.; PINTO, J. C.; MOREIRA, A. L. **Termorregulação**. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto – Serviço de Fisiologia: Porto, 2001. Disponível em: <http://www.uff.br/WebQuest/downloads/Termorreg.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.

MAHARBIZ, M. M.; MULLER, R.; ALON, E.; RABAEY, J. M.; CARMENA, J. M. Reliable Next-Generation Cortical Interfaces for Chronic Brain–Machine Interfaces and Neuroscience. In: Proceedings of the IEEE, vol. 105, no. 1, pp. 73-82, 2017, DOI: 10.1109/JPROC.2016.2574938.

MAIA, F. B. A. **O significado das emoções nas experiências satisfatórias do consumidor de serviços extremos: uma investigação no turismo de aventura**. Tese (Doutorado em Administração) Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Sociais Aplicadas. 2011, 190p.

MAKINO, M.; YOSHIMOTO, R.; ONO, M.; ITOKO, T.; KATSUKI, T. [...], SUZUKI, A. Artificial intelligence predicts the progression of diabetic kidney disease using big data machine learning. **Scientific Reports**. 9, 11862, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48263-5>.

MALIK, A. S.; AMIN, H. U. **Designing EEG Experiments for Studying the Brain**. Design Code and Example Datasets. 1st Ed. Malaysia: Academic Press Elsevier, 2017.

MALLAT, K.; DUGELAY, J-L. A benchmark database of visible and thermal paired face images across multiple variations. In: International Conference of the Biometrics Special Interest Group BIOSIG, pp. 199-206, 2018. DOI: 10.23919/BIOSIG.2018.8553431. Disponível em: <http://vis-th.eurecom.fr/presentation>. Acesso em: 05 ago. 2020.

MALMIVUO, J.; PLONSEY, R. **Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields**. England: Oxford University Press, 1995.

MARCHI, P.; HASHIMOTO, M. Arquitetura e Design. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MARCUS, S. J. (Ed.) **Neuroethics: Mapping The Field**. In: Proceedings Conference, San Francisco, California, 2002. The Dana Press: New York, 2002. Disponível em: <https://dana.org/wp-content/uploads/2022/05/neuroethics-mapping-the-field.pdf>. Acesso em: 03 mar.2019.

MARÇAL, M. A. **Relatório da análise dos termogramas – Pesquisa Ademario Santos**. Recife, 2020.

MARÇAL, M. A.; ELIAS, A. P. V.; SILVA, F. F. D. Uso da termografia infravermelha na identificação de dor em trabalhadores encaminhados para reabilitação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA APLICADA-CONAERG, 1, 2016, Recife. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/conaerg2016/8088.pdf>. Acesso em: 02 abr 2018.

MARÇAL, M. A.; SILVA, F. F. D.; MONTEIRO NETO, L. F. Termografia Infravermelha: Avaliação da Sobrecarga Músculo Esquelética da Região Lombar e Membros Inferiores em uma Linha de Produção. In: Congreso Latinoamericano y VI Congreso Peruano de Ergonomía, 5, 2016, Lima-Peru. Disponível em: <https://docplayer.com.br/37983917-Termografia-infravermelha-avaliacao-da-sobrecarga-musculo-esqueletica-na-regiao-lombar-e-membros-inferiores-em-uma-linha-de-producao.html>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MARCELINO, J.; LIMA, N.; SANTOS, M.; FERREIRA, R.; ARAÚJO, M.; BARROSO, P.; MARTINS, L. Protocolo de avaliação de usabilidade de adaptadores para a escrita com crianças e adolescentes com paralisia cerebral discinética. In: MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. (orgs) Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento – I , 1.ed. – Bauru: Canal 6 Editora, 2018B, pp. 157-168.

MARCELINO, J.; LOPES, F; ARAÚJO, M.; MELO, A. P.; CABRAL, A. K.; BARROSO, P.; MARTINS, L. Uso da termografia na avaliação da variação do diâmetro da ferramenta para a escrita com uma criança com discinesia. In: MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. (orgs)

Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento – I , 1.ed. – Bauru: Canal 6 Editora, 2018A, pp. 205-2014.

MARÍN-MORALES, J.; HIGUERA-TRUJILLO, J. L.; GRECO, A. GUIXERES, J.; LLINARES, C.; SCILINGO, E. P.; ALCANIZ, M.; VALENZA, G. Affective computing in virtual reality: emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors. **Sci Rep**, 8(1), 13657, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32063-4>.

MARINO JÚNIOR, R. Neuroética: o cérebro como órgão da ética e da moral. **Revista Bioética**, v. 18, n. 1, p. 109-120, 2010.

MARSHALL, D.; COYLE, D.; WILSON, S.; CALLAGHAN, M. Games, Gameplay, and BCI: The State of the Art. **In: IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games**, vol. 5, no. 2, pp. 82-99, 2013. DOI: 10.1109/TCIAIG.2013.2263555.

MARTIN, B.; HANINGTON, B. **Universal Methods of Design - 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions**. Beverly, MA: Rockport Publishers, 2012.

MARTIN J. M.; ALTARRIBA J. Effects of Valence on Hemispheric Specialization for Emotion Word Processing. **Lang Speech**. 60(4): 597-613, 2017. DOI: 10.1177/0023830916686128.

MARZEC, M.; KOPROWSKI, R.; WRÓBEL, Z. Methods of face localization in thermograms. **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, 35(2), 138–146, 2015. DOI: 10.1016/j.bbe.2014.09.001.

MATCHWORKS. **Matlab**. Products. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>. Acesso em: 28 ago.2020.

MAUER, E.; PROCTOR, E. Techniques to Translate Design Research into Useful, Usable, and Desirable Products. **In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M. M.; STANTON, N. A. Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design - Methods and Techniques**. Florida: CRC Press, 2011.

MAYHEW, D. R.; SIMPSON, H. M.; PAK, A. Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving. **Accident Analysis & Prevention**. 35 (5), pp. 683-691, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00047-7](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00047-7).

MCGLANAGHY, E.; DI PIETRO, N.; ILLES, J. The Brain and Ethics: An Introduction to Research in Neuroethics. **Frontiers for Young Minds**, 3(2), –, 2015. DOI: 10.3389/frym.2015.00002.

MCKEE, M. G. Biofeedback: an overview in the context of heart-brain medicine. **Cleve Clin J Med**. 75, Suppl 2:S31-4, 2008. DOI: 10.3949/ccjm.75.suppl_2.s31.

MCLEAN, C. P.; ANDERSON, E. R. Brave men and timid women? A review of the gender differences in fear and anxiety. **Clin. Psychol. Rev.**, 29, 496–505, 2009.

MCLOONE, H.; JACOBSON, M.; ADAMS, E.; JOHNSON, P. Infrared Thermography to Qualify and Quantify Interaction between Hand and Computer Mouse and its Relationship to Comfort. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 44(32), 6-47–6-50, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1177/154193120004403213>.

MCMAHAN, T.; PARBERRY, I.; PARSONS, T. D. Evaluating Player Task Engagement and Arousal Using Electroencephalography. **Procedia Manufacturing**, 3, 2303–2310, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.376>.

MCMILLAN, K.; FLOOD, K.; GLAESER, R. Virtual reality, augmented reality, mixed reality, and the marine conservation movement. **Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst**. 27 (S1): 162–168, 2017.

MCMAMARA, N.; KIRAKOWSKI, J. Functionality, usability, and user experience. **Interactions**, 13(6), pp. 26-28, 2006. DOI: 10.1145/1167948.1167972.

MEDINA, D. A. R.; TREJO, B. D.; ESTEBAN, P. C.; CRUZ-ALBARRÁN, I. A.; HERNANDEZ, L. A. M.; ALVA, G. L. Biopsychosocial Assessment of Pain with Thermal Imaging of Emotional Facial Expression in Breast Cancer Survivors. **Medicines**, 5(2), 30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicines5020030>.

MEHTA, R. K.; PARASURAMAN, R. Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. **Frontiers in Human Neuroscience**, 7(), 1–10, 2013. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00889.

MEIRA, L. F.; KRUEGER, E.; NEVES, E. B.; NOHAMA, P.; SOUZA, M. A. Termografia na Área Biomédica. **Pan American Jou. of Medical Thermology**. V1, (1): 31-41, 2014. DOI: 10.18073/2358-4696/pajmt.v1n1p31-41.

MELLO, A. C. B. **Levantamento de requisitos por meio da análise da atividade e da tarefa para sistemas digitais**. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 119f. Recife, 2018.

MÉNARD, M.; RICHARD, P.; HAMDI, H.; DAUCÉ, B.; YAMAGUCHI, T. Emotion Recognition based on Heart Rate and Skin Conductance. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Physiological Computing Systems - Volume 1: PhyCS, pages 26-32, 2015. DOI: 10.5220/0005241100260032.

MENDONÇA, R. L.; MUSTARO, P. N. Sistema Especialista para o Cálculo do Grau de Imersão em Jogos Digitais. In: SBGames 2011: X Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2011, Salvador. Proceedings da SBGames 2011, 2011. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames/papers/art/full/91931.pdf>. Acesso em: 08 jan.2020.

MENEZES, G. S. **Gamificação no contexto da experiência do usuário**: estudo da relação dos elementos de game com a experiência do usuário. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 2015.

MERINO, E.; MANNRICH, G.; GUIMARÃES, B.; SPECK, G.; MATOS, D.; DOMENECH, s.; MERINO, G. Implementation of Integrated Instrumentation in Assistive Technology. Advances. In: REBELO, F.; SOARES, M. Ergonomics In Design, [s.l.], p.549-560, 2018. Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_55.

MERINO, G. S. A. D.; PAULO, I. I.; FORCELINI, F.; VARNIER, T. O uso da termografia e captura de movimentos para identificação de oportunidades de tecnologias assistivas: um

estudo de caso. **Ergodesign & HCI**. Vol. 7 (1), pp. 64-74, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22570/ergodesignhci.v7iEspecial.1307>.

MERLA, A. Revealing Psychophysiology and Emotions through Thermal Infrared Imaging. In: Proceedings of the International Conference on Physiological Computing Systems - OASIS, (PhyCS 2014), v. 1, pp. 368-377, 2014. DOI: [10.5220/0004900803680377](https://doi.org/10.5220/0004900803680377).

MERLA, A.; ROMANI, G. L. Thermal Signatures of Emotional Arousal: A Functional Infrared Imaging Study. In: **Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS** Cité Internationale, Lyon, France August 23-26, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4352270>.

MICHA, D. N.; PENELLO, G. M.; KAWABATA, R. M. S.; CAMAROTTI, T. “Vendo o invisível”. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1501, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/331501.pdf>. Acesso: 15 abr. 2018.

MIOTEC. **Tudo que você precisa saber sobre Gameterapia**. Disponível em: <https://blog.miotec.com.br/wp-content/uploads/2017/10/Tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-Gameterapia.pdf>. Publicado em: 19 set.2017. Acesso em: 11 fev.2020.

MISHRA, J.; ANGUERA, J. A.; GAZZALEY, A. Video Games for Neuro-Cognitive Optimization. **Neuron**, 90 (2), 214-218, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2016.04.010>.

MÖCKES, J.; GASSER, T. How to select epochs of the EEG at rest for quantitative analysis. **Electroencephalography and clinical Neurophysiology**, 58(1), 0–92, 1984. DOI: 10.1016/0013-4694(84)90205-0.

MOHSENI, M. R.; LIEBOLD, B.; PIETSCHMANN, D. Extensive modding for experimental game research. In: LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) **Game research methods - An overview**. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

MONDÉJAR, T.; HERVÁS, R.; JOHNSON, E.; GUTIERREZ, C.; LATORRE, J. M. Correlation between videogame mechanics and executive functions through EEG analysis. **Journal of Biomedical Informatics**, 63(), 131–140, 2016. DOI: 10.1016/j.jbi.2016.08.006.

MONK, C. S. The development of emotion-related neural circuitry in health and psychopathology. **Development and Psychopathology**, 20(4), 1231–1250, 2008. DOI: 10.1017/S095457940800059X.

MORAES, A. Design: Arte, Artesanato, Ciência, Tecnologia? O fetichismo da mercadoria versus o usuário/trabalhador*. In: COUTO, R. M. S.; OLIVEIRA, A. J.; FARBIARZ, J. L.; NOVAES, L. (orgs.) Formas do Design: por uma metodologia interdisciplinar. 2ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2014.

MORAN, D. B.; MARTÍN, A. S.; CORTÉS, M. I. L. Propuesta de un enfoque de tecnología educativa para la construcción de un sistema web. Caso de aplicación: enseñanza del reino Fungi. **IE Revista De Investigación Educativa De La REDIECH**, 12, e1126, 2021. DOI: https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v12i0.1126.

MORETTIN, P. Alberto. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo : Saraiva, 2010.

MORIDIS, C. N.; TERZIS, V.; ECONOMIDES, A. A.; KARLOVASITOU, A.; KARABATAKIS, V. E. Using EEG Frontal Asymmetry to Predict IT User's Perceptions Regarding Usefulness, Ease of Use and Playfulness. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**, 43(1), 1–11, 2017. DOI: 10.1007/s10484-017-9379-8.

MOSKVITCH, K. **Artificial blood vessels created on a 3D printer**. BBC News. Technology. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/technology-14946808>. Publicado em: 16 set.2011. Acesso em: 03 fev.2019.

MROZIK, K.; KOSTEK, B.; KUROWSKI, A.; CZYŻEWSKI, A. Comparison of selected electroencephalographic signal classification methods. In: Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA), Poznan, 2017, pp. 36-41, 2017. DOI: 10.23919/SPA.2017.8166834.

MUELLER, F.; GIBBS, M. R.; VETERE, F. Taxonomy of exertion games. In: Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction Designing for Habitus and Habitat - OZCHI '08, Cairns, Australia. (), 263–, 2008. DOI: 10.1145/1517744.1517772.

MUQTADIROH, F. A.; ASTUTI, H. M.; DARMANINGRAT, E. W. T.; APRILIAN, F. R. Usability Evaluation to Enhance Software Quality of Cultural Conservation System Based on Nielsen Model (WikiBudaya). **Procedia Computer Science**, 124, 513–521, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.184>.

MYERS, D. G. **Theories of Emotion**. Psychology: Seventh Edition. New York, NY: Worth Publishers, 2004.

MYERS, D. G.; DEWALL, C. N. **Psychology**. 11th ed. New York, NY: Worth Publishers, 2015.

NACKE, L.; DRACHEN, A. Towards a framework of player experience research. In: Proceedings of the Second International Workshop on Evaluating Player Experience in Games at FDG 2011, Bordeaux, France, 2011.

NACKE, L. E.; STELLMACH, S.; LINDLEY, C. A. Electroencephalographic Assessment of Player Experience: A Pilot Study in Affective Ludology. **Simulation & Gaming**, 42(5), 632–655, 2011. DOI: 10.1177/1046878110378140.

NAKANISHI, R.; IMAI-MATSUMURA, K. Facial skin temperature decreases in infants with joyful expression. **Infant Behavior & Development**, 31(1), 137–144, 2008. DOI: 10.1016/j.infbeh.2007.09.001.

NARDELLI, M., VALENZA, G., GRECO, A., LANATA, A., & SCILINGO, E. P. Recognizing Emotions Induced by Affective Sounds through Heart Rate Variability. **IEEE Transactions on Affective Computing**, 6(4), 385–394, 2015. DOI: 10.1109/taffc.2015.2432810.

NESTORIUC, Y.; MARTIN, A.; RIEF, W.; ANDRASIK, F. Biofeedback Treatment for Headache Disorders: A Comprehensive Efficacy Review. **Appl Psychophysiol Biofeedback**, 33(3), 125–140, 2008. DOI:10.1007/s10484-008-9060-3.

NETZER, L.; GUTENTAG, T.; KIM, M. Y.; SOLAK, N.; TAMIR, M. Evaluations of emotions: Distinguishing between affective, behavioral and cognitive components. **Personality and Individual Differences**, 135, 13–24, 2018. DOI: 10.1016/j.paid.2018.06.038.

NEVELSTEEN, K. J. L. Virtual world, defined from a technological perspective and applied to video games, mixed reality, and the Metaverse. **Comput Anim Virtual Worlds**. 29: e1752, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/cav.1752>.

NEVES, D. E.; SANTOS, L. G. N. O.; SANTANA, R. C.; ISHITANI, L. Avaliação de jogos sérios casuais usando o método GameFlow. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 6, n. 1, p. 45-59, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5335/rbca.2014.3244>.

NEWZOO. **Global Games Market Report The VR & Metaverse Edition – Free Version 2021**. Disponível em: <https://newzoo.com/products/reports/global-games-market-report/>. Acesso em: 28 dez.2021.

NG, Y. Y.; KHONG, C. W.; THWAITES, H. A Review of Affective Design towards Video Games. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 51, p.687 – 691, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.225.

NGUYEN, H.; KOTANI, K.; CHEN, F.; LE, B. A Thermal Facial Emotion Database and Its Analysis. In: KLETTE, R.; RIVERA, M.; SATOH, S. (eds) Image and Video Technology. PSIVT 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 8333. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-53842-1_34.

NHAN, B.R.; CHAU, T. Classifying Affective States Using Thermal Infrared Imaging of the Human Face. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, 57(4), 979–987, 2010. DOI: 10.1109/tbme.2009.2035926.

NIE, D.; WANG, X.-W.; SHI, L.-C.; LU, B.-L. EEG-based emotion recognition during watching movies. In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER), Cancun, Mexico, 667–670, 2011. DOI: 10.1109/NER.2011.5910636.

NIELSEN, J. **Designing web usability: The practice of simplicity**. New Riders Publishing, 1999.

NIELSEN, J. **Heuristic evaluation**. In: J. Nielsen and R. Mack, eds. Usability inspection methods. New York: John Wiley, 25–62, 1994.

NIELSEN, J. The usability engineering life cycle. **Computer**, 25(3), 12–22, 1992. DOI: 10.1109/2.121503.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Academic Press: Boston, 1993.

NIEMIC, C. P. Studies of emotion: A theoretical and empirical review of psychophysiological studies of emotion. **Journal of Undergraduate Research**, vol. 1 (1), pp. 15-18, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1802/3032>. Acesso em: 26 abr.2018.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. Standard Reference Data. Disponível em: <https://www.nist.gov/srd>. Acesso em: 09 jan. 2021.

NORMAN, D. **Design emocional: por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia a dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2008.

NORMAN, D. **Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things**. Basic Books, New York, 2004.

NORMAN, D.; NIELSEN, J. **The Definition of User Experience (UX)**. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>. Acesso: 04 mar.2018.

NOZAWA, A.; TACANO, M. Correlation analysis on alpha attenuation and nasal skin temperature. **Journal of Statistical Mechanics Theory and Experiment**. 2009(01), P01007, 2009. DOI: 10.1088/1742-5468/2009/01/P01007.

NUNES, E. Q.; SANTOS, V. V. A.; SANTANA, K. C.; PEREIRA, C. P. Storytelling to Learn: a serious game to help English learning as a second language. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoShort/209370.pdf>. Acesso em: 10 dez.2020.

NUNES, F. L. S.; TREVISAN, D. G.; NUNES, E. P. S.; CORRÊA, C. G.; SANCHES, S. R. R.; DELAMARO, M. E.; SOUZA, A. C. C. Avaliação. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

NUNES-SILVA, M., VALADARES, A. C. D., ROSA, G. T., LOPES, L. C. M., & MARRA, C. A. dos S. Avaliação de Músicas Compostas para Indução de Relaxamento e de seus Efeitos Psicológicos. **Psicologia: Ciência e Profissão**, 36(3), 709–725, 2016. DOI: 10.1590/1982-3703001672014.

NVIE Database. **A Natural Visible and Infrared facial Expression Database**. Disponível em: <http://nvie.ustc.edu.cn/>. Publicado em: 03 jan. 2016. Acesso em: 08 ago. 2020.

O'BRIEN, F.; DUNNE, S.; GORMLEY, M. Between Impulsivity and Problem Driver Status. In: DORN, L. (Ed.) *Driver Behaviour and Training Volume IV - Human Factors in Road and Rail Transport*. Cranfield University, UK: Ashgate, 2010.

O'DOHERTY, K.; EINSIEDEL, E. F. (Ed.) **Public Engagement and Emerging Technologies**. UBC Press: Vancouver, 2012.

O'DONNELL, Andy. **How to Avoid Virtual Reality Sickness - Try these tips to overcome VR queasiness**. Disponível em: <http://www.lifewire.com/avoid-virtual-reality-sickness-4117129>. Atualizado: 02 dez.2018. Acesso: 01 abr.2019.

