

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM PSICOLOGIA

LUCIANA DA COSTA LEAL

**ATENÇÃO VISUOESPACIAL EM CONTROLADORES DE TRÁFEGO AÉREO:**  
efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no córtex parietal direito associada  
ao treino cognitivo

RECIFE

2020

LUCIANA DA COSTA LEAL

**ATENÇÃO VISUOESPACIAL EM CONTROLADORES DE TRÁFEGO AÉREO:**  
efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no córtex parietal direito associada  
ao treino cognitivo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Psicologia

**Área de concentração:** Processos Básicos em Psicologia e Neurociências.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Maria Toscano Barreto Lyra Nogueira.

RECIFE

2020

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

L435a Leal, Luciana da Costa.  
Atenção visuoespacial em controladores de tráfego aéreo : efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no córtex parietal direito associada ao treino cognitivo / Luciana da Costa Leal. – 2020.  
105 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Maria Toscano Barreto Lyra Nogueira.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.  
Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Recife, 2020.  
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Psicologia. 2. Cognição. 3. Atenção. 4. Estimulação transcraniana por corrente contínua. 5. Córtex cerebral. I. Nogueira, Renata Maria Toscano Barreto Lyra (Orientadora). II. Título.

150 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2020-210)

**LUCIANA DA COSTA LEAL**

**ATENÇÃO VISUOESPACIAL EM CONTROLADORES DE TRÁFEGO  
AÉREO: EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR  
CORRENTE CONTÍNUA NO CÓRTEX PARIETAL DIREITO  
ASSOCIADO AO TREINO COGNITIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Psicologia.

Aprovada em: 01/07/2020

**BANCA EXAMINADORA**

*Participação via Videoconferência*

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Maria Toscano B. Lyra Nogueira  
(Orientadora/Presidente)  
Universidade Federal de Pernambuco**

*Participação via Videoconferência*

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Suellen Mary Marinho dos Santos Andrade  
(Examinadora Externa)  
Universidade Federal da Paraíba**

*Participação via Videoconferência*

---

**Prof. Dr. Natanael Antonio dos Santos  
(Examinador Interno)  
Universidade Federal da Paraíba**

**OBSERVAÇÃO**

A defesa em epígrafe foi realizada integralmente, por videoconferência, envolvendo a Banca Examinadora e o(a) discente, através de recursos de videoconferência, que possibilitaram realizar a discussão acadêmica sobre o objeto de estudo, com som e imagem. A defesa assim ocorreu, em virtude da suspensão das atividades acadêmicas presenciais, adotada pelo Consórcio Pernambuco Universitatis e os Institutos Federais do Estado de Pernambuco, por período indeterminado (UPE, UFPE, UFRPE, IFPE, IFR Sertão, UNICAP e UNIVASF), considerando a pandemia do novo Coronavírus (COVID-19).

A Tiago, por acreditar em cada um dos meus voos, e aos meus filhos, Alice e Davi,  
meus maiores motivos para desejar voar.

## AGRADECIMENTOS

O período dedicado ao mestrado e à elaboração desta dissertação nem sempre foi fácil, mas também não foi solitário, pois pude contar com muitas pessoas que agora, ao final desta trajetória, tenho a alegria de poder agradecer.

Meu primeiro agradecimento vai para Tiago, meu companheiro na vida, que me fez acreditar que seria possível trilhar esta jornada e ofereceu todo o apoio para que eu pudesse realizá-la. Obrigada por tudo, meu amor!

Agradeço imensamente aos meus pais e aos meus filhos. Aos meus pais, Mary e Vladimir, por todo o amor e por terem me dado sempre todas as condições para que eu pudesse chegar até aqui. E aos meus filhos, Alice e Davi, que me dão motivos para continuar sempre tentando ser alguém melhor, pessoal e profissionalmente.

Meus especiais agradecimentos à minha orientadora, Renata Maria Toscano, pela disponibilidade e pelo compartilhamento tão generoso de sua experiência e saber.

Agradeço com carinho às professoras Maria Lucia Simas e Aline Lacerda, pelas tantas lições em minha inserção nos estudos das neurociências. A sabedoria e gentileza de vocês são cativantes!

Desejo igualmente agradecer à INFRAERO pelo apoio para a realização da pesquisa, especialmente à Mara e ao Jefferson pelos infindáveis incentivos. Agradeço também à equipe de psicólogas da Navegação Aérea pela parceria e, ainda, à equipe NASE-6 pela escuta sempre disponível.

À Polly, pela amizade, escuta paciente e incentivo diário. Muito obrigada!

E por último, mas muito especialmente, agradeço aos controladores de tráfego aéreo que se disponibilizaram a participar desta pesquisa, pelo tempo investido e, principalmente, pela confiança e apoio ao nosso trabalho.

“Cada um de nós literalmente escolhe, pela forma como dirige sua atenção, o tipo de universo que habita” (JAMES, W., 1890 apud GERMER, C.K. et al., 2016).

## RESUMO

A atividade de controle de tráfego aéreo tem como finalidade prevenir a colisão entre aeronaves, ordenando e agilizando o fluxo de forma eficiente e segura, o que exige um desempenho cognitivo elevado, com especial ênfase à habilidade atencional visuoespacial. As análises de incidentes de tráfego aéreo apontam que a variável atenção aparece entre as que mais contribuíram para estas ocorrências (BRASIL, 2016a). Considerando os resultados efetivos na modulação atencional descritos nos estudos com estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), esta pesquisa buscou avaliar o efeito de sessão anódica de tDCS parietal direita associada a treino cognitivo na atenção visuoespacial de 21 controladores de tráfego aéreo (ATCO). Foi utilizado o método de delineamento cruzado, sendo todos os voluntários submetidos a duas sessões de tDCS, uma experimental (anódica de 2 mA) e uma controle (*Sham*), realizadas concomitantemente ao treino cognitivo (N-back). O desempenho visuoespacial foi medido através do teste de rede de atenção para interações e vigilância (ANTI-V) pré e pós intervenção. Os resultados apontam que a estimulação anódica do córtex parietal posterior (CPP) direito combinada à estimulação cognitiva não obteve melhora estatisticamente significativa entre o desempenho pós-teste nas Condições Experimental e Controle no ANTI-V ( $p > 0,05$ ). Entretanto houve diferença significativa nos tempos de reação (TR) entre as linhas de base e os pós-testes da Condição de tDCS Ativa ( $p < 0,05$ ). Isto é, após sessão de tDCS Ativa os ATCO passaram a apresentar respostas mais rápidas aos estímulos nas condições de sinalização válidas e inválidas. Para os dados de acurácia (ACC) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. A partir destes resultados concluímos que: (I) avaliações *online* podem ser mais relevantes para identificar efeitos agudos; (II) sessões repetidas podem ser mais eficientes para encontrar efeitos cumulativos; (III) a análise das interações entre as redes atencionais pode contribuir para o estudo da atenção visuoespacial; (IV) protocolos de tDCS voltados a ATCO precisam considerar as especificidades deste público, como ritmo circadiano e condições de sono e fadiga.

Palavras-chave: tDCS. Atenção visuoespacial. Córtex parietal posterior. Controlador de tráfego aéreo.

## ABSTRACT

The Air Traffic Control aims to prevent aircraft collision, by promoting a safe, orderly and expeditious flow of air traffic, which requires high cognitive performance, with special emphasis on visuospatial attention skills. Analyzes of air traffic incidents show that the attention variable appears among those that contributed the most to these events (BRASIL, 2016a). Considering the effective results in attention modulation described in the studies with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), this survey searched to evaluate the effect of anodic session of right parietal tDCS associated with cognitive training in the visuospatial attention of 21 air traffic controllers (ATCO). Thus, the crossover method was used, with all volunteers submitted to two sessions of tDCS, one experimental (anodic of 2 mA) and one control (Sham), performed concomitantly with cognitive training (N-back). Visuospatial performance was measured using the Attention Network Test for Interactions and Vigilance (ANTI-V) before and after the intervention. The results indicate that the anodic stimulation of the right posterior parietal cortex (PPC) combined with cognitive stimulation did not obtain a statistically significant improvement between the post-test performance of the Experimental Condition and the Control Condition in ANTI-V ( $p > 0.05$ ). Nonetheless, there was a significant difference in reaction time (RT) between the baselines and the post-tests results of the active tDCS Condition ( $p < 0.05$ ). In other words, after an active tDCS session, the ATCO started to present faster responses to stimuli in valid and invalid signaling. For the accuracy (ACC) data no statistically significant differences were found. From these results, we can conclude: (I) online evaluations can be more relevant to identify acute effects; (II) repeated sessions may be more efficient to find cumulative effects; (III) the analysis of interactions between attention networks can contribute to visuospatial attention study; (IV) tDCS protocols focused on ATCO need to consider the specifics of this target audience, such as circadian rhythm and sleep and fatigue conditions.

Keywords: tDCS. Visuospatial attention. Posterior parietal cortex. Air Traffic Controllers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Modelo estrutural de funcionamento da atenção.....	20
<b>Figura 2</b> - Modelo atencional de Treisman .....	21
<b>Figura 3</b> - Modelo descritivo da atenção de Posner .....	24
<b>Figura 4</b> - Rede de Orientação Atencional .....	26
<b>Figura 5</b> - Paradigma da pista espacial de Posner .....	28
<b>Figura 6</b> - ANTI-V - Procedimento experimental e estímulos .....	31
<b>Figura 7</b> - Órgãos de controle de tráfego aéreo .....	35
<b>Figura 8</b> - Operação em um centro de controle de área radar militar .....	35
<b>Figura 9</b> - Operação em um centro de controle de aproximação radar militar .....	36
<b>Figura 10</b> - Cabine interna de uma TWR .....	37
<b>Figura 11</b> - modelo Reason .....	39
<b>Figura 12</b> - Representação esquemática do procedimento da tarefa 2-back .....	59
<b>Figura 13</b> - Esquema do procedimento experimental .....	69
<b>Figura 14</b> - ATCO realizando a tarefa ANTI-V .....	71
<b>Figura 15</b> - ATCO em sessão de intervenção tDCS + N-back .....	73
<b>Figura 16</b> - Tela da tarefa N-back de posição com 2 voltas .....	74
<b>Gráfico 1</b> – Idade X desempenho BPA .....	65
<b>Gráfico 2</b> - TR e ACC - pós-testes <i>Sham</i> e tDCS Ativa .....	77
<b>Gráfico 3</b> - TR - linhas de base e pós-testes .....	78
<b>Gráfico 4</b> - ACC - linhas de base e pós-testes .....	79
<b>Gráfico 5</b> - Pós-testes <i>Sham</i> e tDCS ativa, de acordo com a faixa etária .....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Estado da arte da tDCS na atenção visuoespacial .....	50
<b>Tabela 2</b> - Caracterização da amostra .....	62
<b>Tabela 3</b> - Triagem: levantamento dos critérios de inclusão .....	64
<b>Tabela 4</b> - Distribuição da amostra .....	70
<b>Tabela 5</b> - Teste <i>t</i> pareado - TR e ACC - pós-testes <i>Sham</i> e tDCS Ativa .....	76
<b>Tabela 6</b> - Teste <i>t</i> pareado - TR - linhas de base e pós-testes .....	77
<b>Tabela 7</b> - Teste <i>t</i> pareado - ACC - linhas de base e pós-testes .....	78
<b>Tabela 8</b> - Teste de Wilcoxon - pós-testes <i>Sham</i> e tDCS Ativa, de acordo com a faixa etária .....	79
<b>Tabela 9</b> - Efeitos adversos relatados pelos participantes .....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Atenção alternada
AC	Atenção concentrada
ACC	Acurácia (do inglês, <i>accuracy</i> )
AD	Atenção dividida
ANT	Teste de rede de atenção (do inglês, <i>Attention Network Test</i> )
ANT - I	Teste de rede de atenção para interações (do inglês, <i>Attention Network Test - Interactions</i> )
ANTI -V	Teste de rede de atenção para interações e vigilância (do inglês, <i>Attention Network Test for Interactions and Vigilance</i> )
APP	Centro de Controle de Aproximação (do inglês, <i>Approach Control</i> )
ATC	Controle de Tráfego Aéreo (do inglês, <i>Air Traffic Control</i> )
ATCO	Controlador de Tráfego Aéreo (do inglês, <i>Air Traffic Controller</i> )
CLR	Posição Autorização de Tráfego (do inglês, <i>Clearance</i> )
CA <sup>2+</sup>	Cálcio
cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
CPP	Córtex Parietal Posterior
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DP	Desvio Padrão
FH	Fator Humano
fMRI	Imagem por ressonância magnética funcional (do inglês, <i>Functional Magnetic Resonance Imaging</i> )
GND	Posição Controle de Solo (do inglês, <i>Ground</i> )
HFACS	Sistema de Análise e Classificação dos Fatores Humanos (do inglês, <i>Human Factors Analysis and Classification System</i> )
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
LTD	Depressão de longa duração (do inglês, <i>long-term depression</i> )
LTP	Potencialização de longa duração (do inglês, <i>long-term potentiation</i> )
mA	Miliampères
mA/cm <sup>2</sup>	Miliampères por centímetro quadrado

ms	Milissegundos
NaCl	Cloreto de sódio
NMDA	N-methyl-d-aspartate
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
PPAA	Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Departamento de Controle do Espaço Aéreo
PPC	Córtex Parietal Posterior (do inglês, <i>posterior parietal cortex</i> )
RT	Tempo de Reação (do inglês, <i>reaction time</i> )
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
tDCS	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (do inglês, <i>Transcranial Direct Current Stimulation</i> )
TR	Tempo de Reação
TWR	Torre de Controle de Aeródromo (do inglês, <i>Tower</i> )
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Atenção</b> .....	18
2.1.1	Modelos teóricos da atenção .....	18
2.1.2	Atenção visuoespacial .....	22
2.1.3	Correlatos neurais da atenção visuoespacial .....	24
2.1.4	Tempo de reação .....	27
2.1.4.1	ANTI-V - <i>Attention Network Test for Interactions and Vigilance</i> .....	29
<b>2.2</b>	<b>Considerações sobre o controle de tráfego aéreo</b> .....	34
2.2.1	Atividade de controle de tráfego aéreo .....	34
2.2.2	O fator humano no controle de tráfego aéreo .....	37
<b>2.3</b>	<b>Estimulação transcraniana por corrente contínua – tDCS</b> .....	41
2.3.1	Definição e parâmetros .....	41
2.3.2	Mecanismos de ação .....	46
2.3.3	Segurança .....	47
2.3.4	tDCS na atenção visuoespacial .....	49
<b>2.4</b>	<b>Treino cognitivo</b> .....	56
2.4.1	Treino cognitivo e atenção: paradigma N-Back .....	58
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	61
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	61
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	61
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	62
<b>4.1</b>	<b>Aspectos éticos</b> .....	62
<b>4.2</b>	<b>População/amostra</b> .....	62
<b>4.3</b>	<b>Delineamento metodológico</b> .....	63
4.3.1	Tipo de estudo .....	63
4.3.2	Critérios de inclusão .....	63
4.3.3	Critérios de exclusão .....	65
4.3.4	Local e período do estudo .....	66
4.3.5	Instrumentos .....	66
4.3.6	Procedimento experimental .....	69

4.3.7	Protocolo da medida atencional - ANTI-V .....	71
4.3.8	Protocolo de tDCS parietal .....	72
4.3.9	Protocolo do treino cognitivo – N-Back .....	74
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>75</b>
<b>5.1</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	<b>75</b>
<b>5.2</b>	<b>Descrição das análises</b> .....	<b>76</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE A - Questionário biopsicossocial</b> .....	<b>100</b>
	<b>ANEXO A - Escala de percepção de stress (PSS-10)</b> .....	<b>102</b>
	<b>ANEXO B - Questionário de percepção de fadiga</b> .....	<b>103</b>
	<b>ANEXO C - Inventário de Edinburgh</b> .....	<b>104</b>
	<b>ANEXO D - Questionário para levantamento de efeitos adversos da tDCS</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade de controle de tráfego aéreo tem como finalidade prevenir a colisão entre aeronaves no ar e em solo, ordenando e agilizando o fluxo de forma eficiente e segura. Para o alcance efetivo destes objetivos, torna-se necessário ao controlador de tráfego aéreo apresentar um perfil ocupacional que envolve alta capacidade cognitiva, com especial ênfase à habilidade atencional (INFRAERO, 2011).

A descrição acima aponta para o serviço de tráfego aéreo como área profissional que demanda alto nível de exigência mental no processamento de informações e, assim, requer a manutenção e potencialização das habilidades cognitivas. Dessa forma é de extrema importância que um esforço multidisciplinar seja realizado no sentido de oferecer as condições necessárias a uma performance operacional adequada, sem perder de vista que “o elemento humano é a parte mais flexível, adaptável e valiosa do sistema de aviação, mas é também a parte mais vulnerável às influências que podem afetar negativamente seu desempenho” (CANADÁ, 1998).

A inserção da psicologia no contexto das atividades de tráfego aéreo busca a compreensão dos comportamentos humanos dentro de um ambiente complexo<sup>1</sup>, sendo um de seus objetivos identificar as facilidades e impasses que se impõem ao desempenho das habilidades humanas e propor estratégias para a sua avaliação, manutenção e potencialização, em prol da segurança de voo.

É importante destacar que “os fatores humanos<sup>2</sup> têm se mostrado o componente crítico do sistema aeronáutico e sobre eles recaem as maiores preocupações no que tange à segurança” (MOREIRA, 2001). Corroborando tal afirmação, o Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Controle do Espaço Aéreo (BRASIL, 2016a) relata que na análise estatística das investigações de incidentes de tráfego aéreo ocorridos no ano de 2015, 93% das ocorrências tiveram o fator humano – aspecto psicológico como contribuinte. Na análise descritiva destes dados, a variável atenção aparece entre as que mais contribuíram para a ocorrência de incidentes, ressaltando a importância de estudos sobre o tema.

---

<sup>1</sup> Ambientes complexos ou sistemas tecnológicos complexos caracterizam-se pelo uso intensivo de tecnologias e pessoas para a realização de trabalhos, sendo ainda definidos pela dinâmica, incerteza e riscos presentes na atuação operacional (BRASIL, 2005).

<sup>2</sup> O termo fatores humanos é descrito por Dejours (1997) como “o comportamento do ser humano no trabalho”, sendo sua principal preocupação compreender as capacidades e limitações humanas e aplicar esta compreensão na prática.

A partir das considerações acima e partindo do princípio de que “todo comportamento humano é uma expressão de atividade neural” (KANDEL et al., 2014), esta pesquisa buscou avaliar o processamento atencional em controladores de tráfego aéreo a partir da perspectiva epistemológica da neurociência. Neste contexto a atenção pode ser compreendida como um conjunto de mecanismos neurais que facilitam o processamento de informações, pensamentos ou ações relevantes enquanto ignora outros irrelevantes ou dispersivos, permitindo uma interação ajustada entre indivíduo e meio ambiente (POSNER, 1980). No caso do controlador de tráfego aéreo, um ambiente organizacional complexo.

Quanto às bases neurais da atenção, mais especificamente da atenção visual, destaca-se a importância do córtex parietal posterior (CPP), especialmente do lobo direito, como região-chave no controle da atenção visuoespacial, na qual ocorre o desengajamento do foco atencional (POSNER et al., 2012b). “O córtex parietal posterior é ativado quando a atenção é desviada de um local para outro para detectar um alvo durante uma busca visual” (POSNER et al., 2012b), sendo esta uma função essencial ao controlador de tráfego aéreo (ATCO) em sua prática operacional.

Buscando compreender de que forma as informações são selecionadas, ou seja, o direcionamento da atenção, muitas pesquisas têm utilizado o protocolo de tempo de reação (TR) proposto por Posner, sendo este uma medida psicofísica importante que se caracteriza como o tempo utilizado para realizar uma tarefa de percepção. “As medidas de TR são amplamente utilizadas e com frequência são correlacionadas com atividade neural em áreas sensoriais” (KANDEL et al., 2014).

Além das medidas psicofísicas, como o TR, diversos estudos sobre atenção têm se interessado pela estimulação transcraniana por corrente contínua de baixa intensidade (tDCS), que se coloca como possibilidade de intervenção clínica, bem como de investigação da relação entre atividade neural e comportamento, caracterizando-se como ferramenta de modulação cortical, indolor e de fácil aplicação, na qual o córtex cerebral é estimulado de forma não invasiva (NITSCHKE et al., 2008; BRUNONI et al., 2011; FREGNI et al., 2012). Devido ao seu baixo custo, fácil aplicabilidade e segurança, esta técnica vem ganhando destaque em diversos estudos. Entre estes, destacamos a pesquisa realizada por Bolognini et al. (2015), a qual demonstrou que a aplicação de tDCS anódica sobre o córtex parietal posterior direito associada à treino multissensorial melhorou o desempenho visuoespacial em indivíduos saudáveis, o que leva a pensar em sua aplicabilidade às atividades de controle de tráfego aéreo.

A tDCS é comumente empregada como ferramenta adjuvante, sendo utilizada em associação com outras técnicas, como o treino cognitivo (SILVA et al., 2017). Um número crescente de programas de treinamento com foco em habilidades cognitivas tem combinado protocolos comportamentais com técnicas não-invasivas de estimulação elétrica transcraniana, entre elas a tDCS, para aumentar os efeitos da intervenção (OLDRATI et al., 2018). Entre as diversas tarefas utilizadas em treinos cognitivos destacamos o paradigma N-back, cuja relação com a capacidade atencional foi objeto do estudo de Lilienthal et al (2012), evidenciando que o processamento concorrente durante uma tarefa de memória demanda capacidade de controle da atenção.

É importante destacar que diversos estudos têm utilizado a tDCS em populações clínicas ou saudáveis, demonstrando sua efetividade na modulação do desempenho atencional (BOLOGININI et al., 2010; FILMER et al., 2015; ROY et al., 2015; BENWELL et al., 2015; MINAMOTO et al., 2014; FALCONE et al., 2018). Entretanto estudos de variáveis atencionais na população em foco ainda são pouco realizados no Brasil. Levando em consideração estes aspectos, esta pesquisa teve por objetivo investigar o efeito da TDCS anódica na atenção visuoespacial de controladores de tráfego aéreo. A hipótese levantada pelo estudo é de que a estimulação por tDCS poderá auxiliar na potencialização dos mecanismos atencionais dos controladores de tráfego aéreo, podendo ampliar suas habilidades cognitivas e contribuir para um melhor desempenho laboral e, em consequência, para a segurança de voo.

De modo a alcançar os objetivos propostos, o trabalho será subdividido em 7 seções, sendo a primeira introdutória; a segunda dedicada ao levantamento dos referenciais teóricos sobre a atenção, o controle de tráfego aéreo, a tDCS e o treino cognitivo; a terceira seção apresenta os objetivos da pesquisa; a quarta aborda a metodologia de trabalho, considerando os aspectos éticos, participantes, critérios de inclusão e exclusão, instrumentos e procedimentos; na quinta apresentamos os resultados obtidos; na sexta os resultados são discutidos; e, por fim, na sétima seção são apresentadas as considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será realizado o levantamento dos referenciais teóricos acerca da atenção, controle de tráfego aéreo, tDCS e treino cognitivo.

### 2.1 Atenção

A complexidade conceitual, neuroanatômica e neurofuncional da atenção faz com que ela não possa ser reduzida a uma simples definição, nem estar ligada a uma única estrutura anatômica ou explorada com um único teste (ESTÉVEZ-GONZÁLES et al., 1997, tradução do autor).

Considerando a necessidade de compreensão do fenômeno atenção para o contexto da presente pesquisa serão destacados alguns modelos teóricos que situam historicamente as discussões sobre o tema.

#### 2.1.1 Modelos teóricos da atenção

Todos sabem o que é atenção. É tomar posse da mente, de forma clara e vívida, de um dos que parecem ser vários objetos ou linhas de raciocínios simultaneamente possíveis. A essência da consciência é a focalização e a concentração. Isto implica um retraimento de algumas coisas para lidar de maneira efetiva com outras (JAMES, 1890 apud NAHAS e XAVIER, 2004).

A atenção é um conceito utilizado de forma bastante ampla no cotidiano de todos, conforme apontado por James. Entretanto, diferentemente da definição fácil e natural pelo senso comum, a sua definição científica é complexa. Como consequência, conforme destacado por Nahas e Xavier (2004), diversas definições da atenção foram propostas, “nenhuma delas de maneira satisfatória”, uma vez que o termo vem sendo utilizado para referir-se a uma gama de processos distintos.

William James deu destaque aos estudos sobre a atenção, enfatizando-a como fator essencial à seleção de um estímulo relevante. Isto é, como a capacidade de manter o foco em um objeto em detrimento de outros para produzir uma resposta adequada (GAZZANIGA et al., 2006; NAHAS e XAVIER, 2004). “James compreendeu o elemento-chave da atenção – quando confrontado com mais de um sinal de entrada, o encéfalo não processa igualmente todos eles” (KANDEL et al., 2014).

Em resumo, James procurou destacar a atenção seletiva e sua capacidade limitada. Assim, a atenção foi ressaltada como o resultado de uma percepção eficiente, bem como de

expectativa e antecipação aplicadas corretamente, caracterizando-se como resultado de um processamento interno que irá determinar como e porque algo é percebido (GAZZANIGA et al., 2006).

Outro autor de grande destaque nos estudos iniciais sobre atenção foi Helmholtz, que definiu a atenção como uma força interna (homúnculo) que determina e direciona a percepção. Desta forma, colocou em foco o direcionamento voluntário da atenção (TONNETTI, 2008).

Foi Helmholtz, por volta de 1850, o responsável pela realização de um experimento que viria a se tornar o precursor do tempo de reação (TR), sendo este o tipo de experimento mais comumente utilizado em estudos sobre atenção (GAZZANIGA et al., 2006), como veremos mais adiante. Em seu experimento, Helmholtz estudou a atenção visual através de um mecanismo que acendia rapidamente uma luz em um ambiente escuro, enquanto o sujeito olhava fixamente um ponto central em uma tela com diversas letras. Ele percebeu que, mesmo com o olhar fixo no centro da tela, o sujeito podia direcionar a atenção de forma oculta para outros pontos da tela, sendo possível identificar as letras localizadas periféricamente, mas dificilmente conseguiria perceber letras em outros locais para os quais não estivesse direcionando o foco atencional, mesmo que de forma oculta (GAZZANIGA et al., 2006). Helmholtz entendeu este efeito como um reflexo da capacidade de direcionamento interno da atenção para uma determinada área do campo visual (ROSSINI e GALERA, 2005).

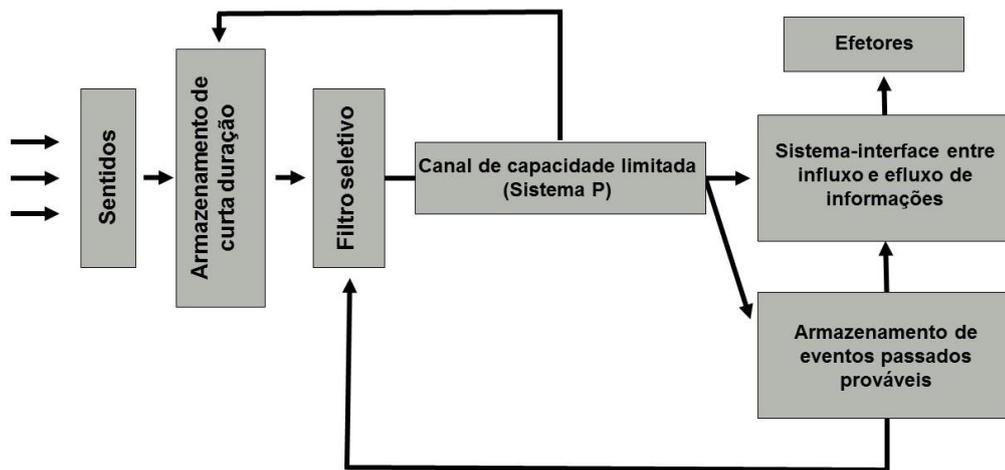
O impulso inicial dado por James e Helmholtz aos estudos científicos sobre os processos atencionais foi desacelerado nos anos 20 com o surgimento do behaviorismo, corrente de pensamento que destacava que os fenômenos subjetivos não poderiam ser estudados cientificamente. Desta forma, sendo a atenção um processo interno, seu estudo ficou limitado à filosofia durante algum tempo (NAHAS e XAVIER, 2004; TONNETTI, 2008).

Posteriormente novo destaque foi dado aos estudos sobre a atenção durante a 2ª guerra mundial, quando foi necessário, por exemplo, um melhor desempenho operacional em torres de controle (BRASIL, 2012). Neste momento foi possível verificar a limitação da capacidade humana de processamento de informações, e a partir aí buscou-se criar sistemas com interface mais ajustadas às capacidades e limitações humanas. Muitas pesquisas foram desenvolvidas neste período e continuam a ser desenvolvidas na atualidade, buscando avaliar a capacidade do sistema nervoso em processar estímulos.