O'NEILL, B.; RIEDL, M. Emotion-Driven Narrative Generation. In: KARPOUZIS, K.; YANNAKAKIS, G. N. (Eds.) *Emotion in Games – Theory and Praxis*. Cham, Switzerland: Springer, 2016.

OHME, R.; REYKOWSKA, D; WIENER, D.; CHOROMANSKA, A. Application of frontal EEG asymmetry to advertising research. **Journal of Economic Psychology**, v. 31, n. 5, p. 785–793, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joep.2010.03.008>.

OLIVEIRA, A. R. M. **Design como Pensamento: uma breve história da metodologia de design**. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Design. Centro de Artes e Comunicação. 2017, 167f.

OLIVEIRA, L. W.; SANTOS, S. L. V.; CARVALHO, S. T. Salus Ciber Ludens: jogo aplicado para o autocuidado em diabetes em uma experiência conectante. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020A. Disponível em:

<https://www.sbgames.org/proceedings2020/JogosSaudeFull/209582.pdf>. Acesso em: 13 dez.2020.

OLIVEIRA, R. N. R.; ROCHA, R. V. Modelo Conceitual para Planejamento da Avaliação em Jogos Sérios. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/209743.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2020.

OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, D. C. P. TAVARES, T. F. Measurement Methods for Phenomena Associated with Immersion, Engagement, Flow, and Presence in Digital Games. In: SBGames 2016: XV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2016, São Paulo. Proceedings da SBGames 2016, 2016. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157606.pdf>. Acesso: 06 jan. 2020.

OLIVEIRA, T.; NORIEGA, P.; CARVALHAIS, J.; REBELO, F.; LAMEIRA, V. How Deep Is a Virtual Reality Experience? Virtual Environments, Emotions and Physiological Measures. In: REBELO, F.; SOARES, M. (eds) Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 955. Springer, Cham, 2020B. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20227-9_43.

OLIVEIRA T.; NORIEGA P.; REBELO F.; HEIDRICH R. Evaluation of the Relationship Between Virtual Environments and Emotions. In: REBELO, F.; SOARES, M. M. (Eds.) Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 588, p. 71-82, Springer, Cham, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_8.

OLIVEIRA, W.; AMARAL, V. L. A. R. O que se faz e o que se diz: auto-relatos emitidos por terapeutas comportamentais. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**. v.11 (1), 132-153, 2009.

OLSSON, C. M. Fundamentals for writing research. In: LANKOSKI, P.; BJÖRK, S. (Eds.) Game research methods - An overview. Pittsburgh: ETC Press, 2015.

OOSTENVELD, R.; PRAAMSTRA, P. The five percent electrode system for high-resolution EEG and ERP measurements. **Clinical Neurophysiology**, 112 (4), pp. 713 – 719, 2001. DOI: 10.1016/s1388-2457(00)00527-7.

OPPOLD, P.; RUPP, M.; MOULOUA, M.; HANCOCK, P. A.; MARTIN, J. Design considerations to improve cognitive ergonomic issues of unmanned vehicle interfaces utilizing video game controllers. **Work**. 41(1): 5609-5611, 2012. DOI: 10.3233/WOR-2012-0896-5609.

OR, C. K. L.; DUFFY, V. G. Development of a facial skintemperature-based methodology for non-intrusive mental workload measurement. **Occupational Ergonomics**. 7 (2): 83-94, 2007. DOI: 10.3233/OER-2007-7202.

OTA, K. A Study on the Relationship between QoE of Audiovisual Content and Heart Rate Variability. In: International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, NOLTA2017, Cancun, Mexico, December 4-7, 2017. Disponível em: <https://www.ieice.org/nolta/symposium/archive/2017/articles/5166.pdf>.

OTCBVS. **OTCBVS Benchmark Dataset Collection**. Disponível em: <http://vcip-okstate.org/pbvs/bench/>. Publicado em: 2013. Acesso em: 08 ago. 2020.

OWEN, R.; RAMLAKHAN, S. Infrared thermography in paediatrics: a narrative review of clinical use. **BMJ Paediatrics Open**. 1 (1), e000080-, 2017. DOI: 10.1136/bmjpo-2017-000080.

PAEK, A. Y.; BRANTLEY, J. A.; EVANS, B. J.; CONTRERAS-VIDAL, J. L. Concerns in the Blurred Divisions Between Medical and Consumer Neurotechnology. **IEEE Systems Journal**. 15(2), pp. 3069-3080, 2021. DOI: 10.1109/JSYST.2020.3032609.

PAGULAYAN, R. J.; KEEKER, K.; FULLER, T.; WIXON, D.; ROMERO, R. L. User-Centered Design in Games. In: SEARS, A.; JACKO, J. A. (Eds.) The Human-Computer Interaction Handbook - Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, ed.2, 883–906. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, Assoc., 2008.

PAGULAYAN, R. J.; KEEKER, K.; FULLER, T.; WIXON, D.; ROMERO, R. L.; GUNN, D. V. User-Centered Design in Games. In: JACKO, J. A. (Ed.) The Human-Computer Interaction

Handbook - Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, ed.3, 795-824. Boca Raton: CRC Press, 2012.

PAIVA, V. **‘2001 – Uma Odisseia no Espaço’ previu, 50 anos antes, nossos gadgets e o nosso desamparo.** Disponível em: <https://www.hypeness.com.br/2018/04/2001-uma-odisseia-no-espaco-previu-50-anos-antes-nossos-gadgets-e-o-nosso-desamparo/>. Publicado em: ?? abr. 2018. Acesso em: 18 mar.2019.

PALMER, J. **Quantum computing device hints at powerful future. BBC News. Science & Environment.** Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-12811199>. Publicado em: 22 mar.2011. Acesso em: 03 fev.2019.

PANKSEPP, J. **Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions.** New York: Oxford University Press, 1998.

PANKSEPP, J.; WATT, D. What is Basic about Basic Emotions? Lasting Lessons from Affective Neuroscience. **Emotion Review**, 3(4), 387–396, 2011. DOI: 10.1177/1754073911410741.

PAPADANIIL, C.; KOSMIDOU, V.; TSOLAKI, A.; HADJILEONTIADIS, L.; TSOLAKI, M.; KOMPATSIARIS, I. Age Effect in Human Brain Responses to Emotion Arousing Images: The EEG 3D-Vector Field Tomography Modeling Approach. **IEEE Transactions on Autonomous Mental Development**, vol. 7, no. 3, pp. 223-235, 2015. DOI: 10.1109/TAMD.2015.2416977.

PAPEZ, J. W. A proposed mechanism of emotion. **Archives of Neurology & Psychiatry**, 38, 725–743, 1937. DOI: <https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1937.02260220069003>.

PAPOUSEK, I.; REISER, E. M.; WEBER, B.; FREUDENTHALER, H. H.; SCHULTER, G. Frontal brain asymmetry and affective flexibility in an emotional contagion paradigm. **Psychophysiology**, 49(4), 489–498, 2011. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2011.01324.x.

PARAMESHWARAN, D.; THIAGARAJAN, T. C. Complexity of EEG Reflects Socioeconomic Context and Geofootprint. **bioRxiv**, 125872, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1101/125872>.

PARASURAMAN, R. Neuroergonomics: research and practice. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, v. 4, n 1-2. p 5-20. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/14639220210199753>.

PARASURAMAN, R.; BALDWIN, C. L.; KNOTT, B.; WARM, J. S.; FINOMORE, V.; BOEHM-DAVIS, D.; GALSTER, S. M. Symposium: Neuroergonomics, technology, and cognition. **Work**, 41, 5167-5171, 2012. DOI: 10.3233/WOR-2012-0094-5167.

PARASURAMAN, R.; RIZZO, M. **Neuroergonomics: The Brain at Work**. Oxford University Press, USA. 2007.

PARK, D.-H.; SHIN, C.-J. Asymmetrical Electroencephalographic Change of Human Brain During Sleep Onset Period. **Psychiatry Investigation**, 14(6): 839-843, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4306/pi.2017.14.6.839>.

PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultrasonografia: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto**. 161f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra). Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, 2003.

PAVLIDIS, I. T. Lie detection using thermal imaging. In: Burleigh, D. D.; Cramer, K. E.; Peacock, G. R. (Ed.) **Proceedings of the SPIE**, Thermosense XXVI. Volume 5405, p. 270-279. SPIE: Bellingham, WA, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.547806>.

PEREIRA, B. N. G. O jornalismo de games como mediador: um conflito entre função social e mercado. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/IndustriaFull/209543.pdf>. Acesso em: 16 dez.2020.

PEREIRA, R. R. **Características térmicas de assento de cadeiras escolares por termografia**. Dissertação (Mestrado em Design). Escola de Design, Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 91p. 2013. Disponível em: <http://mestrados.uemg.br/ppgd-producao/dissertacoes-ppgd/file/270-caracteristicas-termicas-de-assento-de-cadeiras-escolares-por-termografia>. Acesso em: 16 jan.2020.

PERES, S. C.; PHAM, T.; PHILLIPS, R. **Validation of the System Usability Scale (SUS): SUS in the wild**. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 57(1), 192–196, 2013. DOI: 10.1177/1541931213571043.

PETRANTONAKIS, P. C.; HADJILEONTIADIS, L. J. A Novel Emotion Elicitation Index Using Frontal Brain Asymmetry for Enhanced EEG-Based Emotion Recognition. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, 15(5), 737–746, 2011. DOI: 10.1109/titb.2011.2157933.

PETRY, A. S. Pode a filosofia auxiliar na compreensão do que é Game? In: SBGames 2010: IX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2010, Florianópolis. Proceedings da SBGames 2010, 2010. Disponível em: <http://www.sbgames.org/papers/sbgames10/culture/full/full20.pdf>. Acesso em: 07 jan.2020.

PETRY, N. M.; REHBEIN, F.; GENTILE, D. A.; LEMMENS, J. S.; RUMPF, H.-J.; MÖBLE, T.; BISCHOF, G.; TAO, R.; FUNG, D. S. S.; BORGES, G.; AURIACOMBE, M.; IBÁÑEZ, A. G.; TAM, P.; O'BRIEN, C. P. An international consensus for assessing internet gaming disorder using the new DSM-5 approach. **Addiction**, 109(9), 1399–1406, 2014. DOI: 10.1111/add.12457.

PFURTSCHELLER, G.; NEUPER, C. Motor imagery and direct brain computer communication. **Proceedings of the IEEE**, vol. 89, no. 7, pp. 1123–1134, 2001.

PHAM, T. D.; TRAN, D. Emotion Recognition Using the Emotiv EPOC Device. In: HUANG, T.; ZENG, Z.; LI, C.; LEUNG, C. S. (eds) Neural Information Processing. ICONIP 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7667. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34500-5_47.

PHELPS, E. A.; LEMPERT, K. M.; SOKOL-HESSNER, P. Emotion and decision making: multiple modulatory neural circuits. **Annu Rev Neurosci**. 37:263-87, 2014. DOI: 10.1146/annurev-neuro-071013-014119.

PICARD, R. W. **Affective computing**. Cambridge: MIT Press, 1997.

PICARD, R. W. Affective computing: challenges. **Int. J. Human-Computer Studies**, 59(1-2), 55–64, 2003. DOI: 10.1016/s1071-5819(03)00052-1.

PIMENTEL, F. S. C. Sobre games e violência, o que pensam os adolescentes? **Debates em Educação**, 12 (27), 2020. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/8991/pdf>. Acesso em: 25 ago.2020.

PINHEIRO, J. I. D.; CUNHA, S. B.; CARVAJAL, S. R.; GOMES, G. C. **Estatística básica: a arte de trabalhar com dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

PLUTCHIK, R. **Emotion: a Psychoevolutionary Synthesis**. New York: Harper & Row, 1980.

PLUTCHIK, R.; KELLERMAN, H. **Emotion - Theory, Research, and Experience**, Volume 1 - Theories of Emotion. New York: Academic Press, 1980.

POLMAN, H.; DE CASTRO, B. O.; VAN AKEN, M. A. Experimental study of the differential effects of playing versus watching violent video games on children's aggressive behavior. **Aggress Behav.** 34(3): 256-264, 2008. DOI: 10.1002/ab.20245.

POPP, W. L.; LAMBERCY, O.; MÜLLER, C.; GASSERT, R. Effect of handle design on movement dynamics and muscle co-activation in a wrist flexion task. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 56(), 170–180, 2016. DOI: 10.1016/j.ergon.2016.10.001

PORCINO, T. M.; CLUA, E.; TREVISAN, D.; VASCONCELOS, C. N.; VALENTE, L. Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: Design guidelines and applications. In: IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), Perth, WA, pp. 1-6, 2017. DOI: 10.1109/SeGAH.2017.7939283.

PORTICH, P. **Análise integrada da carga física de trabalho para a prevenção da fadiga**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 138f. Porto Alegre, 2001.

POSNER, J.; RUSSELL, J. A.; PETERSON, B. The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. **Dev Psychopathol.** 17(3): 715–734, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

PRETE, G.; D'ASCENZO, S.; LAENG, B.; FABRI, M.; FOSCHI, N.; TOMMASI, L. Conscious and unconscious processing of facial expressions: Evidence from two split-brain patients. **Journal of Neuropsychology**, 9(1), 45–63, 2015. DOI: 10.1111/jnp.12034.

PRETE, G.; LAENG, B.; TOMMASI, L. Lateralized hybrid faces: Evidence of a valence-specific bias in the processing of implicit emotions. **Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition**, 19(4), 439–454, 2014. DOI: 10.1080/1357650X.2013.862255.

PRETE, G.; TOMMASI, V.; TOMMASI, L. Right news, good news! The valence hypothesis and hemispheric asymmetries in auditory imagery. **Language, Cognition and Neuroscience**, 35(4), 409–419, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1659990>.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUC-RIO. **Questionário Corlett** – PUC-Rio. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/14486722/questionario-corlett-puc-rio>. Publicado em: [2014]. Acesso em: 01 maio 2018.

PURI, C.; OLSON, L.; PAVLIDIS, I.; LEVINE, J.; STARREN, J. StressCam: Non-contact measurement of users' emotional states through thermal imaging. In: Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1725-1728), 2005. New York: ACM. DOI: 10.1145/1056808.1057007.

RAJOUB, B. A.; ZWIGGELAAR, R. Thermal Facial Analysis for Deception Detection. **IEEE Transactions on Information Forensics and Security**. vol.9 (6), pp. 1015-1023, 2014. DOI: 10.1109 / TIFS.2014.2317309.

RAMIREZ, R.; VAMVAKOUSIS, Z. Detecting Emotion from EEG Signals Using the Emotive Epoc Device. In: ZANZOTTO, F. M.; TSUMOTO, S.; TAATGEN, N.; YAO, Y. (eds) Brain Informatics. BI 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7670. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-35139-6_17.

RAMOS, A. F. O.; DIAS, C. M.; MENDONÇA, F. C. R.; RIBEIRO, S. G. Diários de Quarentena em jogos digitais narrativos: letramentos e criação colaborativa de jogos por estudantes na pandemia. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoShort/209675.pdf>. Acesso em: 12 dez.2020.

RAMOS, D. K.; ROCHA, N. L. Avaliação do uso de jogos eletrônicos para o aprimoramento das funções executivas no contexto escolar. **Revista Psicopedagogia**. v. 33, p. 133–143, 2016.

RAMOS, R. T. Neurobiologia das emoções. **Revista de Medicina**. 94 (4): 239-245, 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v94i4p239-245>.

RAOUAFI, S.; SOSSO, F. A. E. Cyberpsychology: Video games as a perspective for cognitive training. **Mental Health and Addiction Research**. 2(3): 1-2, 2017. DOI: 10.15761/MHAR.1000141.

RATES, C. M. P.; COSTA, M. R.; PESSALACIA, J. D. R. Caracterização de riscos em protocolos submetidos a um comitê de ética em pesquisa: análise bioética. **Rev. Bioét**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 493-499, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bioet/v22n3/v22n3a13.pdf>. Acesso em: 15 dez.2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-80422014223032>.

REBELO, F., NORIEGA, P., DUARTE, E., SOARES, M.: Using Virtual Reality to Assess User Experience. **Human Factors**. 54(6): 964-982, 2012. DOI: 10.1177/0018720812465006.

REBELO, F.; VILAR, E.; FILGUEIRAS, E.; VALENTE, J.; NORIEGA, P. Advanced User Experience Evaluations Using Biosensors in Virtual Environments. **In:** SOARES, M.M., REBELO, F., AHRAM, T. Handbook of Usability and User Experience: Methods and Techniques 1. Boca Raton: CRC Press, 2022.

REIS, A. V.; CASTRO, B. C. Design de gamificação: revisão de teorias e métodos. **In:** SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignFull/209343.pdf>. Acesso em: 15 dezembro 2020.

REMÉDIO, T. R.; REMÉDIO, M. F. S. NutriCode: Nutrição, Ciência e Sabedoria. **In:** SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/JogosSaudeShort/209467.pdf>. Acesso em: 12 dez.2020.

REN, H.; ZHANG, C.; ZHANG, N. GHADOUANI, A.; WU, F. Research on EEG-based Graphic User Interface Kansei Design Evaluation. **E3S Web of Conferences**, 179(), 02103–, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202017902103.

REYES, A. C.; MANSO, A. T. G.; GONZÁLEZ, M. A. Evaluación objetiva del procesamiento de las emociones. Estudio de un caso forense. Revista Colombiana de Psiquiatria. 43(1), 2014. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502014000100008. Acesso em: 29 abr.2019.

REZNIK S. J.; ALLEN J. J. B. Frontal asymmetry as a mediator and moderator of emotion: An updated review. **Psychophysiology**. 55(1), 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/psyp.12965>.

RIBAS, G. C. As bases neuroanatômicas do comportamento: histórico e contribuições recentes. **Brazilian Journal of Psychiatry**. 29(1): 63-71, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-44462006005000025>.

RIBEIRO, M.; RAMOS, R.; OLIVEIRA, B.; GRANJA, L.; MENDES, R.; GUIMARÃES, R.; FERNANDES, E. Games e violência: A brincadeira do mundo contemporâneo. **In:** SBGames

2011: X Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2011, Salvador. Proceedings da SBGames 2011, 2011. Acesso em: 04 jan.2020.

RING, E. F. J. Pioneering progress in infrared imaging in medicine. **Quantitative InfraRed Thermography Journal**. Vol. 11 (1) p. 57-65, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/17686733.2014.892667>.

RING, E. F. J. Standardisation of thermal imaging in medicine: physical and environmental factors. In: GAUTHERIE M.; ALBERT, E.; KEITH L. **Thermal assessment of breast health**. Lancaster/ Boston/The Hague: MTP Press Ltda; p. 29-36. 1983.

RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**. 33 p. R33–R46. 2012. DOI: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/33/3/R33/meta>.

RING, F. J.; AMMER, K.; WIECEK, B.; PLASSMANN, P.; JONES, C. D.; JUNG, A.; MURAWSKI, P. Quality assurance for thermal imaging systems in medicine. **Thermology International**. 17(3):103-106, 2007.

RING, E. F. J.; ENGEL, J. M.; PAGE-THOMAS, D. P. Thermologic methods in clinical pharmacology – skin temperature measurement in drug trials. **Int J Clin Pharmacol Therapy** 22:20-7. 1984.

ROBINETT, W. **Inventing the Adventure Game**. Unpublished manuscript. Disponível em: http://www.warrenrobinett.com/inventing_adventure/. Publicado em: [1983 ou 1984]. Acesso em: 28 mar. 2019.

ROBINSON, D. T.; CLAY-WARNER, J.; MOORE, C. D.; EVERETT, T.; WATTS, A.; TUCKER, T. N.; THAI, C. Toward an unobtrusive measure of emotion during interaction: Thermal imaging techniques. **Biosociology and Neurosociology**. 29 pp. 225–266, 2012. DOI: 10.1108/S0882-6145(2012)0000029011.

ROCHA, R. V.; ARAUJO, R. B. Metodologia de Design de Jogos Sérios para Treinamento: ciclo de vida de criação, desenvolvimento e produção. In: SBGames 2013: XII Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2013, São Paulo. Proceedings da SBGames 2013, 2013. Acesso em: 05 jan.2020.

ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Ed.) **Converging Technologies for Improving Human Performance - Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology And Cognitive Science**. Kluwer Academic. Springer, 2003.

RODRÍGUEZ, A.; REY, B.; ALCANIZ, M. Validation of a Low-Cost EEG Device for Mood Induction Studies. **Stud Health Technol Inform**. 191, pp.43-47, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23792840/>. Acesso em: 24 jul.2019.

RODRÍGUEZ, A.; REY, B.; CLEMENTE, M.; WRZESIEN, M.; ALCANIZ, M. Assessing brain activations associated with emotional regulation during virtual reality mood induction procedures. **Expert Systems with Applications**. 42, pp. 1699–1709, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.006>.

ROGERS, S. **Level up: um guia para o design de grandes jogos**, 1 ed. São Paulo: Blucher, 2013.

ROLSTON, J. D.; GROSS, R. E.; POTTER, S. M. Common median referencing for improved action potential detection with multielectrode arrays. In: 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis, MN, USA, 2009, pp. 1604-1607, DOI: 10.1109/IEMBS.2009.5333230.

ROSEMAN, I. J.; ANTONIOU, A. A.; JOSE, P. E. Appraisal determinants of emotions: constructing a more accurate and comprehensive theory. **Cognition and Emotion**, 10:3, 241-277, 1996.

ROSS, E. D.; HORMAN, R. W.; BUCK, R. Differential hemispheric lateralization of primary and social emotions: implications for developing a comprehensive neurology for emotions, repression, and the subconscious. **Neuropsychiatry Neuropsychology and Behavioral Neurology**. 7 (1994): 1-19, 1994.

ROSSIGNOLI, I; BENITO, P J; HERRERO, A J. Reliability of infrared thermography in skin temperature evaluation of wheelchair users. **Spinal Cord** (), 1–6, 2014. DOI: 10.1038/sc.2014.212.

ROTO, V.; LAW, E.; VERMEEREN, A.; HOONHOUT, J. **User Experience White Paper – Bringing clarity to the concept of user experience**. Disponível em: <http://www.allaboutux.org/files/UX-WhitePaper.pdf>. Publicado em: 11 fev.2011. Acesso em: 08 mar.2020.

RUIZ, J. A. **Metodologia Científica: Guia para Eficiência nos Estudos**. São Paulo: Altas, 2006.

RUSSELL, J. A. A circumplex model of affect. **Journal of Personality and Social Psychology**. 39(6): 1161-1178, 1980. DOI: 10.1037/H0077714.

RUSSELL, J. A.; BARRETT, L. F. Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant. **Journal of Personality and Social Psychology**, 76(5), 805-819, 1999. DOI: 10.1037/0022-3514.76.5.805.

RUSSELL, J. A.; FEHR, B. Fuzzy concepts in a fuzzy hierarchy: Varieties of anger. **Journal of Personality and Social Psychology**, 67(2), 186–205, 1994. DOI: 10.1037//0022-3514.67.2.186.

RUSSELL, J. A.; WEISS, A.; MENDELSON, G. A. Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. **Journal of Personality and Social Psychology**, 57, 493–502, 1989.

RUTTEN, G. J. Neo-connectionism, Neurodynamics and Large-Scale Networks. In: RUTTEN, G. J. The Broca-Wernicke Doctrine. Springer, Cham, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54633-9_7.

RYAN, M. L. Beyond myth and metaphor: Narrative in digital media. **Poetics Today**. 23 (4): 581-609, 2002. DOI: 10.1215/03335372-23-4-581.

SAARNI, C. **Development of emotional competence**. New York: Guilford Press, 1999.

SACHARIN, V., SCHLEGEL, K., SCHERER, K. R. **Geneva Emotion Wheel rating study** (Report). Geneva, Switzerland: University of Geneva, Swiss Center for Affective Sciences. 2012.

SALAZAR-LÓPEZ, E.; DOMÍNGUEZ, E.; RAMOS, V. J.; DE LA FUENTE, J.; MEINS, A.; IBORRA, O.; GÁLVEZ, G.; RODRÍGUEZ-ARTACHO, M. A.; GÓMEZ-MILÁN, E. The mental and subjective skin: Emotion, empathy, feelings and thermography. **Consciousness and Cognition**. 34: 149–162, 2015. DOI: 10.1016/j.concog.2015.04.003.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Regras do Jogo: fundamentos do design de jogos**. Volume 3: interação lúdica. São Paulo: Blucher, 2012.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Cambridge: MIT Press, 2003.

SALES, R. B. C.; PEREIRA, R. R.; AGUILAR, M. T. P.; CARDOSO, A. V. Thermal comfort of seats as visualized by infrared thermography. **Applied Ergonomics**, 62(2017), 142–149, 2017. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.03.003.

SALMINEN, M.; RAVAJA, N. Oscillatory brain responses evoked by video game events: the case of super monkey ball 2. **Cyberpsychol Behav**. 10(3): 330-8, 2007. DOI: 10.1089/cpb.2006.9947.

SAMUEL, O., WALKER, G., SALMON, P., FILTNESS, A., STEVENS, N., MULVIHILL, C., PAYNE, S., STANTON, N. Riding the emotional roller-coaster: Using the circumplex model of affect to model motorcycle riders' emotional state-changes at intersections. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 66, 139–150. 2019. DOI: 10.1016/j.trf.2019.08.018.

SÁNCHEZ, J. L. G.; VELA, F. L. G.; SIMARRO, F. M.; Playability: analysing user experience in video games. **Behaviour & Information Technology**. 31(10), pp 1033–1054, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2012.710648>.

SÁNCHEZ, J. L. G.; ZEA, N. P.; GUTIÉRREZ F. L. From Usability to Playability: Introduction to Player-Centred Video Game Development Process. In: KUROSU. M. (Ed.) *Human Centered Design. HCD 2009. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5619. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_9.

SANDER, D. Models of Emotion - The Affective Neuroscience Approach. In: ARMONY, J.; VUILLEUMIER, P. The Cambridge Handbook of Human Affective Neuroscience. New York: Cambridge University Press, 2013.

SANTOS, D. S. **Remoção de artefatos em EEG para NEUROFEEDBACK**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p.92, 2017.

SANTOS, L. C. M.; CALDAS FILHO, J. T.; CAVALCANTI, J. P. L.; SANTOS, M. A. I. M. Liberte a Rosa: jogo enigmático com reflexão sobre relacionamentos abusivos. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020B, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/209455.pdf>. Acesso em: 10 dez.2020.

SANTOS, L. C. M.; DARZÉ, J. P.; SANTOS, G.; SANTOS, M. A. I. M. Jogo Sérió para apoiar no combate e prevenção ao Câncer de Mama: Uma luta interna. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020A, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/JogosSaudeShort/209416.pdf>. Acesso em: 13 dez.2020.

SASIKUMAR, C. B.; GANESH, R. S. An Empirical Analysis of Mobile Banking Computational Systems. In: 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2021, pp. 1823-1827, 2021. DOI: 10.1109/ICACCS51430.2021.9442058.

SAVAGE, N. **Electronic Cotton**. Circuits could be woven from conductive and semiconducting natural fibers. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/semiconductors/materials/electronic-cotton>. Publicado em: 28 dez.2011. Acesso em: 04 fev.2019.

SCARANTINO, A.; SOUSA, R. Emotion. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/entries/emotion/>. Publicado em: 25 set.2018. Acesso em: 16 mar.2019.

SCCN – Swartz Center for Computational Neuroscience. **What is EEGLAB?** Disponível em: <https://sccn.ucsd.edu/eeglab/index.php>. Acesso em 03 janeiro 2020.

SCHACHER, M.; HAÏKEL, Y.; BERGER, S.; SCHACHER, L.; ADOLPHE, D. C. Improvement of dentist gowns – new constraints and new risks. **International Journal of Clothing Science and Technology**, Vol. 21 No. 4, pp. 180-192, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/09556220910959963>.

SHELL, J. **The Art of Game Design A Book of Lenses - The Art of the Design Game**. 3rd ed., Nova York: Taylor e Francis, 2020.

SCHERER, K. R. Appraisal considered as a process of multi-level sequential checking. In: SCHERER, K. R.; SCHORR, A.; JOHNSTONE, T. (Eds.), Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research (pp. 92-120). New York and Oxford: Oxford University Press, 2001.

SCHERER, K. R. What are emotions? And how can they be measured? **Social Science Information**, 44(4), 695-729, 2005. DOI: 10.1177/0539018405058216.

SCHERER, K. R.; SHUMAN, V.; FONTAINE, J. R. J.; SORIANO, C. (2013). The GRID meets the Wheel: Assessing emotional feeling via self-report. In: FONTAINE, J. R. J.; SCHERER, K. R.; SORIANO, C. (Eds.), Components of emotional meaning: A sourcebook. Oxford: Oxford University Press, 2013.

SCHUBERT, E. Measuring emotion continuously: Validity and reliability of the two-dimensional emotion-space. **Australian Journal of Psychology**, 51 (3), 154-165, 1999.

SCHWARTZ, M. S.; OLSON, R. P. A Historical Perspective on the Field of Biofeedback and Applied Psychophysiology. In: SCHWARTZ, M. S.; ANDRASIK, F. (Eds.) Biofeedback : a practitioner's guide. 3rd. New York: The Guilford Press, 2003.

ŠEIBOKAITĖ, L.; ENDRIULAITIENĖ, A.; MARKDAITYTĖ, R.; PARDECKAITĖ-MATULAITIENĖ, K.; PRANCKEVIČIENĖ, A. The relationship between self-reported risky driving and personality traits in different samples of drivers. **Psichologija**, 48, 20-38, 2013.

SELINGER, A.; SOCOLINSKY, D. A. Appearance-Based Facial Recognition Using Visible and Thermal Imagery: A Comparative Study. 2001. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.205.8362>. Acesso em: 29 out. 2019.

SENA, S.; SCHMIEGELOW, S. S.; PRADO, G. M. B. C.; SOUSA, R. P. L.; FIALHO, F. A. P. Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos na geração de novos conhecimentos. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**. 14(1), 2016. DOI: 10.22456/1679-1916.67323.

SEOANE, A. F. **A priorização de informação em roteiros de áudio descrição: o que o rastreamento ocular nos tem a dizer?** Dissertação (Mestrado em Linguística Aplicada). Programa em Linguística Aplicada, Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, Ceará, 2012.

SEPPEN, B. F.; WIEGEL, J.; L'AMI, M. J.; RICO, S. D. S.; CATARINELLA, F. S.; TURKSTRA, F.; BOERS, M.; BOS, W. H. Feasibility of Self-Monitoring Rheumatoid Arthritis With a Smartphone App: Results of Two Mixed-Methods Pilot Studies. **JMIR Form Res**. 4(9): e20165, 2020. DOI: 10.2196/20165.

SEVA, R. R.; GOSIACO, K. G.; SANTOS, M. C.; PANGILINAN, D. M. Product Design Enhancement Using Apparent Usability and Affective Quality. **Applied Ergonomics**, 42: 511-517, 2011. DOI: 10.1016/j.apergo.2010.09.009.

SEVERENS, M.; VAN DER WAAL, M.; FARQUHAR, J.; DESAIN, P. Comparing tactile and visual gaze-independent brain-computer interfaces in patients with amyotrophic lateral sclerosis and healthy users. **Clinical Neurophysiology**, 125(11), 2297–2304, 2014. DOI: 10.1016/j.clinph.2014.03.005.

SHACKEL, B. **BLEND-9 : overview and appraisal**. Londos: British Library Research, 1991.

SHACKEL, B. Ergonomics in design for usability. **In: People and Computers**. Cambridge University Press, 1986.

SHACKEL, B. Human–Computer Interaction—Whence and Whither? **Journal of the American Society for Information Science**, 48(11), 970–986, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2009.04.004>.

SHACKEL, B. Usability – Context, framework, definition, design and evaluation. **Interacting with Computers**, 21(5-6), 339–346, 2009. DOI: 10.1016/j.intcom.2009.04.007.

SHAPOVAL, S.; ZAPIRAIN, B. G.; ZORRILLA, A. M.; MUGUETA-AGUINAGA, I. Biofeedback Applied to Interactive Serious Games to Monitor Frailty in an Elderly Population. **Applied Sciences**. 11(8), 3502, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11083502>.

SHASTRI, D.; MERLA, A.; TSIAMYRTZIS, P.; PAVLIDIS, I. Imaging Facial Signs of Neurophysiological Responses. **IEEE transactions on biomedical engineering**, 56(2), 477–484, 2009. DOI: 10.1109/tbme.2008.2003265.

SHEIKHOESLAMI, C.; YUAN, H.; HE, E. J.; BAI, X.; YANG, L.; HE, B. A high resolution EEG study of dynamic brain activity during video game play. **Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc**. 2007; 2007: 2489-91, 2007. DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4352833.

SHIN, D.; WANG, Z. The Experimentation of Matrix for Product Emotion. **Procedia Manufacturing**. 3(), 2295–2302, 2015. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.375.

SHOBE, E. R. Independent and Collaborative Contributions of the Cerebral Hemispheres to Emotional Processing. **Frontiers in Human Neuroscience**, 8 (230), 2014. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00230.

SILVA, A. L. C. L. **Melhorando procedimentos e design no sistema de apoio a decisão do FITradeoff usando ferramentas de neurociência**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 131f. 2021.

SILVA, J. A.; SILVA, M. J. P. Expressões faciais e emoções humanas levantamento bibliográfico. **R. Bras. Enferm. Brasília**, v. 48 (2), p. 180-187, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71671995000200013>.

SILVA, J. C. R. P.; MIRA, M. R. G. Termografia: ferramenta auxiliar na pesquisa de materiais e no design de produtos. Revista da Red Internacional de Investigación en Diseño In: **6th International Forum of Design as a Process System & Design - Beyond Processes and Thinking**. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3651>.

SILVA, J. C. R. P.; TARALLI, C. H.; MELZ, S. P. S. Termograma: a imagem térmica como instrumento de diagnóstico rápido no design. In: International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation, 4, 2015. **Anais...** Florianópolis, SC, Brasil: 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/56897855-Termograma-a-imagem-termica-como-instrumento-de-diagnostico-rapido-no-design.html>. Acesso em: 11 dez. 2018.

SILVA, P. R. **Biofeedback e sua aplicabilidade nas psicopatologias: uma revisão sistemática**. Dissertação (Mestrado em Psicologia). Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Psicologia, 46p. 2018.

SIMÕES, E. M. S.; NOGARO, A. Ética, neuroética e práticas de ensino. **Rev. Bioét.** 27 (2), 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-80422019272309>.

SINGH, J.; ARORA, A.S. Automated approaches for ROIs extraction in medical thermography: a review and future directions. **Multimed Tools and Applications**. 79, 15273–15296, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-018-7113-z>.

SIOUX GROUP; GO GAMERS. **Pesquisa Game Brasil 2022 – Edição Gratuita**. Disponível em: <https://www.pesquisagamebrasil.com.br/pt/edicao-gratuita/>. Acesso em: 04 maio 2022.

SIOUX GROUP; GO GAMERS; ESPM; Blend. **Pesquisa Game Brasil 2019 – Versão resumida**. Disponível em: <https://materiais.pesquisagamebrasil.com.br/painel-gratuito-2019>. Acesso em: 27 set.2019.

SIQUEIRA, E. S.; SANTOS, T. A. A.; CASTANHO, C. D.; JACOBI, R. P. Estimating Player Experience from Arousal and Valence using Psychophysiological Signals. In: SBGames 2018: XVII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital, 2018, Foz do Iguaçu. Proceedings da SBGames 2018, 2018. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/ComputacaoFull/188391.pdf>. Acesso em: 06 jan.2020.

SIU, D. C.; TSE, L. A.; YU, I. T.; GRIFFITHS, S. M. Computer products usage and prevalence of computer related musculoskeletal discomfort among adolescents. **Work**. 34(4): 449-54, 2009. DOI: 10.3233/WOR-2009-0945.

SLATER, M. **A note on presence terminology**. Presence Connect. 3: 3, 2003. Disponível em:

http://www0.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Presencia/ConsortiumPublications/ucl_cs_papers/presence-terminology.htm. Acesso em: 29 mar.2019.

SMALLEY, E. The business of brain–computer interfaces. **Nature Biotechnology**, 37(9), 978–982, 2019. DOI: 10.1038/s41587-019-0231-y.

SOARES, M. M. Contribuições da ergonomia do produto ao design de mobiliários escolares: carteira universitária, um estudo de caso. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, R.J., v. 6, n.1, p. 33-61, 1998.

SOARES, M. M. **Metodologia de ergodesign para o design de produtos: uma abordagem centrada no humano**. São Paulo: Blucher, 2022.

SOARES, M. M.; VITORINO, D. F.; MARÇAL, M. A. **Application of Digital Infrared Thermography for Emotional Evaluation: A Study of the Gestural Interface Applied to 3D Modeling Software**. In: REBELO F., SOARES M. (eds) *Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 777. Springer, Cham, 2019.

SOARES, R.; SARMANHO, E.; MIURA, M.; SILVA, T.; JACOBI, R.; CASTANHO, C. Biofeedback Sensors in Electronic Games: A Practical Evaluation. In: SBGames 2017: XVI Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2017, Curitiba. *Proceedings da SBGames 2017*, 2017. Disponível em: <https://www.sbgames.org/sbgames2017/papers/ComputacaoFull/175557.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2020.

SOARES, R. T.; SIQUEIRA, E. S.; MIURA, M. A.; SILVA, T. P. B.; CASTANHO, C. D. Biofeedback Sensors in Game Telemetry Research. In: SBGames 2016: XV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2016, São Paulo. *Proceedings da SBGames 2016*, 2016.

Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157482.pdf>.

Acesso em: 06 janeiro 2020.

SOCOLINSKY, D. A.; SELINGER, A. A comparative analysis of face recognition performance with visible and thermal infrared imagery. Object recognition supported by user interaction for service robots. 4(), 217–222, 2002. DOI: 10.1109/icpr.2002.1047436.

SOUZA, L. M.; SILVA, J. V. P.; SOUZA JUNIOR, F. C.; MACEDO, D. E. R. C. Plataforma de jogos digitais adaptada para pessoas com deficiência nos membros superiores. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/WorkshopG2/209506.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SPENCE, S; SHAPIRO, D.; ZAIDEL, E. The role of the right hemisphere in the physiological and cognitive components of emotional processing. **Psychophysiology**, 33(2), 112–122, 1996. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1996.tb02115.x.

SPENCER, H. Emotional Operating Systems and Subjectivity. In: PANKSEPP, J. Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions. New York: Oxford University Press, 1998.

SPEZIALETTI, M.; PLACIDI, G.; ROSSI S. Emotion Recognition for Human-Robot Interaction: Recent Advances and Future Perspectives. **Front Robot AI**. 7:532279, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.532279>.

SPRINGER. Human Interaction and Emerging Technologies. **Proceedings of the 1st International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies (IHiet 2019)**, August 22-24, 2019, Nice, France. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-25629-6>. Acesso em: 02 out. 2019.

SREEJA, P. S.; MAHALAKSHMI, G. S. Emotion Models: A Review. **International Journal of Control Theory and Applications**. 10(8), pp. 651-657, 2017.

STAIANO, J.; MENÉNDEZ, M.; BATTOCCHI, A.; DE ANGELI, A.; SEBE, N. UX_Mate From Facial Expressions to UX Evaluation. **In:** Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference on - DIS '12. 741–750, 2012. DOI: 10.1145/2317956.2318068.

STEMBERGER, J.; ALLISON, R. S.; SCHNELL, T. Thermal imaging as a way to classify cognitive workload. **In:** Proceedings of the 2010 Canadian Conference on Computer and Robot Vision, Ottawa, ON, Canada, 31 May–2 June 2010; pp. 231–238, 2010. DOI: 10.1109/CRV.2010.37.

STEPHANIDIS, C.; SALVENDY, G.; ANTONA, M.; CHEN, J. Y. C.; DONG, J.; DUFFY, V. G.; FANG, X.; FIDOPIASTIS, C.; FRAGOMENI, G.; FU, L. P.; GUO, Y.; HARRIS, D.; IOANNOU, A.; JEONG, K.; KONOMI, S.; KRÖMKER, H.; KUROSU, M.; LEWIS, J. R.; MARCUS, A.; MEISELWITZ, G.; MOALLEM, A.; MORI, H.; NAH, F. F.-H.; NTOA, S.; RAU, P.-L. P.; SCHMORROW, D.; SIAU, K.; STREITZ, N.; WANG, W.; YAMAMOTO, S.; ZAPHIRIS, P.; ZHOU, J. Seven HCI Grand Challenges. **International Journal of Human–Computer Interaction**, 35 (14), 1–41, 2019. DOI: 10.1080/10447318.2019.1619259.