A Teoria do Filtro Atencional de Broadbend data de 1958, sendo considerada uma das mais importantes e influentes. Ela destaca a grande exposição humana a informações

sensoriais, todo o tempo e por diferentes vias, relacionando isto ao fato de que muitas destas informações não são processadas de forma consciente, dada a limitada capacidade humana (NAHAS e XAVIER, 2004; GAZZANIGA et al., 2006). A partir desta consideração é proposta a existência de um filtro atencional, sendo este um componente cognitivo que regularia o tráfego de informações, conforme apresentado abaixo, na figura 1:

**Figura 1** - Modelo estrutural de funcionamento da atenção.



Fonte: adaptado de Nahas e Xavier (2004).

A proposta de Broadbent (figura 1) é que as informações sensoriais entram no sistema simultaneamente e são temporariamente arquivadas por um curto período de tempo. Em seguida as informações podem ser transferidas para um sistema de processamento de capacidade de armazenamento limitada (sistema P), após o controle de um filtro que regularia todo o tráfego de informações e selecionaria as informações presentes no armazenamento de curta duração. Este processo seria realizado com base em características dos objetos como cor, forma e tamanho, permitindo que elas cheguem ao sistema P, sendo este o responsável pelo processamento adicional da informação quando de fato o objeto é identificado (NAHAS e XAVIER, 2004; GAZZANIGA et al., 2006).

Em resumo a teoria do filtro atencional considera que o processamento da informação se caracteriza como a detecção e seleção de estímulos de acordo com as suas características físicas, no qual a atenção atua como um filtro que permite que apenas os estímulos com características físicas relevantes sejam processados. Já os estímulos não relevantes seriam bloqueados e desconsiderados pelo sistema (ROSSINI e GALERA, 2005).

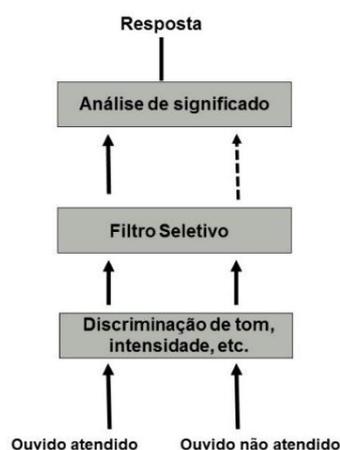
A teoria proposta por Broadbent serviu como base para diversos estudos. Alguns destes estudos verificaram incongruências nos resultados de Broadbent, levando a questionar

a existência de uma seleção prévia. Já outros estudos, como o de Treisman, concordavam com a proposta do filtro atencional, mas propuseram alguns ajustes ao modelo (ROSSINI e GALERA, 2005), como destacado a seguir.

A proposta do filtro atenuador de Treisman, de 1960, bastante aceita pelos teóricos da atenção, se diferencia da de Broadbent ao propor que o filtro seletivo não bloqueia totalmente as mensagens não atendidas, mas apenas as atenua, permitindo a sua entrada no sistema de acordo com sua relevância (NAHAS E XAVIER, 2014).

Esta atenuação permite ao sistema atencional reduzir a interferência de estímulos irrelevantes, sem prejuízo no processamento de estímulos relevantes (NAHAS E XAVIER, 2014; ROSSINI e GALERA, 2005). Um exemplo clássico é o “efeito coquetel”, quando em um ambiente com muito ruído uma pessoa consegue focar a sua atenção apenas em parte deste ambiente, sendo capaz de manter uma conversa e descartar outros estímulos presentes. Se neste mesmo cenário o nome do indivíduo (fator de relevância) for mencionado por outra pessoa externa à conversa (estímulo não atendido), este estímulo é prontamente detectado, deslocando a atenção do sujeito, conforme ilustrado na figura 2 (NAHAS e XAVIER, 2014).

**Figura 2** - Modelo atencional de Treisman.



Fonte: adaptado de Nahas e Xavier (2004).

Em sua teoria, Treisman propõe a integração entre processos cognitivos e perceptivos, considerando que estes processos ocorrem de forma integrada, com parte do processamento realizado automaticamente e outra parte baseada no processamento cognitivo. Ou seja: processos automáticos e processos voluntários (FILGUEIRAS, 2010). Ocorre que a atenção usa vias múltiplas e paralelas no processamento de informações relevantes (processos *bottom-up* e *top-down*) para caracterizar os processos involuntários e voluntários de tratamento da atenção (PYLYSHYN, 1994).

A atenção envolve tanto processos voluntários de cima para baixo quanto reflexos de baixo para cima ou mecanismos guiados pelos estímulos, e eles estão em competição dinâmica pelo controle do foco momentâneo da atenção (GAZZANIGA et al., 2006).

Para desempenhar de forma adequada as nossas atividades é necessário que façamos a seleção de objetos, planejados ou repentinos, de acordo com metas estabelecidas pelo ambiente. Nossa capacidade de realizar esta seleção representa o equilíbrio entre dois processos: um processo de controle voluntário (*top-down*), que orienta o comportamento com base em metas internas, e um processo automático de controle de atenção (*bottom-up*) impulsionado por estímulos salientes ou inesperados (WU et al., 2015).

Atualmente a atenção visual tem sido estudada especialmente partir destes dois modelos, sendo um relacionado à localização dos estímulos no espaço e outro às características do objeto (ROSSINI E GALERA, 2005).

O primeiro modelo destaca processos internos dos sujeitos e é determinado por parâmetros e metas do sistema cognitivo, sendo definido como processos de alta ordem ou processos *top-down*. Este mecanismo envolve cognição e motivação e se caracteriza como a busca voluntária por estímulos relevantes (ROSSINI E GALERA, 2005).

Já o segundo modelo apresenta um processamento de detecção do estímulo dirigido por parâmetros fisiológicos, em seus aspectos espaciais e temporais, que são definidos como de baixa ordem ou processos *bottom-up*. Estes ocorrem a partir de processos automáticos e involuntários, que independem de motivação e cognição. Isto é, o processo *bottom-up* consiste na captura automática da atenção por características dos estímulos (ROSSINI E GALERA, 2005).

Os processos *bottom-up* e *top-down* participam da seleção dos estímulos mais relevantes na busca visual, sendo a atenção visual considerada como processo intermediário que integra de forma coerente os objetos (ROSSINI e GALERA, 2005; WU et al., 2015).

### 2.1.2 Atenção visuoespacial

Como destacado anteriormente a atenção é um fenômeno de abordagem complexa, dados os seus diferentes modos de manifestação, e, por isso, necessita muitas vezes ser dividida para uma melhor compreensão, ainda que nem sempre a linha divisória entre os conceitos seja tão clara, fazendo com que eles se sobreponham.

Neste sentido, de modo a focar nos objetivos propostos nesta pesquisa, será destacada a atenção visuoespacial, que pode ser compreendida como “o direcionamento da atenção visual para um local, enquanto ignora outros irrelevantes ou dispersivos” (POSNER, 1980).

A atenção espacial direciona recursos do processamento neural para estímulos relevantes à uma tarefa ou relevantes no ambiente, sendo por isso de grande importância para resolver a competição entre estímulos múltiplos (FILMER et al., 2015).

Uma grande contribuição dos trabalhos de Posner sobre atenção está relacionada às características da atenção visual baseada nas localizações espaciais dos estímulos. Posner (2012a) considera a atenção como um sistema orgânico, responsável pelo processamento de informações, no qual cada indivíduo coleta informações sobre o seu ambiente e estados internos, usando estas informações para guiar o comportamento.

Na introdução de seu artigo sobre “Orientação da Atenção”, Posner (1980) afirma que o estudo da atenção orientada a estímulos no espaço visual é capaz de fornecer modelos gerais da cognição humana e novos insights sobre o papel da atenção em atividades humanas complexas, o que nos leva a relacionar a sua aplicabilidade à atividade de controle de tráfego aéreo.

Posner utiliza o termo orientação como o direcionamento da atenção para estímulos sensoriais, relacionando-a a um reflexo e não apresentando distinção entre direcionamento da atenção e percepção de um estímulo. Já a detecção é classificada como um ato cognitivo, significando que um estímulo atingiu um nível do sistema nervoso no qual é possível ao sujeito perceber a sua presença. Esta diferenciação entre orientação e detecção permite explorar a proposição de que algumas respostas (como movimentos oculares sacádicos, por exemplo) podem estar disponíveis para um estímulo antes que ele tenha sido detectado (POSNER, 1980).

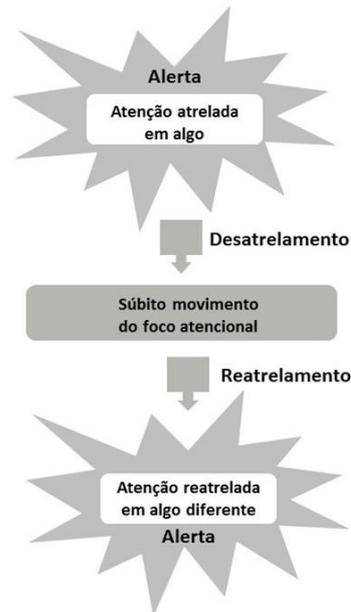
Neste contexto Posner destaca ainda o conceito de orientação encoberta, onde diferentemente da orientação aberta as mudanças de direcionamento da atenção são percebidas apenas através de experimentos (cronometria mental, tempo de reação, detecção de limiares) que possam medir variações no desempenho desta capacidade (POSNER, 1980).

Frequentemente o direcionamento do olhar e o foco de atenção estão alinhados espacialmente – atenção aberta. No entanto, também é possível atender a objetos de interesse na cena visual sem desviar nosso olhar para eles – atenção encoberta (POSNER, 2012a).

Ocorre que o ato cognitivo de desviar a atenção de um lugar no campo visual para outro pode ser realizado secretamente, sem mudanças musculares, podendo ser relacionado a três operações mentais: 1) desengajamento de atenção de seu foco atual; 2) atenção para o

alvo; 3) envolvimento do alvo. Isto é: o indivíduo em estado de alerta tem sua atenção atrelada em algo. Subitamente outra coisa o atrai, implicando no desatrelamento/desengajamento do alvo inicial, deslocamento do foco atencional e, por fim, reatrelamento da atenção no novo alvo (POSNER et al., 1984).

**Figura 3** – Modelo descritivo da atenção de Posner.



Fonte: adaptado de Lent (2003).

No modelo proposto por Posner (figura 3) a atenção consiste em um mecanismo seletivo, um filtro, que separa os estímulos relevantes dos irrelevantes, facilitando a percepção dos estímulos mais relevantes do ambiente e tornando o comportamento mais adaptado.

Buscando compreender de que forma os processos atencionais atuam, pesquisas em neurociência introduziram o estudo da cognição, relacionando-o à análise fisiológica e, com isso, revelaram um sistema de áreas anatômicas consideradas básicas para a seleção e processamento de informações (POSNER e PETERSEN, 1990).

### 2.1.3 Correlatos neurais da atenção visuoespacial

“Prestar atenção é focalizar a consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e colocando as demais em segundo plano”, sendo este foco possível através da sensibilização seletiva de um conjunto de neurônios que executam uma tarefa e inibem as demais (LENT, 2003).

Também na perspectiva da psicologia cognitiva, Gazzaniga et al (2006) afirmam que a atenção pode ser compreendida como “um conjunto de mecanismos neurais que facilitam o processamento [...] permitindo uma interação ajustada entre indivíduo e meio ambiente”.

Para Estévez-González et al (1997) a atenção é um mecanismo neural responsável pela seleção e organização da percepção, possibilitando que um estímulo dê lugar a outro através de um processo neural eletroquímico.

É sugerido que sinais corticais de alta ordem retornam para áreas corticais sensoriais onde a atenção está focada, ampliando a representação neural de um estímulo (KANDEL et al (2014).

Em resumo podemos observar que os autores da psicologia cognitiva consideram que a atenção é fomentada por uma rede de áreas neurais, cuja atuação resulta em melhorias no desempenho comportamental.

Posner (1990; 2012a) fala especificamente em três redes neurais para a atenção (orientação, executiva e de alerta) e acrescenta que estas realizam cálculos específicos, coordenando-se para realizar a seleção de objetos ou locais, de acordo com as exigências da tarefa.

A rede de orientação estaria envolvida na localização de objetos relevantes no espaço, orientando órgãos sensoriais para estes locais e filtrando informações irrelevantes que possam competir por atenção (POSNER, 2012a). Foi composta inicialmente pelo córtex parietal posterior, colículo superior e pulvinar (POSNER, 1990). Atualizações posteriores utilizando fMRI sugerem o envolvimento de áreas visuais frontais na rede de orientação (POSNER, 2012b).

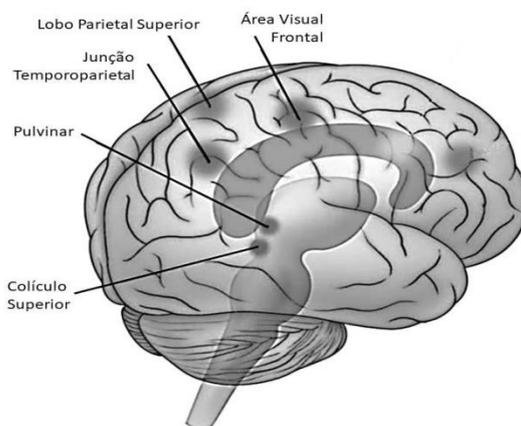
Já a rede executiva participaria da autorregulação e controle do sistema atencional. Estaria ainda envolvida no controle da rede de orientação, como por exemplo nos experimentos em que a sugestão é apresentada no centro e deve ser interpretada (POSNER, 2012a). É formada pelos córtices frontal e cíngulo anterior e pelos gânglios da base (POSNER, 1990).

A rede de alerta ou sistema de ativação reticular regula o estado de alerta, que prepara o indivíduo para perceber ou responder a um alvo (POSNER, 2012a). É compreendida pelos lobos parietal e frontal direitos (POSNER, 1990).

Sob certas circunstâncias as redes orientadora e executiva interagem para influenciar o organismo para novas localizações ou objetos. Dependendo da demanda da tarefa esta interação pode se dar através de cooperação ou compensação (POSNER, 2012a).

Destacaremos mais especificamente a rede atencional para a orientação, dada a sua relevância para este estudo. Conforme destacado anteriormente esta área atua na seleção e localização de um alvo e deslocamento da atenção entre estímulos, sendo formada por cinco estruturas (POSNER, 2012b, 2019), conforme observado na figura 4.

**Figura 4** – Rede de Orientação Atencional.



Fonte: adaptado de Posner *et al.* (2012b).

Na figura acima observamos o circuito para orientação atencional, proposto por Posner *et al.* (2012b) envolvendo área visual frontal, parietal ventral (junção temporoparietal) e dorsal (parietal superior), além de áreas subcorticais do colículo superior e pulvina.

O modelo inicial proposto por Posner *et al.* (1984) destaca que os colículos superiores estariam relacionados à movimentação ocular durante varredura visual e o pulvina do tálamo ao engajamento da atenção. Já o córtex parietal posterior seria ativado quando a atenção é voluntariamente desviada de um local para outro para detectar um alvo durante uma tarefa de busca visual. Lesões nesta área prejudicam a capacidade de desengajar a atenção de um foco para reorientá-lo para um alvo localizado no lado oposto ao da lesão.

Estudos posteriores incluíram o envolvimento de áreas visuais frontais no sistema de orientação atencional (POSNER *et al.*, 2012b). A partir desse modelo foram propostos dois sistemas de controle atencional: (i) sistema dorsal, incluindo área visual frontal, lobo parietal superior e sulco intraparietal, relacionado ao controle estratégico da atenção (orientação *top-down*); e (ii) sistema ventral, incluindo junção temporoparietal e córtex frontal ventral, relacionado à detecção de estímulos relevantes (orientação *bottom-up*) e funcionando como um “disjuntor” para o sistema dorsal ao direcionar a atenção para estímulos salientes do ambiente (POSNER *et al.*, 2012b).

O córtex parietal posterior (CPP) é uma área que inclui o sulco intraparietal e áreas intraparietais superiores e inferiores, apresentando predomínio direito e constituindo a principal região do sistema atencional para a orientação (POSNER et al., 2012b). Os efeitos dessa estrutura na orientação em humanos apoiam a opinião de que os mecanismos de atenção espacial seletiva dependem desta parte do cérebro (POSNER, 1980).

O sistema visual apresenta alto grau de especialização hemisférica, de modo que quando a atenção é dirigida para as características globais de um objeto, o hemisfério direito é ativado; já quando a atenção é alocada nas características particulares do objeto, o hemisfério esquerdo é ativado (BRANDÃO, 2004).

Dada esta assimetria hemisférica geralmente lesões no lobo parietal direito apresentam efeito mais acentuado que no lobo parietal esquerdo. Estudos em pacientes com danos no lobo parietal direito sugerem ser esta uma área crítica para a mudança da atenção entre lugares, enquanto o esquerdo estaria relacionado ao deslocamento da atenção entre objetos (POSNER M.I.; DRIVER J, 1992).

O hemisfério esquerdo exerce um controle unilateral (contralateral), enquanto o hemisfério direito atua bilateralmente e regula o sistema de alerta (POSNER M.I.; DRIVER J, 1992).

A descoberta de que a estimulação por tDCS no CPP direito apresenta efeitos nas respostas em ambos os hemisférios sugere que esta área é importante para a orientação visual da atenção no que diz respeito a todos os seus processos: atrelamento, desatrelamento e reatrelamento da atenção (BOLOGNINI et al., 2010). A rede neural para a orientação é comumente avaliada a partir de variações do paradigma de sugestão espacial (ROCA et al., 2018).

#### 2.1.4 Tempo de reação (TR)

A atenção, tanto voluntária quanto involuntária, tem vários efeitos mensuráveis sobre o desempenho visual humano: ela encurta o tempo de reação e torna a percepção mais sensível (KANDEL et al., 2014).

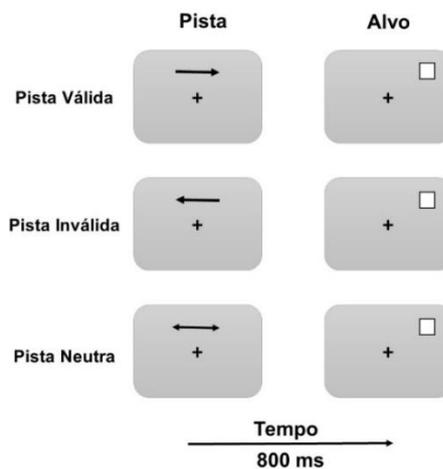
Para medir o efeito da atenção no processamento da informação diversos experimentos têm utilizado a medição do tempo de reação a um estímulo-alvo. A atenção espacial, por exemplo, tem sido manipulada através de experimentos que induzem os sujeitos a esperar o surgimento de um alvo em um determinado lugar - orientação voluntária da atenção; enquanto outros experimentos buscam atrair a atenção visual para locais determinados, utilizando

estímulos sensoriais (pistas) - orientação automática da atenção. O tempo de resposta a estes estímulos fornece uma medida do processamento atencional (GAZZANIGA et al., 2006).

Apesar de ter sido Helmholtz o responsável por experimento precursor do tempo de reação (GAZZANIGA et al., 2006), foi Michael Posner quem desenvolveu um método simples e eficiente para medir a atenção visual.

No experimento proposto por Posner (1980) o sujeito, em frente a uma tela, deve permanecer com o olhar fixo em um ponto central. Então o pesquisador lança uma pista neutra ou uma pista para direcionar a atenção. O sujeito não deve desviar o olhar do ponto de fixação quando a pista aparece, mas ela lhe indica uma maior probabilidade de aparecer um estímulo-alvo. Quando o estímulo-alvo surge o sujeito deve indicar que o identificou apertando um botão ou realizando um movimento ocular sacádico em direção a ele. Assim o pesquisador pode medir o tempo de reação. Dada a sua facilidade de aplicação, as técnicas baseadas no tempo de reação passaram a ser frequentemente utilizadas em estudos experimentais e clínicos com seres humanos.

**Figura 5** - Paradigma da pista espacial de Posner.



Fonte: adaptado de Gazzaniga et al (2006).

Nos experimentos que avaliam o tempo de reação voluntária através de tarefas com pistas solicita-se aos sujeitos que respondam o mais rápido que puderem aos alvos apresentados em uma tela, sendo informado que a localização mais provável será indicada por uma pista. Neste contexto são consideradas pistas válidas aquelas que realmente indicam a localização do alvo. Já nas pistas inválidas um local não correspondente ao local de

surgimento do alvo é indicado. Podem ocorrer ainda as pistas neutras, nas quais não há informação sobre a localização provável do alvo, conforme figura 5.

Como resultado tem-se que os sujeitos respondem com mais agilidade a estímulos-alvo quando as pistas indicam de forma correta a localização do alvo, mesmo quando não movimentam seus olhos para o local da pista, utilizando a orientação encoberta da atenção (POSNER, 1980). Alguns aspectos desta técnica podem sofrer variação, de acordo com o objetivo do pesquisador: (1) as relações de tempo e espaço entre a pista direcionadora e o estímulo-alvo; (2) a probabilidade de aparecimento do estímulo-alvo em diferentes locais do campo; e (3) o método de registro da resposta do sujeito.

No primeiro caso, o pesquisador manipulará a atenção. Neste contexto, o indivíduo não se move nem move os olhos, permanecendo com o olhar fixo no centro da tela, mesmo que direcione atenção ao local indicado pela pista (orientação encoberta da atenção). Neste caso, está sendo avaliado em que medida o sujeito consegue modular a sua capacidade de localizar estímulos no espaço e o seu tempo de reação indicará a rapidez da localização espacial de estímulos visuais quando a atenção é focalizada em local de maior probabilidade de ocorrência de um estímulo. Aqui o pesquisador pode ainda enviar uma pista falsa, com o estímulo-alvo no lado oposto ao indicado pela pista direcionadora, fazendo com que o tempo de reação indique a rapidez com que o sujeito desengaja a atenção para perceber o estímulo-alvo em um local improvável (LENT, 2003).

#### 2.1.4.1 *Attention Network Test for Interactions and Vigilance (ANTI-V)*

Existem diversas ferramentas e protocolos para medir o desempenho da atenção, das quais destacamos o ANTI-V que é uma variação da clássica tarefa ANT - *Attention Network Test* baseada no modelo teórico das 3 redes atencionais de Posner (2012). O ANT, através da quantificação do tempo de reação, apresenta um índice individual de desempenho para as três redes de atenção: alerta, orientação e controle executivo (FAN et al., 2002).

O ANT tem sido amplamente utilizado, sendo demonstrado que sua aplicação fornece uma medida confiável para cada rede atencional (FAN et al., 2002). Entretanto, apesar de a tarefa se propor a avaliar de forma independente as três redes, há relatos de uma interação entre a condição da sugestão e a congruência do alvo, sugerindo prejuízo na capacidade do ANT em medir de forma isolada o desempenho em cada rede, bem como fragilidade na medição da interação entre elas (ISHIGAMI e KLEIN, 2010).

Buscando superar esta limitação do ANT Callejas et al. (2005) desenvolveram uma versão alternativa da tarefa, o ANT-I – *Attention Network Test - Interactions*. Nesta tarefa, assim como na ANT, as redes de orientação e executivas são avaliadas pela sugestão visual (válida e inválida) e congruência alvo (congruente e incongruente), respectivamente. Mas, diferente do ANT, a rede de alerta no ANT-I é avaliada por sinais auditivos (tom e sem tom). Esta distinção entre as pistas de alerta (auditivas) e de orientação (visuais) permite a análise do desempenho como uma função conjunta de orientação (válida versus inválida) e alerta (tom versus sem tom), propiciando a possibilidade de medição da interação das três redes atencionais (ISHIGAMI e KLEIN, 2010).

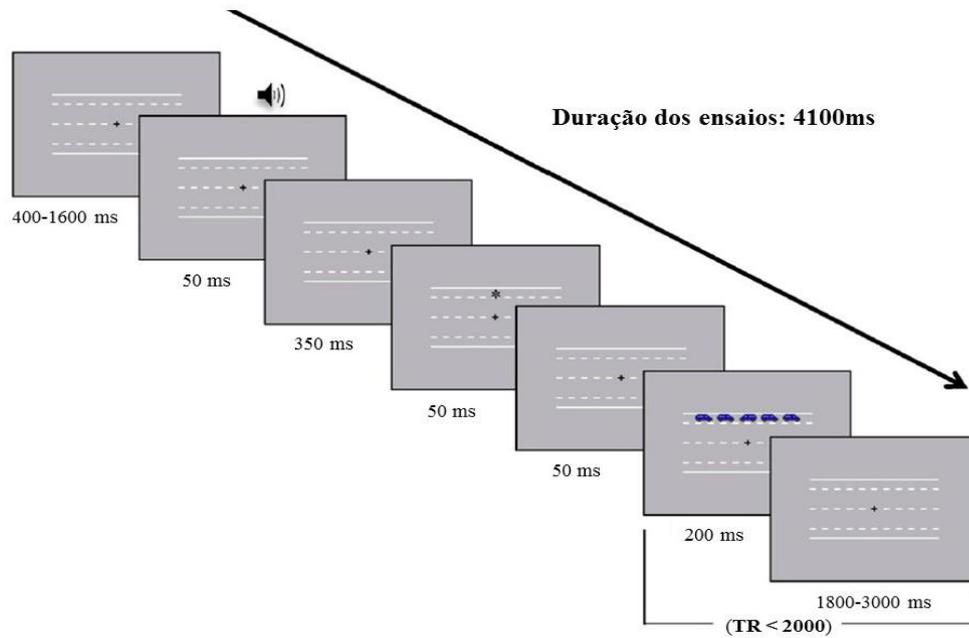
Desenvolvido também como uma versão alternativa ao ANT, o ANTI-V é um teste neurocognitivo computadorizado que adiciona ao ANT-I uma medida de vigilância. Neste ponto cabe destacar que a rede de alerta controla duas funções: o alerta fásico e o tônico. O primeiro é caracterizado pela prontidão para oferecer respostas após um sinal de alerta, enquanto o segundo seria a capacidade de sustentar a atenção durante um período prolongado de tempo – vigilância (ROCA et al., 2013).

O ANTI-V fornece medidas de atenção independentes para o controle executivo, orientação e alerta fásico, obtidos pela subtração do tempo médio de reação (TR) e porcentagem de erros (acurácia) em condições específicas da tarefa, além de uma medida de alerta tônico (vigilância) coletada ao analisar a capacidade dos participantes em detectar alvos infrequentes, imprevisíveis e incertos (ROCA et al., 2011).

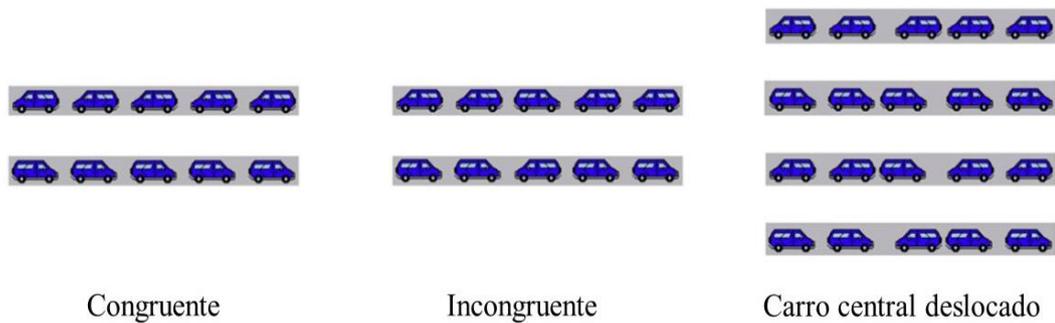
A tarefa consiste basicamente na apresentação breve (200 ms) do estímulo (uma linha com cinco carros azuis e pretos) em uma tela de computador cuja cena de fundo representa uma estrada com duas pistas, sendo o estímulo apresentado aleatoriamente em uma das pistas, acima ou abaixo do ponto de fixação central (+). A tarefa do participante é indicar a direção do carro central (alvo) pressionando “C” no teclado quando ele aparecer à esquerda ou “M” quando à direita, ignorando a direção dos carros flanqueadores (distratores). Além disso, deverá pressionar uma resposta alternativa (barra de espaço), sempre que o carro central (alvo) aparecer deslocado consideravelmente para a direita ou para a esquerda. Neste caso os participantes devem ignorar a direção do carro central.

**Figura 6** - ANTI-V: Procedimento experimental e estímulos.

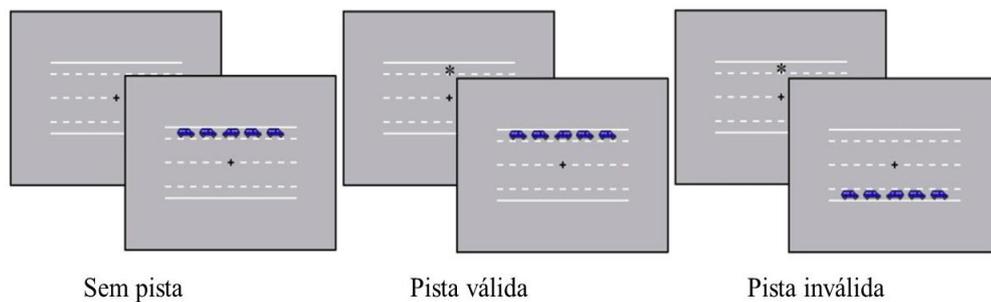
A – Representação esquemática do procedimento.



B – Estímulo alvo.



C – Condições visuais de sinalização.



Fonte: adaptado de Roca et al. (2013).

Para avaliação da atenção executiva, os carros flanqueadores podem apontar na mesma direção que o carro central (condição congruente) ou na direção oposta (condição incongruente), com igual probabilidade (figura 6 – B). Para responder aos estímulos incongruentes é necessário o recrutamento do controle cognitivo para ignorar os alvos distratores. A diferença no desempenho entre condições congruentes e incongruentes é usada como uma medida individual do funcionamento da rede atencional executiva (ROCA et al., 2011; 2013).

Para medir a orientação da atenção (orientação visuoespacial) um sinal espacial (\*) é apresentado brevemente (50 ms), 100 ms antes do alvo, acima ou abaixo do ponto de fixação central (+). São utilizados sinais periféricos não preditivos (orientação exógena). A pista espacial pode ser fornecida com igual probabilidade na mesma localização que o carro central de destino (condição válida), na localização oposta (condição inválida) ou pode ainda estar ausente (sem pista), conforme exemplificado na figura 6 - C. As pistas válidas capturam automaticamente a atenção dos participantes, resultando em melhor desempenho na condição válida, ou seja, TR menores.

A diferença de desempenho entre as condições válidas e a condição sem pista pode ser considerada uma medida positiva (ganhos) da orientação da atenção. Já as pistas inválidas capturam a atenção dos participantes para o local errado, resultando em pior desempenho. A diferença entre as condições inválida e sem pista pode ser usada como medida negativa (custos) da reorientação da atenção. Por fim a diferença entre as condições inválidas e válidas oferece uma medida de desempenho da rede de orientação, incluindo custos e benefícios, e uma maior pontuação significa uma maior influência de sinais espaciais periféricos automáticos na alocação de atenção para locais específicos. Isto é, a comparação entre o desempenho dos indivíduos sob a condição de sugestão válida, na qual o alvo aparece no foco da atenção, e a condição de sugestão inválida, na qual a atenção direcionada inválida precisa ser reorientada para o local de destino real, fornece um índice de efeito da orientação (ROCA et al., 2011; 2013).

Para avaliar o alerta fásico 500 ms antes da apresentação do alvo um tom de aviso é fornecido por 50 ms (tom) ou está ausente (sem tom), com a mesma probabilidade. As condições com tom de aviso aumentam momentaneamente o estado de alerta, sendo a diferença de desempenho entre as condições (com ou sem alerta) uma medida de alerta fásico. (ROCA et al., 2011; 2013).

Adicionalmente, numa condição menos frequente (25% das vezes), o carro central (alvo) é deslocado consideravelmente para a direita ou para a esquerda. Neste caso os

participantes devem pressionar uma resposta alternativa (barra de espaço), ignorando a direção do carro central. Assim, através da capacidade de detectar este alvo infrequente, imprevisível e incerto, a capacidade de vigilância pode ser analisada (ROCA et al., 2011; 2013).

Cabe finalmente destacar que uma das vantagens do uso do ANT e suas versões alternativas baseia-se na possibilidade de aplicação da tarefa de forma repetida, tendo sido frequentemente utilizado em pré e pós-testes para medir os efeitos do treinamento sobre os componentes da atenção. Neste sentido Ishigami e Klein (2010) chegaram a resultados que apontam que os escores do ANT permanecem robustos mesmo após 10 sessões, permitindo seu uso em testes repetidos. Entretanto foram observados efeitos de aprendizagem para a função executiva, bem como para a orientação da atenção no ANT-I, porém estes foram reduzidos conforme as sessões progrediram.

O ANT e suas variações (ANTI, ANTI-V) têm apresentado resultados que indicam a sua eficácia em oferecer escores representativos de desempenho atencional. Especialmente no que diz respeito ao ANTI-V tem sido destacado como tarefa neurocognitiva que oferece uma oportunidade para medir a capacidade de vigilância, além dos índices de atenção habituais (ROCA et al., 2012).

A partir das definições brevemente destacadas percebemos o quanto o processo atencional está presente em nosso cotidiano, bem como a sua importância para o nosso funcionamento comportamental adequado, possibilitando que nos ajustemos às demandas ambientais. Isto é, a atenção é uma capacidade cognitiva fundamental ao desempenho humano cujo estudo tem relevância significativa, especialmente quando aplicado a atividades de risco como a do controle de tráfego aéreo. Neste sentido estudar a atenção implica não apenas em contribuir para o processo laboral e a qualidade de vida do trabalhador ATCO, mas também para o bem-estar da sociedade, em termos de segurança de voo.

Quando observamos a rotina de um ATCO podemos considerar a extrema necessidade de uma interação ajustada entre este profissional e o ambiente operacional complexo no qual atua, de modo a favorecer a sua capacidade de responder a estímulos de forma mais rápida e precisa. A MCA 63-7/2008 destaca que “a capacidade do controlador de concentrar sua atenção em diversos estímulos simultâneos (tarefas e equipamentos) e dispersá-la ou distribuí-la, voluntariamente, é fundamental para a atividade de controle e gerenciamento de tráfego aéreo” (BRASIL, 2008).

## 2.2 Considerações sobre o controle de tráfego aéreo

De modo a contextualizar as especificidades da atividade de controle de tráfego aéreo realizaremos algumas considerações buscando destacar a singularidade do ambiente de trabalho, bem como a relevância do papel do ATCO nele inserido.

### 2.2.1 Atividade de controle de tráfego aéreo

Se existem homens que voam, existem homens que garantem esta façanha. São como anjos da guarda, na proteção e no controle de voo... (PEREIRA e RIBEIRO, 2001).

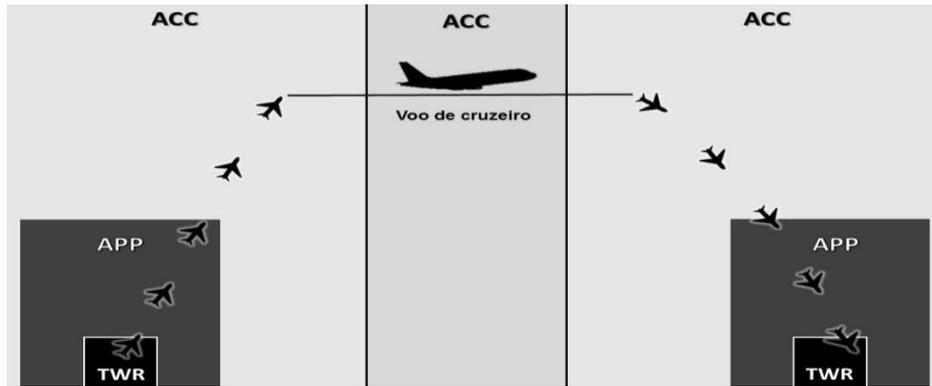
O controlador de tráfego aéreo é o profissional responsável pelo controle das aeronaves em suas diversas fases de voo, cuja finalidade maior do serviço por ele prestado é a segurança. Neste contexto o conceito de segurança apresenta-se como o estado no qual o risco de lesões a pessoas ou danos a propriedades são reduzidos e mantidos em um nível aceitável ou abaixo deste, mediante um contínuo processo de identificação de perigos e gerenciamento de riscos (BRASIL, 2015).

Para trabalhar de forma segura o ATCO atua de modo a prevenir colisões entre aeronaves em voo e entre aeronaves e veículos, pessoas ou obstáculos na área de manobras, agilizando e ordenando o fluxo de tráfego.

Apesar do processo de automatização que vem ocorrendo no sistema aeronáutico, o controlador de tráfego aéreo continua sendo o grande elo entre as aeronaves e o solo, cabendo a este profissional o gerenciamento e manutenção da segurança de voo (PEREIRA e RIBEIRO, 2001).

Quando se fala em controle de tráfego aéreo é comum a referência às torres de controle de aeródromo (TWR), elemento mais conhecido pela sociedade em geral. Entretanto há ainda outros serviços que podem ser divididos quanto à sua área de atuação em: Serviço de Controle de Área – prestado por um Centro de Controle de Área (ACC) ou Controle de Aproximação (APP); Serviço de Controle de Aproximação – prestado por um APP ou TWR; e, Serviço de Controle de Aeródromo – prestado por uma TWR (BRASIL, 2016b). De modo a ilustrar as áreas e órgãos de prestação do serviço de tráfego aéreo, destacamos a figura 7.

**Figura 7** – Órgãos de controle de tráfego aéreo.



Fonte: autor.

- **Centro de Controle de Área** – o controlador atuando neste órgão é responsável pelo serviço de controle de área em voos de cruzeiro dentro de sua área de jurisdição (figura 8). A prestação do serviço implica em atividades de vigilância e vetoração. A vigilância é caracterizada pela observação sistemática dos tráfegos e das informações prestadas, podendo se utilizar ou não do radar como ferramenta; já a vetoração é assinalada como a responsabilidade do controlador pela navegação da aeronave com o objetivo de evitar colisões ou aproximações indevidas. Neste órgão de controle o operador frequentemente tem um bom tempo para a tomada de decisões, mas costuma atuar com um número grande de aeronaves quando comparado aos demais órgãos de controle (PEREIRA e RIBEIRO, 2001).

**Figura 8** – Operação em um centro de controle de área radar militar.



Fonte: BRASIL (2016b).

- **Controle de Aproximação** (figura 9) – em linhas gerais é um órgão de controle de tráfego aéreo que atua em três ocasiões do voo (i) após a decolagem, quando a aeronave inicia os procedimentos de subida;(ii) antes do pouso, quando a aeronave inicia sua descida; e (iii) quando a aeronave em trânsito cruza o espaço aéreo sob a sua jurisdição. Assim como no Centro de Controle de Área, os operadores aqui também desempenham atividades de vigilância e vetorização. Entretanto, costumam ter um tempo reduzido para as tomadas de decisões, dado o menor espaço de atuação (PEREIRA e RIBEIRO, 2001).

**Figura 9** – Operação em um controle de aproximação radar militar.



Fonte: BRASIL (2016b, p 18).

- **Torre de Controle de Aeródromo** – o controlador neste órgão operacional (figura 10) presta o serviço de controle de aeródromo, autorização para pousos, decolagens e taxiamento. Neste âmbito existem três posições operacionais: (i) autorização de tráfego (CLR – *clearance*), (ii) controle de solo (GND – *ground*) e (iii) torre de controle. A Posição CLR é responsável pelo controle dos procedimentos anteriores ao acionamento dos motores das aeronaves, como por exemplo, autorização de plano de voo. A Posição GND é responsável pela autorização de acionamento de motores e táxi, gerenciando a movimentação das aeronaves na área de manobras, o que inclui controlar aeronaves, veículos, máquinas, equipamentos e pessoas nas *taxiways* e pistas, sendo indispensável a varredura visual de solo para a realização desta atividade. Por fim, na Posição torre o profissional é responsável pelas autorizações de pousos e decolagens em um aeródromo, sendo também de extrema relevância a varredura visual em sua atuação, uma vez que o

controlador precisa estar em contato visual com os tráfegos a serem autorizados para pouso e decolagem (PEREIRA E RIBEIRO, 2001).

**Figura 10** – Cabine interna de uma TWR.



Fonte: BRASIL (2016b, p 17).

A partir desta breve descrição sobre a atividade ATC é possível vislumbrar que a prestação deste serviço depende em grande medida de um eficiente desempenho humano e de sua interação com os meios técnicos e operacionais do qual dispõe.

É importante destacar o papel fundamental ocupado pela atividade cognitiva para o bom desempenho do ATCO, independentemente do órgão operacional no qual está atuando. Neste contexto especial ênfase é oferecida ao processamento atencional visuoespacial, sendo este requisitado frequentemente durante a atividade operacional, seja ela em Controle de Aproximação e Centro de Controle de Área, na varredura da tela do radar ou nas TWR, para a varredura do espaço aéreo do aeródromo ou das pistas de pouso e decolagem e *taxiways*.

Neste cenário o homem tem sido frequentemente destacado como o elemento central, mas também como o elo mais frágil deste sistema, sob o qual recaem as maiores preocupações no que tange à segurança (MOREIRA, 2001).

### 2.2.2 O fator humano no controle de tráfego aéreo

O elemento humano é a parte mais flexível, adaptável e valiosa do sistema aeronáutico, mas é também a parte mais vulnerável às influências que podem afetar negativamente o seu desempenho (CANADÁ, 1998, tradução do autor).

Conforme proposto no manual de fatores humanos no gerenciamento da segurança operacional no SISCEAB - MCA 63-15 (BRASIL, 2012), o termo “Fatores Humanos” (FH) deve ser claramente definido de modo a diferenciar o seu uso na aviação daquele do senso comum, no qual se poderia aplicá-lo a fatores muito amplos.

O DOC 4444 da OACI (CANADÁ, 2007) define os princípios dos fatores humanos como sendo aqueles aplicados ao *design*, certificação, treinamento, operação e manutenção de sistemas aeronáuticos (atividade multidisciplinar), buscando uma interface segura entre o homem e os outros componentes do sistema por meio do estudo apropriado do desempenho humano e suas aplicações. No contexto da aviação o desempenho humano é caracterizado a partir das capacidades e limitações humanas que podem impactar a eficiência e segurança das operações.

Ao fazer referência às limitações humanas é sempre importante destacar que o erro é um componente natural dentro do sistema aeronáutico, bem como em qualquer outro ambiente onde exista a atuação humana. A Força Aérea Brasileira destaca que em ambientes complexos e dinâmicos como o da aviação e do controle de tráfego aéreo, apesar de desejável, o panorama de zero acidente e de perigos totalmente eliminados é improvável. Isso porque os perigos são componentes inerentes aos ambientes de aviação, logo, sempre ocorrerão falhas e erros operacionais apesar de todo esforço para que não ocorram (BRASIL, 2012).

Erro humano é o termo genérico que designa toda ocasião onde uma sequência mental planejada de atividades falha em seu objetivo, sendo uma característica comportamental comum ao ser humano (BRASIL, 2015).

É importante destacar que a investigação do erro por si só não oferece soluções às demandas de prevenção de ocorrências. Isto porque o estudo do erro indica “quem” e “quando”, mas não auxilia no “porquê” e “como” uma falha ocorreu, de modo que isoladamente este viés de estudo não oferece os subsídios necessários à melhoria do sistema aeronáutico.

Assim estudos voltados ao erro humano vêm sendo atualizados para a versão organizacional, que levanta a hipótese de que um contexto prévio propicia o erro humano. Neste cenário falhas nos processos organizacionais criam condições para a elevação do risco operacional, influenciando negativamente as decisões do controlador. Desta forma passou-se a oferecer uma abordagem sistêmica aos estudos dos fatores humanos que envolve a análise de fatores técnicos, humanos e organizacionais (BRASIL, 2015).

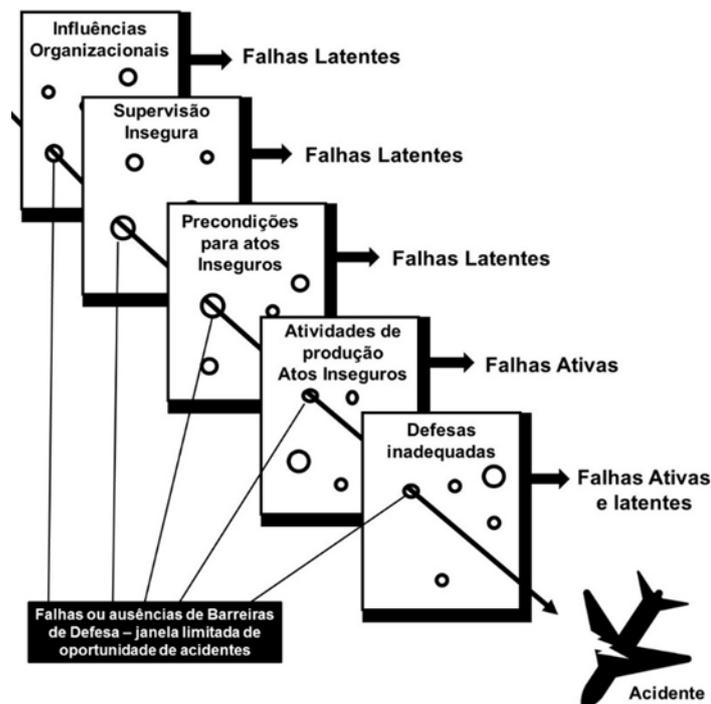
Uma destas abordagens, proposta em 1931 por H. W. Heinrich, é a Teoria dos Dominós. Partindo da constatação de que na maioria dos acidentes o erro humano está

presente, o autor considera que “ações aparentemente não relacionadas podem desencadear uma sequência de eventos que podem culminar num acidente” (MOREIRA, 2001).

Destaca ainda que os erros podem ser classificados em ativos ou latentes. Os erros ativos são característicos da atuação humana em sua rotina operacional. Estes erros costumam ser percebidos imediatamente após a sua ocorrência. Já os erros latentes são atribuídos à organização como condição preexistente a uma ocorrência, tornando-se explícitos apenas diante da ocorrência de outros fatores que venham a romper as barreiras de segurança do sistema. Ambos devem ser contidos pelas defesas do sistema (MOREIRA, 2001).

Na mesma linha da Teoria de Heinrich o modelo Reason é proposto, trazendo à tona a noção de acidente organizacional. James Reason ofereceu um ponto de vista GRÁFICO sobre o funcionamento das atividades aéreas em termos de segurança operacional. Este modelo (figura 11) ilustra a sequência causal de acidentes (CANADÁ, 1998).

**Figura 11** – Modelo Reason.



Fonte: adaptado de CANADÁ (1998).

Reason propõe que os acidentes acontecem a partir de uma conjunção de fatores. Isto é, a oportunidade de ocorrência de um acidente se dá através do alinhamento de fatores (falhas), sem que nenhuma barreira se interponha em seu caminho – Trajetória da

Oportunidade (MOREIRA, 2001). No entanto, destaca ainda que cada um destes fatores, quando isolados, não são suficientes para quebrar as defesas do sistema aeronáutico, uma vez que este possui barreiras de defesas profundas e por isso uma única falha não seria suficiente para levar ao acidente.

As defesas organizacionais contra estas ocorrências são fomentadas pela alta cúpula organizacional através de decisões gerenciais e estabelecimento de processos organizacionais, de modo a prover soluções relacionadas à tecnologia, treinamento e regulamentos que funcionam como barreiras contra as falhas latentes, sendo estas o foco do trabalho preventivo (CANADÁ, 1998).

Baseado no modelo Reason, temos também o *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS), teoria desenvolvida por Douglas Wiegmann e Scott Shappell em 2000, que propõe identificar e prevenir as falhas no sistema a partir da identificação de tendências, observadas a partir das recorrências do desempenho humano e das deficiências do sistema (FAJER, 2009).

O HFACS foi desenvolvido pelas Forças Armadas Americanas objetivando a investigação e análise das causas de acidentes aeronáuticos derivadas de fatores humanos, cuja contribuição chega a ser de 70% a 80% das ocorrências na aviação civil e militar (WIEGMANN e SHAPPELL, 2003, apud VILELA e SAMPAIO, 2011).

É importante destacar que mesmo com todos os esforços teóricos para compreender o erro humano ele continua aparecendo de forma repetida como fator contribuinte nos acidentes aeronáuticos e incidentes de tráfego aéreo. As análises estatísticas continuam a demonstrar a significativa contribuição do fator humano nos incidentes e acidentes de tráfego aéreo.

As análises de incidentes realizadas pelo DECEA nos anos de 2009 e 2010 apontam que respectivamente 88,5% e 90,2%, destas ocorrências tiveram a contribuição do fator humano em seu aspecto psicológico (BRASIL, 2012). Corroborando tal afirmação o programa de prevenção de acidentes aeronáuticos do controle do espaço aéreo (PPAA) (BRASIL, 2016a), relata que na análise estatística das investigações de incidentes de tráfego aéreo ocorridos no ano de 2015, 93% das ocorrências tiveram o aspecto psicológico como contribuinte.

Na análise descritiva destes dados a atenção aparece entre as variáveis individuais que mais contribuíram para a ocorrência de incidentes, ressaltando a importância de estudos sobre o tema. Isto porque a capacidade do controlador de concentrar sua atenção em diversos estímulos simultâneos (tarefas e equipamentos) e dispersá-la ou distribuí-la voluntariamente é fundamental para a atividade de controle e gerenciamento de tráfego aéreo (BRASIL, 2008).

Buscando compreender e intervir no processamento atencional muitas pesquisas têm investigado os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua de baixa intensidade (tDCS). Alguns destes estudos, como veremos a seguir, apresentaram resultados que apontam para a melhoria do desempenho visuoespacial em indivíduos saudáveis, o que nos leva a pensar em sua aplicabilidade às atividades de controle de tráfego aéreo.

### **2.3 Estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS)**

Nas próximas seções serão destacados a definição e os parâmetros para a aplicação de tDCS, bem como os mecanismos de ação, critérios de segurança e o levantamento do estado da arte dos estudos sobre tDCS na atenção visuoespacial.

#### **2.3.1 Definição e parâmetros**

Alguns estudos sobre atenção têm se interessado pela estimulação transcraniana por corrente contínua de baixa intensidade (tDCS), que se coloca como possibilidade de intervenção clínica, bem como de investigação da relação entre atividade neural e comportamento, caracterizando-se como ferramenta de modulação cortical indolor e de fácil aplicação na qual o córtex é estimulado de forma não invasiva (NITSCHKE et al., 2008; BRUNONI et al., 2011; FREGNI et al., 2012).

Devido ao seu baixo custo, fácil aplicabilidade e segurança esta técnica vem ganhando destaque em diversos estudos. Assim torna-se extremamente relevante o estudo de seus mecanismos de ação e parâmetros de segurança para uma utilização adequada (BRUNONI et al., 2011).

O equipamento para a aplicação da tDCS é formado por quatro componentes principais: eletrodos (ânodo e cátodo); amperímetro (medidor de intensidade de corrente elétrica), potenciômetro (resistor variável que controla a tensão entre os eletrodos e permite a manipulação da intensidade da corrente a ser aplicada) e um jogo de baterias (BRUNONI et al., 2011).

A tDCS é uma técnica neuromodulatória que tem como base a alteração do potencial de repouso da membrana neuronal, de modo a facilitar alterações na excitabilidade cortical por meio da aplicação de corrente elétrica contínua de baixa intensidade através de eletrodos alocados no escalpe (NITSCHKE et al., 2003b; NITSCHKE e PAULUS, 2000; STAGG e NITSCHKE, 2011; THAIR et al., 2017). Destaca-se que a tDCS não induz potenciais de ação

de forma direta, por conta de sua baixa intensidade de corrente, mas modifica o ambiente da rede neural de modo a diminuir ou aumentar a suscetibilidade de disparo do neurônio ou a sua resposta diante de impulsos sinápticos aferentes (NITSCHKE et al., 2008).

O efeito do campo elétrico gerado facilita a despolarização da membrana neuronal próximo ao ânodo ao aumentar a excitabilidade cortical, enquanto gradientes iônicos próximos ao cátodo têm o efeito oposto, facilitando a hiperpolarização (REINHART et al., 2017; NITSCHKE et al., 2008). Apesar de esta afirmação ser bem aceita, cabe destacar que alguns estudos encontram resultados de excitabilidade opostos aos normalmente esperados, relacionados à relação entre o fluxo de corrente e diferenças neuroanatômicas, apontando a necessidade de mais estudos para a compreensão dos efeitos dos campos elétricos gerados pela tDCS (REINHART et al., 2017).

Atualmente têm-se que os efeitos e eficácia da técnica estão relacionados à (i) polaridade aplicada (anódica ou catódica), conforme destacado acima; (ii) intensidade da corrente elétrica; e (iii) tempo de aplicação. Estes são os três parâmetros fundamentais, que devem ser indicados em qualquer protocolo (NITSCHKE et al., 2008; FREGNI et al., 2012; ANTAL et al., 2017).

Sobre a orientação do campo elétrico, definida pelas posições e polaridade dos eletrodos, os protocolos tDCS devem especificar de forma precisa a posição do eletrodo, considerando que a corrente elétrica corre do cátodo para o ânodo e que diferentes direções de fluxo de corrente podem resultar em efeitos diferentes dos pretendidos. Além disso a direção da corrente e a posição do eletrodo podem afetar a quantidade de desvios e, assim, alterar a quantidade de corrente liberada no local alvo da estimulação (NITSCHKE et al., 2008).

O posicionamento dos eletrodos frequentemente se baseia no sistema 10 x 20 de classificação internacional de EEG, possibilitando uma melhor delimitação da área a ser estimulada, que pode ser unipolar, quando o eletrodo de referência é alocado em área extracefálica, ou bipolar, quando os dois eletrodos são posicionados em áreas cefálicas (FREGNI et al., 2012). Desvantagens deste método incluem o tempo de preparação necessário ao posicionamento dos eletrodos, restrições quanto à focalização e profundidade de alcance da corrente elétrica e, ainda, diferenças neuroanatômicas entre os sujeitos que podem afetar o fluxo de corrente através do córtex, podendo resultar em interferência no direcionamento de corrente à área alvo (BRUNONI et al., 2012).

Outros sistemas com maior poder de focalização podem ser utilizados para o posicionamento dos eletrodos, como sistemas de neuronavegação ou sistemas de posicionamento baseados na fisiologia (WOODS et al., 2016; THAIR et al., 2017).

A escolha do local do eletrodo alvo depende da hipótese e da tarefa da pesquisa, enquanto o posicionamento do eletrodo de referência deve considerar os fatores que podem influenciar o impacto de sua localização na tarefa, a direção do fluxo de corrente e o conforto e segurança do participante (THAIR et al., 2017).

Tendo em vista que a escolha adequada do local alvo à estimulação é um ponto fundamental para os resultados, determinando a população de neurônios a ser estimulada (NITSCHE et al., 2008; ANTAL et al., 2017; THAIR et al., 2017), é importante destacar que alguns estudos que aplicaram tDCS anódica no CPP direito durante a execução de tarefas cognitivas demonstraram promover melhorias na atenção visuoespacial (BOLOGNINI et al., 2010; ROY et al., 2015; FALCONE et al., 2018). O CPP direito tem sido indicado como um alvo apropriado para tDCS diante do objetivo de melhorar o desempenho da atenção visuoespacial (BOLOGNINI et al., 2010).

Quanto ao posicionamento do eletrodo de referência, este poderá ser cefálico ou extracefálico. Uma vantagem da montagem extracefálica é que ela aumenta a focalização do eletrodo ativo ao excluir o efeito do eletrodo de referência na modulação cortical (NITSCHE e PAULUS, 2011). A desvantagem é que grandes distâncias podem promover desvios de corrente ao se dissipar no couro cabeludo. Neste caso intensidades mais altas de estimulação podem ser necessárias (THAIR et al., 2017).

Algumas estratégias que se mostraram eficazes para aumentar a focalização da tDCS: (i) redução do tamanho do eletrodo alvo com densidade de corrente constante na interface do eletrodo da pele. Eletrodos menores nas áreas alvo produzem resultados mais direcionados (NITSCHE et al., 2008; ANTAL et al., 2017; THAIR et al., 2017); (ii) aumento do tamanho do eletrodo de referência, diminuindo a densidade de corrente e reduzindo os efeitos fisiológicos (NITSCHE et al., 2008); e (iii) uso de eletrodo de referência extracefálico (NITSCHE et al., 2008; SHIN et al., 2015; THAIR et al., 2017).

A intensidade da corrente aplicada durante estimulação por tDCS pode implicar em diferentes efeitos (BENWELL et al., 2015). Alguns estudos têm apontado que ajustes mais altos de corrente geram maiores efeitos modulatórios (MOOS et al., 2012). Os protocolos de tDCS mais amplamente utilizados incluem intensidade de corrente variando de 1 a 2 mA (REINHART et al., 2017; THAIR et al., 2017). Intensidades de até 4 mA já foram utilizadas em alguns protocolos, embora o limiar de segurança para estudos em humanos seja de 2 mA (THAIR et al., 2017).

De forma geral, considerando os parâmetros de segurança, os eletrodos mais utilizados medem de 25 a 35 cm<sup>2</sup> com correntes de 1 a 2 mA (gerando densidades variando de 0,28 a 0,80 mA/cm<sup>2</sup>) aplicados por cerca de 20 a 40 minutos (BRUNONI et al., 2012).

Alguns fatores podem contribuir para o aumento do tempo de efeito da tDCS, por exemplo: duração e intensidade da estimulação prolongadas; sessões repetidas; e tarefa utilizada em conjunto com a estimulação (REINHART et al., 2017).

O curso de tempo nas modulações induzidas por tDCS é um fator de grande relevância, uma vez que aumentar a duração da estimulação parece contribuir para o prolongamento dos efeitos da tDCS (NITSCHKE et al., 2008; PAULUS e NITSCHKE, 2000; FREGNI et al., 2012; THAIR et al., 2017). Alguns estudos descrevem efeitos com duração de 5 horas ou mais quando a estimulação teve duração de 10 a 30 minutos e que 13 minutos de estimulação em humanos resultou em hiperexcitabilidade de até 150%, sustentada por até 90 minutos (NITSCHKE et al., 2008; PAULUS e NITSCHKE, 2000; FREGNI et al., 2012). Em pesquisas utilizando tDCS em humanos, embora ainda não seja possível prever com precisão a duração dos efeitos da estimulação, é possível afirmar que a medição em horas é a que melhor se adequa a este propósito (REINHART et al., 2017).