STEWART, J. L.; BISMARCK, A. W.; TOWERS, D. N.; COAN, J. A.; ALLEN, J. J. B. Resting frontal EEG asymmetry as an endophenotype for depression risk: Sex-specific patterns of frontal brain asymmetry. **Journal of Abnormal Psychology**, 119(3), 502–512, 2010. DOI: 10.1037/a0019196.

STROSKI, P. N. Como funciona o eletroencefalograma? Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2019/03/06/como-funciona-o-eletroencefalograma/>. Publicado em: 06 mar.2019. Acesso em: 29 ago.2019.

STUTZ, D. Regras do Jogo: Uma análise de seus tipos e relacionamentos. **In:** SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignShort/209541.pdf>. Acesso em: 15 dez.2020.

SUKINAH, A. N.; ADZHAR, K.; AZLIZA, Y.; SUHANA, S. N. Assessing Website Usability Attributes. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences** 8(4), 192-198, 2014.

SUNDSTRÖM, P. **Exploring the affective loop**. Stockholm: Stockholm University, 2005.

SUNG, Y.; CHO, K.; UM, K. A Development Architecture for Serious Games Using BCI (Brain Computer Interface) Sensors. **Sensors**, 12(12), 15671–15688, 2012. DOI: 10.3390/s121115671.

SUO, T.; LIU, L.; CHEN, C.; ZHANG, E. The Functional Role of Individual-Alpha Based Frontal Asymmetry in the Evaluation of Emotional Pictures: Evidence from Event-Related Potentials. **Frontiers in Psychiatry**, 8(), 180–, 2017. DOI: 10.3389/fpsyt.2017.00180.

SWEETSER, P.; WYETH, P. GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games. **ACM Computers in Entertainment**, 3, 3, 1-24, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>.

SWERTS, O. S. D. **Avaliação de distúrbios osteomusculares entre condutores de veículos de transporte de cargas**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto. Programa de Pós-Graduação em Enfermagem Fundamental, 121f. Ribeirão Preto, 2013.

TADEL, F. **Brainstorm**. Introduction. Disponível em: <https://neuroimage.usc.edu/brainstorm/Introduction>. Acesso em: 25 jan.2021.

TADEL, F.; BAILLET, S.; MOSHER, J. C.; PANTAZIS, D.; LEAHY, R. M. Brainstorm: A User-Friendly Application for MEG/EEG Analysis. **Computational Intelligence and Neuroscience**, vol. 2011, Article ID 879716, 13p, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1155/2011/879716>.

TAHMOSYBAYAT, R.; BAKER, K.; GODFREY, A.; CAPLAN, N.; BARRY, G. Movements of older adults during exergaming interventions that are associated with the Systems Framework for Postural Control: A systematic review. **Maturitas**. 111:90-99, 2018. DOI: 10.1016/j.maturitas.2018.03.005.

TAHTI, M., ARHIPAINEN, L. **A Proposal of collecting Emotions and Experiences**. Volume 2 in Interactive Experiences in HCI, pp. 195–198, 2004.

TAKAHASHI, F.; KAWABATA, Y. The association between colors and emotions for emotional words and facial expressions. **Color Research & Application**, 43 (2), 247–257, 2017. DOI: 10.1002/col.22186.

TAVARES, A. S.; ALBUQUERQUE, L. W. N. ; SOUZA, A. F. ; SOARES, M. M. . Ergonomics in industry: Various sectors contributing to the development of a new product. **In**: REBELO, F; SOARES, M. (Org.). *Advances in Ergonomics In Design, Usability & Special Populations - Part II*. 1ed: 2014, v. v.2, p. 61-72.

TAVARES, A. S.; SILVA, F. N. Ergonomics and Design: Its Principles Applied in the Industry. **Work**. Vol. 41 (1): 5981-5986, 2012, 2012. DOI: 10.3233/WOR-2012-0998-5981.

TAVARES, A.; SOUZA, C.; ARAÚJO, J. Análise da usabilidade de controles remotos de aparelhos condicionadores de ar. **Tecnologus** (12), p.5 (2017).

TED 2010. **Jane McGonigal: Gaming can make a better world**. Disponível em: https://www.ted.com/talks/jane_mcgonigal_gaming_can_make_a_better_world?language=pt-br#t-227784. Acesso em: 20 fev.2020.

THAYER, R. E. **The biopsychology of mood and arousal**. Oxford University Press, 1989.

THE OHIO STATE UNIVERSITY - OSU. **PANAS**. College of Medicine. Publicado em: [s.d.]. Disponível em: <https://ogg.osu.edu/media/documents/MB%20Stream/PANAS.pdf>. Acesso em: 02 mar.2018.

THIRUMALAI, M.; KIRKLAND, W. B.; MISKO, S. R.; PADALABALANARAYANAN, S.; MALONE, L. A. Adapting the Wii Fit Balance Board to Enable Active Video Game Play by Wheelchair Users: User-Centered Design and Usability Evaluation. **JMIR Rehabil Assist Technol**. 5(1): e2, 2018. DOI: 10.2196/rehab.8003.

THOMAS, R. E.; CONGLETON, J. J.; HUCHINGSON, R. D.; WHITELEY, J. R.; RODRIGUES, C. C. An investigation of relationships between driver comfort, performance and automobile seat type during short term driving tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 8(1), 103–114, 1991. DOI: 10.1016/0169-8141(91)90029-L.

TOGELIUS, J; YANNANAKIS, G. N. Emotion-Driven Level Generation. **In:** KARPOUZIS, K.; YANNAKAKIS, G. N. (Eds) *Emotion in Games – Theory and Praxis*. Cham, Switzerland: Springer, 2016.

TOGNETTI, S.; GARBARINO, M.; BONANNO, A. T.; MATTEUCCI, M.; BONARINI, A. Enjoyment recognition from physiological data in a car racing game. **In:** *Proceedings of the 3rd international workshop on Affective interaction in natural environments - AFFINE 2010*. 3–8, 2010. DOI: 10.1145/1877826.1877830.

TOMARKEN, A. J.; DAVIDSON, R. J.; HENRIQUES, J. B. Resting frontal brain asymmetry predicts affective responses to films. **Journal of Personality and Social Psychology**, 59(4), 791–801, 1990. DOI: 10.1037/0022-3514.59.4.791.

TONETTO, L. M.; COSTA, F. C. X. Emotional Design: Concepts, approaches and research Perspectives. **Strategic Design Research Journal**, v.4 (3), 132-140, 2011.

TONINATO, M. A. D. Desafios éticos e bioéticos da neurociência. **Bioethikos**. Centro Universitário São Camilo. 1(2):88-95, 2007. Disponível em: http://www.saocamilo-sp.br/pdf/bioethikos/57/Desafios_eticos_e_bioeticos_da_neurociencia.pdf. Acesso em: 01 mar.2019.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S.; KIRNER, C. Realidade Virtual. **In:** TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

TOWERS, D. N; ALLEN, J. J. B. A better estimate of the internal consistency reliability of frontal EEG asymmetry scores. **Psychophysiology**, 46(1), 132–142, 2009. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2008.00759.x.

TRINDADE, Y.; REBELO, F.; NORIEGA, P. Potentialities of a Face Reading Tool to a Digital Game Evaluation and Development: A Preliminary Study. **In:** REBELO, F.; SOARES, M. (eds) *Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer, Cham. Vol. 588, 371-381, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_37.

TROY, A. S.; FORD, B. Q. MCRAE, K.; ZAROLIA, P.; MAUSS, I. B. Change the things you can: Emotion regulation is more beneficial for people from lower than from higher socioeconomic status. **Emotion**. 17(1): 141-154, 2017. DOI: 10.1037/emo0000210.

TSUJIMOTO, T.; TAKAHASHI, Y.; TAKEUCHI, S.; MAEDA, Y. RNN with Russell's circumplex model for emotion estimation and emotional gesture generation. 2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC). DOI: 10.1109/cec.2016.7743957.

TU Delft. **Prof. dr. ir. Desmet, P. M. A.** Biografy. Disponível em: <https://www.tudelft.nl/en/ide/organisation/personal-profiles/professors/desmet-pma/>. Acesso em: 12 maio 2018.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Measuring The User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics**. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers, 2008.

TULLIS, T. S.; STETSON, J. N. A comparison of questionnaires for assessing website usability. In: Proceedings of UPA 2004 Conference. Minneapolis, Minnesota, 2004. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.396.3677&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 15 jan.2020.

UNIFREIBURG. **Neurotechnology: a definition**. University of Freiburg. Disponível em: <http://portal.uni-freiburg.de/neurotechnology/definicion>. Acesso em: 05 jan. 2020.

UNIGE. **The Geneva Emotion Wheel**. Swiss Center for Affective Sciences. Disponível em: <https://www.unige.ch/cisa/gew>. Acesso em 15 ago.2019.

URIARTE, I. L. O.-V.; GARCIA-ZAPIRAIN, B.; GARCIA-CHIMENO, Y. Game Design to Measure Reflexes and Attention Based on Biofeedback Multi-Sensor Interaction. **Sensors**. 15(3), pp. 6520-6548, 2015. DOI: 10.3390/s150306520.

URIGÜEN, J.A.; GARCIA-ZAPIRAIN, B.. EEG artifact removal-state-of-the-art and guidelines. **Journal of neural engineering**, v. 12, n. 3, p. 031001, 2015.

URRY, H. L.; NITSCHKE, J. B.; DOLSKI, I.; JACKSON, D. C.; DALTON, K. M.; MUELLER, C. J.; ROSENKRANZ, M. A.; RYFF, C. D.; SINGER, B. H.; DAVIDSON, R. J. Making a Life

Worth Living. **Psychological Science**, 15(6), 367–372, 2004. DOI: 10.1111/j.0956-7976.2004.00686.x.

UWA. **The Science of Emotion: exploring the basics of emotional psychology**. Disponível em: <https://online.uwa.edu/news/emotional-psychology/>. Publicado em: 27 jun.2019. Acesso em: 19 nov.2019.

UX MATTERS. **Glossary**. Insights and inspiration for the user experience community. Pabini Gabriel-Petit (Editor). Disponível em: <https://www.uxmatters.com/glossary/>. Acesso em: 30 set. 2019.

UYL, M. D.; KUILENBURG, H. V.; LEBERT, E. FaceReader: an online facial expression recognition system. Measuring Behavior 2005, **In**: 5th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research, 30 August - 2 September 2005, Wageningen, The Netherlands, 2005.

VACHIRATAMPORN, V.; MORIYAMA, K.; FUKUI, K.-i.; NUMAO, M. An implementation of affective adaptation in survival horror games. **In**: IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG 2014) - Dortmund, Germany pp. 1-8, 2014. DOI: 10.1109/CIG.2014.6932893.

VAHLICK, A.; ZOCATELLI, P. H. Um Jogo Sério do Gênero Defesas com Torres para Alunos de Ensino Médio sobre a Prevenção de Infecções Sexualmente Transmissíveis. **In**: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoShort/208490.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2020.

VAID, S.; SINGH, P.; KAUR, C. EEG Signal Analysis for BCI Interface: A Review. **In**: Fifth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, Haryana, Índia. pp. 143-147, 2015. DOI: 10.1109 /ACCT.2015.72.

VALENZA, G., CITI, L., LANATÁ, A., SCILINGO, E. P., & BARBIERI, R. Revealing Real-Time Emotional Responses: a Personalized Assessment based on Heartbeat Dynamics. **Scientific Reports**, 4(1), 2014. DOI: 10.1038/srep04998.

VALENZI, S.; ISLAM, T.; JURICA, P.; CICHOCKI, A. Individual Classification of Emotions Using EEG. **Journal of Biomedical Science and Engineering**, 7, 604-620, 2014. DOI: 10.4236/jbise.2014.78061.

VALERIO NETTO, A. TAHARA, C. S.; PORTO, A. J. V.; GONÇALVES FILHO, E. V. Realidade virtual e suas aplicações na área de manufatura, treinamento, simulação e desenvolvimento de produto. **Gestão e Produção**. v.5 (2): 104-116, 1998.

VAN DEN BERG, C. **21st Century Learning Changes to Knowledge Acquisition in a Digital World**. International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organizational Learning (ICICKM 2018), 15. Proceedings ICICKM: Cape Town, South Africa, 2019.

VAN DER LINDEN, J. C. S.; LACERDA, A. P. Metodologia projetual em tempos de complexidade. In: MARTINS, R. F. F.; VAN DER LINDEN, J. C. S. (Org.). Pelos caminhos do design: metodologia de projeto. Londrina: EDUEL, 2012, p. 83-150.

VAN PEER, J. M.; GRANDJEAN, D.; SCHERER, K. R. Sequential unfolding of appraisals: EEG evidence for the interaction of novelty and pleasantness. **Emotion**. 14(1): 51-63, 2014. DOI: 10.1037/a0034566.

VANBELLINGEN, T.; FILIUS, S. J.; NYFFELER, T.; VAN WEGEN, E. E. H. Usability of Videogame-Based Dexterity Training in the Early Rehabilitation Phase of Stroke Patients: A Pilot Study. **Front Neurol**. 8: 654, 2017. DOI: 10.3389/fneur.2017.00654.

VARDASCA, R.; MAGALHAES, C.; SILVA, P.; ABREU, P.; MENDES, J.; RESTIVO, M. T. Biomedical musculoskeletal applications of infrared thermal imaging on arm and forearm: A systematic review. **Journal of Thermal Biology**, 82(), 164–177, 2019. DOI:10.1016/j.jtherbio.2019.04.008.

VASCONCELOS FILHO, J. E.; RAMOS, I.; NASCIMENTO, B.; GOMES, A.; SILVA, F.; FERREIRA NETO, J. F.; MAFRA, M.; STUDART, R. M. Teen Tx, um jogo sério para educação em saúde e mudança de comportamento de adolescentes transplantados renais. In: SBGames 2020: XIX Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2020, Recife. Proceedings da SBGames 2020, 2020. Disponível em:

<https://www.sbgames.org/proceedings2020/JogosSaudeFull/209565.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2020.

VECCHIATO, G.; TOPPI, J.; ASTOLFI, L.; FALLANI, F. D. V.; CINCOTTI, F.; MATTIA, D.; BEZ, F.; BABILONI, F. Spectral EEG frontal asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commercial advertisements. **Medical and Biological Engineering and Computing**. 49 (5), pp. 579–583, 2011. DOI: 10.1007/s11517-011-0747-x.

VERKUYL, M.; BETTS, L.; SIVARAMALINGAM, S. Nursing Students' Perceptions Using an Interactive Digital Simulation Table: A Usability Study. **Simulation & Gaming**. 50 (2): 202-213, 2019. DOI: 10.1177/1046878119844283.

VIANA, V. **Relatório estatístico final dos experimentos – pesquisa Ademario Santos**. Recife, 2021.

VITORINO, D. F. **Análise ergonômica e da usabilidade com o auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo da interface gestural aplicada em software de modelagem 3D**. (Dissertação de Mestrado em Design). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2017.

WANG, M.; REID, D. Virtual Reality in Pediatric Neurorehabilitation: Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Autism and Cerebral Palsy. **Neuroepidemiology**, 36(1), 2–18, 2011. DOI: 10.1159/000320847.

WANG, R. W. Y.; KE, T.-M. ; CHUANG, S.-W; LIU, I.-N. Sex differences in high-level appreciation of automobile design-evoked gamma broadband synchronization. **Scientific Reports**. 10(1), 9797, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66515-7>.

WANG, S.; HE, M.; GAO, Z.; HE, S.; JI, Q. Emotion recognition from thermal infrared images using deep Boltzmann machine. **Front. Comput. Sci**. 8, 609–618, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11704-014-3295-3>.

WANG, S.; LIU, Z.; LV, S.; LV, Y.; WU, G.; PENG, P.; CHEN, F.; WANG, X. A Natural Visible and Infrared Facial Expression Database for Expression Recognition and Emotion Inference. **IEEE Transactions on Multimedia**, 12(7), 682–691, 2010. DOI: 10.1109/TMM.2010.2060716.

WANG, X.-Y.; JIN, J.; ZHANG, Y.; WANG, B. Brain Control: Human-computer Integration Control Based on Brain-computer Interface. **Acta Automatica Sinica**, 39 (3): 208-221, 2013. DOI: 10.3724/SP.J.1004.2013.00208.

WANG, Y.; GU, R.; LUO, Y.; ZHOU, C. The Interaction between State and Dispositional Emotions in Decision Making: An ERP study. **Biological Psychology**, 123, 126–135, 2017. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2016.11.009.

WANG, Y.; LU, J.; GU, C.; HU, B. Mapping the frontal alpha asymmetry indicators of habitual emotion regulation. **NeuroReport**, 29(15), 1288–1292, 2018. DOI: 10.1097/WNR.0000000000001109.

WARMELINK, L.; VRIJ, A.; MANN, S.; LEAL, S.; FORRESTER, D.; FISHER, R. P. Thermal imaging as a lie detection tool at airports. **Law and Human Behavior**, 35 (1), 40–48, 2011. DOI: 10.1007/s10979-010-9251-3.

WATANABE, A.; MIKI, N. Connecting Mechanism for Artificial Blood Vessels with High Biocompatibility. **Micromachines**, 10 (7), 429. DOI: <https://doi.org/10.3390/mi10070429>.

WATERSON, P.; STEWART, T.; DAMODARAN, L. 4). Advances in sociotechnical systems understanding and design: A Festschrift in honour of K.D. Eason. [Editorial]. **Applied Ergonomics**, 45(2), 133–136, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.07.017>.

WATKINS, P. C.; EMMONS, R. A.; GREAVES, M. R.; BELL, J. B.. Joy is a distinct positive emotion: Assessment of joy and relationship to gratitude and wellbeing. **The Journal of Positive Psychology**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/17439760.2017.1414298>.

WATSON, D. ; CLARK, L. A. **THE PANAS-X Manual for the Positive and Negative Affect Schedule - Expanded Form**. 1994. Disponível em: https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=psychology_pubs/. Acesso em 10 ago.2019. DOI: <https://doi.org/10.17077/48vt-m4t2>.

WATSON, D.; CLARK, L. A.; TELLEGEN, A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS Scales. **Journal of Personality and Social Psychology**, 54(6), 1063–1070, 1988. DOI: 10.1037//0022-3514.54.6.1063.

WATSON, D.; WIESE, D.; VAIDYA, J.; TELLEGEN, A. The two general activation systems of affect: Structural findings, evolutionary considerations, and psychobiological evidence. **Journal of Personality and Social Psychology**, 76, 820-838, 1999.

WAUGH, R. **IBM predicts it will be making 'mind-controlled' PCs within five years**. Daily Mail online. Science. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2077019/IBM-predicts-making-mind-controlled-PCs-years.html>. Publicado em: 21 dez.2011. Acesso em: 03 fev.2019.

WAZLAWICK, R. S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. 2ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WEAVER III, J. B.; MAYS, D.; WEAVER, S. S.; KANNENBERG, W.; HOPKINS, G. L.; EROĞLU, D.; BERNHARDT, J. M. Health-Risk Correlates of Video-Game Playing Among Adults. **Am J Prev Med**, 37(4), 0–305, 2009. DOI: 10.1016/j.amepre.2009.06.014.

WEBER, R.; BEHR, K.-M.; TAMBORINI, R.; RITTERFELD, U.; MATHIAK, K. What Do We Really Know about First-Person-Shooter Games? an Event-Related, High-Resolution Content Analysis, **Journal of Computer-Mediated Communication**, 14 (4), p.1016–1037, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2009.01479.x>.

WEERDMEESTER, J.; VAN ROOIJ, M.; HARRIS, O.; SMIT, N.; ENGELS, R. C. M. E.; GRANIC, I. Exploring the Role of Self-efficacy in Biofeedback Video Games. In: ACM Press Extended Abstracts Publication of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play - CHI PLAY '17 Extended Abstracts – Amsterdam, The Netherlands, (), 453–461, 2017. DOI:10.1145/3130859.3131299.

WEINSTEIN, S. A.; WEINSTEIN, G.; WEINSTEIN, E. L.; GELB, M. Facial thermography, basis, protocol, and clinical value. **Cranio**. 9(3): 201-11, 1991. DOI: 10.1080/08869634.1991.11678368.

WIDYANTO, L.; GRIFFITHS, M. **Internet Addiction: Does It Really Exist?** (Revisited). In: GACKENBACH, J. Psychology and the internet : intrapersonal, interpersonal, and transpersonal implications. 2nd. Elsevier, Academic Press: Edmonton, Canada. 2007. DOI: 10.1016/b978-012369425-6/50025-4.