O número de sessões é outro fator que deve ser considerado na elaboração de um protocolo para aplicação de tDCS, pois sessões sucessivas têm maior potencial para efeitos cumulativos, ainda que não esteja estabelecido na literatura um número de sessões que promoveria tal efeito (FREGNI et al., 2012; THAIR et al., 2017).

Quanto à associação entre tDCS e tarefas comportamentais, os protocolos podem apresentar delineamento *online* ou *offline*. No delineamento *online* o participante conclui a tarefa enquanto recebe estimulação e os efeitos são avaliados durante a estimulação. Já no *offline* a estimulação e a tarefa são realizadas separadamente. Neste caso durante a tDCS os participantes devem ficar em repouso ou realizar outra tarefa de controle durante o período de estimulação (THAIR et al., 2017).

No que se refere à estimulação placebo – *Sham*, a tDCS pode ser administrada por vários segundos e depois descontinuada, fazendo com que a maioria dos indivíduos sinta apenas a sensação inicial de prurido, formigamento e queimação, mas sem qualquer alteração na função cerebral, isto é, sem efeito de modulação. Ocorre que ao rampar por até 30 segundos no início da aplicação a estimulação placebo é quase indistinguível de tDCS Ativa (NITSCHKE et al., 2008; BRUNONI et al., 2012). Estudos de revisão apontam que este método tem se mostrado eficaz em cegar os participantes de forma confiável em estimulações de 1 mA e com eletrodo de 25 cm<sup>2</sup> (WOODS et al., 2016; THAIR et al., 2017).

Contudo um nível mais alto de estimulação poderá promover sensações mais fortes, podendo comprometer o cegamento, especialmente em estudos com medidas repetidas (WOODS et al., 2016). Abordagens alternativas para evitar esta dificuldade seriam o uso de anestésicos na pele ou uma condição de controle ativa, isto é, estimular uma área irrelevante para o estudo. Quando o objetivo da tDCS consiste em evidenciar um efeito específico em determinada região um controle ativo fornece uma base consistente para a interpretação dos resultados (WOODS et al., 2016).

Em contrapartida o estudo de Russo et al. (2013) investigou a tolerabilidade e o nível de conforto experimentado por 149 participantes em 195 sessões de tDCS com duração de 30 minutos e 2 mA de intensidade. Seus resultados destacam que os participantes não puderam distinguir com segurança o tipo de estimulação recebida, sendo o cegamento eficaz para este nível de intensidade.

Um outro parâmetro a ser considerado é se o desenho do estudo será intra-sujeito ou entre sujeitos, sendo o intra-sujeito caracterizado por todos os sujeitos participando de todas as montagens, enquanto um projeto entre sujeitos seleciona grupos separados para cada condição de estimulação (THAIR et al., 2017).

O delineamento cruzado (intra-sujeito) é bastante utilizado e recomendado para pesquisas utilizando tDCS, uma vez que exclui as variações subjetivas do efeito que está sendo mensurado. Este desenho permite avaliar em um mesmo indivíduo se o cegamento foi efetivo para os dois tipos de estimulação, sendo a condição *Sham* uma excelente forma de controle (REINHART et al., 2017). Este método permite ainda reduzir pela metade o número de participantes quando comparado à abordagem de grupos paralelos (HOCHMAN, et al., 2005). Outra vantagem deste tipo de estudo é que os sujeitos funcionam como seus próprios controles, favorecendo o controle das variáveis que podem ameaçar a validade interna do estudo (DUTRA e REIS, 2016). Além disso permite a realização de duas avaliações pré-treinamento para cada sessão, possibilitando o controle de efeitos de aprendizagem entre avaliações consecutivas (BOLOGNINI et al., 2010).

As desvantagens do delineamento cruzado incluem o aumento no tempo necessário ao estudo e, em consequência, maior probabilidade de perdas amostrais, aumento na complexidade da análise de dados e maior possibilidade de efeitos residuais (*carryover*) relacionados ao período de *washout*, devendo este ser controlado a partir do delineamento do estudo (DUTRA e REIS, 2016).

### 2.3.2 Mecanismos de ação

Inicialmente é importante destacar que são ainda necessários mais estudos sobre os mecanismos de ação da tDCS, uma vez que não se tem uma compreensão precisa sobre os mesmos (MEDEIROS et al., 2012), apesar de estes virem sendo cada vez mais estudados e elucidados durante os últimos anos (STAGG, 2018).

Dito isto afirma-se atualmente que no início da aplicação os efeitos da técnica são neuromodulatórios e ao término são neuroplásticos (FREGNI et al., 2012) e, ainda, que cada via de sinalização tem sido implicada na atividade molecular e celular relacionada aos efeitos da tDCS (REINHART et al., 2017).

No momento da aplicação o principal mecanismo de ação está relacionado à modulação do potencial de repouso da membrana, sendo a aplicação anódica relacionada à facilitação da despolarização, e a catódica à hiperpolarização, como já descrito anteriormente (FREGNI et al., 2012; BRUNONI et al., 2011, COFFMAN et al., 2014). Acredita-se que os campos elétricos de baixa intensidade são a base dos efeitos biológicos da técnica, podendo modificar a condução elétrica das membranas e, em consequência, modificar a permeabilidade de íons e moléculas (MEDEIROS et al., 2012).

Entretanto os mecanismos de ação da tDCS não podem ser atribuídos apenas a estas mudanças no potencial de repouso da membrana, uma vez que os efeitos perduram após o término da estimulação (BRUNONI et al., 2011; REINHART et al., 2017; STAGG et al., 2018). Buscando o entendimento sobre esta questão, algumas pesquisas têm estudado a relação entre o campo elétrico promovido pela tDCS e diversos sistemas de neurotransmissores (REINHART et al., 2017).

Acredita-se que tais efeitos persistentes da tDCS estão relacionados a alterações neuronais semelhantes à plasticidade sináptica, isto é, potenciação a longo prazo (LTP – *long-term potentiation*) e depressão a longo prazo (LTD – *long-term depression*) (NITSCHKE et al., 2003b; HE et al., 2018; COFFMAN et al., 2014, STAGG et al., 2018).

Ocorre que ao facilitar a despolarização (anódica) ou a hiperpolarização (catódica) da membrana neuronal, a tDCS pode aumentar ou reduzir o influxo de cálcio intracelular, promovendo neuroplasticidade, sendo a tDCS catódica correlacionada à LTD e a anódica à LTP (STAGG et al., 2018).

Após a estimulação por tDCS tem-se a participação das sinapses GABAérgicas e glutamatérgicas (especialmente dos receptores NMDA) que são fundamentais para induzir neuroplasticidade, bem como outros neurotransmissores como dopamina, adenosina,

serotonina e acetilcolina (NITSCHKE et al., 2003b; MEDEIROS et al., 2012; COFFMAN et al., 2014; STAGG et al., 2018).

Especificamente quanto à ativação dos receptores NMDA, tem-se um influxo de íons de cálcio  $Ca^{2+}$  na célula, que regula a indução de LTP e LTD: baixas taxas de influxo de  $Ca^{2+}$  pós-sináptico (na tDCS catódica) favorecem a LTD, enquanto altas taxas (na tDCS anódica) promovem a LTP. Tais efeitos são controlados pela redução da atividade GABA. Há ainda a possibilidade de ocorrer uma concentração moderada de cálcio, induzindo o fenômeno “*no man’s land*”, na qual não ocorrerá LTP ou LTD (STAGG et al., 2018).

Em resumo pode-se destacar que os mecanismos de ação da tDCS parecem fundamentar-se em fatores neuronais sinápticos e não sinápticos, sendo a sua maior diferença em relação à outras técnicas de estimulação não invasiva o fato de não deflagrar diretamente potenciais de ação da membrana neuronal, mas sim alterando o ambiente da rede neuronal, de modo a diminuir ou aumentar sua excitabilidade e, em consequência, sua resposta à estímulos (BRUNONI et al., 2011).

Cabe finalmente destacar, no que diz respeito ao uso da tDCS como adjuvante ao treino cognitivo, que ao modular o limiar da membrana neuronal, esta técnica pode levar a um aumento da eficiência do processamento induzida pelo treinamento. Isto porque, as alterações da excitabilidade cortical induzidas pela tDCS podem interagir com os processos de aprendizagem, levando a ganhos comportamentais (BOLOGNINI et al., 2010).

Neste sentido, estudos consideram os efeitos sinérgicos entre a tDCS parietal e a tarefa cognitiva N-back, oferecendo indícios de que a associação das técnicas pode aumentar os efeitos de aprendizagem (SANDRINI et al., 2012).

### 2.3.3 Segurança

A tDCS é tida como uma ferramenta atrativa por apresentar características importantes, como não ser invasiva, ter baixo custo, facilidade de aplicação e apresentar efeitos significativos sobre a excitabilidade cortical. Tendo sido atualmente estudada em diversas condições, desenhos experimentais e para distintos objetivos, a tDCS tem apresentado resultados geralmente positivos (BRUNONI et al., 2011).

Nitsche e colaboradores (2008) definiram os critérios de segurança para aplicação de tDCS a partir de estudos que apontam a segurança da técnica com modulação confiável da função cortical cerebral humana. Este procedimento induz deslocamentos focais prolongados,

mas reversíveis da excitabilidade cortical, sem, no entanto, promover a despolarização da membrana neuronal.

É relevante diferenciar tolerância e aspectos de segurança (WOODS et al., 2016). Tolerância refere-se a efeitos desconfortáveis e não intencionais (formigamento, sensação de coceira, dor de cabeça ou cansaço são os mais relatados), que não induzem danos estruturais ou funcionais. Já a segurança refere-se a efeitos prejudiciais, e em populações saudáveis nenhum efeito deste tipo foi descrito com os protocolos de tDCS usados atualmente (WOODS et al., 2016). Um procedimento pode ser intolerável, por produzir muito desconforto, e ainda assim ser seguro, por não oferecer qualquer risco de dano permanente (ANTAL et al., 2017).

Não têm sido relatados efeitos adversos nos domínios perceptuais ou cognitivos causando prejuízo no desempenho neurocognitivo após tDCS (ANTAL et al., 2017).

Numa revisão sistemática realizada por Brunoni e colaboradores (2011), que incluiu 172 artigos (total de 209 estudos) sobre tDCS em seres humanos, o principal achado corrobora estudos anteriores que apontam a tDCS como técnica segura. Corroborando este achado, Stagg e Nitsche (2011) afirmam que mais de 100 estudos foram realizados usando tDCS em controles saudáveis e em populações clínicas, e nenhum efeito colateral sério ocorreu. Apenas coceira leve sob o eletrodo, dor de cabeça, fadiga e náusea foram descritas como possíveis efeitos colaterais em uma minoria de casos em uma série de mais de 550 indivíduos.

Cabe ainda destacar que efeitos adversos leves são frequentemente relatados por indivíduos que receberam estimulação Placebo (ANTAL et al., 2017).

Mesmo considerando que a maior parte dos estudos sugerem que a tDCS está associada apenas a efeitos colaterais leves, são necessários alguns cuidados em sua aplicação de modo a garantir a eficácia e segurança da técnica, sendo um deles a aplicação do questionário desenvolvido por Brunoni et al (2011) para o rastreamento de possíveis efeitos adversos. O questionário deve ser aplicado ao término de cada sessão e o protocolo de estimulação deverá ser interrompido se forem detectados efeitos adversos intensos ou frequentes relacionados à tDCS.

Conforme descrito anteriormente, os parâmetros básicos devem ser adotados em todos os protocolos de tDCS para garantir a segurança da técnica. Neste sentido, a maior parte dos protocolos têm adotado correntes entre 1-2 mA e duração 20 - 40 minutos por sessão, limitado a 60 minutos por dia (ANTAL et al., 2017; FREGNI et al., 2015; BRUNONI et al., 2012).

Considerando que ocorrências indesejáveis na pele estão entre as reações adversas mais frequentes da tDCS, é indispensável e facilmente realizável a adoção de cuidados

visando a minimização das mesmas. Para tanto, é necessária a preparação da pele e eletrodo: a) não é recomendada a abrasão da pele antes da fixação do eletrodo, apenas limpeza leve com uma compressa; b) evitar aplicar estimulação sobre áreas de pele não homogêneas (cicatrizes) ou inflamadas; c) os participantes devem ser instruídos a relatar qualquer desconforto imediatamente; d) Umedecer de forma adequada as esponjas que ficam entre a pele e o eletrodo, de modo que não fiquem secas ou excessivamente molhadas. As esponjas precisam estar úmidas apenas o suficiente para completar o circuito entre o sujeito e o estimulador (ANTAL et al., 2017; REINHART et al., 2017).

Além disso, tudo o que foi destacado sobre a segurança da tDCS tem validade dependente do respeito irrestrito aos critérios de inclusão/exclusão (WOODS et al., 2016).

Quanto aos critérios de exclusão para estudos de tDCS com indivíduos saudáveis, aplicam-se critérios gerais que consideram que os indivíduos devem estar livres de condições médicas instáveis ou qualquer doença que possa aumentar o risco de estimulação, como por exemplo doenças neurológicas como epilepsia ou eczema agudo sob os eletrodos. Além disso, eles não devem ter implantes metálicos próximos aos eletrodos e devem ser informados sobre os possíveis efeitos colaterais da tDCS, como dor de cabeça, tontura, náuseas e sensação de prurido, bem como irritação da pele sob os eletrodos (NITSCHE et al., 2018).

É importante ressaltar que embora existam diversos estudos na literatura utilizando tDCS com populações clínicas e atenção visual, investigações desta natureza em populações saudáveis podem auxiliar no desenvolvimento de protocolos voltados à melhoria de habilidades atencionais em condições ambientais específicas, como por exemplo no controle de tráfego aéreo. Neste sentido, destacaremos algumas pesquisas que buscaram investigar a aplicação da tDCS tendo como foco a melhoria da capacidade atencional em populações saudáveis.

#### 2.3.4 tDCS na atenção visuoespacial

De modo a avaliar o estado da arte da tDCS no contexto da atenção realizamos uma breve revisão sobre as principais produções sobre o tema, indexadas na plataforma PubMed. Foi realizada uma consulta à base indexadora entre os meses de setembro/2018 e maio/2019, usando os descritores “tDCS”, “Parietal” e “*Attention*”.

Para a inclusão dos trabalhos no estudo foram adotados os seguintes critérios: i) trabalhos publicados nos cinco anos que antecederam a consulta. A única exceção a este critério foi a inclusão de um artigo de 2010, dada a sua relevância para o presente estudo; ii)

artigos em conformidade com o tema da atenção no contexto do uso da tDCS; iii) trabalhos tendo como público-alvo indivíduos saudáveis; iv) trabalhos tendo o córtex parietal como área alvo da estimulação; e v) artigos que permitiram o acesso total de seu conteúdo. Foram excluídos trabalhos de revisão e estudos de caso. A amostra final contou com 13 artigos, conforme tabela 1 a seguir.

**Tabela 1** - Estado da arte da tDCS na atenção visuoespacial (continua).

<b>Autor (ano)</b>	<b>Área</b>	<b>Montagem</b>	<b>Eletrodos</b>	<b>Corrente (mA)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Tarefa</b>
Bolognini et al. (2010)	Parietal direito e Parietal esquerdo	1. ânodo direito/ ref. músculo deltoide contralateral 2. ânodo esquerdo/ ref. músculo deltoide contralateral	7 × 5 (35 cm <sup>2</sup> )	2	30	<i>online</i>
Ellison et al. (2014)	Parietal direito	1. cátodo direito/ ref. supraorbital contralateral	7 × 5 (35 cm <sup>2</sup> )	1,5	15	<i>offline</i>
Minamoto et al. (2014)	Parietal esquerdo	1. ânodo esquerdo/ ref. supraorbital contralateral 2. cátodo esquerdo/ ref. supraorbital contralateral	7 × 5 (35 cm <sup>2</sup> )	2	15	<i>online</i>
Wright et al. (2014)	Biparietal	1. ânodo direito/ cátodo esquerdo 2. ânodo esquerdo/ cátodo direito	7 × 6 (42 cm <sup>2</sup> )	1	15	<i>Online e offline</i>
Roy et al. (2015)	Frontal esquerdo, Parietal esquerdo e Parietal direito.	1. ânodo frontal esquerdo/ ref. supraorbital contralateral 2. ânodo parietal esquerdo/ ref. supraorbital contralateral 3. ânodo parietal direito/ ref. supraorbital contralateral	25 cm <sup>2</sup> (ânodo) e 35 cm <sup>2</sup> (cátodo)	1,5	20	<i>offline</i>
Filmer et al. (2015)	Parietal direito e Parietal esquerdo	1. ânodo direito/ ref. CZ 2. cátodo direito/ ref. CZ 3. ânodo esquerdo/ ref. CZ 4. cátodo esquerdo/ ref. CZ	5 × 5 (25 cm <sup>2</sup> )	0,7	9	<i>offline</i>
Li et al. (2015)	Biparietal	1. ânodo direito/ cátodo esquerdo 2. ânodo esquerdo/ cátodo direito	5 × 5 (25 cm <sup>2</sup> )	2	30	<i>online</i>
Benwell et al. (2015)	Biparietal	1. ânodo direito/ cátodo esquerdo 2. ânodo esquerdo/ cátodo direito	4 x 4 (16 cm <sup>2</sup> )	1 2	20	<i>Online e offline</i>
Roe et al. (2016)	Biparietal	1. ânodo direito/ cátodo esquerdo 2. ânodo esquerdo/ cátodo direito	5 x 7 (35 cm <sup>2</sup> )	1	24	<i>online</i>

**Tabela 1** - Estado da arte da tDCS na atenção visuoespacial (conclusão).

<b>Autor (ano)</b>	<b>Área</b>	<b>Montagem</b>	<b>Eletrodos</b>	<b>Corrente (mA)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Tarefa</b>
Learmonth et al. (2017)	Biparietal	ânodo esquerdo/ cátodo direito	4 x 4 (16 cm <sup>2</sup> )	1 2	20	<i>online</i>
Lanina et al. (2018)	Parietal direito Parietal esquerdo	1. cátodo direito/ ref. ombro ipsilateral 2. cátodo esquerdo/ ref. ombro ipsilateral	5 x 7 (35 cm <sup>2</sup> )	1,5	10	<i>offline</i>
Falcone et al. (2018)	Parietal direito	1. ânodo direito / ref. músculo trapézio	5,3 x 7,2 (38,16 cm <sup>2</sup> )	1	30	<i>online</i>
Lo et al. (2019)	Parietal direito	1. ânodo direito / ref. supraorbital contralateral	7 x 5 (35 cm <sup>2</sup> )	1,5	20	<i>offline</i>

Fonte: autor.

Como é possível observar na tabela acima os estudos envolvendo atenção e tDCS parietal adotaram diferentes delineamentos experimentais. Assim, no que diz respeito à área alvo a ser estimulada, de acordo com os objetivos da pesquisa, foram identificados experimentos envolvendo o córtex parietal direito (BOLOGININI et al., 2010; ELLISON et al., 2014; ROY et al., 2015; FILMER et al., 2015; LANINA et al., 2018; FALCONE et al., 2018; LO et al., 2019), o córtex parietal esquerdo (BOLOGININI et al., 2010; MINAMOTO et al., 2014; ROY et al., 2015; FILMER et al., 2015; LANINA et al., 2018) e o córtex parietal direito e esquerdo simultaneamente – biparietal (WRIGHT et al., 2014; LI et al., 2015; BENWELL et al., 2015; ROE et al., 2016; LEARMONTH et al., 2017).

Vale destacar que, embora as montagens apresentem certo equilíbrio quanto à escolha do hemisfério a ser estimulado, a maior parte dos resultados revelou a eficiência na modulação da atenção espacial apenas quando a tDCS Ativa foi aplicada no hemisfério direito, podendo esta modulação ser positiva (BOLOGININI et al., 2010; FILMER et al., 2015; ROY et al., 2015; FALCONE et al., 2018; LO et al., 2019) ou negativa (ELLISON et al., 2014). Entretanto, cabe destacar que um dos estudos não encontrou qualquer efeito de modulação por tDCS Ativa no córtex parietal direito (LANINA et al., 2018).

Já quando a área alvo foi o hemisfério esquerdo, apenas um estudo encontrou efeito de modulação por tDCS (MINAMOTO et al., 2014). Os demais resultados envolvendo o hemisfério esquerdo não encontraram efeito significativo de modulação nesta área (BOLOGININI et al., 2010; ROY et al., 2015; FILMER et al., 2015; LANINA et al., 2018).

Por fim, no que diz respeito à montagem biparietal, encontramos resultados que sugerem a capacidade da tDCS em modular a atenção (WRIGHT et al., 2014; BENWELL et

al., 2015), bem como resultados que não encontraram qualquer efeito de modulação da atenção visuoespacial a partir de tDCS biparietal (LI et al., 2015; ROE et al., 2016; LEARMONTH et al., 2017).

Todos os estudos tiveram adultos saudáveis como população alvo, sendo a tDCS aplicada a diferentes questões relacionadas ao desempenho atencional: (i) lateralização hemisférica e identificação de áreas envolvidas nos processos atencionais (BOLOGNINI et al., 2010; WRIGHT et al., 2014; FILMER et al., 2015; BENWELL et al., 2015; LEARMONTH et al., 2017; ROY et al., 2015; ELLISON et al., 2014; FALCONE et al., 2018); (ii) processamento atencional *top-down* e *bottom-up* (MINAMOTO et al., 2014); (iii) relação entre efeitos da tDCS e desempenho individual/carga cognitiva (LI et al., 2015; ROE et al., 2016; BENWELL et al., 2015; LEARMONTH et al., 2017; FALCONE et al., 2018); (iv) modulação da atenção com tDCS associada a treino cognitivo (BOLOGNINI et al., 2010); e, (v) identificação dos efeitos de tDCS parietal nas redes atencionais (Lo et al., 2019).

É importante ressaltar que estudos utilizando tDCS com populações saudáveis podem auxiliar no desenvolvimento de protocolos voltados a melhora de habilidades atencionais em condições ambientais específicas, como por exemplo no controle de tráfego aéreo. Neste sentido destacaremos mais detalhadamente as pesquisas acima elencadas que buscaram relacionar os efeitos da aplicação de tDCS à capacidade atencional de indivíduos saudáveis.

Buscando compreender o predomínio do córtex parietal posterior direito e dos campos oculares frontais direitos durante a busca visual, Ellison e colaboradores (2014) apontaram que estimulação catódica de 1,5 mA durante 15 minutos no CPP direito diminui a atividade em regiões frontais, sugerindo o acoplamento funcional entre estas regiões. Não foram encontrados efeitos significativos através da estimulação anódica. Estes resultados demonstram que tDCS catódica no CPP direito pode resultar em alterações em toda a rede de atenção envolvida na busca visual, além da área diretamente estimulada. Não houve realização de tarefa cognitiva durante a aplicação de tDCS – *offline*. Os participantes foram 20 adultos saudáveis, de ambos os sexos, com idade entre 21 e 56 anos.

Minamoto et al. (2014) investigaram se tDCS de 2 mA durante 15 minutos sobre o CPP esquerdo modula o controle atencional *top-down* ou *bottom-up*, durante o processamento verbal. Chegaram a resultados que apontam a eficácia da tDCS na modulação do desempenho atencional dirigido por estímulo a partir de estimulação anódica do córtex parietal posterior esquerdo. Já a estimulação catódica pareceu prejudicar o processamento *top-down*. O modo de estimulação foi *online*, com realização de tarefa cognitiva durante a aplicação de tDCS. Participaram da pesquisa 32 adultos saudáveis de ambos os sexos (idade não informada).

A pesquisa de Wright (2014), que investigou o papel do CPP na localização visual, apontou que a tDCS biparietal de 1 mA durante 15 min, com ânodo sobre o CPP esquerdo e cátodo sobre o CPP direito, induziu um desvio para a direita na localização percebida. O mesmo resultado foi encontrado com tDCS aplicada *online* ou *offline*. Estes resultados reafirmam o envolvimento do CPP na localização visual e sugere o equilíbrio de ativação entre os hemisférios como fator determinante para a localização visual. 11 indivíduos saudáveis de ambos os sexos na faixa etária entre 18 e 34 anos participaram do experimento, que foi realizado online (*Centroid localization task*) e offline.

Roy et al. (2015) destacaram que tDCS anódica no CPP direito melhorou a reorientação espacial e afetou diferentemente a atenção aos hemicampos visuais, com melhoria de eficiência para alvos apresentados no hemicampo visual esquerdo e decréscimo para alvos à direita. A estimulação anódica do hemisfério esquerdo não mostrou efeitos significativos. Participaram do estudo 24 indivíduos saudáveis de ambos os sexos com idade entre 18 e 35 anos. O protocolo consistiu na utilização de 1,5 mA de intensidade, aplicada por 20 minutos, em modo *offline*, com realização da tarefa ANT pré e pós tDCS.

A pesquisa de Filmer et al. (2015) buscou investigar o papel do CPP na atenção espacial. Seus resultados sugerem a dominância do hemisfério direito nos processos atencionais visuoespaciais. A aplicação de tDCS anódica sobre o CPP direito interrompeu o processamento de estímulo único no campo visual contralateral; já a detecção de estímulos concorrentes (bilaterais) foi interrompida tanto por tDCS anódica como catódica sobre o CPP direito; enquanto a tDCS anódica ou catódica sobre CPP esquerdo não teve qualquer efeito sobre a detecção de estímulos. O protocolo consistiu em estimulação de 0,7mA durante 9 minutos. Os participantes realizaram a tarefa experimental antes, imediatamente após, e 20 min após a estimulação (*offline*). O estudo contou com 28 participantes saudáveis, de ambos os sexos e com média de idade de 22 anos.

Li et al. (2015) investigaram o efeito da tDCS biparietal de 2 mA durante 30 minutos no processamento numérico, na atenção espacial e atenção sustentada. Quanto à atenção espacial, não encontraram efeitos significativos da aplicação de tDCS biparietal em ambas as montagens quando comparado à condição simulada durante a realização da tarefa de Posner (*online*). Entretanto, a estimulação biparietal teve um efeito dependente da polaridade no nível de vigilância e processamento numérico, quando as condições de estimulação foram diretamente comparadas, encontrando TR maiores para a estimulação anódica direita/catódica esquerda do que catódica direita/anódica esquerda. Estes efeitos foram observados apenas sob alta carga cognitiva, o que sugere uma interação entre os efeitos da tDCS parietal e da carga

cognitiva. 18 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos e com idades entre 20 e 42 anos participaram da pesquisa.

A pesquisa de Benwell et al. (2015) manipulou a intensidade de tDCS (1 – 2 mA) em sessões com duração de 20 minutos e verificou a relação dos resultados com as diferenças individuais no desempenho basal da atenção. Seus resultados apontam que tDCS biparietal (ânodo esquerdo/cátodo direito) pode direcionar um desvio para a direita – viés de atenção lateralizado, sendo este efeito dependente da relação entre nível de desempenho basal e intensidade de tDCS aplicada. A tarefa de bissecção de linhas foi realizada antes e durante a aplicação de tDCS. Os participantes com alto desempenho na linha de base responderam a tDCS de 1 mA, enquanto os participantes com baixo desempenho responderam apenas a tDCS de 2 mA. Apenas a estimulação anódica/esquerda modificou a atenção visuoespacial. Participam deste estudo 38 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos e com idade média de 23 anos.

O estudo realizado por Roe e colaboradores (2016) relata que os efeitos da tDCS biparietal (1 mA – 24 min) na atenção visual sustentada dependem do nível de carga cognitiva da tarefa, sendo a capacidade atencional reduzida sob alta carga cognitiva. Diante de tarefa com baixa ou média demanda cognitiva nenhum efeito foi encontrado. Os resultados da pesquisa indicam a importância do estado cognitivo individual natural/basal na determinação dos efeitos do tDCS e sugerem que a aplicação de tDCS pode degradar o desempenho atencional quando as redes cognitivas se tornam sobrecarregadas e incapazes de compensar. A pesquisa destaca ainda que uma carga cognitiva sistemicamente variável poderia, portanto, ser uma possibilidade para elucidar os efeitos da tDCS sobre as funções cognitivas. Os resultados encontrados podem estar relacionados ao tipo de estimulação empregada (bilateral), que pode ter perturbado o equilíbrio hemisférico, aumentando a excitabilidade em um hemisfério e simultaneamente diminuindo a excitabilidade no outro. A tDCS foi realizada concomitantemente com a tarefa de rastreamento de múltiplos objetos – MOT (*online*). Um total de 32 participantes saudáveis de ambos os sexos e com idades entre 21 e 35 anos participaram da pesquisa.

Learmonth et al. (2017), a partir da replicação do estudo de Benwell et al. (2015), não encontraram efeitos significativos de tDCS biparietal no viés de atenção espacial, bem como nenhuma evidência da interação entre intensidade de tDCS e desempenho da tarefa de linha de base. Seus resultados destacam a importância da replicação de resultados positivos da tDCS como forma de ampliar a compreensão sobre os seus mecanismos, bem como ressalta a importância da seleção do delineamento experimental adequado para avaliar a relação entre

tDCS e modulação do comportamento. 30 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos e com média de idade de 21 anos participaram de sessões de tDCS de 1 a 2 mA durante 15min, com realização simultânea da tarefa cognitiva landmark task.

Lanina et al. (2018) não encontraram influência da tDCS catódica *offline* sobre o CPP no desempenho da busca visual, podendo tal resultado segundo os autores estar associado à falta de impacto desta área na tarefa escolhida ou à insuficiência do desenho do protocolo para induzir mudanças significativas (tDCS *offline* no CPP direito, de 1,5 mA, por 10 minutos). O experimento contou com 24 participantes saudáveis, de ambos os sexos, e com faixa etária entre 18 e 21anos de idade.

Buscando investigar as diferenças individuais na modulação induzida por tDCS relacionada ao grau de melhoria no desempenho, Falcone et al. (2018) encontraram resultados que sugerem que tDCS anódica (1 mA – 30 minutos) no córtex parietal direito produz efeitos em redes relevantes para atenção visual. Identificaram, através de fMRI, uma relação significativa entre diferenças individuais de desempenho e atividade cerebral nos campos oculares frontais (nó importante na rede de atenção de cima para baixo) após a sessão de treinamento (pós-efeitos): indivíduos com os maiores aumentos no desempenho também apresentaram maior aumento da atividade cerebral nesta área. Este efeito em áreas não diretamente estimuladas é consistente com o mecanismo de tipo LTP induzido por tDCS de longo alcance, resultando no fortalecimento sináptico dentro destas redes. Foi ainda detectada a diminuição da atividade em áreas visuais associadas à melhoria do desempenho de busca visual, o que pode representar um processamento mais eficiente, resultante do processamento no campo ocular frontal. A tDCS foi aplicada *online*, com realização da tarefa de pesquisa visual de veículo aéreo não tripulado (UAV). Os participantes eram adultos saudáveis, de ambos os sexos e faixa etária entre 18 e 25 anos.

Lo et al. (2019) encontraram resultados que apontaram para efeito de modulação positiva promovida por tDCS parietal direita (anódica, de 1,5mA por 20 min) na rede de orientação (mas não para alerta e controle executivo), sugerindo que o CPP direito está ativamente envolvido com a orientação espacial da atenção. A tDCS foi aplicada *offline*, com a tarefa ANT sendo realizada apenas antes e depois da estimulação. Os participantes eram adultos saudáveis, de ambos os sexos e faixa etária média de 24 anos.

Destaca-se ainda a pesquisa realizada por Bolognini et al. (2010) que buscou investigar se uma única sessão de tDCS adjuvante no CPP direito (2 mA por 30 minutos) potencializaria o ganho comportamental promovido pelo treinamento de exploração de campo visual. Seus resultados estão de acordo com a nossa hipótese de pesquisa, apontando que

tDCS anódica em CPP direito associada a treino multissensorial melhorou o desempenho visuoespacial em indivíduos saudáveis. Os pesquisadores consideram ser provável que este efeito esteja relacionado especialmente à tDCS, uma vez que não foram realizadas sessões de treinamento repetidas específicas para este comportamento. Um outro achado interessante da pesquisa diz respeito ao tempo para ocorrência de efeitos da tDCS durante o treinamento, sendo identificado a partir do oitavo minuto de estimulação do CPP direito (redução do TR), enquanto no hemisfério esquerdo e na estimulação *Sham* os efeitos são identificados só ao final dos 30 minutos do treino. Vale destacar que em um experimento adicional foi ainda verificada a ocorrência de modulação da busca visual por tDCS anódica no CPP direito, mesmo sem a realização de treinamento comportamental. Participaram deste estudo 20 indivíduos saudáveis (10 em cada experimento), de ambos os sexos, com idade entre 20 e 25 anos.

Considerando a relevância dos resultados obtidos na pesquisa de Bolognini et al. (2010) para o nosso estudo, selecionamos e adaptamos o seu protocolo de tDCS aos nossos objetivos. Assim optamos pelo córtex parietal posterior direito como nosso local de estimulação, por seu reconhecido papel como área envolvida no processamento da atenção visuoespacial, bem como determinamos a polaridade (anódica), a intensidade de corrente (2 mA) e tempo de estimulação (30 min) com base nos parâmetros utilizados em sua pesquisa.

Finalmente, foi possível ainda observar que diversos destes estudos (BOLOGNINI et al., 2010; MINAMOTO et al. 2014; WRIGHT et al., 2014; Li et al., 2015; BENWELL et al., 2015; ROE et al., 2016; LEARMONTH et al., 2017; FALCONE et al., 2018) combinam o treino cognitivo com estimulação cerebral para tentar maximizar os benefícios do treinamento. Isto porque, um ponto importante a elencar sobre a tDCS é o seu uso comumente realizado como ferramenta adjuvante, ou seja, sendo utilizada em associação com outras técnicas, como por exemplo o treino cognitivo ou tarefa cognitiva (SILVA et al., 2017), que tem sido destacado como intervenção comportamental, apresentando resultados que sugerem a sua capacidade em potencializar habilidades cognitivas através da realização ou treino de atividades específicas (NUNES, 2017).

## **2.4 Treino cognitivo**

Acredita-se que melhorias de desempenho promovidas por treinamento comportamental/cognitivo são potencializadas quando combinadas com técnicas de neuromodulação cortical, como a tDCS (BOLOGNINI, 2010). Desta forma cada vez mais

programas de treinamento de habilidades cognitivas têm combinado protocolos comportamentais com tDCS para aumentar os efeitos da intervenção e encontrado evidências de acréscimo de desempenho de diferentes habilidades cognitivas (OLDRATI et al., 2018).

Supõe-se, como destacado anteriormente, que a tDCS aumenta as forças sinápticas dos neurônios dentro das redes corticais que são ativadas pelo treinamento (OLDRATI et al., 2018). Isto porque acredita-se que a aprendizagem e a tDCS promovam neuroplasticidade a partir de mecanismos de ação semelhantes, bem como que ao modular a excitabilidade da membrana neuronal a tDCS pode ampliar o processamento promovido pelo treino cognitivo (BOLOGININI et al., 2010).

Atualmente vê-se um crescente interesse pelos estudos voltados ao aprimoramento ou desenvolvimento cognitivo, seja em populações clínicas ou saudáveis (FILMER et al., 2017). Esta tendência tem suporte em estudos evidenciando diminuição do declínio e/ou melhora de funções cognitivas em adultos saudáveis submetidos a treino cognitivo (SILVA et al., 2017). Este benefício parece estar relacionado à plasticidade cerebral, viabilizando um aprimoramento de habilidades necessárias as atividades diárias, incluindo as laborais (NUNES, 2017).

O treino cognitivo caracteriza-se como uma intervenção comportamental voltada a funções cognitivas específicas que faz uso de um conjunto de tarefas padronizadas, computadorizadas ou não. A atenção, por exemplo, é uma capacidade que pode ser modulada por treinos no formato unimodal (treino de uma habilidade específica) ou multimodal (várias habilidades cognitivas, incluindo a atenção), segundo os objetivos da intervenção (SILVA et al., 2017).

Há uma grande diversidade no que diz respeito ao desenho experimental dos estudos utilizando programas de treino cognitivo. Ou seja: são variáveis quanto à duração, número de sessões, tipo de treino (unimodal ou multimodal), estratégias ensinadas e metodologia empregada. Esta variação repercute na diversidade de seus achados, efeitos e capacidade de manutenção a longo prazo (YASSUDA, 2006).

Estudo realizado por Parsons et al (2014) demonstrou que atividade cognitiva 3D-MOT melhorou de forma significativa as funções cognitivas (atenção, memória de trabalho e velocidade de processamento da informação visual) em uma população saudável e promoveu mudanças na função cerebral. Não foram observados efeitos colaterais, apenas relatos de fadiga leve imediatamente após o treinamento, dissipando-se dentro de 20 a 30 minutos após uma sessão.

Estudo realizado por Stagg et al. (2011) sugere que treinar os participantes em tarefas motoras durante sessão de tDCS melhora o desempenho para a tarefa treinada. Destaca-se que este benefício foi observado apenas durante a aplicação de tDCS anódica. Oldrati et al (2018) aponta que habilidades visuoespaciais podem ser melhoradas através de programas específicos de intervenção que combinam treino cognitivo e tDCS.

#### 2.4.1 Treino cognitivo e atenção: paradigma N-Back

Entre as diversas tarefas utilizadas em treinos cognitivos destacaremos o paradigma N-back, originalmente introduzido por Kirchner como uma tarefa visuoespacial (COULACOGLOU, 2017), sendo comumente empregado na investigação da memória de trabalho (RAC-LUBASHEVSKY e KESSLER, 2016).

A memória de trabalho representa um subconjunto dos processos abrangidos pela atenção, apresentando três componentes principais: (i) executivo central – coordena os processos cognitivos e integra as informações das alças visuoespacial e fonológica, além de atuar no direcionamento da atenção; (ii) alça fonológica – armazena temporariamente a informação fonológica; e, (ii) a alça visuoespacial – processa e realiza a manutenção do material visual e espacial (BADDELEY e HITCH, 1974 apud ROTTSCHY et al., 2012).

Apesar de atenção seletiva e memória de trabalho terem sido consideradas como atividades cognitivas distintas, atualmente são apontadas como atividades sobrepostas. Isto porque a atenção seletiva influencia o desempenho da memória operacional, sendo o mecanismo *top-down* comum a ambos (GAZZALEY e NOBRE, 2012).

No que diz respeito aos correlatos neurais da memória de trabalho destaca-se uma rede frontoparietal bilateral generalizada (ROTTSCHY et al., 2012). Em estudo de revisão de pesquisas utilizando dados de fMRI as regiões que mostram ativação consistente para memória de trabalho incluíam, entre outras, o córtex parietal. Especificamente com a utilização do paradigma N-back foi constatada ativação significativa no córtex parietal, porém apenas no hemisfério direito (ROTTSCHY et al., 2012). O córtex parietal posterior é consistentemente ativado durante tarefas que requerem memória de trabalho (VASIC et al., 2008). Estes achados são análogos às áreas corticais de ativação inferidas para a atenção visuoespacial, especialmente o córtex parietal posterior direito.

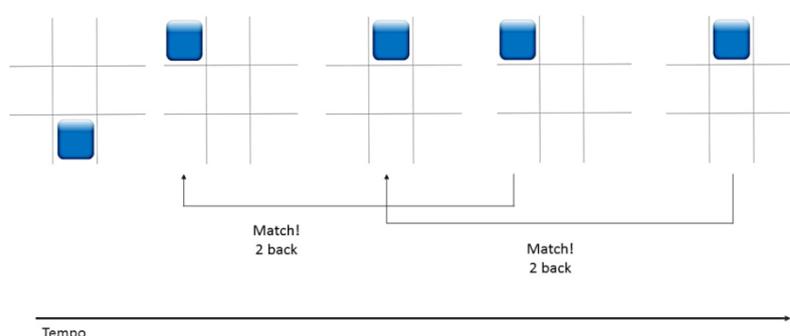
A relação entre N-back e capacidade atencional foi objeto do estudo de Lilienthal et al. (2012), evidenciando que o processamento concorrente durante a tarefa demanda capacidade de controle da atenção. Desta forma considera-se que o N-back pode melhorar a capacidade

de concentrar a atenção em informações relevantes por caracterizar-se como uma tarefa complexa de memória de trabalho.

A tarefa N-back requer monitoramento, atualização e manipulação de informações, recrutando, portanto, processos-chave da memória de trabalho, como a atenção visuoespacial. Diversos tipos de estímulos têm sido usados para a realização da tarefa: visual (incluindo espacial), auditivos e olfativos, demandando diferentes sistemas de processamento (OWEN et al., 2005).

Ao realizar a tarefa N-back os participantes devem decidir em cada tentativa se o item apresentado é igual ou diferente do apresentado em um determinado número de tentativas anteriores (N). Para manipular a carga cognitiva normalmente o N varia entre 1 e 3, manipulando tanto o armazenamento quanto a complexidade das operações de atualização (RAC-LUBASHEVSKY e KESSLER, 2016).

**Figura 12** – Representação esquemática do procedimento da tarefa 2-back.



Fonte: adaptado de HOSKINSON, P (2019).

No que diz respeito mais especificamente à tarefa N-back visual de 2 voltas (figura 12), que será utilizada no presente estudo, esta consiste em apresentar uma série de estímulos visuais (em nossa pesquisa, quadrados azuis) em um determinado local na tela, aos quais o participante deverá indicar se a localização de cada estímulo apresentado é a mesma que a posição apresentada 2 vezes antes.

A partir da contextualização teórica realizada foi possível destacar diversos estudos utilizando a tDCS em população saudáveis e demonstrando sua efetividade na modulação do desempenho atencional (BOLOGININI et al., 2010; FILMER et al., 2015; ROY et al., 2015; BENWELL et al., 2015; MINAMOTO et al., 2014; FALCONE et al., 2018). Entretanto estudos de variáveis atencionais na população em foco ainda são pouco realizados, especialmente no Brasil, não tendo sido identificada nenhuma pesquisa com tDCS em ATCO.

Levando em consideração estes aspectos esta pesquisa teve por objetivo investigar o efeito de sessão única de tDCS parietal associada ao treino cognitivo na atenção visuoespacial de controladores de tráfego aéreo. Nossa perspectiva foi de que esta intervenção poderia auxiliar na potencialização dos mecanismos atencionais dos controladores de tráfego aéreo, contribuindo para um melhor desempenho laboral destes trabalhadores e, ainda, trazer benefícios de forma mais ampla para a sociedade, ao promover acréscimos à segurança de voo.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral:

Investigar o efeito de sessão única de tDCS no córtex parietal direito associada ao treino cognitivo na atenção visuoespacial de controladores de tráfego aéreo.

#### 3.2 Objetivos Específicos:

- Medir o desempenho atencional visuoespacial basal dos ATCO;
- Medir o desempenho atencional visuoespacial dos ATCO pós intervenção;
- Comparar o desempenho atencional visuoespacial dos ATCO pré e pós intervenção, nas condições *Sham* e tDCS Ativa;
- Comparar o desempenho atencional visuoespacial dos ATCO pós intervenção entre as condições *Sham* e tDCS Ativa.

## 4 METODOLOGIA

A seguir são destacados os aspectos metodológicos adotados pela pesquisa, incluindo aspectos éticos, população/ amostra e delineamento metodológico.

### 4.1 Aspectos Éticos

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) direcionado pela Plataforma Brasil, através do parecer consubstanciado de número 3.373.592.

A participação do voluntário ocorreu após leitura, compreensão e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE. Os voluntários receberam uma cópia assinada por ele, pelo pesquisador e duas testemunhas e foram informados sobre a liberdade para retirarem seu consentimento a qualquer momento do processo sem haver qualquer prejuízo.

### 4.2 População/amostra

Participaram desta pesquisa 21 voluntários, adultos saudáveis, na faixa etária entre 34 e 59 anos (média = 45 anos  $\pm$  8), de ambos os sexos (7 mulheres e 14 homens), conforme descrito na tabela 2.

**Tabela 2** - Caracterização da amostra.

<b>Características</b>	<b>% (n=21)</b>
<b>Idade</b>	Média 45 anos ( $\pm$ 8) 11 Faixa 34 - 46 anos (52%) e 10 Faixa 47 - 59 anos (48%)
<b>Sexo</b>	14 Masculino (67%) e 07 Feminino (33%)
<b>Estado Civil</b>	14 Casado (67%), 04 União estável (19%), 02 Divorciado (9%) e 01 Solteiro (5%)
<b>Escolaridade</b>	13 Superior (62%), 07 Pós-graduado (33%) e 01 Médio (5%)
<b>Lateralidade</b>	21 Destros (100%)
<b>Diagnóstico atual ou anterior de transtorno mental ou neurológico</b>	21 Não (100%)
<b>Ingestão de álcool</b>	12 Não utiliza (57%) 09 Uso ocasional (43%) 00 Uso abusivo ou dependência (0%)

Fonte: autor.

Todos os sujeitos atuam na atividade de controle de tráfego aéreo na Empresa INFRAERO, sendo lotados nas cidades de João Pessoa-PB, Campina Grande-PB e Recife-PE.

A totalidade dos participantes apresentava visão e audição normal ou corrigida, e não foi relatado histórico de distúrbio psiquiátrico ou neurológico ou qualquer outra contraindicação para a tDCS.

Nenhum dos participantes tinha experiência anterior com a tarefa ANTI-V e com o treino cognitivo N-back, assim como nenhum deles havia sido submetido anteriormente à estimulação por tDCS.

Ainda na tabela 02 é possível observar a predominância na amostra de participantes do sexo masculino, casados, com nível de escolaridade superior, sendo a totalidade da amostra de lateralidade destra.

Nenhum participante apresentou histórico atual ou anterior de transtorno mental ou neurológico e a maior parte não faz ingestão de álcool, entretanto parte significativa faz uso ocasional/recreativo da substância.

### **4.3 Delineamento metodológico**

No delineamento metodológico é indicado o tipo de estudo realizado, os critérios de inclusão e exclusão, local e período do estudo, instrumentos utilizados, procedimentos experimentais e protocolos adotados.

#### 4.3.1 Tipo de estudo

Foi realizado um ensaio clínico cruzado, simples cego e controlado por simulação (*Sham*).

#### 4.3.2 Critérios de inclusão

- a) Ser controlador de tráfego aéreo;
- b) Apresentar idade entre 18 e 59 anos;
- c) Apresentar pontuação inferior a 31 pontos na Escala de Percepção de stress - PSS-10, indicando não apresentar estresse em nível severo;
- d) Apresentar pontuação inferior a 31 pontos no Inventário de Ansiedade das Escalas de Beck - BAI, indicando não apresentar nível de ansiedade grave;

- e) Apresentar pontuação inferior a 19 pontos no Inventário de Depressão das Escalas de Beck - BDI, indicando não apresentar nível moderado ou severo de depressão; e,
- f) Apresentar pontuação na Bateria Psicológica para Avaliação da Atenção - BPA que indique capacidade atencional superior à classificação inferior.

**Tabela 3 - Triagem: levantamento dos critérios de inclusão.**

<b>Ferramenta</b>	<b>Classificação (%)</b>
<b>PSS-10</b>	21 Leve (100%) 00 Severo (0%)
<b>Fadiga</b>	21 Baixo (100%) 00 Elevado (0%)
<b>BAI</b>	21 Mínimo (100%) 00 Moderado (0%) 00 Grave (0%)
<b>BDI</b>	17 Leve (81%) 04 Moderado (19%) 00 Severo (0%)
<b>BPA</b>	00 Inferior (0%) 11 Médio (52%) 10 Superior (48%)

Fonte: autor.

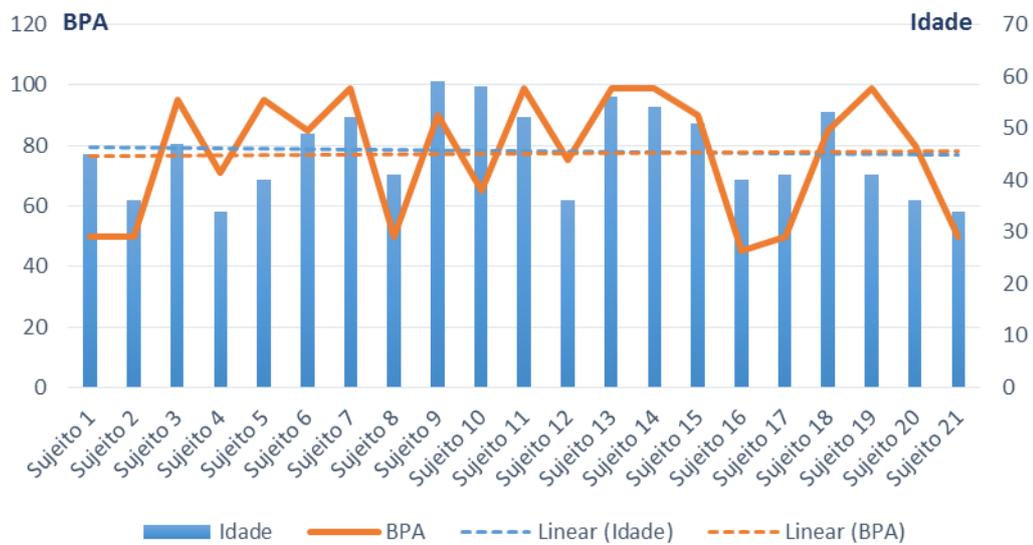
A tabela 3 destaca os resultados das ferramentas utilizadas na triagem para levantamento dos critérios de inclusão.

Todos os participantes foram incluídos na amostra, apresentando resultados compatíveis com os critérios estabelecidos.

A totalidade da amostra apresentou estresse no nível mínimo considerado no PSS-10, classificado como leve, bem como resultados que indicam baixo nível de fadiga e nível mínimo de ansiedade identificado a partir do BAI.

No que diz respeito aos sintomas de depressão, de acordo com o BDI, a maior parte dos participantes apresentou nível médio, sendo este o mínimo registrado pela ferramenta. Entretanto, parte da amostra apresentou nível moderado de sintomas, ficando ainda dentro dos parâmetros estabelecidos para inclusão.

Quanto à bateria de atenção, os voluntários tiveram resultados que apontam para níveis médios (52%) ou superiores (48%) de desempenho atencional. No gráfico 1 estão destacados os resultados de desempenho na bateria de atenção e a idade dos voluntários.

**Gráfico 1 – Idade X Desempenho BPA.**

Fonte: autor.

Os resultados sugerem não haver uma relação direta entre as variáveis atenção e idade em nossa amostra a partir das ferramentas utilizadas na triagem, uma vez que os sujeitos com maior idade não apresentam necessariamente desempenho superior ou inferior quando comparados com os sujeitos mais jovens.

#### 4.3.3 Critérios de exclusão

- a) Utilização anterior de estimulação por tDCS;
- b) Diagnóstico atual ou anterior de transtorno mental ou neurológico – especialmente epilepsia;
- c) Histórico de abuso ou dependência de substâncias estimuladoras do sistema nervoso central, tais como: bebidas alcoólicas e outras drogas;
- d) Uso de medicação atual com prescrição médica que possa afetar a função do SNC;
- e) Deficiências auditivas ou visuais não corrigidas;
- f) Apresentar implante metálico na cabeça ou face, marca-passo, eczema próximo a região a ser estimulada ou sensibilidade ao látex – contraindicações intrínsecas à aplicação de tDCS.

Nenhum participante se enquadrou nos critérios de exclusão.

#### 4.3.4 Local e período do estudo

A pesquisa foi realizada no aeroporto de João Pessoa-PB, no aeroporto de Campina Grande-PB e em Recife-PE, em salas reservadas disponibilizadas pela INFRAERO. As salas situavam-se próximas aos ambientes de trabalho dos ATCO, evitando deslocamentos dos participantes e eventuais perdas experimentais. A coleta durou cerca de 30 dias, entre os meses de setembro e outubro de 2019.

#### 4.3.5 Instrumentos

- **Estimulador transcraniano por corrente contínua TCT Stimulator** (*TCT Research Limited*): equipamento portátil que gera uma corrente contínua, constituído por um amperímetro (medidor de intensidade de corrente elétrica), um potenciômetro (componente que permite a manipulação da intensidade da corrente) e um par de baterias (9V cada) para gerar a corrente aplicada;
- **Eletrodos**: 01 par de eletrodos de silicone-carbono com dimensões de 5 x 5 cm (25 cm<sup>2</sup>);
- **Esponjas** com dimensões de 5 x 5 cm (25 cm<sup>2</sup>);
- **Faixa ajustável** em tecido para suporte dos eletrodos e esponjas;
- **Solução salina** (NaCl 0,9%);
- **Computador HP**: processador Intel Core, Led 14”, com sistema operacional Windows 10.1, utilizado para rodar a tarefa ANTI-V;
- **Teclado** – multilaser, modelo ABNT 2, utilizado na realização da tarefa ANTI-V;
- **Tablet** samsung Galaxy tab A: processador Quad-Core de 1,3 GHz, 10,1”, utilizado para rodar a tarefa N-back;
- **Software Brain Workshop 4.8.4** – software de código aberto, utilizado para executar a tarefa N-back;
- **Software E-prime versão 2.0** (*Psychological Software Tools, Pittsburgh, PA*) – programa de base para a utilização da tarefa ANTI-V;
- **ANTI-V** – arquivo de acesso aberto com script para rodar no E-prime;
- **Apoiador de frente e queixo**, utilizado na realização da tarefa ANTI-V;
- **Suporte para notebook**, utilizado na realização da tarefa ANTI-V;
- **Programa Excel**, utilizado para a tabulação dos dados;
- **IBM Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS), versão 21**: utilizado para realizar a análise estatística dos dados.

- Outros: papel, lápis, cadeira, mesa, protocolos impressos.
- **Questionário Biopsicossocial** (APÊNDICE A): utilizado na coleta de informações de caracterização da amostra, bem como para identificação dos critérios de inclusão e exclusão.
- **Bateria psicológica para a avaliação da atenção (BPA)**: utilizada para avaliar a capacidade geral de atenção, bem como avaliando a capacidade de atenção concentrada (AC), dividida (AD) e alternada (AA), através de 3 testes. A análise dos três testes em conjunto fornece a medida de atenção geral. O resultado de cada teste é obtido a partir da soma da marcação dos estímulos-alvo, do qual se subtrai os erros e omissões cometidas. Para a medida de capacidade geral da atenção o resultado é a soma dos pontos totais de cada um dos 3 testes (AC+AD+AA), sendo 360 o escore máximo possível. A capacidade atencional é classificada, em função da TABELA de classificação etária, como: inferior, médio inferior, médio, médio superior ou superior (RUEDA, 2013). Foi utilizado para identificação dos critérios de inclusão.
- **Escala de percepção de stress (PSS – 10)** (ANEXO A): avalia a percepção de experiências estressantes ocorridas no último mês, utilizando uma escala tipo Likert de cinco pontos, com respostas que variam de 0 a 4 (nunca – 0; quase nunca – 1; às vezes – 2; quase sempre – 3; e, sempre – 4). Neste estudo será utilizada a versão traduzida e adaptada para o Brasil (REIS, 2010), validada para adultos e idosos. A PSS-10 é uma versão reduzida, composta por 10 itens, sendo 6 de conotação negativa (1, 2, 3, 6, 9, 10) e 4 itens de conotação positiva (4, 5, 7, 8). Para a soma do escore total os itens positivos devem ter sua pontuação invertida (0 = 4, 1 = 3, 2 = 2, 3 = 1 e 4 = 0). A pontuação máxima é de 40 pontos e, quanto mais alto os escores, maior é o *stress* percebido. Foi utilizado para identificação dos critérios de inclusão.
- **Inventário de ansiedade (BAI)**: É uma escala de auto relato que faz parte dos instrumentos das escalas de Beck. Mede a intensidade dos sintomas de ansiedade através de 21 afirmações que refletem os níveis dos sintomas (absolutamente não – 0; levemente – 1; moderadamente – 2; gravemente – 3). O escore total é a soma dos escores dos itens individuais, sendo o nível de ansiedade classificado como mínimo (0-10), leve (11-19), moderado (20 – 30) e grave (31-63) (CUNHA, 2001). Foi utilizado para identificação dos critérios de inclusão.
- **Inventário de depressão (BDI)**: Assim como o BAI, faz parte dos instrumentos das escalas de Beck, sendo utilizado para medir a intensidade de um quadro de depressão. É

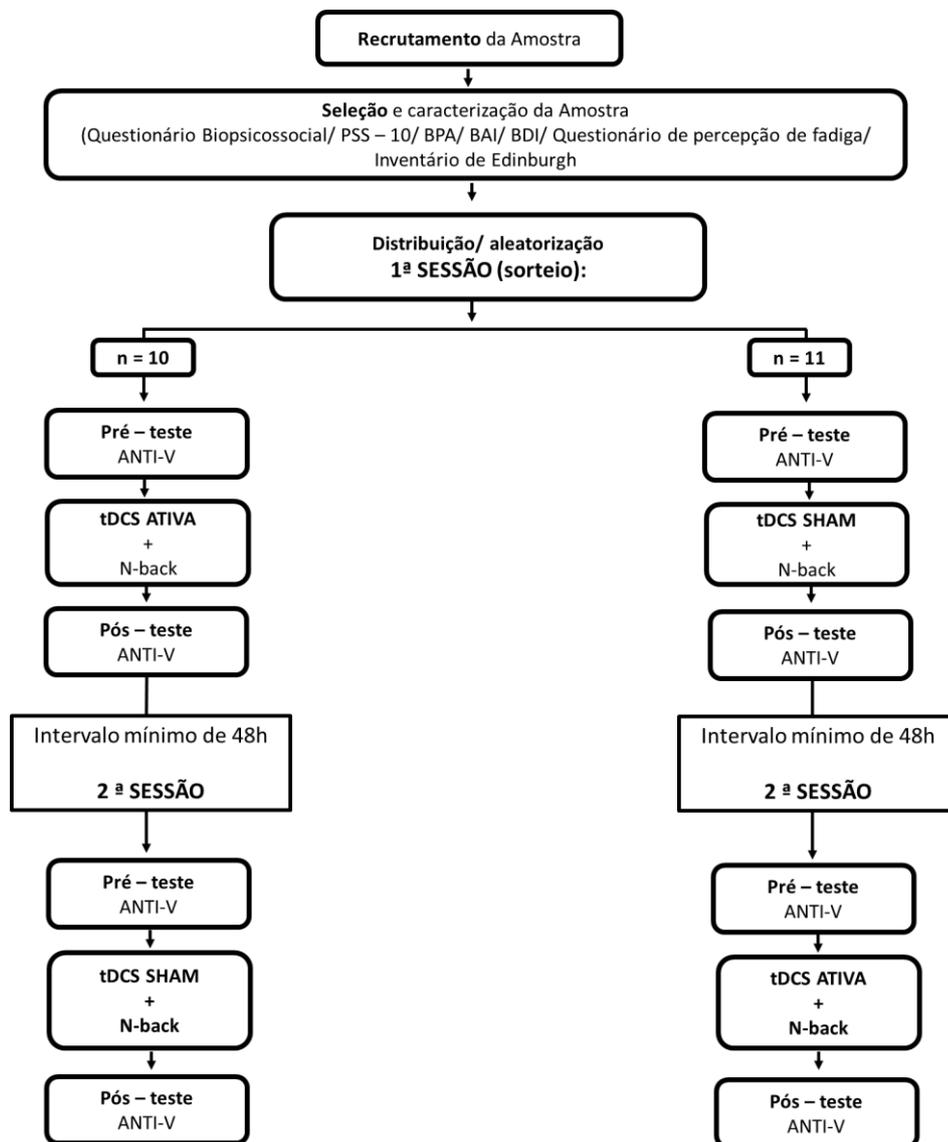
uma escala de auto relato, contendo 21 itens, cada um com 4 alternativas, com escores variando de 0 a 3. O escore total é a soma dos resultados de cada item, podendo indicar que o indivíduo não está deprimido ou está minimamente deprimido (0-9), depressão leve (10-18), depressão moderada (19-29) e depressão severa (30-63) (CUNHA, 2001). Foi utilizado para identificação dos critérios de inclusão.