WILLIAMS, N.S.; MCARTHUR, G. M.; BADCOCK, N. A. 10 years of EPOC: A scoping review of Emotiv's portable EEG device. **bioRxiv**; 2020. DOI: 10.1101/2020.07.14.202085.

WOLPAW, J. R.; BIRBAUMER, N.; MCFARLAND, D. J.; PFURTSCHELLER, G.; VAUGHAN, T. M. Brain-computer interfaces for communication and control. **Clin Neurophysiol.** 113(6):767-91, 2002. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00057-3.

WRIGHT, A. **Brain scanning techniques (CT, MRI, fMRI, PET, SPECT, DTI, DOT).** Cerebra Positively Different. Disponível em: https://psicoterapiabilbao.es/wp-content/uploads/2015/12/Brain_scanning_techniques.pdf. Acesso em: 17 maio 2018.

WYCZESANY, M.; CAPOTOSTO, P.; ZAPPASODI, F.; PRETE, G. Hemispheric asymmetries and emotions: Evidence from effective connectivity. **Neuropsychologia**, 121, 98–105, 2018. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.10.007.

YAMABE, T.; NAKAJIMA, T. Playful training with augmented reality games: case studies towards reality-oriented system design. **Multimed Tools Appl.** 62: 259–286, 2013. DOI: 10.1007/s11042-011-0979-7.

YAMAKOSHI, T.; YAMAKOSHI, K.; TANAKA, S.; NOGAWA, M.; PARK, S.B.; SHIBATA, M.; SAWADA, Y.; ROLFE, P.; HIROSE, Y. Feasibility study on driver's stress detection from differential skin temperature measurement. In: Proceedings of the 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vancouver, BC, Canada, 20–24 August 2008; pp. 1076–1079, 2008. DOI: [10.1109/IEMBS.2008.4649346](https://doi.org/10.1109/IEMBS.2008.4649346).

YANG, B.; KIM, Y.; YOO, C. The integrated mobile advertising model: The effects of technology- and emotion-based evaluations. **Journal of Business Research**, 66 (9), 1345–1352, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.02.035>.

YANG, X.; YIN, B.; ZHANG, Q.; TAN, G.; WEI, X.; LI, S.; ZHOU, D. Vehicle Behaviors Simulation Technology Based on Neural Network. In: Cai Y., van Joolingen W., Walker Z. (eds) VR, Simulations and Serious Games for Education. Gaming Media and Social Effects. Springer, Singapore, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2844-2_7.

YANNAKAKIS, G. N.; MARTINEZ, H. P.; GARBARINO, M. Psychophysiology in Games. **In:** KARPOUZIS, K.; YANNAKAKIS, G. N. (Eds) *Emotion in Games – Theory and Praxis*. Cham, Switzerland: Springer, 2016.

YANNAKAKIS, G. N.; PAIVA, A. Emotion in Games. **In:** CALVO, R.; D'MELLO, S.; GRATCH, J.; KAPPAS, A. *The Oxford Handbook of Affective Computing*. Oxford: Oxford University Press, 2014. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199942237.013.034.

YING, O. Z.; AWANG, S. A. b.; VIJEAN, V. Optimization of Irrelevant Features for Brain-Computer Interface (BCI) System. **Journal of Physics: Conference Series**, 1372(), 012047–, 2019. DOI:10.1088/1742-6596/1372/1/012047.

YOON, C.; MADRID, F.; WEST, M.; KEOGH, E. A Computational System to Support Fully Automated Mark-Recapture Studies of Ants. **In:** 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 2019, pp. 1537-1538, 2019. DOI: 10.1109/CSCI49370.2019.00285.

YORK, N.; SOUTHEE, D.; EVANS, M. The future of product design utilising printed electronics. **Design and Technology Education**. v22, n1, 2017. DOI: 10.21606/drs.2016.151.

YOUNG, K. S. **Caught in the Net: How to Recognize the Signs of Internet Addiction--and a Winning Strategy for Recovery**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

YU, C.; TAPUS, A. Interactive Robot Learning for Multimodal Emotion Recognition. **In:** SALICHS, M.; GE, S. S.; BARAKOVA, E. I.; CABIBIHAN, J.-J.; WAGNER, A. R., CASTRO-GONZÁLEZ, Á., HE, H. (Eds.) *Social Robotics*. ICSR 2019. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham., vol 11876, pp. 633-642, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35888-4_59.

YU, R. W. L.; CHAN, A. H. S. Meta-analysis of the effects of game types and devices on older adults-video game interaction: Implications for video game training on cognition. **Applied Ergonomics**, 96, 103477, 2021. DOI: 10.1016/j.apergo.2021.103477.

ZAFAR, M. A.; AHMED, B.; RIHAWI, R. A.; GUTIERREZ-OSUNA, R. Gaming Away Stress: Using Biofeedback Games to Learn Paced Breathing. **IEEE Transactions on Affective Computing**. 11(3), pp. 519-531, 2020. DOI: 10.1109/TAFFC.2018.2816945.

ZAMAN, B.; SHRIMPTON-SMITH, T. The FaceReader: measuring instant fun of use. In: Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction changing roles - NordiCHI '06. P. 457–460, 2006. DOI: 10.1145/1182475.1182536.

ZAMBON, P. S.; CARVALHO, J. M. Grupos de interesse e políticas públicas: ABRAGAMES versus ACIGAMES. In: SBGames 2016: XV Simpósio de Games e Entretenimento Digital, 2016, São Paulo. Proceedings da SBGames 2016, 2016. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/160777.pdf>. Acesso em: 06 jan.2020.

ZAPATA, L. M. S. Integration of ergonomics in the design Process: conceptual, methodological, and practical foundations. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M. M.; STANTON, N. A. (Ed.). Human factors and ergonomics in consumer product design – methods and techniques. CRC Press, Taylor & Francis Group, pp. 155-176, 2011.

ZAPROUDINA, N.; VARMAVUO, V.; AIRAKSINEN, O.; NARHI, M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals, **Physiol. Meas.** 29 (4), p. 515–524. 2008. DOI: 10.1088/0967-3334/29/4/007.

ZENG, Z.; PANTIC, M.; ROISMAN, G. I.; HUANG, T. S. A Survey of Affect Recognition Methods: Audio, Visual, and Spontaneous Expressions. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, 31(1), 39–58, 2009. DOI: 10.1109/tpami.2008.52.

ZHANG, J.; ZHOU, R. Individual Differences in Automatic Emotion Regulation Affect the Asymmetry of the LPP Component. **PLoS ONE**, 9(2): e88261, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088261>.

ZHANG, J.; ZHOU, R.; OEI, T. P. S. The effects of valence and arousal on hemispheric asymmetry of emotion: Evidence from event-related potentials. **Journal of Psychophysiology**, 25(2), 95–103, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000045>.

ZHANG, M.; IHME, K.; DREWITZ, U. Discriminating drivers' emotions through the dimension of power: Evidence from facial infrared thermography and peripheral physiological measurements. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**. 63, pp.135-143, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.04.003>.

ZHANG, S.; YUAN, S.; HUANG, L.; ZHENG, X.; WU, Z.; XU, K.; PAN, G. Human Mind Control of Rat Cyborg's Continuous Locomotion with Wireless Brain-to-Brain Interface. **Scientific Reports**, 9, 1321, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36885-0>.

ZHANG, Y.; JI, X.; ZHANG, S. An approach to EEG-based emotion recognition using combined feature extraction method. **Neuroscience Letters**. 633: 152–157, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.09.037>.

ZHAO, D.; GU, R.; TANG, P.; YANG, Q.; LUO, Y.-J. Incidental emotions influence risk preference and outcome evaluation. **Psychophysiology**, 53 (10), 1542–1551, 2016. DOI: 10.1111/psyp.12694.

ZHENG; W.-L.; LIU, W.; LU, Y.; LU, B.-L.; CICHOCKI, A. EmotionMeter: A Multimodal Framework for Recognizing Human Emotions, **IEEE Transactions on Cybernetics**, vol. 49, no. 3, pp. 1110-1122, 2019, DOI: 10.1109/TCYB.2018.2797176.

ZHU, Z.; TSIAMYRTZIS, P.; PAVLIDIS, I. Forehead thermal signature extraction in lie detection. **In: 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**. IEEE; 2007. pp.243–246, 2007. DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4352269.

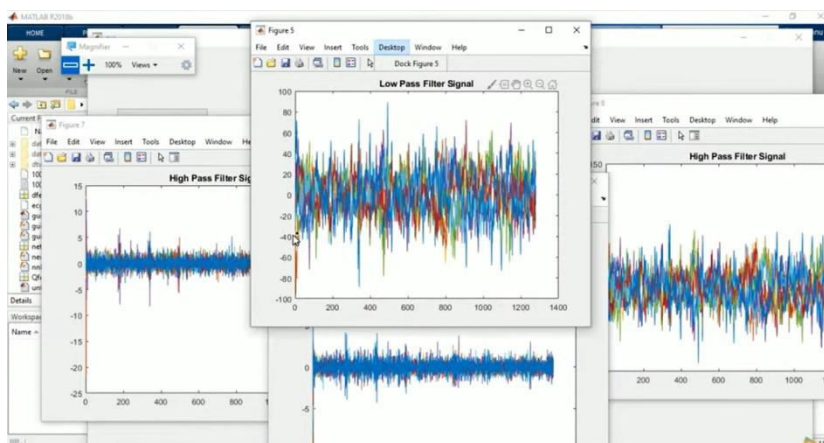
ZHUKOV, A. A.; KIKTENKO, E. O.; ELISTRATOV, A. A.; POGOSOV, W. V.; LOZOVIK, Y. E. Quantum communication protocols as a benchmark for programmable quantum computers. **Quantum Information Processing**. V.18, 1 (1-23), 2019. DOI: 10.1007/s11128-018-2144-y.

APÊNDICE A – ANÁLISE DOS SINAIS DO EEG

Para análise dos dados o neurocientista parceiro utilizou um *notebook* com *Windows 10 Home*, processador Intel i5-6200U, 2.4GHz, memória RAM de 8 GigaBytes. Os *softwares* usados foram: (1) *MatLab*, versão 2017A; (2) *EEGLab*, versão 14_1_1_B; (3) *Brainstorm* 3, versão 28-Dec-2020. Todos eles serão referenciados a seguir.

O **MatLab** é uma plataforma de programação utilizada em processos de análise de sinais de eletroencefalografia (MATCHWORKS, 2020). A figura 127 abaixo faz parte de um vídeo que exibe uma de suas interfaces e apresenta um processo de análise de EEG. Segundo a transcrição do vídeo, após a captura dos dados existe a necessidade do reprocessamento dos mesmos com o objetivo de utilizar filtros para otimizar os dados.

Figura 127 - Visão do Matlab em um processo de EEG



Fonte: Pantech eLearning¹⁵⁹.

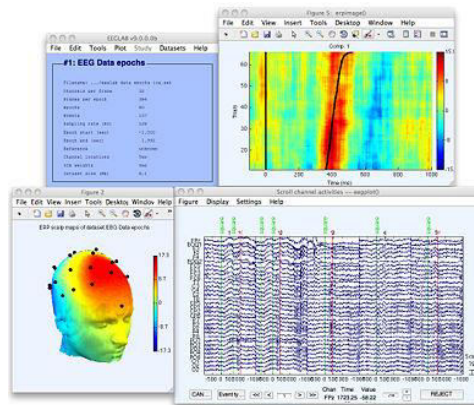
A imagem apresenta várias janelas intituladas “*High Pass Filter Signal*” (sinal de filtro passa-alta) e, segundo Jardim (2017, p.39), esse tipo de procedimento é uma técnica de filtragem usada para remover os artefatos do sinal de EEG. O filtro passa-alta é um amplificador de ruídos de baixa frequência (DICKTER; KIEFFABER, 2014, p.29) e foi utilizado nesta pesquisa.

O **EEGLAB** é uma caixa de ferramentas com destaque para sua interface gráfica. A figura 128 a seguir apresenta várias telas onde é possível visualizar

¹⁵⁹ Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=mPS6Y8Qb30I>.

diversas configurações de pré-processamento. De mapeamento topográfico do couro cabeludo (janela inferior esquerda) até gráficos de imagem ERP multi-ensaio. Também exhibe processos de filtragem, rejeição de artefatos, seleção de épocas e média (SCCN, 2020).

Figura 128 - Visão geral da interface do EEGLAB

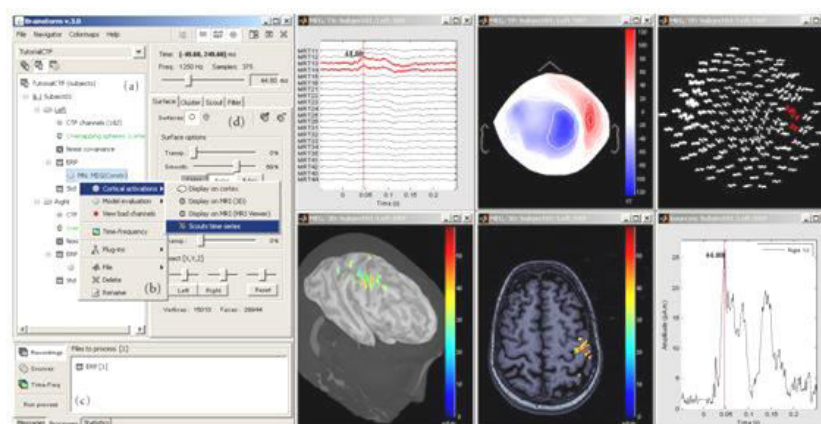


Fonte: SCCN (2020).

Muito utilizado em pesquisas de EEG. Os recursos gráficos do EEGLAB permitem verificar a atividade elétrica cerebral de várias maneiras, como é possível observar nas janelas supracitadas.

O **Brainstorm** (figura 129 abaixo) é um *software* cujo processo ocorre “com ênfase em técnicas de estimativa de fonte cortical” e o seu objetivo é disponibilizar uma simples e intuitiva interface gráfica de usuário (TADEL et al., 2011).

Figura 129 - Visão geral da interface *Brainstorm*



Fonte: Tadel et al. (2011).

As janelas exibem diversas representações dos dados coletados, de menus contextuais a múltiplas reproduções do cérebro, tanto individuais quanto coletivos e representações de frequências da atividade cerebral.

A seguir são apresentados os procedimentos passo a passo de análise dos arquivos da atividade elétrica cerebral dos voluntários nos dois experimentos. Estas etapas foram realizadas pelo neurocientista parceiro.

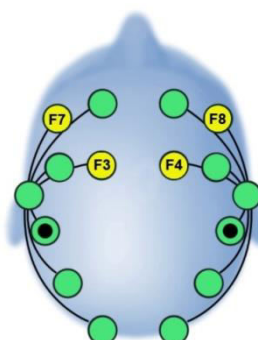
Passo 01 – Importação dos dados coletados para o software EEGLAB.

Após receber os arquivos, o neurocientista analisou previamente cada um deles e verificou que de modo geral eles apresentavam boa qualidade, contendo apenas artefatos tradicionais do EEG como movimentos oculares e contrações musculares. Segundo Maciel (2021), esses tipos de artefatos geralmente aparecem em análises de sinais em que os participantes estejam acordados e com os olhos abertos. O procedimento inicial consistiu na importação dos arquivos para o EEGLAB.

Passo 02 – Inserção da taxa de amostragem do sinal (128 Hz). Os dados técnicos de gravação foram definidos durante os testes pilotos com o neurocientista parceiro. O *software* Emotiv PRO permite editar as configurações de gravação. Os dados utilizados nesta pesquisa foram: (1) *EEG Sample Rate*: 128 Hz; (2) *Mode*: 16-bit; (3) *Motion*: 64Hz. Este passo foi a inserção destas informações no EEGLAB.

Passo 03 - Exclusão dos canais que não foram utilizados. O Emotiv EPOC+ permite a captura dos sinais cerebrais em 14 áreas do cérebro. Como o objetivo foi verificar a atividade cerebral cortical frontal, foram utilizados apenas quatro canais: F3, F4, F7, F8. A figura 130 abaixo mostra os quatro eletrodos utilizados na cor amarela e devidamente identificados.

Figura 130 - Eletrodos utilizados na análise dos sinais cerebrais



Fonte: o autor (2020). Adaptado de Emotiv¹⁶⁰.

¹⁶⁰ Fonte: https://emotiv.gitbook.io/epoc-user-manual/troubleshooting/contact_quality.

A imagem representa a vista superior de uma cabeça humana cuja face está no topo e a distribuição dos eletrodos obedece a configuração formal do Emotiv EPOC e atende ao Sistema Internacional 10/20. Para esta pesquisa foram excluídos os eletrodos que aparecem na cor verde.

Passo 04 – Inserção dos arquivos correspondentes dos eletrodos. O *software* Emotiv PRO v.2 *Academic Plus* é capaz de gerar três tipos de arquivos diferentes: (1) Arquivo com extensão “**.JSON**”; (2) Arquivo com extensão “**.EDF**”; (3) Arquivo de Valores Separados por Vírgulas do Microsoft Office **Excel**. Nesta pesquisa foram utilizados os arquivos com extensão “**.EDF**”.

Passo 05 – Aplicação do filtro passo banda e o filtro *Notch*. Houve a aplicação do **filtro passo banda** com frequência de corte de 0.5 a 30Hz, permitindo a passagem das frequências nesta faixa e excluindo as demais. Essa filtragem possibilitou a atenuação das frequências elétricas e embora tenha eficiência na amenização das frequências da rede elétrica, não há um filtro 100% eficiente.

Como modo de garantia optou-se em utilizar também os filtros ***Notch*** com frequência de corte de 55 a 60 Hz. Este filtro também tem o objetivo de reduzir a interferência proveniente da rede elétrica do sinal de entrada (CORREIA, 2010, p.01; DICKTER; KIEFFABER, 2014, p.29).

Um dos artefatos que merecem atenção é aquele relacionado com os campos eletrônicos associados com a contração muscular (EMG). Esses artefatos apresentam grande amplitude do potencial elétrico e podem ser visualizados e identificados com mais facilidade que os demais, o que facilita a inspeção visual e sua posterior exclusão.

Durante os testes pilotos observou-se que os voluntários proferiram diversas declarações informais (comentários), expressões corporais e faciais, incluindo alguns breves movimentos do tronco e da cabeça, enfatizando as emoções sentidas. Estes comportamentos também se repetiram durante o SIMU e o JOCO e as filmagens dos voluntários evidenciaram estas ações e movimentos.

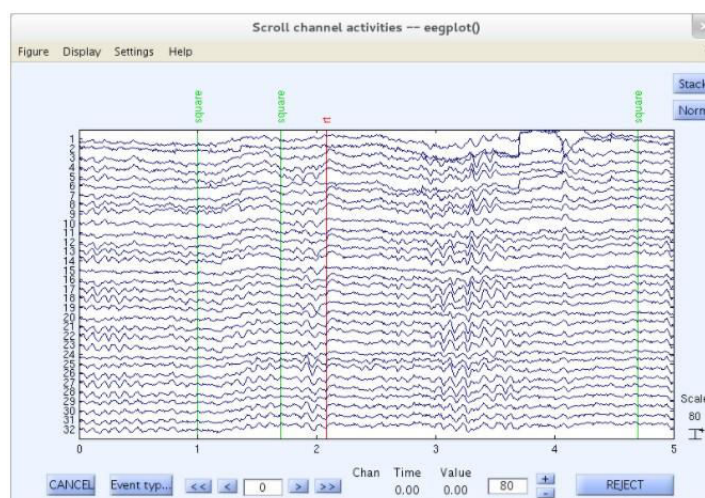
O pesquisador informou estas situações ao neurocientista para que ele ficasse mais atento aos artefatos que tivessem alguma relação com esses comportamentos e facilitasse sua análise e extração.

Passo 06 – Remontagem conforme o *Common Average Reference* (CAR).

A remontagem ocorreu digitalmente no EEGLAB com o objetivo de reduzir ainda mais a presença de artefatos. O *Common Average Reference* (Referência Média Comum) é utilizado no EEG para prevenir ruídos no sinal (ROLSTON et al., 2009). Outras vantagens do CAR são: a insensibilidade às correntes do couro cabeludo perto de qualquer eletrodo único e o cálculo da média de todos os eletrodos (média amostral), considerando a soma das tensões positivas e negativas registradas sobre a cabeça (DIEN, 1998; DICKTER; KIEFFABER, 2014, p.41).