- **Questionário de percepção de fadiga** (ANEXO B): Elaborado originalmente por Yoshitake e adaptado para o idioma português por Metzner e Fischer. É composto por 30 questões de múltipla escolha, convertidas em valores numéricos conforme o seguinte critério: sempre – 5 pontos; muitas vezes – 4 pontos; às vezes – 3 pontos; raramente – 2 pontos; e nunca – 1 ponto. Os escores podem variar de 30 a 150 pontos, sendo divididos em duas classes: abaixo de 90 pontos e igual ou superior a 90. Quando o escore geral da fadiga apresenta valores acima do ponto de corte (90) o nível de fadiga é considerado elevado (VASCONCELOS et al., 2011). Utilizado na coleta de informações para caracterização da amostra, bem como para identificação de possíveis variáveis intervenientes.
- **Inventário de Edinburg** (ANEXO C): Instrumento amplamente utilizado para determinar a dominância da lateralidade manual. É composto por 10 itens, aos quais os participantes devem responder indicando a mão (direita ou esquerda) que preferencialmente utilizam na execução de cada uma das atividades que lhe são apresentadas. Para tanto deverá marcar “+” para a mão de preferência; “++” para forte preferência; ou “+” em cada opção no caso de o uso ser indiferente. Para a correção, “++” é contabilizado como 2 pontos e “+” como 1 ponto. Por fim, o quociente de lateralidade é determinado a partir da fórmula:  $QL = [(D-E)/(D+E)] \times 100$  (OLDFIELD, 1971). O quociente de lateralidade pode variar entre preferência “fortemente esquerda” (-100) e preferência “fortemente direita” (+100). Utilizado na coleta de informações para caracterização da amostra, bem como para identificação de possíveis variáveis intervenientes.
- **Questionário para levantamento de efeitos adversos da tDCS** (ANEXO D): Adaptado de Brunoni et al (2011). Foi aplicado em todos os voluntários, para identificação de efeitos adversos da tDCS.

#### 4.3.6 Procedimento experimental

A representação gráfica do procedimento experimental adotado pode ser observada na figura 13.

**Figura 13** - Esquema do procedimento experimental:



Fonte: autor.

Os participantes foram recrutados na empresa onde trabalham, inicialmente através de *e-mail* e em seguida por reunião realizada pelo pesquisador responsável. Na ocasião todos os participantes foram informados sobre os procedimentos do experimento, incluindo seus riscos e benefícios e, ao concordar, assinaram o TCLE, sendo a participação voluntária.

Após o recrutamento foi realizada a triagem, individualmente, na qual foram aplicadas as seguintes ferramentas: questionário biopsicossocial, PSS-10, BPA, BAI, BDI, questionário de percepção de fadiga e inventário de Edinburg, de modo a realizar a seleção dos participantes conforme critérios de inclusão e exclusão adotados, bem como para o delineamento da amostra e acompanhamento de possíveis variáveis intervenientes. A triagem teve duração média de 40 minutos.

Após a triagem a metodologia foi composta por um pré-teste, uma intervenção e um pós-teste. O pré-teste e o pós-teste foram compostos por medidas de desempenho atencional (tempo de reação e precisão), coletados a partir da tarefa ANTI-V. A intervenção consistiu em sessão de 30 min de tDCS, realizada concomitantemente com treino cognitivo – N-Back. Cada sujeito participou de duas sessões de tDCS, sendo uma experimental (anódica) e uma controle (simulada – *Sham*) – delineamento cruzado. As sessões de tDCS (anódica ou *Sham*) foram realizadas individualmente e separadas por um intervalo mínimo de 48 horas para cada sujeito, de modo a evitar o *carryover*. Além disso, o delineamento do estudo permitiu o controle de possíveis efeitos residuais entre as sessões.

Tivemos como variáveis dependentes o tempo de reação e a acurácia na tarefa ANTI-V na rede de orientação, medida indicativa da capacidade atencional visuoespacial, e como variáveis independentes, tDCS associada ao treino cognitivo – N-back visual de duas voltas.

Para o delineamento cruzado a ordem das sessões de estimulação foi contrabalançada entre os participantes, como é típico para este tipo de desenho (FILMER et al. 2015). Assim, a ordem em que os tipos de estimulação foram entregues foi determinada através de sorteio, de modo que cada tipo de estimulação (anódica ou *Sham*) ocorreu aleatoriamente para cada indivíduo na primeira sessão, sendo a segunda sessão oferecida inversamente à primeira, conforme demonstrado na tabela 4 abaixo.

**Tabela 4** – Distribuição da amostra.

Sessão	1ª sessão		2ª sessão		Geral	
	(sorteio)		(oposição)			
Tipo	Sham	Anódica	Sham	Anódica	Sham	Anódica
<b>Distribuição da amostra</b>	11 (52%)	10 (48%)	10 (48%)	11 (52%)	21 (50%)	21 (50%)

Fonte: autor.

Após uma pausa mínima (*wash out*) de 48 horas as condições foram invertidas. Ou seja, os voluntários que foram submetidos à sessão Ativa executaram a sessão *Sham* e os que receberam sessão *Sham* participaram da sessão de tDCS anódica. Estudos apontam que esta pausa garante que a intervenção da primeira sessão não tenha repercussão na segunda, ao evitar o prolongamento de efeitos residuais da primeira sessão - *carryover* (FILMER et al., 2015; LI et al., 2015).

Para eliminar variáveis de confusão geradas pelas intervenções e reduzir vieses na avaliação e na atribuição dos desfechos foi empregado o método de cegamento simples, no qual os voluntários desconheciam a sua alocação nas condições experimental e controle (DUTRA e REIS 2016).

Cada sessão experimental durou cerca de 70 min: avaliação pré-teste (20 min), tDCS anódica/*Sham* + treino cognitivo (30 min), avaliação pós-teste (20 min).

#### 4.3.7 Protocolo da medida atencional – ANTI-V

No pré-teste foram coletadas as medidas de desempenho da atenção visuoespacial basal dos ATCO utilizando a Tarefa ANTI-V (figura 14), com protocolo adaptado de Roca et al. (2011), que apresentou como escores o tempo de reação (TR) e a precisão das respostas (ACC). Para tanto, os participantes estavam sentados a 50 cm da tela do computador, sendo a tela alinhada ao plano medial do participante, que estava com a face no suporte de frente e queixo.

**Figura 14** - ATCO realizando a tarefa ANTI-V.



Fonte: autor.

A atividade foi realizada através da apresentação de estímulos (fila com cinco carros azuis e pretos) exibidos aleatoriamente acima ou abaixo do ponto de fixação central (+) na tela do computador, que continha como fundo a imagem de uma pista com duas faixas de estacionamento. A tarefa do participante foi pressionar a tecla esquerda indicada no teclado (C) quando o carro central da fila (alvo) aparecesse apontando para a esquerda e pressionar a tecla direita (M) quando o carro central aparecesse apontando para a direita, independentemente da localização espacial na tela, e a tecla (barra de espaço), quando o carro central aparecesse significativamente deslocado dos carros flanqueadores.

A apresentação dos estímulos foi randômica, com tempo de permanência de até 200 ms, sendo as respostas autorizadas até 2000 ms. A tarefa foi composta por 4 blocos, com 64 *trials* cada. O bloco inicial consistiu em um treino com feedback visual e seguido de uma pausa, não sendo computado na análise. Os demais blocos não ofereceram feedback e foram realizados sem pausas até o término da tarefa. Cada bloco continha 48 *trials* para as medidas das 3 redes atencionais (alerta, controle executivo e orientação) e 16 *trials* de vigilância (condição com alvo central deslocado). A tarefa teve duração de aproximadamente 20 minutos.

Posteriormente, após terem sido submetidos ao protocolo de estimulação, todos os indivíduos repetiram o ANTI-V (pós-teste), de modo a avaliar se houve alteração significativa nas medidas de desempenho atencional após a intervenção. Apenas os dados dos *trials* de orientação foram analisados, considerando os objetivos da pesquisa.

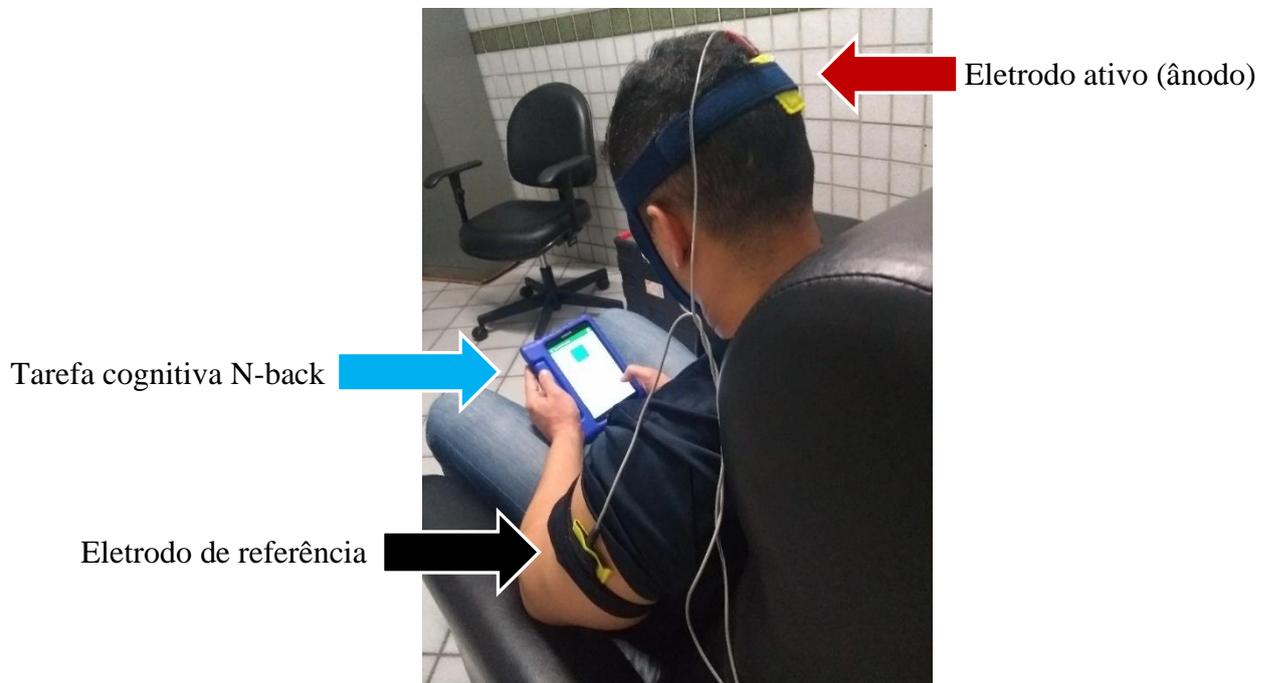
#### 4.3.8 Protocolo de tDCS parietal

Quando na Condição Experimental os participantes foram submetidos ao protocolo de tDCS Ativa adaptado de Bolognini (2010), que consistiu em 01 sessão de estimulação anódica de 2 mA com duração de 30 minutos no córtex parietal direito, com eletrodo localizado em P4 conforme o sistema internacional 10-20% para o posicionamento de eletrodos, e o eletrodo de referência posicionado no músculo deltoide contralateral, de modo a evitar o efeito de confusão do eletrodo de referência (NITSCHKE et al., 2003b), conforme ilustrado na figura 15. Foi utilizado o estimulador transcraniano de corrente contínua TCT *Stimulator* (TCT *Research Limited*) conectado a um par de eletrodos de silicone-carbono (25 cm<sup>2</sup>) embebidos em solução salina (NaCl 0,9%). A estimulação foi realizada em conjunto com a tarefa N-back.

Quando na Condição Controle os participantes foram submetidos a tDCS *Sham* (Placebo). Os eletrodos foram aplicados nas mesmas regiões da Condição Experimental, mas após 30 segundos foi reduzida a intensidade da corrente para zero, mantendo-se neste nível até o fim do período de 30 minutos, sendo tal aplicação insuficiente para provocar modulação (NITSCHE et al., 2008), mas assegurando que os participantes sentiriam a sensação inicial de coceira comum ao início da tDCS, permitido um cegamento bem-sucedido dos participantes para a condição de estimulação real vs. simulada (GANDIGA et al., 2006 ). Durante a aplicação do protocolo de tDCS *Sham* foi realizada a tarefa N-back.

Na figura 15 é possível visualizar a aplicação de uma sessão de tDCS, conforme critérios definidos no protocolo.

**Figura 15** – ATCO em sessão de intervenção tDCS + N-back.



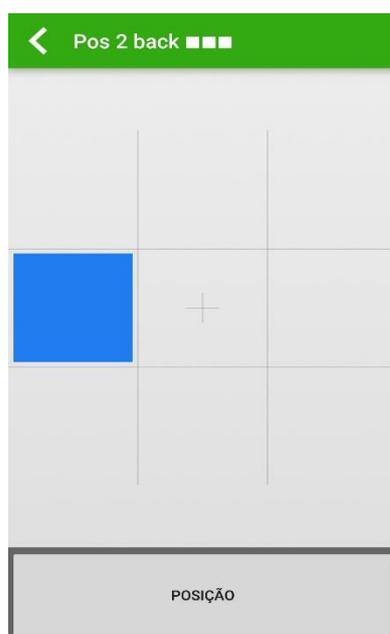
Fonte: autor.

Após a conclusão do experimento em ambas as sessões os participantes foram ainda solicitados a identificar o tipo de estimulação que haviam recebido (tDCS “real” ou *Sham* “simulada”) e responderam ao questionário para acompanhamento de possíveis efeitos adversos da tDCS de Brunoni et al. (2011). As instruções dadas aos participantes foram idênticas para as duas sessões.

#### 4.3.9 Protocolo do treino cognitivo – N-back

O treino cognitivo foi realizado concomitantemente à sessão de estimulação (tDCS – anódica ou *Sham*). A tarefa aplicada foi o N-back visual com 2 voltas (figura 16) e consistiu na apresentação dos estímulos na tela de um tablet, com o participante sentado confortavelmente em uma cadeira, enquanto recebia estimulação por tDCS (anódica ou *Sham*).

**Figura 16** - Tela da tarefa N-back de posição com 2 voltas.



Fonte: adaptado de HOSKINSON, P (2019).

A tela estava dividida em nove quadrantes, sendo os estímulos (quadrados azuis) apresentados a cada 3 segundos em uma das 8 posições em torno da caixa central, sendo esta o ponto de fixação. A tarefa do participante era pressionar o botão “posição” se a localização do estímulo atual correspondesse à localização apresentada 2 vezes atrás (ou seja, se o quadrado azul aparecesse na mesma posição de duas tentativas atrás). A tarefa teve duração total de 30 minutos.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise dos dados

Os escores do tempo médio de reação (TR), expresso em milissegundos, e da precisão (ACC), expresso em percentual de erros, foram obtidos no ANTI-V a partir dos ensaios com medidas para orientação e reorientação da atenção. Note-se que os resultados nas condições de sinalização válidas fornecem evidências sobre o desempenho da orientação atencional e nas condições inválidas sobre a reorientação atencional. Uma menor pontuação nos dados de TR e ACC indicam uma maior influência de sinais espaciais periféricos automáticos na alocação de atenção para locais específicos (ROCA et al., 2011; 2013).

Os dados foram agrupados a partir da Condição Experimental a qual pertencem. Em seguida os resultados dos TRs foram filtrados, descartando-se os ensaios discrepantes em valores de 2 DP da média (5,69% dos dados), conforme descrito na literatura (MAROTTA et al., 2015; ROCA et al., 2012, 2013; 2018). Para a realização dos procedimentos estatísticos foi utilizado o *software IBM Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS)*, versão 21. Inicialmente foram executadas as análises descritivas (média, desvio padrão, erro padrão e intervalo de confiança – IC de 95%) e de frequência (quantidade e percentagem), para a descrição da amostra e dos instrumentos utilizados.

Após isto procederam-se testes de normalidade, seguidos das estatísticas inferenciais, isto é, de tomada de decisão. O teste Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar se as variáveis atendiam à distribuição normal. Quando os critérios foram atendidos o teste paramétrico t de *Student* foi utilizado, a fim de detectar diferenças no TR e ACC no pré-teste e no pós-teste para as condições *Sham* e tDCS Ativa. Quando os critérios para utilização de testes paramétricos não foram contemplados utilizou-se o teste de Wilcoxon que visou comparar os dados de TR e ACC nos pós-testes para as duas faixas etárias (34 – 46 anos e 47 – 59 anos), considerando o desempenho nas condições de pista válidas e inválidas. O nível de significância estabelecido foi de 0,05.

## 5.2 Descrição das análises

Este ensaio clínico avaliou os efeitos agudos de tDCS anódica no córtex parietal direito associada ao treino cognitivo na atenção visuoespacial de 21 controladores de tráfego aéreo.

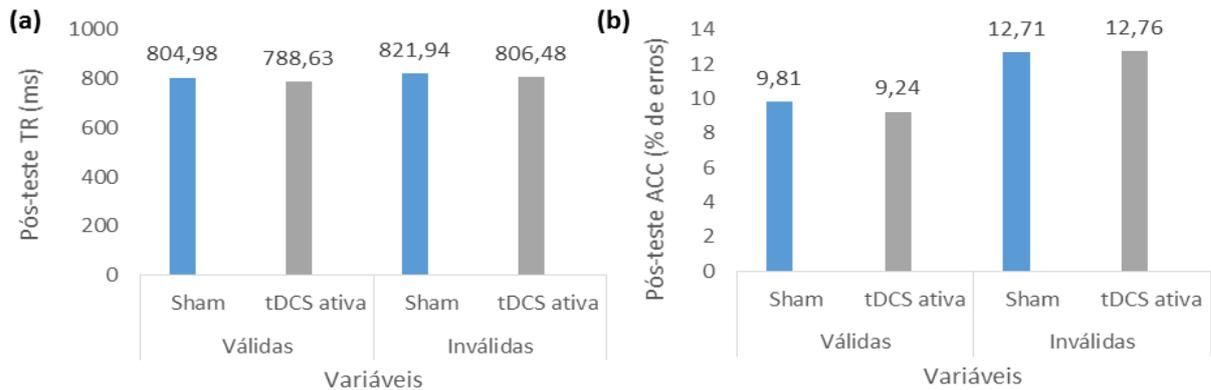
Os resultados obtidos serão apresentados inicialmente a partir da análise das médias dos TR e ACC nos pós-testes entre as condições *Sham* e tDCS Ativa, para as condições de sinalização válida e inválida. Em seguida serão destacadas as comparações das médias entre os dados das linhas de base e pós-testes para as condições *Sham* e tDCS Ativa, para ambas as condições de sinalização. Finalmente, análise semelhante será apresentada considerando os ATCO agrupados em duas faixas etárias.

A análise dos dados obtidos com o ANTI-V utilizando o teste *t* para amostras pareadas sugere que a estimulação anódica do CPP direito combinada à estimulação cognitiva não obteve melhora estatisticamente significativa na rede de orientação dos ATCO, quando comparamos os efeitos dos pós-testes entre as condições *Sham* e tDCS Ativa nas condições de pistas válidas e inválidas. Para o TR: válidas [ $t(20)= 0,83$ ,  $p=0,42$ ] e inválidas [ $t(20)= 0,91$ ,  $p=0,38$ ]; e para o ACC: válidas [ $t(20)= 0,55$ ,  $p=0,59$ ] e inválidas [ $t(20)= -0,04$ ,  $p=0,97$ ], conforme descrito na tabela 5. Entretanto, é possível observar (gráfico 2) uma redução nas médias de TR após sessão de tDCS Ativa nas pistas válidas (TR=788,63ms) e inválidas (TR=806,48ms).

**Tabela 5** - Teste *t* pareado - TR e ACC - pós-testes *Sham* e tDCS Ativa.

Variáveis		<i>Sham</i>	tDCS Ativa	Teste <i>t</i>		
		Médias (DP)		<i>t</i>	<i>p</i>	IC95%
TR	Válidas	804,98 (114,34)	788,63 (95,63)	0,83	0,42	-24,89   57,60
	Inválidas	821,94 (105,07)	806,48 (94,46)	0,91	0,38	-01,60   02,75
ACC	Válidas	9,81 (4,27)	9,24 (3,78)	0,55	0,59	-20,51   51,44
	Inválidas	12,71 (6,70)	12,76 (4,78)	-0,04	0,97	-02,62   02,53

Fonte: autor

**Gráfico 2** - TR e ACC - pós-testes *Sham* e tDCS Ativa.

Fonte: autor.

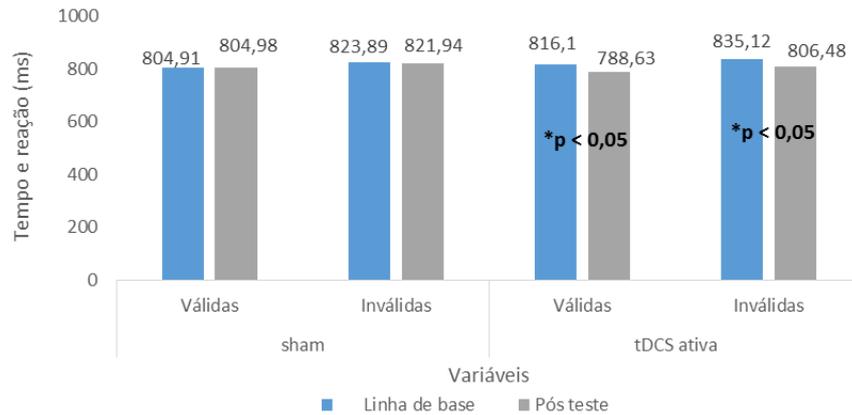
A comparação pareada das médias de TR (tabela 6) obteve sucesso em confirmar diferença estatisticamente significativa entre as linhas de base e os pós-testes nas condições tDCS Ativa, tanto para as pistas válidas: [t(20)= 2,86, p=0,01\*], quanto para as pistas inválidas: [t(20)= 3,09, p=0,01\*]. Na condição *Sham* não foram identificadas diferenças significativas para as condições de sinalização válida [t(20)= -0,00, p=1,00] e inválida [t(20)= 0,05, p=0,96].

**Tabela 6** - Teste *t* pareado - TR - linhas de base e pós-testes.

Variáveis		Linha de base	Pós-teste	Teste <i>t</i>		
		Médias (DP)	T	P	IC95%	
<i>Sham</i>	Válidas	804,91 (183,27)	804,98 (114,34)	-0,00	1,00	-80,94   80,79
	Inválida	823,89 (186,24)	821,94 (105,07)	0,05	0,96	-86,70   90,60
tDCS	Válidas	816,1 (101,72)	788,63 (95,63)	2,86	<b>0,01 *</b>	-07,47   47,47
	Inválida	835,12 (86,20)	806,48 (94,46)	3,09	<b>0,01*</b>	09,27   47,99

(\* p &lt; 0,05)

Fonte: autor.

**Gráfico 3** – TR – linhas de base e pós-testes.

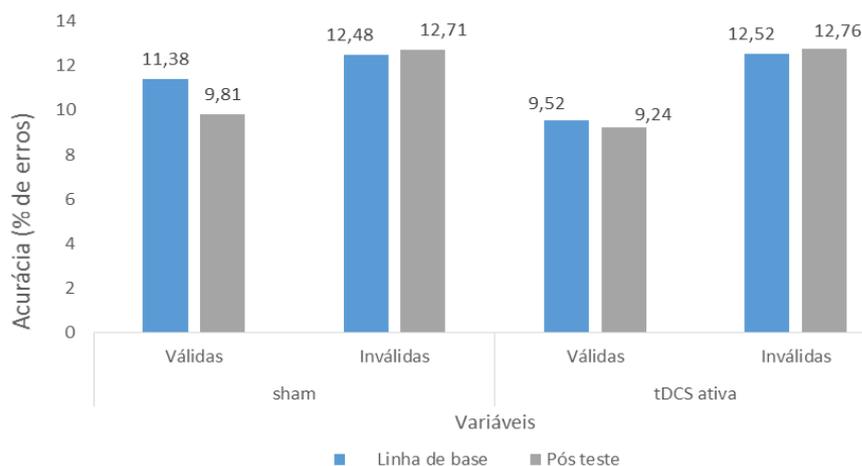
Fonte: autor.

O teste t para amostras pareadas analisou as médias de ACC entre as linhas de base e os pós-testes nas condições *Sham* e tDCS Ativa para as condições de pista válida e inválida (tabela 7). Os resultados não encontraram diferenças estatisticamente significantes em todas as comparações. Na condição *Sham*: condição de pista válida [t(20)= 1,53, p=0,14] e condição de pista inválida [t(20)= -0,15, p=0,88] e na condição tDCS Ativa: condição de pista válida [t(20)= 0,25, p=0,80] e condição de pista inválida [t(20)= -0,21, p=0,84].

**Tabela 7** – Teste t pareado – ACC – linhas de base e pós-testes.

Variáveis		Linha de base	Pós-teste	Teste t		
		Médias (DP)	T	p	IC95%	
<i>Sham</i>	Válida	11,38 (5,50)	9,81 (4,27)	1,53	0,14	-0,57   3,71
	Inválida	12,48 (5,17)	12,71 (6,70)	-0,15	0,88	-3,50   3,02
tDCS	Válida	9,52 (5,54)	9,24 (3,78)	0,25	0,80	-2,09   2,66
	Inválida	12,52 (5,50)	12,76 (4,78)	-0,21	0,84	-2,60   2,13

Fonte: autor.

**Gráfico 4** – ACC – linhas de base e pós-testes.

Fonte: autor.

Tendo em vista a média de idade e o desvio padrão da amostra (45 anos  $\pm$  8), foi realizado o teste de Wilcoxon comparando os dados de desempenho atencional entre as condições *Sham* e tDCS Ativa com os ATCO agrupados em duas faixas etárias (34 – 46 anos ou 47 a 59 anos). Os resultados não encontraram diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ), conforme descrito na tabela 8.

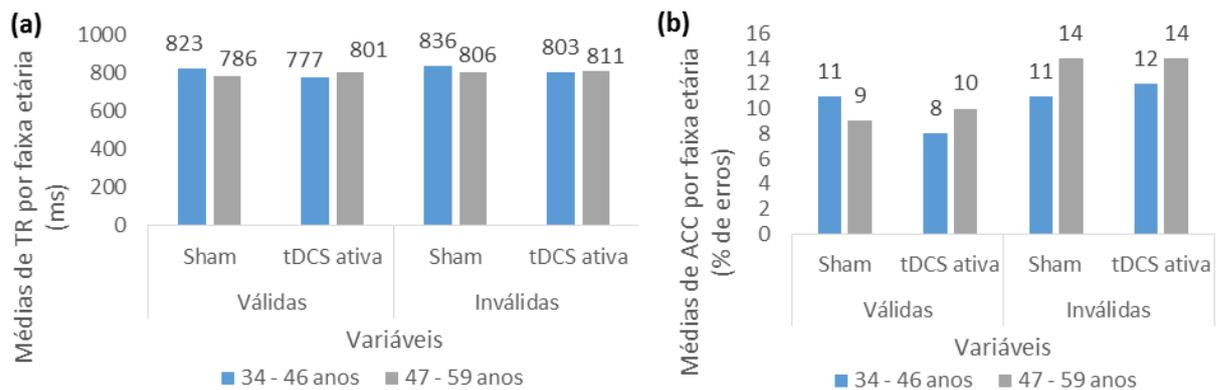
**Tabela 8** – Teste de Wilcoxon – pós-testes *Sham* e tDCS Ativa, de acordo com a faixa etária.

Variáveis		<i>Sham</i>	tDCS Ativa	Teste de Wilcoxon		
		Médias (DP)		z	p	
1º faixa (34 - 46 anos)	Válidas	822,60 (113,37)	777,06 (118,12)	-1,42	0,15	
	Inválidas	836,51 (106,81)	802,68 (126,38)	-1,24	0,21	
TR 2ª faixa (47 - 59 anos)	Válidas	785,60 (118,20)	801,36 (66,93)	-0,76	0,44	
	Inválidas	805,91 (106,36)	810,65 (45,20)	-0,05	0,96	
ACC	1º faixa (34 a 46 anos)	Válidas	10,82 (4,81)	8,36 (4,50)	-1,18	0,24
		Inválidas	11,45 (4,39)	12,00 (4,29)	-0,68	0,50
	2ª faixa (47 - 59 anos)	Válidas	8,70 (3,50)	10,20 (2,70)	-1,62	0,10
		Inválidas	14,10 (862)	13,60 (5,38)	-0,05	0,96

Fonte: autor.

Entretanto é possível observar na primeira faixa etária (34 – 46 anos) uma redução do TR nas duas condições de sinalização, enquanto um padrão oposto é observado na segunda faixa etária (47 – 59 anos). Já para as medidas de acurácia percebe-se na primeira faixa etária uma redução do percentual de erros diante das pistas válidas e um aumento nas pistas inválidas. Aqui, para a segunda faixa etária, também é observado um padrão inverso ao da primeira faixa, ainda que não significativo. O gráfico 5 mostra a representação destes dados.

**Gráfico 5** – Pós-testes *Sham* e tDCS Ativa, de acordo com a faixa etária.



Fonte: autor.

Visando detectar possível efeito de aprendizagem nos resultados do ANTI-V, procedeu-se à análise das linhas de base na primeira e segunda avaliação. Não foi identificada qualquer diferença estatisticamente significativa entre as mesmas, tanto no TR quanto no ACC ( $p > 0,05$ ). Estes resultados sugerem não ter havido efeito de aprendizagem a partir da repetição do ANTI-V.

Quanto aos achados relativos aos efeitos adversos (tabela 9), os relatos mais frequentes percebidos pelos participantes da Condição Experimental (tDCS Ativa) foram prurido, formigamento e vermelhidão. Foi também relatada sonolência, entretanto a totalidade dos participantes não considerou que este efeito estava relacionado com a tDCS, justificando que já se encontravam com certo nível de sonolência antes do início da sessão. Em baixa frequência houve ainda relatos de dor no pescoço e dificuldade de concentração na Condição Experimental, entretanto estes sintomas também foram avaliados pelos participantes como não apresentando relação com a tDCS. Além disso, um participante apresentou uma pequena queimadura abaixo do eletrodo no músculo deltoide direito, obtendo melhora após aproximadamente um mês.

Já na Condição Controle (tDCS *Sham*), conforme descrito na tabela 9, os principais efeitos adversos relatados foram formigamento, relacionado à corrente inicial de 30 segundos, bem como dificuldade de concentração e sonolência, sendo esta considerada pelos participantes como não relacionada à tDCS e como estando presente antes do início da sessão, assim como na Condição Experimental. Foram ainda relatadas em baixa frequência a ocorrência de prurido, sensação de queimação e vermelhidão relacionadas à corrente inicial e, ainda, mudança repentina de humor e sensação de tontura leve. A tabela 9 apresenta o percentual de ocorrência dos efeitos relatados nas duas condições.

**Tabela 9** - Efeitos adversos relatados pelos participantes.

Efeitos Adversos	Condição Experimental tDCS Ativa	Condição Controle tDCS <i>Sham</i>	P
Dor de cabeça	0 (0%)	0 (0%)	#
Dor no pescoço	1 (5%)	0 (0%)	1.00
Dor no couro cabeludo	0 (0%)	0 (0%)	#
Prurido	6 (28%)	2 (9%)	0.23
Formigamento	16 (76%)	10 (48%)	0.11
Queimação	0 (0%)	1 (5%)	1.00
Vermelhidão	13 (62%)	4 (19%)	<b>0.01*</b>
Sonolência	10 (48%)	10 (48%)	#
Dificuldade de concentração	1 (5%)	8 (38%)	<b>0.02*</b>
Mudança repentina de humor	0 (0%)	1 (5%)	1.00
Outros	1 (5%)	1 (5%)	#

Teste do Qui-quadrado; # não foram computados os dados por ser uma constante; \* $p < 0,05$ .

Fonte: autor.

Na tabela 9 podemos observar que quando os efeitos adversos são comparados entre as condições há diferença significativa apenas para a vermelhidão, sendo mais frequente na condição tDCS Ativa, e para a dificuldade de concentração, mais frequente na condição *Sham*.

Para avaliar a eficácia do método de cegamento na distribuição das sessões os participantes foram questionados ao término de cada sessão sobre o tipo de estimulação que considerava ter recebido (real/Ativa ou Placebo/*Sham*). Ocorreu que 71% dos participantes avaliou incorretamente a sessão *Sham*, acreditando ter recebido sessão Ativa de tDCS. Quando consideramos os resultados na primeira e segunda sessão isoladamente, temos que respectivamente 60% e 90% dos participantes submetidos à estimulação *Sham* avaliaram incorretamente o tipo de estimulação recebida, acreditando que haviam sido submetidos à estimulação real, o que sugere a eficácia do método de cegamento.

## 6 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados neste estudo apontam que a estimulação anódica do CPP direito combinada à estimulação cognitiva não obteve melhora estatisticamente significativa no desempenho da atenção visuoespacial quando comparados os pós-testes da Condição Experimental (tDCS Ativa) e da Condição Controle (tDCS *Sham*) no ANTI-V ( $p > 0,05$ ).

Este resultado foi inesperado, particularmente porque diversos estudos utilizando estimulação parietal anódica em CPP direito demonstraram a eficiência da técnica em promover melhorias na atenção visuoespacial (BOLOGNINI et al., 2010; ROY et al., 2015; FALCONE et al., 2018; LO et al., 2019). A partir do levantamento bibliográfico realizado foi identificado apenas um estudo (LANINA et al., 2018) que não encontrou resultados significativos de modulação atencional com a aplicação de tDCS anódica no córtex parietal direito, sendo este resultado associado pelos autores à insuficiência do desenho do protocolo para induzir mudanças significativas (tDCS offline no CPP direito, de 1,5 mA, por 10 minutos). Um certo viés de publicação em favor de resultados positivos e com significância estatística pode ter contribuído neste sentido (LEARMONTH et al., 2017).

Cabe destacar a importância de prevenir este tipo de viés de pesquisa para a efetiva propagação do conhecimento científico, pois decisões de tratamento com o uso de tDCS, por exemplo, são fundamentadas em parâmetros de pesquisas publicadas que deveriam considerar tanto os resultados com achados significativos como os que não encontraram os resultados esperados. Neste sentido a presente pesquisa pode contribuir reforçando proposições como a de que resultados agudos podem ser encontrados durante a realização de avaliação *online* (BOLOGNINI et al., 2010), bem como com a perspectiva de que efeitos cumulativos são identificados a partir da aplicação de sessões repetidas de tDCS (FREGNI et al., 2012; THAIR et al., 2017). Sobre os efeitos *online* da avaliação Bolognini et al. (2010) pontuam a ocorrência de efeitos da tDCS durante o treinamento a partir do oitavo minuto de estimulação do CPP direito (redução do TR).

Já quanto à realização de sessões sucessivas considera-se que apresentam maior potencial para efeitos cumulativos, ainda que não esteja estabelecido na literatura um número de sessões que promoveria tal efeito (FREGNI et al., 2012; THAIR et al., 2017). Sobre isso, considerando o tipo de atividade desenvolvida pelo público-alvo, optou-se por não propor protocolo com possibilidade de efeitos cumulativos antes de conhecer os efeitos agudos do mesmo.

Retornando à comparação dos desempenhos pós-teste entre a Condição Experimental (tDCS Ativa) e a Condição Controle (tDCS *Sham*), apesar da não significância estatística, é possível observar menores médias de ACC e, principalmente, de TR na condição tDCS Ativa em ambas as condições de sinalização. Estes dados sugerem uma tendência de acréscimo atencional visuoespacial a partir do protocolo utilizado, considerando as condições de orientação e reorientação da atenção. Sobre isto é importante considerar que, embora o tamanho da amostra deste estudo esteja de acordo com os adotados na literatura atual sobre tDCS (ELLISON et al., 2014; WRIGHT et al., 2014; ROY et al., 2015; LI et al., 2015; LANINA et al., 2018; BOLOGNINI et al., 2010) seria relevante uma replicação do protocolo em um ensaio mais robusto, com maior poder amostral.

Para avaliar a efetividade do protocolo analisamos ainda os dados da rede de atenção (orientação e reorientação) comparando as linhas de base e pós-testes nas condições (*Sham* ou Ativa). Os resultados sugerem que após sessão de tDCS parietal ativa os ATCO apresentaram respostas mais rápidas, mas não mais precisas, no que diz respeito à atenção visuoespacial em seus aspectos de orientação e reorientação. Estes resultados são compatíveis com outros estudos cujos efeitos positivos de modulação atencional são encontrados com a aplicação de tDCS anódica em CPP direito (ROY et al., 2015; LO et al., 2019). O desempenho da orientação e reorientação parecem ter sido aprimorados, conforme indicado por médias de TR significativamente reduzidas ( $p < 0,05$ ) no pós-teste da condição que recebeu tDCS Ativa, quando comparado com a respectiva linha de base. A aplicação de tDCS parietal parece ter estimulado o funcionamento da rede de orientação, resultando em TR reduzidos.

Entretanto a análise das médias de ACC não confirmou qualquer diferença estatisticamente significativa entre as linhas de base e os pós-testes em cada condição (*Sham* e tDCS Ativa), nas condições de sinalização válidas e inválidas. Vale salientar que a análise das interações entre as três redes atencionais (alerta, executiva e orientação) poderia oferecer suporte para a compreensão destes resultados, pois, embora as redes sejam independentes em suas funções e substratos neurais, elas se influenciam para produzir um comportamento eficiente (CALLEJAS et al., 2014; POSNER, 2012b).

Algumas pesquisas apontam, por exemplo, que tarefas que envolvem a focalização de um alvo podem inibir estímulos concorrentes (POSNER, 2012b) e, ainda, que embora a ativação da rede de alerta contribua com a velocidade da resposta, ela pode influenciar negativamente a rede executiva, envolvida com a detecção de erros, em condições de reorientação (sinalização espacial inválida), inibindo o processamento de conflitos (FAN et

al., 2002). Isto levanta a suposição de que este tipo de interação pode ter se processado neste estudo, explicando os resultados encontrados nas medidas de acurácia.

Em conjunto estes achados destacam a relevância da análise das interações entre as três redes atencionais.

Em análise adicional que avaliou o desempenho dos ATCO agrupados em duas faixas etárias (34-46 anos e 47-59 anos) nenhum efeito estatisticamente significativo foi observado. Não obstante um achado interessante consistiu em uma tendência não confirmada de acréscimo na orientação observada no grupo mais jovem através da redução nos TR após a sessão de estimulação Ativa enquanto um padrão oposto é observado no grupo dos ATCO de faixa etária mais elevada, que teve o desempenho reduzido após sessão de tDCS Ativa. Neste sentido Posner (2006) afirma que, embora as redes de atenção sejam comuns a todos, sua eficiência apresenta diferenças que podem refletir as experiências de vida dos sujeitos.

Já para as medidas de acurácia percebe-se uma redução do percentual de erros para a primeira faixa etária na condição de sinalização válida (orientação) enquanto para a segunda faixa a redução ocorre na condição inválida (reorientação), porém os resultados são pouco expressivos. Com efeito Posner (2008) afirma que diferenças de desempenho na precisão e tempo de reação podem ser justificadas pelas estratégias dos indivíduos na resolução da tarefa, ou seja, um viés de resposta mais conservador ou liberal pode conduzir a respostas distintas para mesma tarefa. Por exemplo, um indivíduo mais conservador que opta por ser preciso poderá apresentar um aumento nos escores de TR.

Quanto aos efeitos adversos encontrados neste estudo os relatos mais frequentes percebidos foram prurido, formigamento e vermelhidão, sendo estes efeitos frequentemente relatados em sessões de tDCS (NITSCHKE et al., 2008; BRUNONI et al., 2012).

Foi ainda relatada em grande frequência (48%) e em ambas as condições a presença de sonolência, tendo sido avaliada pela totalidade dos participantes como estando presente antes do início da sessão e não sendo relacionada à aplicação de tDCS. Sobre isto importa destacar que condições de privação do sono têm sido relacionadas com baixos desempenhos da rede de alerta e, em consequência, também na rede de orientação, diante de tarefas que recrutam atenção automática (MARTELLA et al., 2011), uma vez que a rede de alerta é necessária para alcançar um estado adequado de sensibilidade aos estímulos recebidos, influenciando a orientação atencional (CALLEJAS et al., 2014; ROCA et al., 2012).

Estes dados reafirmam a importância do estudo da interação entre as redes, bem como da realização de uma avaliação prévia em cada sessão das condições de sono e fadiga em estudos com esta população.

Um achado intrigante sobre os efeitos adversos diz respeito aos relatos de dificuldade de concentração na Condição Controle (tDCS *Sham*) em 38% da amostra. Os participantes não relacionaram este efeito à aplicação de tDCS e alguns deles sugeriram a dificuldade de execução do treino cognitivo (N-back) como possível causa. Interessante perceber que a dificuldade de concentração foi relatada por apenas um sujeito na condição tDCS. Novamente a análise dos efeitos *online* da tDCS teriam sido relevantes à compreensão dos dados.

Além disso, um participante apresentou uma pequena queimadura abaixo do eletrodo no músculo deltoide direito, obtendo recuperação após aproximadamente um mês. Esta ocorrência parece ter tido relação com o ajuste da umidade das esponjas dos eletrodos, tendo sido corrigida nas aplicações subsequentes.

Consistente com a literatura (ISHIGAMI e KLEIN, 2010), a análise das linhas de base sugere não ter havido efeito de aprendizagem a partir da repetição do ANTI-V tanto para os dados de TR quanto para os dados de ACC.

As devolutivas aos ATCO participantes da pesquisa serão realizadas através da apresentação dos resultados individuais, em atendimento presencial agendado pela pesquisadora responsável. Além disso os resultados globais serão disponibilizados ao público-alvo buscando oferecer maior compreensão aos participantes.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo desenvolveu um protocolo de tDCS parietal anódica voltado ao público de controladores de tráfego aéreo, buscando avaliar seus efeitos na atenção visuoespacial. As evidências encontradas contribuem para estudos futuros ao fornecer parâmetros para o desenvolvimento da técnica e sua aplicação aos processos atencionais.

Apesar de o desfecho principal não ter encontrado resultados significativos de melhora atencional, evidências sugerem indícios de ganhos atencionais na orientação e reorientação, expressos através de reduções significativas nas medidas de TR nas condições de sinalização válidas e inválidas, apontando para a contribuição do protocolo proposto.

Este estudo mostra-se ainda relevante ao analisar os efeitos da tDCS associada a compreensão do modelo das redes atencionais (orientação, executiva e alerta), uma perspectiva recente na literatura e que exerce um papel importante na regulação do comportamento. O entendimento do processamento e interação destas redes moduladas por técnicas como a tDCS pode favorecer o desempenho de processos atencionais em indivíduos saudáveis, bem como o tratamento de condições clínicas relacionadas à atenção.

Cabe ainda destacar que, apesar de diversos investigando a efetividade da tDCS na modulação da atenção em populações saudáveis (BOLOGININI et al., 2010; FILMER et al., 2015; ROY et al., 2015; BENWELL et al., 2015; MINAMOTO et al., 2014; FALCONE et al., 2018), pesquisas envolvendo controladores de tráfego aéreo ainda são pouco realizadas, especialmente no Brasil. No levantamento bibliográfico realizado não foi identificado nenhum estudo nessa direção. Isto aponta para o caráter inovador desta pesquisa que buscou colaborar não apenas para um melhor desempenho laboral dos ATCO como também para a sociedade numa concepção mais ampla, na medida em que ações como estas podem promover um incremento à segurança de voo.

No que diz respeito às limitações ao projeto, destacam-se: (i) dificuldade de acesso ao público-alvo e conseqüente número reduzido da amostra; (ii) grande variabilidade na faixa etária dos sujeitos; (iii) realização de sessão única de intervenção, coletando apenas os efeitos agudos da tDCS, ao passo que sessões repetidas podem ter efeitos cumulativos, tornando a intervenção mais efetiva; (iv) ausência de uma medida de controle dos níveis de sono e fadiga antes de cada sessão; e (v) ausência de coleta dos dados do treino cognitivo (avaliação *online*).

Os resultados encontrados suscitam algumas questões como possibilidade de extensão deste estudo: (i) replicação do protocolo em uma amostra mais robusta; (ii) avaliação das

interações entre as três redes atencionais e seus impactos na atenção visuoespacial; (iii) estudo que considere o impacto de fatores intrínsecos à atividade de controle de tráfego aéreo, propondo medidas de controle para variáveis como privação de sono, condição de fadiga e horários de intervenção que considerem o ritmo circadiano. Propostas como estas em muito poderiam contribuir para áreas do conhecimento científico como a psicologia e a medicina da aviação.

## REFERÊNCIAS

- ANTAL, A.; ALEKSEICHUK, I.; BIKSON, M.; BROCKMÖLLER, J.; BRUNONI, A.R.; CHEN, R.; COHEN, L.G.; DOWTHWAITE, G.; ELLRICHH, J.; FLÖEL, A.; FREGNI, F.; GEORGE, M.S.; HAMILTON, R.; HAUEISEN, J.; HERRMANN, C.S.; HUMMEL, F.C.; LEFAUCHEUR, J.P.; LIEBETANZ, D.; LOO, C.K.; MCCAIG, C.D.; MINIUSI, C.; MIRANDA, P.C.; MOLIADZE, V.; NITSCHKE, M.A.; NOWAK, R.; PADBERG, F.; PASCUAL-LEONE, A.; POPPENDIECK, W.; PRIORI, A.; ROSSI, S.; ROSSINI, P.M.; ROTHWELL, J.; RUEGER, M.A.; RUFFINI, G.; SCHELLHORN, K.; SIEBNER, H.R.; UGAWA, Y.; WEXLER, A.; ZIEMANN, U.; HALLETT, M.; PAULUS, W. Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clinical neurophysiology: Official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, v. 128, n. 9, p. 1774 – 1809, 2017. DOI: 10.1016/j.clinph.2017.06.001. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5985830/>>. Acesso em: 13 de jul. 2019.
- BENWELL, C. S. Y.; LEARMONTH, G.; HARVEY, C. M. M.; THUT, G. Nonlinear effects of transcranial direct current stimulation as a function of individual baseline performance: Evidence from biparietal tDCS influence on lateralized attention bias. *Cortex*, v. 69, p. 152-165, maio. 2015. DOI: 10.1016/j.cortex.2015.05.007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945215001665?via%3Dihub>>. Acesso em: 05 fev. 2015.
- BOLOGNINI, N.; FREGNI, F.; CASATI, C.; OLGIATI, E.; VALLAR, G. Brain polarization of parietal cortex augments training-induced improvement of visual exploratory and attentional skills. *Brain Research*, v. 1349, p. 76-89, 2010. DOI: 10.1016/j.brainres.2010.06.053. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899310014459?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 maio. 2019.
- BRANDÃO, M. L. **As bases biológicas do comportamento**: introdução à neurociência. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 2004.
- BRUNONI, A. R.; AMADERA, J.; BERBEL, B.; VOLZ, M.S.; RIZZERIO, B. G.; FREGNI, F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, v. 14, 8 ed, p. 1133–1145, 2011. DOI: 10.1017/S1461145710001690. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ijnp/article/14/8/1133/697681>>. Acesso em: 06 dez. 2018.
- BRUNONI, A. R.; NITSCHKE, M. A.; BOLOGNINI, N.; BIKSON, M.; WAGNER, T.; MERABET, L.; FREGNI, F. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. *Brain stimulation*, v. 5, n. 3, p. 175 – 195. 2012. DOI: 10.1016/j.brs.2011.03.002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3270156/>>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- BRASIL. **Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Departamento de Controle Aéreo para 2016** (ICA 63-16). Rio de Janeiro: Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2016a.

BRASIL. **Concepção de Emprego Operacional de Recursos do DECEA pela Força Aérea Brasileira** (MCA 63-18). Rio de Janeiro: Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2016b.

BRASIL. **Atividades de Fatores Humanos, Aspecto Psicológico, no Gerenciamento da Segurança Operacional** (ICA 63-36). Rio de Janeiro: Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2015.

BRASIL. **Manual de Fatores Humanos no Gerenciamento da Segurança Operacional no SISCEAB** (MCA 63-15). Rio de Janeiro: Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2012.

BRASIL. **Investigação do Aspecto Psicológico nos Incidentes de Tráfego Aéreo** (MCA 63-7). Rio de Janeiro: Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2008.

CALLEJAS, A; LUPIÁÑEZ, J.; TUDELA, P. Modulations among the alerting, orienting and executive control networks. **Exp Brain Res**, v. 1, n. 167, p. 27-37, 2005. DOI:

doi.org/10.1007/s00221-005-2365-z. Disponível em: <

[https://www.researchgate.net/publication/7724187\\_Modulations\\_among\\_the\\_alerting\\_orienting\\_and\\_executive\\_control\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/7724187_Modulations_among_the_alerting_orienting_and_executive_control_Networks)>. Acesso em: 20 de novembro de 2019.

CALLEJAS, A; LUPIÁÑEZ, J.; TUDELA, P. The three attentional networks: On their independence and interactions. **Brain and Cognition**. n. 54, p. 225-227, 2004.

DOI: 10.1016/j.bandc.2004.02.012. Disponível em: <

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0278262604000302?token=8D8C1665FC99EA411276720CC59A408C2EBC6FBF7EC2DB47A47DD2963B03220F941F31AE3D60AB0E962AFB86D10DC5DD>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

CANADÁ. **Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management** (DOC 4444). Montreal: Organização de Aviação Civil Internacional, 15. ed. 2007.

CANADÁ. **Manual de Instrucción sobre Factores Humanos (DOC 9863-AN/950)**.

Montreal: Organização de Aviação Civil Internacional, 1. ed., 1998.

COFFMAN, B.A.; CLARK, V.P.; PARASURAMAN, R. Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. **Neuroimage**, v. 85, p. 895-908, 2014. DOI:

10.1016/j.neuroimage.2013.07.083. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811913008550?via%3Dihub>>.

Acesso em: 22 jun. 2019.

COULACOGLOU, C.; SAKLOFSKE, D.H. Executive Function, Theory of Mind, and Adaptive Behavior. **Psychometrics and Psychological Assessment Principles and Applications**, p. 91-130, 2017. DOI: 10.1016/B978-0-12-802219-1.00005-5. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/319452885\\_Executive\\_Function\\_Theory\\_of\\_Mind\\_and\\_Adaptive\\_Behavior](https://www.researchgate.net/publication/319452885_Executive_Function_Theory_of_Mind_and_Adaptive_Behavior)>. Acesso em: 12 jun. 2019.

CUNHA, J.A. **Manual da versão em português das Escalas Beck**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2001.

DUTRA, H.S. e REIS, V.N. Desenhos de Estudos Experimentais e Quase-Experimentais: Definições e desafios na pesquisa em enfermagem. **Revista de enfermagem da UFPE**, Recife, v. 10, n. 6, p. 2230-2241, jun. 2016. DOI: 10.5205/reuol.9199-80250-1-SM1006201639. Disponível em: <

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaenfermagem/article/view/11238>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

DEJOURS, C. **O fator humano**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1997.

ELLISON, A.; BALL, K. L.; MOSELEY, P.; DOWSETT, J.; SMITH, D.T.; WEIS, S.; LANE, A.R. Functional Interaction between Right Parietal and Bilateral Frontal Cortices during Visual Search Tasks Revealed Using Functional Magnetic Imaging and Transcranial Direct Current Stimulation. **PloS one**, v. 9, n. 4, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0093767. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3976402/>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

ESTÉVEZ-GONZÁLEZ, A; GARCÍA-SÁNCHEZ, C; JUNQUÉ, C. La atención: una compleja función cerebral. **Revista de Neurologia, Barcelona**, v. 25, p. 1989-1997, 1997. DOI: DOI: 10.33588/rn.25148.97483. Disponível em: <<https://www.neurologia.com/articulo/97483>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

FALCONE, B.; WADA, A.; PARASURAMAN, R.; CALLAN, D.E. Individual differences in learning correlate with modulation of brain activity induced by transcranial direct current stimulation. **PLoS one**, v.13, n. 5, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0197192. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5962315/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

FAN, J.; MCCANDLISS, B.D.; SOMMER, T.; RAZ, A.; POSNER, M.I.; 2002. Testing the efficiency and independence of attentional networks. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 14, n. 3, p. 340-347, 2002. DOI: 10.1162/089892902317361886. Disponível em: <<https://www.mitpressjournals.org>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

FILMER, H.L.; DUX, P.E.; MATTINGLEY, J.B. Dissociable effects of anodal and cathodal tDCS reveal distinct functional roles for right parietal cortex in the detection of single and competing stimuli. **Neuropsychologia**, v. 74, p. 120–126, 2015. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.01.038. Disponível em: <[https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0028-3932\(15\)00045-7](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0028-3932(15)00045-7)>. Acesso em: 05 fev. 2019.

FILMER, H.L.; VARGHESE, E.; HAWKINS, G.E.; MATTINGLEY, J.B.; DUX, P.E. Improvements in Attention and Decision-Making Following Combined Behavioral Training and Brain Stimulation. **Cerebral Cortex**, 2017, v. 27, n. 7, p. 3675 – 3682, 2017. DOI: 10.1093/cercor/bhw189. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cercor/article/27/7/3675/3056456>>. Acesso em: 26 dez. 2018.

FREGNI, F.; BOGGIO, P.S.; BRUNONI, A.R. **Neuromodulação terapêutica: princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia**. São Paulo: Sarvier, 2012.

FAJER, M. **Sistemas de Investigação de Acidentes da Aviação Geral – uma análise comparativa**. 2009. Dissertação (mestrado saúde ambiental) - Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2009. DOI: 10.11606/D.6.2009.tde-14012010-095713. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-14012010-095713/pt-br.php>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

FILGUEIRAS, Alberto. Abordagem neuropsicológica dos processos de orientação da atenção visuoespacial e manutenção da concentração em atletas da categoria sub -13 de futebol de campo. **Revista Ciências & Cognição**, v. 15, n. 2, p. 142-154, 2010. Disponível em:

<<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/315/219>>. Acesso em: 19 maio. 2017.

GANDIGA, P.C.; HUMMEL, F.C.; COHEN, L.G. Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind. **Clinical Neurophysiology**, v. 117, n. 4, p. 845–850, 2006. DOI: 10.1016/j.clinph.2005.12.003. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388245705005079?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 maio. 2019.

GAZZALEY, A.; NOBRE, A.C. Top-down modulation: bridging selective attention and working memory. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 16, n. 2, p. 129-135, 2012. DOI: 10.1016/j.tics.2011.11.014. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3510782/>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva: A biologia da mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GERMER, C.K.; SIEGEL, R.D.; FULTON, P.R. **Mindfulness e psicoterapia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. E-PUB.

HE, W.; FONG, P.; LEUNG, T.W.H.; HUANG, Y. Protocols of non- invasive brain stimulation for neuroplasticity induction. **Neuroscience Letters**, 2018. DOI: 10.1016/j.neulet.2018.02.045. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394018301277>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

HOCHMAN, B.; NAHAS, F.X.; OLIVEIRA, R.S.F.; FERREIRA, L.M. Desenhos de Pesquisa. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 20, p. 2-9, 2005. DOI: 10.1590/S0102-86502005000800002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-86502005000800002&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-86502005000800002&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 13 jun. 2019.

HOSKINSON, P. **Brain Workshop: a Dual N-Back game**. Disponível em: <<http://brainworkshop.souceforge.net>>. Acesso em: 09 set. 2019.

ISHIGAMI, Y; KLEIN, R. Repeated measurement of the components of attention using two versions of the Attention Network Test (ANT): Stability, isolability, robustness, and reliability. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 190, n. 1, p. 117–128, 2010. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2010.04.019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165027010002220?via%3Dihub>>. Acesso em: 03 set. 2019.