Passo 07 – Realização da inspeção visual do sinal. Esta etapa requer experiência do profissional, boa acuidade visual e sensibilidade. Trata-se de uma inspeção visual com o objetivo de identificar possíveis artefatos de grande porte e visíveis a olho nu. A figura 131 abaixo traz o panorama de uma inspeção aleatória de uma atividade cerebral capturada por um equipamento de 32 canais.

Figura 131 - Inspeção visual do sinal da atividade cerebral



Fonte: EEGLAB Quickstart Guide¹⁶¹.

Mesmo que a inspeção visual seja realizada por um profissional experiente, esta tarefa dificilmente apresenta uma padronização ou uma análise estatística devido a grande subjetividade da psique humana (VAID et al., 2015), especialmente quando se está pesquisando o estado emocional em experimentos que evoquem emoções diversas.

¹⁶¹ Fonte: https://eeglab.org/tutorials/02_Quickstart/quickstart.html.

Passo 08 – Aplicação do algoritmo de ICA. Esta aplicação permitiu encontrar componentes independentes nos sinais mistos, uma vez que o registro do EEG captura diversos sinais a partir do couro cabeludo, além dos periculares. E são justamente os artefatos oculares que exigem o uso do *Independent Components Analysis*-ICA como técnica de separação (DICKTER; KIEFFABER, 2014, p.53).

O processo possibilitou a escolha dos componentes relacionados aos artefatos oculares com base na localização, topografia e frequência. Houve desagregação das fontes que colaboram com a tensão coletiva verificada no conjunto de dados capturados pelos eletrodos, finalizando com sua subtração.

Passo 09 – Realização da segunda inspeção visual do sinal. Mais uma vez os sinais foram inspecionados visualmente pelo neurocientista para verificar se os artefatos foram reduzidos ou excluídos após a aplicação dos filtros citados anteriormente. Os passos de aplicação do *Notch* e do ICA foram repetidos.

Passo 10 – Seleção dos trechos determinados e salvar em formato .SET. As épocas devidamente definidas e citadas nas tabelas 05 e 06 (p.310 e p.311) foram selecionadas pelo neurocientista. Após o processo de seleção, os arquivos com extensão “**.EDF**” foram convertidos para o formato “**.SET**”, que corresponde a extensão de arquivos adequada para uso e edição através do *software* EEGLAB.

Passo 11 – Inserir os arquivos “.SET” no software Brainstorm. Os arquivos com as épocas foram inseridos no *software Brainstorm* para uma série de processamentos capazes de gerar animações, seleção de canais e mapeamento de dados em superfícies 3D através da modelagem da cabeça (TADEL, 2021). Os arquivos que correspondem aos quatro eletrodos foram inseridos no referido *software* para realização de mais um procedimento de filtragem.

Passo 12 – Aplicar o filtro passa-banda do tipo Butterworth. Também chamado de Filtro de Magnitude Máxima Plana, ele gera uma resposta na banda passante de frequência plana. Este filtro atua para obter uma resposta planificada de frequência da banda, não havendo ondulação na faixa de passagem e na faixa de parada da resposta da frequência (ELECTRICAL4U, 2021; ELPROCUS, 2021).

Passo 13 – Realizar a média no tempo do trecho. Corresponde a média dos 60 segundos de cada época. Este período de tempo gera uma série de valores que foram calculados buscando-se o valor médio. Vale lembrar que apesar dos

filtros terem sido utilizados para excluir os artefatos e ruídos que tiram a “pureza” do sinal, o tempo das épocas permaneceu em 60 segundos.

Cada eletrodo gerou um valor individual e estes foram exportados e inseridos em uma tabela para realização do cálculo referente a assimetria do sinal da atividade cerebral dos voluntários.

Passo 14 – Cálculo do Índice de Assimetria de Alfa Frontal (IAAF). Para avaliar as áreas corticais ativadas dos voluntários durante o SIMU e o JOCO foi utilizado o Índice de Assimetria do Alfa Frontal (IAAF), de acordo com a seguinte fórmula: **$IAAF = \text{Log}\mu V^2 \text{AlfaFD} - \text{Log}\mu V^2 \text{AlfaFE}$** .

Após os cálculos foi possível avaliar qual dos dois hemisférios cerebrais apresentou maior ativação ao comparar o resultado do EEG *Pré-Game* com o EEG *Pós-Game* dos experimentos SIMU e JOCO.

Os resultados da assimetria cerebral dos dois experimentos foram tabulados e apresentados no capítulo das análises de dados a partir do subtópico 7.5.1.1 chamado “Os resultados do EEG no treinamento” (p.403).

APÊNDICE B – RESULTADO PRELIMINAR DAS ANÁLISES DOS TERMOGRAMAS

A tabela 61 abaixo apresenta a análise estatística das imagens térmicas do SIMU. A primeira coluna indica as quatro etapas, a segunda coluna mostra os ROIs analisados e a terceira cita o número de análises (n=13). As outras quatro colunas informam: a temperatura mínima, a máxima, a temperatura média e o desvio padrão.

Tabela 61 - Análise estatística descritiva das imagens térmicas do SIMU

Etapa	ROIs	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Inicial (EI)	QTF	13	31,10	34,60	32,6769	1,00760
	FEI	13	34,10	37,70	35,2538	,90702
	BDEI	13	31,20	34,80	33,6923	1,12135
	BEEI	13	31,50	34,70	33,7692	1,02825
	NEI	13	27,20	35,70	31,4615	2,91191
Pré-Game (EAG)	QEI	13	31,60	35,70	34,2846	1,31963
	FEAG	13	34,10	36,00	34,9077	,51228
	BDEAG	13	31,00	34,80	33,4085	1,15286
	BEEAG	13	31,30	35,10	33,6077	1,10035
	NEAG	13	26,20	34,80	30,8538	3,01098
Pós-Game (EPG)	QEAG	13	32,40	35,30	34,1000	1,01653
	FEPG	13	33,90	35,90	34,9154	,56398
	BDEPG	13	30,60	35,00	33,2231	1,28462
	BEEPG	13	31,00	34,80	33,3231	1,05448
	NEPG	13	25,70	34,50	29,4385	2,78374
Final (EF)	QEPG	13	32,30	35,50	34,0308	1,08350
	FEF	13	32,20	35,30	34,5538	,84025
	BDEF	13	30,30	34,10	32,8385	1,10192
	BEEF	13	30,70	34,10	32,8923	,97422
	NEF	13	25,20	34,90	29,4692	3,24689
	QEF	13	30,30	35,20	33,7000	1,42945
	Valid N (listwise)	13				

Fonte: Marçal (2020).

Os códigos dos ROIs apresentam as siglas que identificam cada etapa: EI = Etapa Inicial; EAG = Etapa Pré-Game; EPG = Etapa Pós-Game; EF = Etapa Final).

Observa-se que cada sigla começa por uma ou duas letras na cor azul que indica exatamente qual ROI ele representa: 1) **F** = testa (*forehead*); 2) **BD** = bochecha direita; 3) **BE** = bochecha esquerda; 4) **N** = Nariz; 5) **Q** = Queixo.

Após a análise anterior ocorreu a análise das variações da emissividade térmica dos ROIs utilizando o **Teste t de amostras pareadas (SPSS)** (Tabela 62).

Tabela 62 - SIMU – Teste t das variações de emissividade dos ROIs

SIMU	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Média	Desvio Padrão	Erro médio padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
				Inferior	Superior			
Intervalo 1 - Resultado da diferença entre as temperaturas das etapas Inicial e Pós-Game								
Pair 1 Testa IN - Pós	-,80000	1,15253	,31966	-1,49647	-,10353	-2,503	12	,028
Pair 2 Bo.Dir. IN - Pós	-1,07692	,90568	,25119	-1,62422	-,52963	-4,287	12	,001
Pair 3 Bo.Esq. IN - Pós	-,96154	1,16228	,32236	-1,66390	-,25918	-2,983	12	,011
Pair 4 Nariz IN - Pós	-,44615	1,73955	,48246	-1,49735	,60504	-,925	12	,373
Pair 5 Queixo IN - Pós	-,77692	,61935	,17178	-1,15119	-,40266	-4,523	12	,001
Intervalo 2 - Resultado da diferença entre as temperaturas das etapas Pré-Game e Final								
Pair 1 Testa Pré - Final	,87692	1,02075	,28310	,26009	1,49375	3,098	12	,009
Pair 2 Bo.Dir. Pré - Final	1,45385	,91252	,25309	,90242	2,00528	5,744	12	,000
Pair 3 Bo.Esq. Pré - Fin	1,28462	,98391	,27289	,69005	1,87919	4,707	12	,001
Pair 4 Nariz Pré - Final	2,03846	2,58829	,71786	,47438	3,60255	2,840	12	,015
Pair 5 Queixo Pré - Fin.	,99231	1,05393	,29231	,35542	1,62919	3,395	12	,005
Intervalo 3 - Resultado da diferença entre as temperaturas das etapas Pré-Game e Pós-Game								
Pair 1 Testa Pré - Pós	-,20000	1,03199	,28622	-,82362	,42362	-,699	12	,498
Pair 2 Bo.Dir. Pré - Pós	-,03846	,75004	,20802	-,49171	,41478	-,185	12	,856
Pair 3 Bo.Esq. Pré - Pós	-,20000	,79057	,21926	-,67774	,27774	-,912	12	,380
Pair 4 Nariz Pré - Pós	,67692	1,36696	,37913	-,14912	1,50297	1,785	12	,099
Pair 5 Queixo Pré - Pós	-,19231	,92327	,25607	-,75024	,36562	-,751	12	,467
Intervalo 4 - Resultado da diferença entre as temperaturas das etapas Inicial e Final								
Pair 1 Testa IN - Final	,27692	1,00925	,27992	-,33296	,88681	,989	12	,342
Pair 2 Bo.Dir. IN - Final	,41538	,88209	,24465	-,11766	,94842	1,698	12	,115
Pair 3 Bo.Esq. IN - Final	,52308	,82275	,22819	,02589	1,02026	2,292	12	,041
Pair 4 Nariz IN - Final	,91538	1,88894	,52390	-,22609	2,05686	1,747	12	,106
Pair 5 Queixo IN - Final	,40769	,76536	,21227	-,05481	,87019	1,921	12	,079

Fonte: Marçal (2020).

Vale lembrar que estas duas análises estatísticas e os códigos adotados também foram realizados no experimento JOCO.

APÊNDICE C – PERSPECTIVA DOS CUSTOS DA PESQUISA

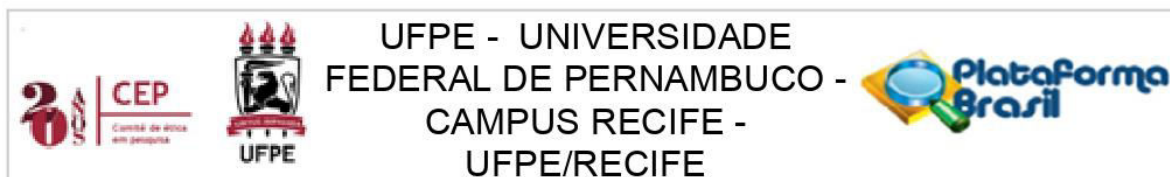
A tabela 63 abaixo apresenta um panorama com pelo menos 95% dos gastos totais do pesquisador com esta pesquisa ao longo dos anos.

Tabela 63 - Panorama dos gastos com esta pesquisa

CUSTOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Publicações (livros)	R\$ 96,00	R\$ 284,00	--	--	--	--
Cursos com insumos	--	R\$ 890,00	R\$ 200,00	--	--	--
Associação em instituições	R\$ 75,00	R\$ 280,00	--	R\$ 180,00	--	--
Impressos diversos	R\$ 285,00	R\$ 114,00	R\$ 58,00	R\$ 40,00	--	R\$ 740,00
Deslocamentos p/Recife	R\$ 130,00	R\$ 275,00	R\$ 410,00	R\$ 154,00	R\$ 245,00	R\$ 275,00
Inscrições em eventos	--	R\$ 570,00	R\$ 1.560,00	R\$ 153,00	--	--
Passagens aéreas (eventos)	--	R\$ 2.540,00	R\$ 1.480,00	--	--	--
Hospedagens (eventos)	--	R\$ 675,00	R\$ 1.300,00	--	--	--
Deslocamento urbano (eventos)	--	R\$ 170,00	R\$ 263,00	--	--	--
Alimentação (eventos)	--	R\$ 340,00	R\$ 484,00	--	--	--
Passagens (Maceió)	--	--	R\$ 80,00	R\$ 160,00	--	--
Hospedagens (Maceió)	--	--	R\$ 180,00	R\$ 670,00	--	--
Alimentação pessoal	--	--	R\$ 75,00	R\$ 325,00	--	--
Deslocamentos em Maceió	--	--	R\$ 75,00	R\$ 84,00	--	--
Locação de ambientes	--	--	R\$ 620,00	R\$ 1.650,00	--	--
Locação de equipamentos	--	--	R\$ 4.000,00	--	--	--
Software Emotiv PRO	--	--	R\$ 645,00	R\$ 1.800,00	--	--
Parcerias c/monitores (operacional)	--	--	R\$ 120,00	R\$ 530,00	--	--
Insumos diversos para pesquisa	--	--	R\$ 230,00	R\$ 115,00	--	--
Transporte (terceiros)	--	--	--	R\$ 182,00	--	--
Alimentação (terceiros)	--	--	R\$ 65,00	R\$ 190,00	--	--
Parcerias (consultoria)	--	--	--	R\$ 3.300,00	R\$ 600,00	--
TOTAL	R\$ 586,00	R\$ 6.138,00	R\$ 11.845,00	R\$ 9.533,00	R\$ 845,00	R\$ 1.015,00
TOTAL GERAL	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	29.962,00

Fonte: o autor (2022)

ANEXO A - PARECER INICIAL DO COMITÊ DE ÉTICA (UFPE)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da experiência emocional dos usuários usando games: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho

Pesquisador: Ademário Santos Tavares

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 26820919.0.0000.5208

Instituição Proponente: Centro de Artes e Comunicação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.841.461

Apresentação do Projeto:

Projeto de Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Design

Título da Pesquisa Estudo da experiência emocional dos usuários usando games: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho

Pesquisadora Responsável- Ademario Santos Tavares

Orientador: Prof. Marcelo Márcio Soares

Co-orientador: Prof. Márcio Alves Marçal

:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio- R\$ 8.650,00

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO GERAL

Identificar correlações emocionais de uma amostra de usuários através da aplicação de métodos tradicionais de usabilidade e experiência de uso juntamente com ferramentas fisiológicas após o uso de jogos eletrônicos de treinamento e entretenimento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os resultados da avaliação das emoções positivas e negativas após a aplicação de

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 50.740-600

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.841.461

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 17 de Fevereiro de 2020

Assinado por:

Gisele Cristina Sena da Silva Pinho
(Coordenador(a))

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

ANEXO B - ESCALA DE DEPENDÊNCIA EM GAMES (GAS)

ATENÇÃO: Leia todos os questionamentos e responda marcando um “X” na opção de acordo com o seu nível de frequência.

QUESTIONAMENTOS	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Frequen-temente	Muito frequen-temente
01. Você pensou em jogar o dia todo?					
02. Você gastou muito do seu tempo livre com jogos eletrônicos?					
03. Você tem se sentido dependente de algum jogo eletrônico?					
04. Você jogou por mais tempo do que pretendia?					
05. Você gastou cada vez mais do seu tempo com jogos eletrônicos?					
06. Você foi incapaz de parar no início do jogo?					
07. Você jogou para esquecer a vida real?					
08. Você tem jogado para aliviar o estresse?					
09. Você tem jogado para se sentir melhor?					
10. Você foi incapaz de reduzir o seu tempo de jogo?					
11. Outras pessoas (familiares e/ou amigos) têm tentado, sem sucesso, reduzir o seu uso de jogos eletrônicos?					
12. Você tem falhado ao tentar reduzir o seu tempo de jogo?					
13. Você tem se sentido mal quando não consegue jogar?					
14. Você tem se sentido irritado quando não consegue jogar?					
15. Você tem se sentido estressado quando não consegue jogar?					
16. Você teve brigas com outras pessoas (familiares e/ou amigos) por					

conta do seu tempo gasto com jogos eletrônicos?					
17. Você tem deixado de lado os familiares e/ou os amigos porque estava jogando?					
18. Você tem mentido sobre o tempo gasto com jogos eletrônicos?					
19. Você deixou de dormir para jogar?					
20. Você tem deixado de lado outras atividades importantes (ex., faculdade, trabalho, esportes) para jogar?					
21. Você se sentiu mal após jogar por um longo tempo?					

Fonte: baseado em LEMOS, I. L.; CONTI, M. A.; SOUGEY, E. B. Avaliação da equivalência semântica e consistência interna da Game Addiction Scale (GAS): versão em português. **J. bras. psiquiatr.** vol.64 no.1, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0047-2085000000051>.

ANEXO C – PROTOCOLO DE PESQUISA DA TERMOGRAFIA

Infrared Thermography Data Collection Protocol

This protocol may suffer minor adjustments depending on the product being tested.

Infrared thermography has studies that show alterations of the autonomic nervous system when the subject is exposed to situations of extreme emotions of relaxation or of much stress.

Intermediary situations will have to be evaluated.

Collection environment

Room must be acclimatized at a uniform ambient temperature of 23°C with a variation of 1,0°C. The airflow at the collection site must not exceed 0,2 m/s. Avoid direct ventilation over the area to be evaluated. The relative humidity should be around 45%. Humidity above 60% should be avoided.

The temperature measurement can be done with dry bulb thermometer. Ventilation should be evaluated by an anemometer and relative humidity by a hygrometer. Heating sources in the collection room should be avoided.

Preparation of the subject

Subjects should be instructed to avoid: alcoholic beverages 24 hours before the exam, caffeinated coffee (black tea / coffee) 1 hour before the examination, sports activity 24 hours before the examination and smoking at least 2 hours of the examination.

Subjects should remain for at least 15 minutes in the room for a thermal equilibrium to occur, before beginning the image acquisition process. The areas to be photographed should be bare.

Subjects should avoid contact with the area to be evaluated. Example support or rub the area to be evaluated.

Areas to be evaluated: Face, hands and ears

Care of the areas to be evaluated.

Face and ears: Do not rub or touch the area with your hands or any object. One must use the fixing of the glasses avoiding contact on the ears.

Hands: Avoid resting your hands on any surface and avoid using your hand during and after the acclimatization period. If the hand is to be used for interaction with the product, we can not use the images to evaluate emotion. We may use the images to assess skeletal and metabolic muscle overload but not emotion.

Place of test: Must be mounted so that the researcher can take the photos before, during and after the test. Any source of heat and any form of ventilation near the areas to be evaluated should be avoided. In this case we will have the use of glasses but avoid any extra source of heat.

Obtaining the image using the thermal camera:

Face: You can use the tripod or not. The camera should be at a distance from the subject that allows the region to be photographed to be within the area of the camera monitor without the need for zooming. Taking the region above the shoulders and just above the subject's head. The zoom can be used if necessary to keep the distance without zooming is just a standardization.

Ears: The tripod can be used or not. The camera should be at a distance from the subject that allows the region to be photographed to be within the area of the camera monitor without the need for zooming. Around the ear we should have an area of 3 to 5 cm in the image capture. It is interesting to have a more standardized area to be photographed. The subject must remove earrings or other adornments worn on the ears.

Hands: Use a white Styrofoam board to support the subject's forearms and hands on his own leg or on a table or other surface. This styrofoam board can be placed just at the time of the photo. Styrofoam works as a thermal insulation. The forearm should be supported on the Styrofoam but the hands should not be supported.

The right and left hands should be side by side in the photos because the image analysis is comparative. If you want you can take pictures of the hands separately, but for analysis we have to have the photo of the hands together. The fingers should not stay together and also away from each other in an exaggerated manner.

The photos should be from the palmar and dorsal region of the hands. Around the hands we should have an area of 3 to 5 cm in the image capture. It is interesting to have a more standardized area to be photographed. The subject must remove all rings or other adornments worn on the hands and wrists.

Test Protocol

Provide the subject with a question of how he is feeling at that moment with a scale response of 0 to 10 points. Being 0 very calm and 10 very nervous. You can have more than one question depending on what is expected of emotion that the test provokes in the subject.

The ideal is that for each phase of photos the subject receives a new sheet with questions avoiding knowing what he answered in the previous phase.

Photos after the acclimatized period without using the glasses.

During the period of acclimatized subject should avoid contact with the areas to be photographed. Avoid exposure to air currents or be near any heat source.

Important: Do not forget to focus the photos.

For safety always take 3 photos of each situation that will be analyzed to have a backup if any photo is not good for analysis.

These photos are very important because they served as the basis for all comparisons of the images to be made during and after the test.

Make the sequence of photos that get easier for the researcher. Photo of face, right and left ears, palm of hands and back of hands.

Photos after 5 minutes of wearing the glasses off.

Make the sequence of photos that get easier for the researcher. Photo of face, right and left ears, palm of hands and back of hands.

Photos after 10 minutes (random time one should see the warm-up time of the glasses) with glasses on without doing the test.

Make the sequence of photos that get easier for the researcher. Photo of face, right and left ears, palm of hands and back of hands.

Pictures at the end of test with glasses on.

Make the sequence of photos that get easier for the researcher. Photo of face, right and left ears, palm of hands and back of hands.

Pictures at the end of the test without the glasses.

Make the sequence of photos that get easier for the researcher. Photo of face, right and left ears, palm of hands and back of hands.

Photos after 15 minutes from the end of the test.

Make the sequence of photos that get easier for the researcher. Photo of face, right and left ears, palm of hands and back of hands.

Fontes:

IACT - INTERNATIONAL ACADEMY OF CLINICAL THERMOLOGY. **Thermography Guidelines. Standards and Protocols in Clinical Thermographic Imaging**. Disponível em: <http://www.iact-org.org/professionals/thermog-guidelines.html>. Publicado em: ?? set.2002. Acesso em: 02 fev.2019.

RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**. 33 p. R33–R46. 2012. DOI: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/33/3/R33/meta>.

ANEXO D – PROTOCOLO DE PESQUISA DA ELETROENCEFALOGRAFIA

PROTOCOL - Electroencephalography

Environment

1. Place

Ambient electrical noise can be problematic for EEG recordings. When setting up a laboratory, and periodically throughout data collection, it is useful to check noise levels using a handheld gauss-meter that is sensitive to the electrical noise frequency range emitted by power lines, computers, and other electrical appliances (all device that sends frequency under 60Hz). In the China, this frequency range is about 50 Hz.

One method for reducing the influence of this electrical noise is to collect EEG data in an electrically shielded room or chamber. If such a chamber or room is not readily available, and checking with a gauss meter indicates the presence of electrical noise, often one can move the offending equipment a short distance away from electrodes and electrode wires to reduce the impact of noise on recordings. Moreover, it's important to emphasize that the EmotivPro device loses signal over long distances; in this case, the device must be near to the computer.

The room cannot have anything for distracting the participant, such as vibrant colors and pictures on the wall.

2. Temperature

The temperature of the recording room and/or chamber should be maintained in a comfortable range for participants. Specifically, if participants are perspiring, this can create problems in the recording of EEG data.

Participant

1. Preparation

If possible, participants should arrive with their hair washed without using additives like conditioner, hair styling products, or just neutral soap as this helps significantly to achieve low impedances essential to EEG recording.

The participant must avoid:

- The ingestion of stimulant substances such as caffeine, chocolate, alcoholic beverages, etc;

- The ingestion of muscle relaxant or sleep medication;
- Excessive sugar and carbohydrate consumption;
- Must not be fasting - the participant must eat a light meal at least 1 hour before the experiment;
- Practicing Sports activity 24 hours prior to the experiment;
- The participant will be oriented breathe softly and avoid abrupt movements during the experiment.

2) Number and gender

- It's necessary to work with different groups, but with the same standard, such as gen-der and age.
- Must have minimum 30 people each experiment with standard gender (15 female and 15 male).
- Diversification age: the making-decision can be affected during life, thus we cannot to assume just one age range like a Chinese standard (Monk, 2008).

EmotivPro Device

First of all, It's essential charging the battery (the device should be switched off for charging) and check the contact quality display.

The contact quality display is a visual representation of the current contact quality of the individual headset sensors. You can observe each sensor's status in real-time to adjust sen-sors to optimize contact quality. For EpocFlex, the contact quality map displays the config-ured sensors only.

Before switching on the headset, a conductive gel is injected inside each electrode hold-er, making a stack of gel against the scalp, enough to avoid interference between neighboring electrodes (It's necessary to put much gel on the electrodes). When switching on, the headset should be to look at the quality map. If the sensor is red or black, If the quality contact is not right, can put more gel on the electrode, but now with hands (don't put the injection of iron on switched on headset). And this continue, still, it is red or black, it can be spinning move-ments with your fingers until the color change.

This process must be faster possible to avoid discomfort and stress to the participants.

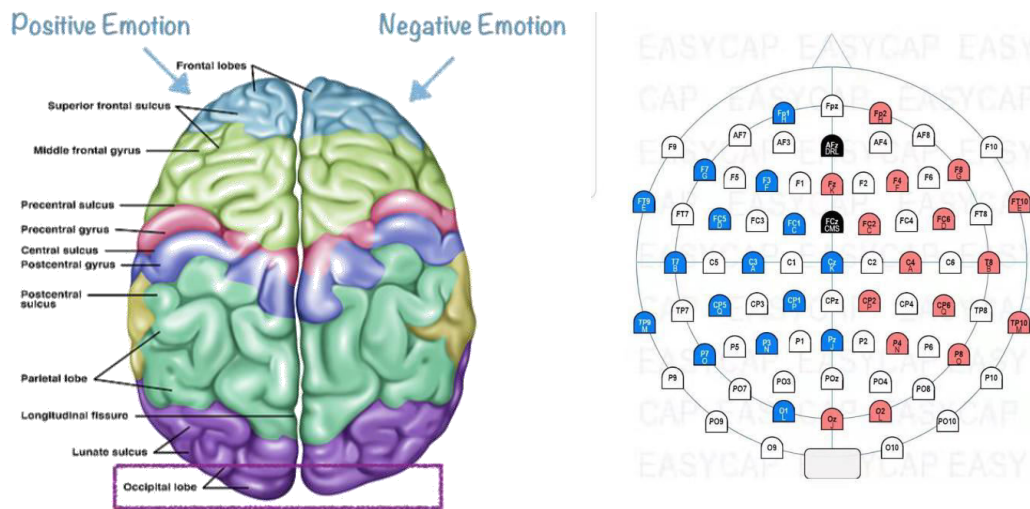
Channel cleaning

Electrodes must be cleaning with saline solution and transmission-based precautions taken before and after recording.

Electrodes

This map shows the specific position of electrodes that will be used in the experiment. The electrodes are already correctly positioned on the headset.

For emotion detection, we only selected relevant channels that are reliable for emotion processing since EEG electrodes can add computational complexity. Emotion processing in the brain, mainly located at the right and left frontal, temporal, and central lobes area. The occipital channel included because the alpha band from this area helps to determine neutral emotion stat.



The well-known circumplex model inspired emotion detection and regulation (Russel 1980). This model suggests that emotions are distributed in a two-dimensional circular space, containing arousal (activation) and valence (pleasantness) dimensions.

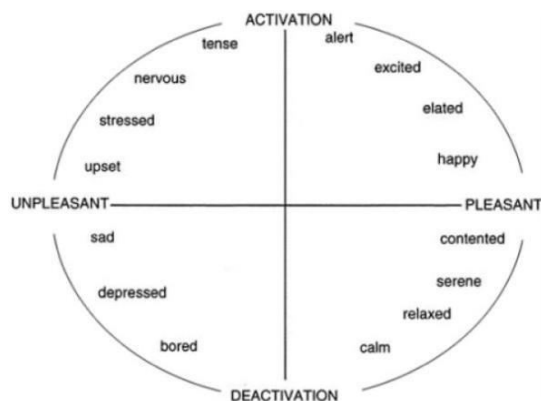


Figure 1: A graphical representation of the circumplex model of affect with the horizontal axis representing the valence dimension and the vertical axis representing the arousal or activation dimension (Russel 1980).

The EEG signals decomposed by its frequency into four bands of the spectrum: gamma, beta, alpha, and theta. These frequency bands lie within the range from low to high rates. There are theta (4 – 8 Hz), alpha (8 – 12 Hz), beta (12 – 30 Hz), and gamma (30 – 45 Hz).

Stimuli & Procedures

After participants receive a general description of the experiment, sensor electrodes are attached and participants are seated approximately 0.5 m directly in front of the computer monitor and then given detail task instructions.

Each subject will view all pictures in random order. Nevertheless, a maximum of two pictures from the same condition will be displayed in a row. All pictures can be displayed on a black computer screen using Neuroscan Stim2 (Compumedics, NC, USA) or E-Prime.

During the task, pictures from the IAPS are displayed for 1000 ms and occupied the entire screen of a monitor.

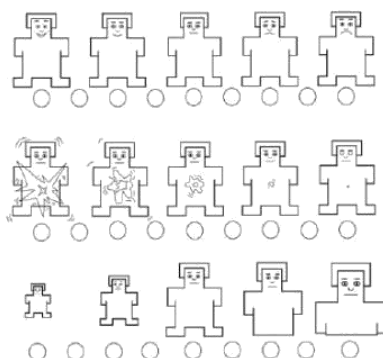
IAPS

This overview of the rating procedure is an example of how these normative studies will be conducted. In general, each picture set that was rated consists of 90 different IAPS pictures that varied in valence and arousal. SAM ratings of valence, arousal, and dominance are done immediately after each picture is presented (Lang, P.J. 1997)

Table 1: valence and arousal table

	Valence	Arousal	Dominance (Control)
Positive emotion	Pleasant	Excited	Large picture (Neutral)
Negative emotion	Unpleasant	Calm, relaxed or sleepy, figure	Small picture (Neutral)

Figure 2: SAM-Rating-Scales for valence (top), arousal (middle) and dominance (bottom)



Experiment 1

In the first block of the task, participants view randomly presented IAPS pictures. They are instructed to see the images as they are given and pay close attention to each one (here-after to be referred to as the view condition). This condition is designed as a baseline for comparing the effects of the regulation instructions given in the next blocks. The view block is not counter-balanced with the other two instruction blocks in an attempt to reduce any contamination of the view block by regulation instructions.

A fixation mark (1) is presented for 2000 ms at the beginning of each trial to orient participants to the center of the screen. IAPS pictures appeared 500 ms after the offset of the fixation cross. The interval between the offset of the IAPS picture and the following fixation cross is 1000 ms.

Experiment 2

The participants follow the same experiment 1 protocol, but, in this second moment, view randomly presented VR environment and they are instructed to see the pictures as they are given, pay close attention to each one, and answer the SAM-Rating-Scales.

Experiment 3

The third block of the task each consisted of — different about Chinese Culture and creative products IAPS images.

References

- MONK, C. S. The development of emotion-related neural circuitry in health and psychopathology. **Development and Psychopathology**, 20(4), 1231–1250, 2008. DOI: 10.1017/S095457940800059X.
- LANG, P. J.; BRADLEY, M. M; CUTHBERT, B. N. International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings. NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, Gainesville, 39-58, 1997.
- MALIK, A. S.; AMIN, H. U. **Designing EEG Experiments for Studying the Brain**. Design Code and Example Datasets. 1st Ed. Malaysia: Academic Press Elsevier, 2017.
- POSNER, J.; RUSSELL, J. A.; PETERSON, B. The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. **Dev Psychopathol.** 17(3): 715–734, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>.
- SHEIKHOLESAMI, C.; YUAN, H.; HE, E. J.; BAI, X.; YANG, L.; HE, B. A high resolution EEG study of dynamic brain activity during video game play. **Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.** 2007; 2007:2489-91, 2007. DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4352833.

57035-700) para os testes, conforme **agendamento prévio de acordo com sua disponibilidade**. A distância entre eles é de 750m. O **transporte para estes locais é assegurado pelo pesquisador**.

- O recrutamento é simples: o voluntário utilizará dois sistemas computacionais compostos por simuladores de condução veicular (com banco, assento, câmbio e volante) e *softwares* (sendo um de treinamento e outro de entretenimento). O tempo estimado das duas experiências é de até 120 minutos.

- Os **riscos** para o participante são: 1) algum desconforto em usar o equipamento de EEG, por localizar-se na cabeça; 2) Possível desconforto quanto à temperatura do local, pois deverá ser de 24°C; 3) O dimensionamento e configuração do cockpit do simulador podem causar desconforto postural, embora a permanência em cada equipamento dure por volta de 30 minutos; 4) Não havendo familiaridade com *game*, pode haver um leve desconforto cognitivo.

- O experimento irá gerar diversos **benefícios**: 1) Benefício direto – Haverá um *feedback* individual do monitor de condução veicular para cada voluntário após a experiência com o simulador de autoescola, onde o voluntário será informado sobre quais pontos deve melhorar ao utilizar um veículo real em via pública; 2) O benefício de caráter social – os resultados gerados podem trazer respostas sobre as emoções causadas pelo uso de jogos eletrônicos e de sistemas de treinamento, tão presentes no cotidiano da sociedade; 3) Reabilitação física e cognitiva – profissionais da saúde utilizam *games* como complemento nos tratamentos de reabilitação e esta pesquisa pode contribuir com esse cenário; 4) Educação e aprendizagem – os jogos eletrônicos em ambientes de educação trouxeram alternativas para o processo de aprendizagem e avaliação. Esta pesquisa pode contribuir com esse cenário; 5) Design de Games – pesquisas sobre emoções podem auxiliar profissionais de *games* na geração de novas narrativas e arquitetura de jogos eletrônicos; 6) Design e Ergonomia – A geração de novos produtos e suas interfaces junto aos usuários irão se beneficiar porque também serão aplicados questionários de usabilidade e a opinião dos voluntários é de grande importância; 7) Neurociência – a pesquisa visa identificar correlações entre o uso do EEG e da termografia na verificação das emoções ao usar *games*. Como ambos não são invasivos, as perspectivas de aplicação são muito promissoras.

- O voluntário não participará do experimento no dia que assinar este TCLE, mas mediante agendamento de no mínimo 24 horas, pois ele precisa atender aos procedimentos Pré-teste que serão fornecidos. Caso não seja possível atender as recomendações pré-experimento o voluntário não poderá participar e será dispensado sem nenhum prejuízo.

- **O direito a privacidade será garantida em todas as etapas da pesquisa e após o termino dela**. As informações desta pesquisa serão confidenciais, sem nenhuma referência e identificação de nenhum participante. A título de organização das informações, você receberá uma numeração que o acompanhará em todas as etapas do experimento.

- Os resultados da pesquisa serão divulgados apenas em eventos ou publicações de caráter científico, **não havendo identificação dos participantes**.

- Os dados coletados nesta pesquisa (gravações em vídeos e fotografias) ficarão armazenados no *notebook* pessoal e em conta privada na nuvem pertencentes ao pesquisador Ademario Santos Tavares pelo período mínimo de 5 anos.

- **Você não pagará nenhum valor para participar**. Os custos com locomoção e alimentação serão garantidos pelo pesquisador em um limite de até R\$ 80,00 para os dois experimentos. Valores acima deverão ser negociados nesse momento e não havendo acordo, considerando

exclusivamente suas necessidades, você será dispensado desse experimento sem nenhum prejuízo. Fica também garantida indenização em casos de danos morais, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial.

- Sua participação irá contribuir para o avanço das ciências e irá trazer benefícios para as áreas de *games*, neurociência, neuroergonomia, termografia digital, ergonomia e *design*.

- Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

Maceió-AL, ____ de _____ de 20 ____
(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com Ademario Santos Tavares, pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **Estudo da experiência emocional dos usuários usando *games*: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho**, como voluntário (a).

Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento, assistência ou tratamento.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar:

Nome:

Nome:

Assinatura:

Assinatura:

PROCEDIMENTOS DE PRÉ-TESTE

Caro voluntário, para participar desta pesquisa é fundamental que você siga alguns procedimentos que fazem parte dos protocolos de pesquisa da Termografia Digital por Infravermelho e da Eletroencefalografia. São ações consideradas simples, seguras, rápidas e sem custos adicionais. Porém, não segui-las, pode excluir você da participação nos dois experimentos.

Abaixo está a lista dos procedimentos a serem seguidos. Sinta-se a vontade para questionar cada um dos itens antes de aceitar sua participação e de assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

- **No dia anterior ao experimento:**

- Evitar consumir bebidas alcoólicas 24 horas antes dos experimentos.
- Evitar praticar exercícios físicos 24h antes.
- Não ingerir medicação para sono ou relaxante muscular.

- **No dia do experimento:**

- Não deve lavar o cabelo com aditivos como condicionador, *Hair Styling* ou sabão neutro antes de realizar os experimentos.
- Não pode estar maquiado(a).
- Evitar fumar 2h antes do experimento.
- Não ter consumido em excesso açúcar ou alimentos com extrato de carbono, como pães e cereais.
- O voluntário não deve estar em jejum e ter se alimentado a no mínimo 1h do horário agendado para participação.
- Evitar consumir bebidas ou alimentos estimulantes como chocolate, cafeína, refrigerante ou chá preto 1h antes do horário agendado.
- Deve retirar todos os acessórios de beleza que estão no corpo e na face, como óculos (caso não atrapalhe sua performance), brincos, colares, piercings, etc.

ANEXO F - CARTA DE ANUÊNCIA

Eu, _____, CPF _____
responsável pela empresa _____ declaro para os
devidos fins, que aceito o pesquisador Ademário Santos Tavares, CPF _____, em
nossas dependências para desenvolver o seu projeto de pesquisa intitulado **“Estudo da
experiência emocional dos usuários usando *games*: uma avaliação a partir da Neurociência
e Termografia por Infravermelho”**, que está sob a orientação do Prof. PHD *Marcelo Márcio
Soares*, da Universidade de Hunan - China (e professor titular licenciado da UFPE) e sob a
coorientação do professor Dr. *Márcio Alves Marçal*, da UFVJM-MG.

O objetivo da pesquisa é verificar o estado emocional de até 30 (trinta) voluntários
entre 18 e 21 anos após utilizarem sistemas computacionais do tipo simuladores de direção.
A pesquisa ocorrerá assim que houver liberação do Comitê de Ética da UFPE, em datas a
serem agendadas em comum acordo. Os procedimentos a serem executados serão: 1) a
resolução de questionários de autorrelato, e; 2) a realização de mensurações
psicofisiológicas utilizando equipamentos fornecidos pelo pesquisador.

A empresa não irá arcar com nenhuma despesa nem haverá nenhum ônus a sua
imagem ou infraestrutura. Todos os dados e materiais coletados no seu interior serão
protegidos e armazenados única e exclusivamente para fins de pesquisa e nenhuma
informação será disponibilizada sem o seu conhecimento e autorização prévia.

A aceitação está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos e
protocolos da Resolução 466/12 e suas complementares. Esta pesquisa pretende gerar
benefícios para várias áreas do conhecimento, como *Design*, Ergonomia, Termografia,
Neurociências e *Games*.

Maceió-AL, _____

Gerente Geral/Diretor/Proprietário

ANEXO G – DIAGRAMA DE CORLETT

DIAGRAMA DE CORLETT – Escala de avaliação de desconforto corporal

Você acabou utilizar um cockpit. Analise o modelo humano abaixo e marque qual(is) região(ões) do corpo humano representa(m) a(s) área(s) do seu corpo acometida por algum desconforto ou dor após usar o equipamento. Caso você não tenha sentido nada marque o grau de intensidade “1 = nenhuma dor ou desconforto”. Utilize como base o grau de intensidade do desconforto/dor citado na escala progressiva abaixo.

Escala progressiva de intensidade do desconforto/dor				
1	2	3	4	5
Nenhuma dor ou desconforto	Alguma dor ou desconforto	Moderada dor ou desconforto	Bastante dor ou desconforto	Insuportável dor ou desconforto

0 - Pescoço				
1	2	3	4	5

1 – Região cervical				
1	2	3	4	5

2 – Região torácica				
1	2	3	4	5

3 – Região lombar superior				
1	2	3	4	5

Mapa de regiões corporais

4 – Região lombar inferior				
1	2	3	4	5

6 – Ombro esquerdo				
1	2	3	4	5

7 – Ombro direito				
1	2	3	4	5

8 – Braço esquerdo				
1	2	3	4	5

9 – Braço direito				
1	2	3	4	5

10 – Cotovelo esquerdo				
1	2	3	4	5

11 – Cotovelo direito				
1	2	3	4	5

12 – Antebraço esquerdo				
1	2	3	4	5

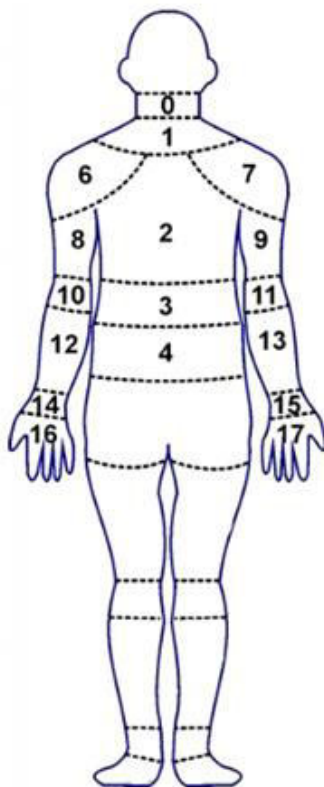
13 – Antebraço direito				
1	2	3	4	5

14 – Pulso esquerdo				
1	2	3	4	5

15 – Pulso direito				
1	2	3	4	5

16 – Mão esquerda				
1	2	3	4	5

17 – Mão direita				
1	2	3	4	5



QUAL O NÍVEL DE INTENSIDADE DO SEU NERVOSISMO NESSE MOMENTO?