INFRAERO. **Edital de abertura de inscrições para concurso público da Infraero/2011**. Brasília, DF, Edital 2, mai. 2011. Disponível em:

<<http://www.concursosfcc.com.br/concursos/infra109/>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

KANDEL, E. R.; JESTELL, T.M.; SIEGELBAUM, S.A.; HUDSPETH, A.J. **Princípios de Neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

LANINA, A.A.; FEURRA, M.; GORBUNOVA, E.S. No Effect of the Right Posterior Parietal Cortex tDCS in Dual-Target Visual Search. **Frontiers in Psychology**, v. 9, 2018. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02112. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6240658/>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

LEARMONTH, G.; FELISATTI, F.; SIRIWARDENA, N.; CHECKETTS, M.; BENWELL, C.S.Y.; MARKER, G.; THUT, G.; HARVEY, M. No Interaction between tDCS Current

Strength and Baseline Performance: A Conceptual Replication. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, 2017. DOI: 10.3389/fnins.2017.00664. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5717015/>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios**. Conceitos Fundamentais de Neurociências. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2014.

LI, L. M.; LEECH, R.; SCOTT, G.; MALHOTRA, P.; SEEMUNGAL, B.; J. SHARP, D.J. The effect of oppositional parietal transcranial direct current stimulation on lateralized brain functions. **European Journal of Neuroscience**, v. 42, n. 11, p. 2904–2914, 2015. DOI: 10.1111/ejn.13086. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4737321/>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

LILIENTHAL, L.; TAMEZ, E.; SHELTON, J.T.; MYERSON, J.; HALE, S. Dual n-back training increases the capacity of the focus of attention. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 20, n. 1, p. 135–141, 2013. DOI: 10.3758/s13423-012-0335-6. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.3758%2Fs13423-012-0335-6>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

LO, O.; DONKELAAR, P.V.; CHOU, L. Effects of transcranial direct current stimulation over right posterior parietal cortex on attention function in healthy young adults. **The European journal of neuroscience**, v. 49, n. 12, p. 1623-1631, 2019. DOI: 10.1111/ejn.14349. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6586514/>>. Acesso em: 06 ago. 2019.

MALLOY-DINIZ, L.F.; FUENTES, D.; MATTOS, P.; ABREU, N. **Avaliação Neuropsicológica**. 1. ed. São Paulo: Artmed, 2009.

MAROTTA, A; CHIAIE, R; SPAGNA, A; BERNABEI, L; SCIARRETTA, M; ROCA, J; BIONDI, M; CASAGRANDE, M. Impaired conflict resolution and vigilance in euthymic bipolar disorder. **Psychiatry Research**, n. 229, p. 490–496, 2015. DOI: doi.org/10.1016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165178115003820>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

MARTELLA, D. C.; LUPIÁÑEZ, J.M. Alerting, orienting and executive control: the effects of sleep deprivation on attentional networks. **Experimental Brain Research**, n. 210, v. 1, p. 81 – 89, 2011. DOI: doi.org/10.1007/s00221-011-2605-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-011-2605-3>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MEDEIROS, L.F.; SOUZA, I.C.C.; VIDOR, L.P.; SOUZA, A.; DEITOS, A.; VOLZ, M.S.; FREGNI, F.; CAUMO, W.; TORRES, I.L.S. Neurobiological effects of transcranial direct current stimulation: a review. **Frontiers in Psychiatry**, v. 3, p. 110, 2012. DOI: 10.3389/fpsyt.2012.00110. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23293607>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

PEREIRA, M.C. (org). **Voando com o CRM**: da filosofia operacional técnica à filosofia interativa humana. Recife: Comunigraf, 2004.

MINAMOTO, T.; AZUMA, M.; YAOI, K.; ASHIZUKA, A.; MIMA, T.; OSAKA, M.; FUKUYAMA, H.; OSAKA, N. The anodal tDCS over the left posterior parietal cortex enhances attention toward a focus word in a sentence. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 8, p. 992, 2014. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00992. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4260498/>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

MOOS, K.; VOSSEL, S.; WEIDNER, R.; SPARING, R.; FINK, G.R. Modulation of top-down control of visual attention by cathodal tDCS over right IPS. **The Journal of**

**Neuroscience**, v.32, n. 46, p. 16360–16368, 2012. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.6233-11.2012. Disponível em: <<https://www.jneurosci.org/content/32/46/16360.long>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

MOREIRA, S. L. B. Fatores Humanos e Modelos Conceituais. In: PEREIRA, M. C. e RIBEIRO, S. L. O. **Os Voos da Psicologia no Brasil: estudos e práticas na aviação**. Rio de Janeiro: DAC, 2001.

NAHAS T. R.; XAVIER, G. F. Atenção; Neurobiologia da Atenção Visual. In: ANDRADE, V.M.; SANTOS, F.H.; BUENO, O.F.A. **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, p. 77-124, 2004.

NISSIM, N.R.; O'SHEA, A.; INDAHLASTARI, A.; KRAFT, J.N.; MERING, O.; AKSU, S.; PORGES, E.; COHEN, R.; WOODS, A.J. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation Paired With Cognitive Training on Functional Connectivity of the Working Memory Network in Older Adults. **Frontiers in aging neuroscience**. v. 11, p. 340, 2019. DOI: 10.3389/fnagi.2019.00340. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6961663/>>. Acesso em: 15 jul 2020.

NITSCHKE, M.A.; COHEN, L.G.; WASSERMANN, E.M.; PRIORI, A.; LANG, N.; ANTAL, A.; PAULUS, W.; HUMMEL, F.; BOGGIO, P.S.; FREGNI, F.; PASCUAL-LEONE, A. Transcranial direct current stimulation: State of the Art 2008. **Brain Stimulation**, v.1, n. 3, p. 206-223, 2008. DOI: 10.1016/j.brs.2008.06.004. Disponível em: <[https://www.brainstimjrn.com/article/S1935-861X\(08\)00040-5/fulltext](https://www.brainstimjrn.com/article/S1935-861X(08)00040-5/fulltext)>. Acesso em: 29 ago. 2018.

NITSCHKE, M; LIEBETANZ, D; LANG, N; ANTAL, A; TERGAU, F; PAULUS, W. Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans. **Clinical Neurophysiology**, v. 114, n. 11, p. 2220–2222, 2003a. DOI: 10.1016/S1388-2457(03)00235-9. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388245703002359?via%3Dihub>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

NITSCHKE, M.A.; LIEBETANZ, D.; ANTAL, A.; LANG, N.; TERGAU, F.; PAULUS, W. Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation: technical, safety and functional aspects. **Supplements to Clinical Neurophysiology**, v. 56, p. 255–276, 2003b. DOI: 10.1016/S1567-424X(09)70230-2. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1567424X09702302>>. Acesso em: 15 maio. 2019.

NITSCHKE, M; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **The Journal of physiology**, v. 527, n.3, p. 633—639, 2000. DOI: 10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2270099/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

NUNES, C. A. N. **Impacto de um Programa de Treino Cognitivo em Idosos Institucionalizados**. 2017. Tese (Doutorado em enfermagem) – Instituto Politécnico de Bragança: escola superior de saúde, Bragança, 2017. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/14620/1/TESE\\_treino\\_cognitivo\\_Enf.Reab.\\_Catarina\\_Nunes.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/14620/1/TESE_treino_cognitivo_Enf.Reab._Catarina_Nunes.pdf)>. Acesso em: 13 de nov. 2018.

OLDFIELD, R.C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97-113, 1971. DOI: 10.1016/0028-3932(71)90067-4.

Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0028393271900674>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

OLDRATI, V.; COLOMBO, B.; ANTONIETTI, A. Combination of a short cognitive training and tDCS to enhance visuospatial skills: A comparison between online and offline neuromodulation. **Brain Research**, v.1678, n.1, p. 32–39, 2018. DOI: 10.1016/j.brainres.2017.10.002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899317304420?via%3Dihub>>. Acesso em: 26 dez. 2018.

OWEN, A.M.; MCMILLAN, K.M.; LAIRD, A.R.; BULLMORE, E. N-Back Working Memory Paradigm: A Meta-Analysis of Normative Functional Neuroimaging Studies. **Human Brain Mapping**, v. 25, n. 1, p. 46–59, 2005. DOI: 10.1002/hbm.20131. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hbm.20131>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

PARSONS, B.; MAGILL, T.; BOUCHER, A.; ZHANG, M.; ZOGBO, K.; BÉRUBÉ, S.; SCHEFFER, O.; BEAUREGARD, M.; FAUBERT, J. Enhancing Cognitive Function Using Perceptual-Cognitive Training. **Clinical EEG and Neuroscience**, v. 47, n. 1, p. 37-47, 2014. DOI: 10.1177/1550059414563746. Disponível em: <[https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1550059414563746?rfr\\_dat=cr\\_pub%3Dpubmed&url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&journalCode=eegb](https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1550059414563746?rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&journalCode=eegb)>. Acesso em: 24 dez. 2018.

PYLYSHYN, Z.; BURKELL, B.; FISHER, C.; SEARS, C.; SCHMIDT, W. e TRICK, L. (1994). Multiple Parallel Access in Visual Attention. **Canadian Journal of Experimental Psychology**, v. 48, n. 2, p. 260-283, 1994. DOI: 10.1.1.31.6433&rep=rep1&type=pdf. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.31.6433&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

POSNER, M.I. Orienting of attention. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 32, n. 1. p. 3 – 25, 1980. DOI: 10.1080/00335558008248231. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/15830678\\_Orienting\\_of\\_Attention](https://www.researchgate.net/publication/15830678_Orienting_of_Attention)>. Acesso em: 21 dez. 2018.

POSNER, M.I.; WALKER, J.A.; FRIEDRICH, F.J.; RAFAL, R.D. Effects of Parietal Injury on Covert Orienting of Attention. Oregon, **The Journal of Neuroscience**, v. 4, n. 7, p. 1863 – 1874, 1984. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.04-07-01863.1984. Disponível em: <<https://www.jneurosci.org/content/4/7/1863.long>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

POSNER, M.I.; PETERSEN, S.E. The Attention System of the Human Brain. **Annual Reviews Neuroscience**, v. 13, p. 25-42, 1990. DOI: 10.1146/annurev.ne.13.030190.000325. Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

POSNER M.I.; DRIVER J. The neurobiology of selective attention. **Curr Opin Neurobiol**, v. 2, p. 165-169, 1992. DOI: doi.org/10.1016/0959-4388(92)90006-7. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0959438892900067?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

POSNER, M.I.; SHEESE, B.E.; ODLUDAS, Y.; TANG, Y. Analyzing and shaping human attentional networks. **Neural Networks**, v. 19, n. 9, p. 1422-1429, 2006. DOI: doi.org/10.1016/j.neunet.2006.08.004. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893608006001833#fig1>>. Acesso em: 04 jan. 2020.

POSNER, M.I. **Cognitive Neuroscience of Attention**. 2. ed. New York: The Guilford Press, 2012a.

POSNER, M.I.; PETERSEN, S.E. The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. **Annual Reviews Neuroscience**, v. 35, p. 73-89, 2012b. DOI: 10.1146/annurev-neuro-062111-150525. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3413263/>>. Acesso em: 04 jan. 2020.

POSNER, M. I.; ROTHBART, M. K.; VOELKER, P. Developing Brain Networks of Attention. **Current Opinion in Pediatrics**, v. 28, n. 6, p. 720–724, 2016. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000413. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5257020/>>. Acesso em: 17 mar. 2020.

POSNER, M. I.; ROTHBART, M. K. Restoring Attention Networks. **Yale Journal of Biology and Medicine**. vol. 92, n. 1, p. 139–143, 2019. PMID: 30923481; PMCID: PMC6430178. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6430178/>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

RAC-LUBASHEVSKY, R.; KESSLER, Y. Decomposing the n-back task: An individual differences study using the reference-back paradigm. **Neuropsychologia**, v. 90, p. 1. 90–199, 2016. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2016.07.013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0028393216302573>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

REASON, J. **Human error**. New York: Cambridge University Press, 1990.

REASON, J. **Managing the Risks of Organizational Accidents**. England: Ashgate, 1997.

REINHART, R.M.G.; COSMAN, J.D.; FUKUDA, K.; WOODMAN, G.F. Using transcranial direct-current stimulation (tDCS) to understand cognitive processing. **Attention, perception & psychophysics**, v. 79, n. 1, p. 3-23, 2017. DOI: 10.3758/s13414-016-1224-2. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5539401/>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

REIS, R.S.; HINO, A.A.F.; AÑEZ, C.R.R. Perceived Stress Scale: Reliability and Validity Study in Brazil. **Journal of Health Psychology**, v. 15, n. 1, p. 107-114, 2010. DOI: 10.1177/1359105309346343. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1359105309346343>>. Acesso em: 09 jan. 2019.

ROCA, J.; LUPIÁÑEZ, J.; LÓPEZ-RAMÓN, M.F.; CASTRO, C. Are drivers' attentional lapses associated with the functioning of the neurocognitive attentional networks and with cognitive failure in everyday life? **Transportation Research, Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v.17, p. 98–113, 2013. DOI: 10.1016/j.trf.2012.10.005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847812001039>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

ROCA, J.; FUENTES, L.J.; MAROTTA, A.; LÓPEZ-RAMÓN, M.F.; CASTRO, C.; LUPIÁÑEZ, J.; MARTELLA, D. The effects of sleep deprivation on the attentional functions and vigilance. **Acta Psychologica**, v. 140, n. 2, p. 164–176, 2012. DOI: 10.1016/j.actpsy.2012.03.007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22634265>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

- ROCA, J.; CASTRO, C.; LÓPEZ-RAMÓN, M.F.; LUPIÁÑEZ, J. Measuring vigilance while assessing the functioning of the three attentional networks: The ANTI-Vigilance task. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 198, n. 2, p. 312–324, 2011. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2011.04.014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165027011002184?via%3Dihub>>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- ROE, J.M.; NESHEIM, M.; MATHIESEN, N.C.; MOBERGET, T.; ALNÆS, D.; SNEVE, M.H. The effects of tDCS upon sustained visual attention are dependent on cognitive load. **Neuropsychologia**, v. 80, n. 1, p. 1–8, 2016. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.11.005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26556389>>. Acesso em: 04 fev. 2019.
- ROSSINI, J. C.; GALERA, C. A. Atenção Visual: estudos comportamentais da seleção baseada no espaço e no objeto. **Estudos de Psicologia**, v. 11, n. 1, p. 79-86, 2006. DOI: 10.1590/S1413-294X2006000100010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-294X2006000100010&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-294X2006000100010&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- ROTTSCHY, C.; LANGNER, R.; DOGAN, I; REETZ, K.; LAIRD, A.R.; SCHULZ, J.B.; FOX, P.T.; EICKHOFF, S.B. Modelling neural correlates of working memory: A coordinate-based meta-analysis. **Neuroimage**, v. 60, n.1, p. 830–846, 2012. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.11.050. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3288533/>>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- ROY, L.B.; SPARING, R.; FINK, G.R.; HESTE, M.D. Modulation of attention functions by anodal tDCS on right CPP. **Neuropsychologia**, v. 74, p. 96–107, 2015. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.028. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25721567>>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- RUEDA, F.J.M. **Bateria Psicológica para Avaliação da Atenção (BPA)**. 1. ed. São Paulo: Vetor, 2013.
- RUSSO, R.; WALLACE, D.; FITZGERALD, P.B.; COOPER, R.R. Perception of Comfort During Active and Sham Transcranial Direct Current Stimulation: A Double Blind Study. **Brain Stimulation**, v. 6, n. 6, p. 946 – 951, 2013. DOI: 10.1016/j.brs.2013.05.009. Disponível em: <[https://www.brainstimjrn.com/article/S1935-861X\(13\)00167-8/fulltext](https://www.brainstimjrn.com/article/S1935-861X(13)00167-8/fulltext)>. Acesso em: 21 jun. 2019.
- SANDRINI, M.; FERTONANI, A.; COHEN, L. G.; MINIUSI, C. Double dissociation of working memory load effects induced by bilateral parietal modulation. **Neuropsychologia**, v. 50, n. 3, p. 396–402, 2012. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4880015/>>. Acesso em: 15 de jul. 2020.
- SHIN, Y; FOERSTER, A.; NITSCHKE, M.A. Transcranial direct current stimulation (tDCS): Application in neuropsychology. **Neuropsychologia**, v. 69, p. 154–175, 2015. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25656568>>. Acesso em: 13 de maio. 2019.
- SILVA, J.A.S.; ALTAFIM, L.Z.; LIMA, G.N.S.; FERREIRA, R.G.D.; ANDRADE, S.N.; MENDONÇA, C.T.P.L.; FERNANDEZ-CALVO, B. Eficácia da estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino cognitivo nos domínios da linguagem e praxia de pacientes com doença de Alzheimer na fase leve. **Revista Interinstitucional Brasileira de**

- Terapia Ocupacional**, v. 1, n. 5, p. 603-619, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/ribto/article/view/10516/pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- SPARING, R.; THIMM, M.; HESTE, M. D.; KU, J.; KARBE, H.; FINK, G.R. Bidirectional alterations of interhemispheric parietal balance by non-invasive cortical stimulation. **Brain**, v. 132, p. 3011–3020. DOI: 10.1093/brain/awp154. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19528092>>. Acesso em: 17 maio. 2019.
- STAGG, C.J.; NITSCHKE, M.A. Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation. **Neuroscientist**, v. 17, n. 1, p. 37-53, 2011. DOI: 10.1177/1073858410386614. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1073858410386614>>. Acesso em: 26 dez. 2018.
- STAGG, C.J.; ANTA, A.L.; NITSCHKE, M.A. Physiology of Transcranial Direct Current Stimulation. Special issue on tDCS. **Journal of ECT**, v. 34, n. 3, p. 144-152, 2018. DOI: 10.1097/YCT.0000000000000510. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=29877965>>. Acesso em: 01 ago. 2019.
- THAIR, H.; HOLLOWAY, A.L.; NEWPORT, R.; SMITH, A.D. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner’s Guide for Design and Implementation. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, n. 641, 2017. DOI: 10.3389/fnins.2017.00641. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5702643/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- TONNETTI, F.A. **A Especificidade da Ciência da Atenção: da Filosofia da Mente à Neurociência Cognitiva**. 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2008.
- VASCONCELOS, S.P.; FISCHER, F.M.; REIS, A.O.A.; MORENO, C.R.C. Fatores associados à capacidade para o trabalho e percepção de fadiga em trabalhadores de enfermagem da Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 14, n. 4, 2011. DOI: 10.1590/S1415-790X2011000400015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-790X2011000400015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2011000400015)>. Acesso em: 04 jul. 2019.
- VASIC, C.; LOHR, C.; STEINBRINK, C.; Claudia MARTIN, C.; Robert Christian WOLF, R.C. Neural correlates of working memory performance in adolescents and young adults with dyslexia. **Neuropsychologia**, v. 46, n. 2, p. 640-648, 2008. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.09.002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0028393207003247>>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- VILELA, J.A.; SAMPAIO, R. S. Utilização do Modelo de Fatores Humanos (HFACS) na Estruturação de Mapas Causais de Segurança Operacional. **Revista Conexão SIPAER**, 2011, v. 3, n. 1, p. 216-247, 2011. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/121>>. Acesso em: 21 jun. 2018.
- WOODS, A.J.; ANTAL, A.; BIKSON, M.; BOGGIO, P.S.; BRUNONI, A.R.; CELNIK, P.; COHEN, L.G.; FREGNI, F.; HERRMANN, C.S.; KAPPENMAN, E.S.; KNOTKOVA, H.; LIEBETANZ, D.; MINIUSI, C.; MIRANDA, P.C.; PAULUS, W.; PRIORI, A.; REATO, D.; STAGG, C.; WENDEROTH, N.; NITSCHKE, M.A. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. **Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v. 127, n. 2, p. 1031–1048, 2016. DOI:

10.1016/j.clinph.2015.11.012. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4747791/>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

WRIGHT, J.M.; KREKELBERG, B. Transcranial direct current stimulation over posterior parietal cortex modulates visuospatial localization. **Journal of Vision**, v. 14, n. 9, p. 1–15, 2014. DOI: 10.1167/14.9.5. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4125063/>>. Acesso em: 04 fev.2019.

WU, Q.; CHANG, C.; XI, S.; HUANG, I.; LIU, Z.; JUAN, C.; WU, Y.; FAN, J. A critical role of temporoparietal junction in the integration of top-down and bottom-up attentional control. **Human brain mapping**, v. 36, n. 11, p. 4317-4333, 2015. DOI:10.1002/hbm.22919. Disponível em : <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4619130/>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

YASSUDA, M.S.; BATISTONI, S.S.T.; FORTES, A.G.; NERI, A.L. Treino de Memória no Idoso Saudável: Benefícios e Mecanismos. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 19, n. 3, p. 470-481, 2006. DOI: 10.1590/S0102-79722006000300016. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-79722006000300016&script=sci_abstract&tlng=pt)

[79722006000300016&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-79722006000300016&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 24 jun. 2019.

## APÊNDICE A - Questionário biopsicossocial

Nº de identificação na pesquisa:

--	--	--	--	--

## QUESTIONÁRIO BIOPSISSOCIAL

## DADOS PESSOAIS:

Nome: \_\_\_\_\_

Gênero: Masculino ( ) Feminino: ( ) Outro: ( ) \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Telefone fixo: \_\_\_\_\_ Telefone celular: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

## Escolaridade:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ensino médio completo     | <input type="checkbox"/> Ensino superior em andamento |
| <input type="checkbox"/> Ensino superior concluído | <input type="checkbox"/> Pós-graduação em andamento   |
| <input type="checkbox"/> Pós-graduação concluída   |   |

## Estado civil:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Solteiro (a)                 | <input type="checkbox"/> União estável |
| <input type="checkbox"/> Casado (a)                   | <input type="checkbox"/> Viúvo (a)     |
| <input type="checkbox"/> Separado (a)/ divorciado (a) |  |

## HISTÓRICO DE SAÚDE:

**Você tem ou teve alguma dessas patologias diagnosticadas por um profissional de saúde?**

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Depressão | <input type="checkbox"/> Epilepsia (ou convulsão)        |
| <input type="checkbox"/> Ansiedade | <input type="checkbox"/> Transtorno de humor bipolar     |
| <input type="checkbox"/> Pânico    | <input type="checkbox"/> Transtorno obsessivo compulsivo |

**Você faz uso de alguma medicação?**

Não  Sim - Se sim, especifique \_\_\_\_\_

**Você faz uso de álcool e/ou outras drogas?**

Não  Sim - Qual? \_\_\_\_\_

Com que frequência? \_\_\_\_\_

**Você é destro, canhoto ou ambidestro?**

Destro  Canhoto  Ambidestro

**Você apresenta alguma alteração oftalmológica não corrigida?**

Não  Sim Se sim, especifique: \_\_\_\_\_

**Você apresenta alguma alteração audiológica não corrigida?**

Não  Sim Se sim, especifique: \_\_\_\_\_

**Você apresenta alguma alteração dermatológica (problemas de pele, como dermatite, psoríase ou eczema)?**

Não  Sim Se sim, especifique o local \_\_\_\_\_

**Apenas para mulheres: Ainda menstrua?**

Não  Sim Se sim, qual a data do último ciclo? \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Qual a duração do seu ciclo menstrual? \_\_\_\_\_ dias.

**Apresenta alguma das condições abaixo?**

Gestante (confirmado ou provável)  Implante metálico na cabeça

Usuário de marca-passo  Alérgico a látex

**Já foi submetido a sessão de estimulação transcraniana por corrente contínua?**

Sim  Não

## ANEXO A – Escala de percepção de stress (PSS 10)

Nº de identificação na pesquisa:

<input type="text"/>				
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

## Escala do Stress Percebido

*Perceived Stress Scale – PSS (10 itens)*  
Cohen, Kamarck & Mermelstein (1983)

Nome \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

**Instrução:** Para cada questão, pedimos que indique com que frequência se sentiu ou pensou de determinada maneira, **durante o último mês**. Apesar de algumas perguntas serem parecidas, existem diferenças entre elas e deve responder a cada uma como perguntas separadas. Responda de forma rápida e espontânea. Para cada questão indique, com uma cruz (X), a alternativa que melhor se ajusta à sua situação.

	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Frequentemente	Muito frequente
	0	1	2	3	4
1. No último mês, com que frequência esteve preocupado(a) por causa de alguma coisa que aconteceu inesperadamente?					
2. No último mês, com que frequência se sentiu incapaz de controlar as coisas importantes da sua vida?					
3. No último mês, com que frequência se sentiu nervoso(a) e em estresse?					
4. No último mês, com que frequência sentiu confiança na sua capacidade para enfrentar os seus problemas pessoais?					
5. No último mês, com que frequência sentiu que as coisas estavam a correr à sua maneira?					
6. No último mês, com que frequência sentiu que não aguentava com as coisas todas que tinha para fazer?					
7. No último mês, com que frequência foi capaz de controlar as suas irritações?					
8. No último mês, com que frequência sentiu ter tudo sob controle?					
9. No último mês, com que frequência se sentiu furioso(a) por coisas que ultrapassaram o seu controle?					
10. No último mês, com que frequência sentiu que as dificuldades se estavam a acumular tanto que não as conseguia ultrapassar?					
	0	1	2	3	4

## ANEXO B – Questionário de percepção de fadiga

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DE FADIGA**

versão brasileira de METZNER E FISCHER, 2001 adaptado de YOSHITAKE, 1975.

Nº de identificação na pesquisa:

<input type="text"/>				
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

**Itens sobre sonolência e moleza**

	5	4	3	2	1
	Sempre	Muitas vezes	Às vezes	Raramente	Nunca
1. Sinto a cabeça pesada	5	4	3	2	1
2. Sinto moleza no corpo	5	4	3	2	1
3. Sinto moleza nas pernas	5	4	3	2	1
4. Tenho vontade de bocejar durante o trabalho	5	4	3	2	1
5. As minhas ideias não são claras	5	4	3	2	1
6. Estou com sonolência	5	4	3	2	1
7. Sinto os olhos cansados	5	4	3	2	1
8. Tenho dificuldade em me movimentar	5	4	3	2	1
9. Tenho dificuldades em me manter em pé	5	4	3	2	1
10. Eu gostaria de ir me deitar um pouco (durante o horário de trabalho)	5	4	3	2	1

**Itens sobre dificuldades em concentração e atenção**

11. Preciso me concentrar mais	5	4	3	2	1
12. Não tenho vontade de falar com ninguém	5	4	3	2	1
13. Fico irritado (a) facilmente	5	4	3	2	1
14. Não consigo me concentrar bem	5	4	3	2	1
15. Tenho que pensar outras coisas além do meu trabalho	5	4	3	2	1
16. Minha memória não está boa para o trabalho	5	4	3	2	1
17. Cometo pequenos erros no meu trabalho	5	4	3	2	1
18. Tenho outras preocupações fora do meu trabalho	5	4	3	2	1
19. Eu gostaria de estar em forma para o meu trabalho, mas não me sinto em condições	5	4	3	2	1

## ANEXO C – Inventário de Edinburgh

**Nº de identificação na pesquisa:**

<input type="text"/>				
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Edinburgh Handedness Inventory  
Oldfield, 1971

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Por favor indique a sua preferência ao usar a mão esquerda ou direita nas seguintes tarefas.

Para tal, coloque um “+” na coluna que corresponde à mão que usa preferencialmente na execução dessas atividades.

Quando a sua preferência for tão forte que nunca usa a outra mão, a não ser que seja forçado (a), marque “++”.

Se o uso de uma ou de outra mão for indiferente, marque “+” nas duas colunas.

Algumas atividades exigem o uso de ambas as mãos. Nesses casos, o objeto para o qual deve considerar o uso preferencial da mão é indicado entre parênteses.

Por favor responda a todas as questões.

ATIVIDADES	MÃO	
	ESQUERDA	DIREITA
Escrever		
Desenhar		
Arremessar/lançar		
Usar a tesoura		
Usar escova de dentes		
Cortar com faca		
Usar colher		
Varrer (topo da vassoura)		
Riscar um fósforo		
Abrir uma caixa (segurar a tampa)		
<b>PONTUAÇÃO</b>		

<b>Cálculo e interpretação:</b>	+ = 1 ponto
	++ = 2 pontos

<b>RESULTADO</b>
------------------

## ANEXO D – Questionário para levantamento de efeitos adversos da tDCS

Nº de identificação na pesquisa:

<input type="text"/>				
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

**Questionário de efeitos adversos**

Adaptado de BRUNONI et al., 2011.

Sessão: 1ª ( ) 2ª ( )

Tipo: ( ) ativa ( ) sham

VOLUNTÁRIO: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

Você experimentou algum desses sintomas?	No caso da ocorrência de algum sintoma, pontue abaixo considerando: 1 – ausente 2 – leve 3 – moderado 4 - severo	No caso da ocorrência de algum sintoma, você considera que ele está relacionado à estimulação – tDCS? 1 – nada 2 – remoto 3 – possível 4 – provável 5 - definitivo	Comentários
Dor de cabeça			
Dor no pescoço			
Dor no couro cabeludo			
Prurido			
Formigamento			
Sensação de queimação			
Vermelhidão na pele			
Sonolência			
Dificuldade de concentração			
Mudança repentina			

Você acha que foi submetido à estimulação Sham (Placebo) ou real?

( ) Sham ( ) real