Muito
Calmo

Muito
Nervoso

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ANEXO H – RODA DE EMOÇÕES DE GENEVRA (GEW)

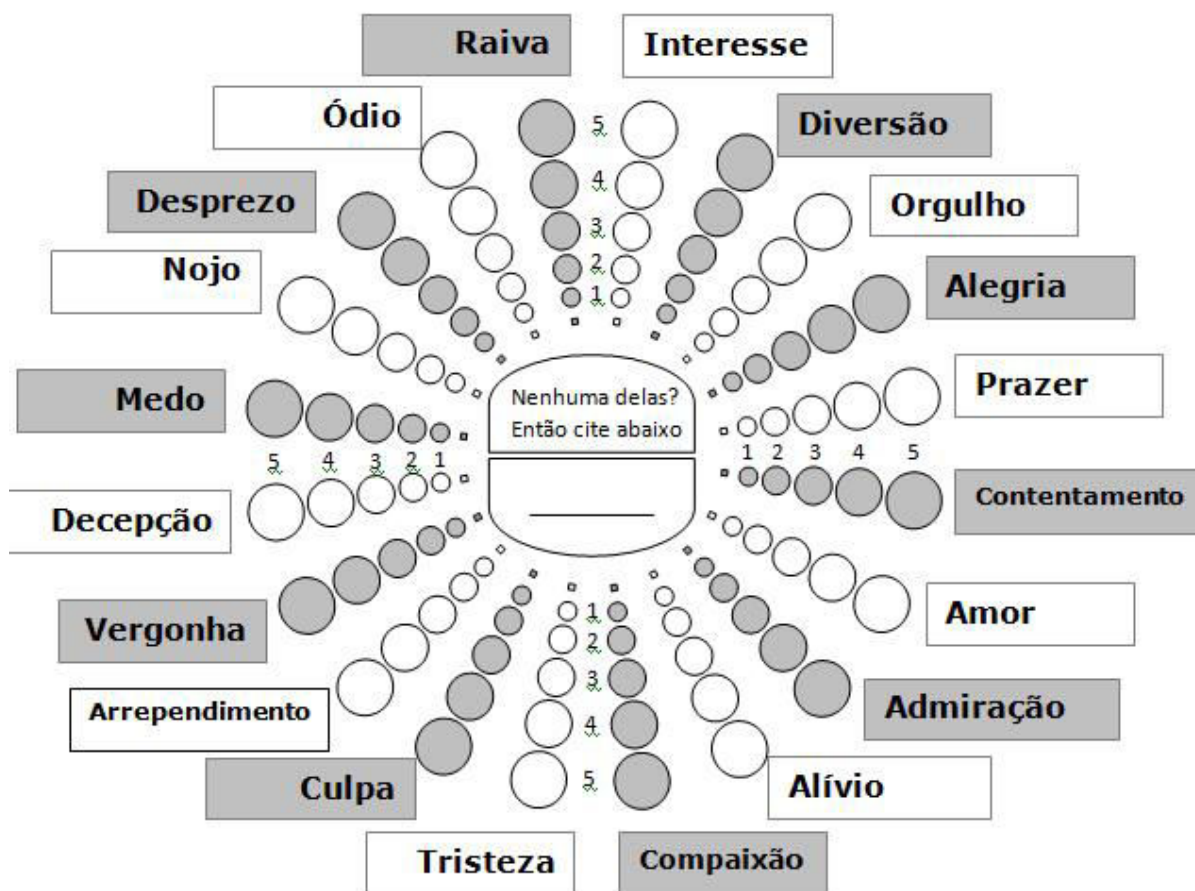
QUAL O NÍVEL DE INTENSIDADE DO SEU NERVOSISMO NESSE MOMENTO?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muito Calmo									Muito Nervoso

RODA DE EMOÇÕES DE GENEVRA (*Geneva Emotion Wheel* – GEW)

- Leia os vinte itens do GEW e escolha a emoção mais importante que você está sentindo neste momento, depois indique o nível de intensidade marcando com um X o círculo correspondente, de 1 (pouco) a 5 (bastante).

- Agora escolha a segunda emoção mais importante que representa o que você está sentindo neste momento e coloque o número 2 para identificá-la. Depois indique o nível de intensidade marcando com um X o círculo correspondente, de 1 a 5.



DICIONÁRIO DE TERMOS/SINÔNIMOS

- 01 - **Interesse** = se estiver interessado
- 02 - **Diversão** = se estiver se divertindo
- 03 - **Orgulho** = se estiver orgulhoso consigo mesmo ou com o resultado
- 04 - **Alegria** = se estiver sentindo alegria
- 05 - **Prazer** = se estiver sentindo prazer ou agradabilidade por algo
- 06 - **Contentamento** = se estiver satisfeito
- 07 - **Amor** = se estiver sentindo amor
- 08 - **Admiração** = se estiver admirado ou surpreso por algo
- 09 - **Alívio** = se estiver se sentindo aliviado ou tranquilo
- 10 - **Compaixão** = se estiver sentindo piedade ou pena de algo
- 11 - **Tristeza** = se estiver triste
- 12 - **Culpa** = se estiver se sentindo culpado por ter feito algo
- 13 - **Arrependimento** = se estiver se sentindo arrependido, com remorso
- 14 - **Vergonha** = se estiver se sentindo envergonhado, humilhado
- 15 - **Decepção** = se estiver frustrado, com decepção
- 16 - **Medo** = se estiver com sentimento de medo
- 17 - **Nojo** = se estiver se sentindo enojado
- 18 - **Desprezo** = estiver sentindo desapego, sem consideração, desprezado
- 19 - **Ódio** = se estiver querendo o mal ou aversão a algo
- 20 - **Raiva** = se estiver irritado

ANEXO I - POSITIVE AND NEGATIVE AFFECTIVE SCHEDULE (PANAS)

Leia os 20 itens abaixo. Indique o nível de intensidade de cada um deles considerando seu atual estado afetivo com relação a experiência que você está vivenciando. O valor “1” indica baixíssimo afeto e o valor “5” indica altíssimo afeto.

1	Interessado	1	2	3	4	5
2	Angustiado	1	2	3	4	5
3	Animado	1	2	3	4	5
4	Chateado	1	2	3	4	5
5	Forte	1	2	3	4	5
6	Culpado	1	2	3	4	5
7	Assustado	1	2	3	4	5
8	Hostil	1	2	3	4	5
9	Entusiasmado	1	2	3	4	5
10	Orgulhoso	1	2	3	4	5
11	Irritado	1	2	3	4	5
12	Alerta	1	2	3	4	5
13	Envergonhado	1	2	3	4	5
14	Inspirado	1	2	3	4	5
15	Nervoso	1	2	3	4	5
16	Determinado	1	2	3	4	5
17	Atendo	1	2	3	4	5
18	Aagitado	1	2	3	4	5
19	Ativo	1	2	3	4	5
20	Receoso	1	2	3	4	5

DICIONÁRIO DE TERMOS E SINÔNIMOS

- 01 - **Interessado** = dedicado, empenhado, estimulado
- 02 - **Angustiado** = ansioso, atormentado, aflito
- 03 - **Animado** = bem-disposto, alegre, contente
- 04 - **Chateado** = aborrecido, insatisfeito, aperreado
- 05 - **Forte** = firme, resistente, potente
- 06 - **Culpado** = denunciado, transgressor, acusado
- 07 - **Assustado** = espantado, perturbado, amedrontado
- 08 - **Hostil** = agressivo, briguento, antipático
- 09 - **Entusiasmado** = incentivado, estimulado, encorajado
- 10 - **Orgulhoso** = honrado, envaidecido, distinto
- 11 - **Irritado** = raivoso, zangado, irado
- 12 - **Alerta** = cauteloso, prevenido, vigilante
- 13 - **Envergonhado** = tímido, acanhado, inibido
- 14 - **Inspirado** = motivado, iluminado, entusiasmado
- 15 - **Nervoso** = estressado, agitado, impaciente
- 16 - **Determinado** = decidido, perseverante, convicto
- 17 - **Atento** = concentrado, atencioso, ligado
- 18 - **Agitado** = exaltado, preocupado, inquieto
- 19 - **Ativo** = ágil, eficiente, enérgico
- 20 - **Receoso** = desconfiado, apreensivo, temeroso

Fonte:

CARVALHO, H. W.; ANDREOLI, S. B.; LARA, D. R.; PATRICK, C. J.; QUINTANA, M. I.; BRESSAN, R. A.; MELO, M. F.; MARI, J. J.; JORGE, M. R. Structural validity and reliability of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Evidence from a large Brazilian community sample. **Revista Brasileira de Psiquiatria**. V.35 (2). São Paulo, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-4446-2012-0957>.

THE OHIO STATE UNIVERSITY - OSU. **PANAS**. College of Medicine. Publicado em: [s.d.]. Disponível em: <https://ogq.osu.edu/media/documents/MB%20Stream/PANAS.pdf>. Acesso em: 02 mar.2018.

WATSON, D.; CLARK, L. A.; TELLEGEN, A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS Scales. **Journal of Personality and Social Psychology**, 54(6), 1063–1070, 1988. DOI: [10.1037//0022-3514.54.6.1063](https://doi.org/10.1037//0022-3514.54.6.1063).

ANEXO J - ESCALA DE USABILIDADE DO SISTEMA (SUS)

Leia cada um dos dez itens abaixo. Marque um “X” na área que corresponde ao nível de concordância que melhor descreve sua opinião ao finalizar a experiência com o *cockpit*.

1. Eu gostaria de usar esse equipamento com frequência.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

2. Eu acho esse equipamento desnecessariamente complexo (de difícil compreensão).

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

3. Eu acho este equipamento fácil de usar.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

4. Eu pensei que precisaria de assistência para poder usar este equipamento.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

5. Eu acho que as várias funções deste equipamento estão bem integradas.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

6. Eu acho que há muita inconsistência (que expressa dúvida de uso) neste equipamento.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderá a usar este equipamento muito rapidamente.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

8. Acho esse equipamento muito complicado de usar.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

9. Fiquei muito confiante ao usar este equipamento.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

10. Eu precisava aprender muitas coisas antes de poder continuar usando este equipamento.

Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito

ANEXO K - MODELO HÍBRIDO DE LEVENTHAL E BARNES

Leia as variáveis e marque com um X na opção que representa o seu nível de concordância para cada uma delas levando em consideração a sua experiência com o software de treinamento ou o jogo eletrônico.

Marque com um X na opção escolhida		Muito pouco ou nada	Um pouco	Moderadamente	Bastante	Extremamente
VARIÁVEIS DA TAREFA	FREQUÊNCIA <i>- A sequência de etapas torna o uso mais fácil.</i>	1	2	3	4	5
	RIGIDEZ <i>- Você acredita que o software apresenta baixa rigidez.</i>	1	2	3	4	5
	LIMITAÇÕES DA SITUAÇÃO <i>- O software/jogo apresenta barreiras que dificultam o uso.</i>	1	2	3	4	5
VARIÁVEIS DOS USUÁRIOS	EXPERTISE E MOTIVAÇÃO <i>- Um conhecimento maior sobre o software facilita o uso e motiva o usuário para utilizá-lo.</i>	1	2	3	4	5
CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE	FACILIDADE DE APRENDIZADO <i>- Ele é fácil de aprender.</i>	1	2	3	4	5
	FACILIDADE DE USO <i>- Ele é fácil de usar.</i>	1	2	3	4	5
	FACILIDADE DE REAPRENDER <i>- Após um tempo de uso é fácil voltar a utilizá-lo.</i>	1	2	3	4	5
	FLEXIBILIDADE <i>- A interface facilita a solução de algum imprevisto e permite a retomada da tarefa.</i>	1	2	3	4	5
	SATISFAÇÃO <i>- Você está satisfeito com o software/jogo.</i>	1	2	3	4	5
	ADEQUAÇÃO À TAREFA <i>- O software/jogo está adequado para a atividade que se propõem.</i>	1	2	3	4	5

VARIÁVEIS DA TAREFA (SITUACIONAIS)

Frequência – Para usar o *software* é necessário realizar alguns comandos. Você precisa usar tais comandos com frequência para utilizar o *software* da melhor maneira possível. A sequência de uso do *software* torna mais fácil a memorização dos comandos.

Rigidez – Para usar esse *software* você precisa realizar vários comandos. Os comandos são rígidos, ou seja, você não pode improvisar, precisa seguir o passo a passo. Logo, se a quantidade de etapas para realizar a tarefa com o *software* for pequena, a rigidez será alta. Mas se forem necessários poucos passos, ou mais de uma alternativa para concluir a tarefa, a rigidez será baixa.

Limitações da situação – Você encontrou algum inconveniente que pode dificultar o uso do *software*? As mensagens ou sons do sistema podem te atrapalhar? Existem informações na tela que você não sabe o significado?

VARIÁVEIS DO USUÁRIO

Expertise – Para utilizar esse *software* é muito importante que o usuário tenha conhecimento de como utilizá-lo. Se não souber usar ou não tiver uma boa experiência, não conseguirá utilizar. Isso é importante para você?

Motivação – Se uma pessoa for usar esse *software* e estiver motivada, ela irá utilizar com mais dedicação e prazer. A motivação pra usar é importante.

CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE

Facilidade de aprendizagem – Um usuário novato, que nunca usou esse tipo de *software*, terá facilidade de aprender e utilizar. É fácil de entender e memorizar as etapas e os comandos para usar esse *software*.

Facilidade de uso – O *software* é fácil de ser utilizado. É fácil trocar informações e interagir com o *software*, com os comandos, as imagens e os áudios.

Facilidade de reaprendizagem – Depois de usar o equipamento pela primeira vez o usuário terá facilidade de usar novamente. Não vai encontrar dificuldades.

Adequação à tarefa – As informações da tela e os comandos do *software* se combinam para facilitar a tarefa de conduzir um veículo. Tanto uma pessoa novata quanto uma pessoa experiente irá entender a combinação e a sequência das etapas e tarefas.

Flexibilidade – Se ocorrer um imprevisto ou erro ao usar o *software*, haverá facilidade para encontrar uma solução e consertar o erro? O *software* te dá possibilidades de anular o erro e começar de novo?

Satisfação do usuário – o *software* e seus comandos são fáceis de aprender e de usar. Com esse *software* você consegue desempenhar a tarefa de dirigir um veículo? Dessa forma, a satisfação e as expectativas de uso são atendidas.

Fonte: baseado em LEVENTHAL, L.; BARNES, J. **Usability Engineering: Process, Products and Examples**. New Jersey: Pearson Education Inc., 2008.

ANEXO L - TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

Título do Projeto: **Estudo da experiência emocional dos usuários usando *games*: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho**

Pesquisador responsável: **Ademario Santos Tavares**

Instituição/Departamento: **UFPE / Departamento de *Design***

Telefones de Contato: () ____ - ____ (**Ademario**) – () ____ - ____ (**Depart. *Design***)

Email: **astavares.ergodesign@gmail.com**

O pesquisador, o orientador e o coorientador do presente projeto, citados abaixo, se comprometem a preservar a privacidade dos dados coletados e disponibilizados para a pesquisa, incluindo propriedades intelectuais e patentes industriais. Todos concordam, igualmente, que essas informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do presente projeto.

Os dados serão acessados exclusivamente pela equipe de pesquisadores citados abaixo e as informações impressas ou digitais arquivadas não conterão a identificação dos sujeitos (voluntários e funcionários) elencados. Este material será arquivado de forma a garantir acesso restrito e terá a guarda por cinco anos, quando o material será incinerado.

As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima, em eventos de caráter científico e serão mantidas **nos computadores pessoais do pesquisador doutorando Ademario Santos Tavares**, da Universidade Federal de Pernambuco, do **orientador prof. Marcelo Márcio Soares**, da Universidade de Hunan-China (licenciado da Universidade Federal de Pernambuco) e do **coorientador prof. Márcio Alves Marçal**, da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, sob a responsabilidade **de cada um**, de maneira sigilosa, respeitando a dignidade humana conforme as resoluções 466/12 e 510/16. Os resultados finais serão anexados na Plataforma Brasil, sob a forma de Relatório Final da pesquisa.

Este projeto está em avaliação/aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal de Pernambuco – CEP/CCS/UFPE e só iniciará com o parecer favorável.

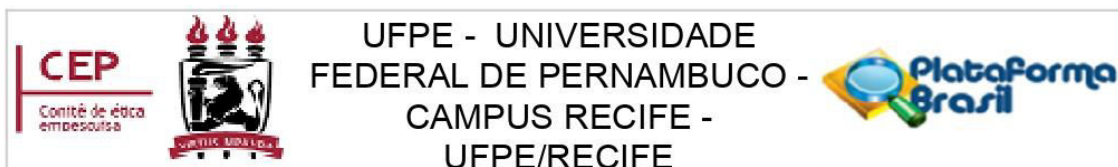
Recife, 18 de novembro de 2019.

Pesquisador responsável
Ademario Santos Tavares (CPF _____)

Prof. Marcelo Márcio Soares (Univ.Hunan)
Orientador

Prof. Márcio Alves Marçal - UFVJM
Co-orientador

ANEXO M – PARECER DE APROVAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL PELO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA - UFPE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da experiência emocional dos usuários usando games: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho

Pesquisador: Ademário Santos Tavares

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 26820919.0.0000.5208

Instituição Proponente: Centro de Artes e Comunicação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Final

Detalhe:

Justificativa: Envio de Relatório Final

Data do Envio: 22/06/2022

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.510.073

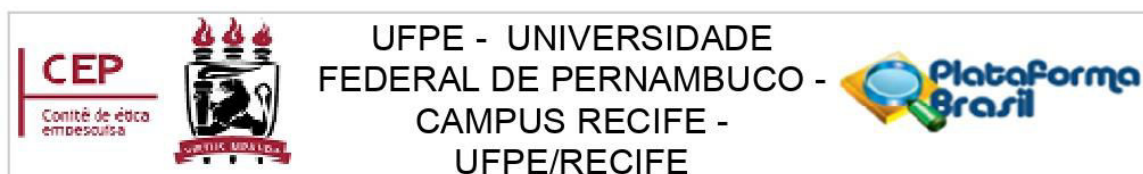
Apresentação da Notificação:

Trata-se de relatório final de pesquisa de Ademário Santos Tavares, vinculado ao Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Design, sob orientação do Prof. Marcelo Márcio Soares e coorientação do Prof. Márcio Alves Marçal. O estudo teve como objetivo geral identificar correlações emocionais de uma amostra de usuários através da aplicação de métodos tradicionais de usabilidade e experiência de uso juntamente com ferramentas fisiológicas após o uso de jogos eletrônicos de treinamento e entretenimento.

Objetivo da Notificação:

Apresentar relatório final do protocolo de pesquisa intitulado "Estudo da experiência emocional dos usuários usando games: uma avaliação a partir da Neurociência e Termografia por Infravermelho".

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.510.073

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios foram apresentados no projeto inicial e estão em consonância com o que foi desenvolvido no estudo.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

O relatório segue o que foi determinado no projeto e discute os pontos principais e resultados do estudo em questão.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O relatório apresentado segue o modelo do CEP/UFPE, apresentando dados gerais dos voluntários, metodologia desenvolvida e conclusões do estudo.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Notificação aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Relatório Final foi analisado e APROVADO pelo colegiado do CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Envio de Relatório Final	Rel_Final_TESE_Ademario_S_Tavares.docx	22/06/2022 16:54:56	Ademário Santos Tavares	Postado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.510.073

RECIFE, 05 de Julho de 2022

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br