



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

Andressa Laysa Queiroz Ribeiro

**Explorando o Potencial do Reconhecimento de Emoções via EEG e Redes Neurais
Profundas:** Uma Investigação Computacional na Promoção do Bem-Estar Emocional em
Idosos

Recife

2024

Andressa Laysa Queiroz Ribeiro

Explorando o Potencial do Reconhecimento de Emoções via EEG e Redes Neurais Profundas: Uma Investigação Computacional na Promoção do Bem-Estar Emocional em Idosos

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.

Área de Concentração: Computação Biomédica

Orientador: Wellington Pinheiro dos Santos

Coorientadora: Maíra Araújo de Santana

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Ribeiro, Andressa Laysa Queiroz.

Explorando o potencial do reconhecimento de emoções via EEG e redes neurais profundas: uma investigação computacional na promoção do bem-estar emocional em idosos / Andressa Laysa Queiroz Ribeiro. - Recife, 2024.

79f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2024.

Orientação: Wellington Pinheiro dos Santos.

Coorientação: Máira Araújo de Santana.

Inclui referências.

1. Envelhecimento; 2. Eletroencefalograma (EEG); 3. Reconhecimento de Emoções. I. Santos, Wellington Pinheiro dos. II. Santana, Máira Araújo de. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

Dedico a minha família, meus amigos, onde incluo meu orientador e co-orientadora e colegas de turma.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata a Deus pela oportunidade de poder estudar e aprender cada vez mais, com saúde e vida. Agradeço a minha família que me deu todo suporte para que eu chegasse até aqui, ao meu orientador professor Wellington, por sua paciência e amor imensos pela sua profissão, pois me deu além do suporte, mas a oportunidade de concluir este mestrado com éxito, a minha co orientadora Maira que me acompanhou até aqui sem pestanejar e aos meus colegas de grupo de pesquisa por enriquecerem minha pesquisa.

RESUMO

Diversas condições socioeconômicas, culturais, fisiológicas, ambientais e políticas condicionam o envelhecimento da população à prevalência de doenças relacionadas à senescência, como osteoporose, hipertensão e demências, sendo a doença de Alzheimer a mais comum. As demências são condições degenerativas e progressivas que envolvem o declínio da memória e outros déficits cognitivos, o desafio que se apresenta é a elaboração de cenários em que os avanços da saúde, ciência e da tecnologia que permitirão ao ser humano alcançar soluções rápidas, eficientes e a baixo custo para o cuidado da saúde da população idosa, diversos trabalhos atestam que a musicoterapia pode desacelerar o progresso das demências por meio de estímulos musicais e da educação musical que estimulam as áreas do cérebro responsáveis pela memória por meio das emoções. Reconhecer emoções humanas por meio de computadores tem sido um desafio significativo na área da Computação. Para realizar o reconhecimento de emoções, é necessário coletar dados humanos, o Eletroencefalograma (EEG) pode ser usado para fornecer visões sobre diferentes emoções que estão associadas a padrões distintos de atividade cerebral e pode contribuir para diagnóstico precoce, monitoramento da progressão da condição, personalização da terapia com base em padrões específicos de atividade cerebral, avaliação de intervenções terapêuticas e o desenvolvimento de tecnologias assistivas. Este trabalho apresenta a avaliação de quatro redes neurais profundas (CNN): Lenet, Resnet, SqueezeNet e VGG, para extração atributos de dados coletados através do EEG de pessoas idosas com e sem demências. Em suma, os resultados apresentados fornecem uma visão abrangente do desempenho das CNNs em conjunto com o classificador Random Forest, em tarefas de classificação. Os modelos demonstraram consistentemente uma capacidade promissora de aprendizado e generalização, alcançando acurácia perfeita, altos coeficientes kappa, sensibilidade e especificidade ideais, além de uma área sob a curva ROC próxima de 1,0 em diversas configurações. Esses resultados destacam a eficácia e a robustez das CNNs e do Random Forest na tarefa de classificação, evidenciando sua capacidade de lidar com uma variedade de problemas e conjuntos de dados. Os resultados sugerem que esses modelos têm potencial para aplicação em uma ampla gama de campos, desde diagnósticos médicos até reconhecimento de padrões em imagens e análise de texto.

Palavras-chaves: Musicoterapia. Envelhecimento. Demência. Eletroencefalograma (EEG). Reconhecimento de emoções.

ABSTRACT

Various socio-economic, cultural, physiological, environmental and political conditions condition the ageing population to the prevalence of diseases related to senescence, such as osteoporosis, hypertension and dementia, the most common of which is Alzheimer's disease. Dementias are degenerative and progressive conditions that involve memory decline and other cognitive deficits. The challenge is to develop scenarios in which advances in health, science and technology will enable human beings to achieve fast, efficient and low-cost solutions for the health care of the elderly population. Several studies show that music therapy can slow down the progress of dementias through musical stimuli and music education that stimulate the areas of the brain responsible for memory through emotions. Recognizing human emotions through computers has been a significant challenge in the field of Computing. In order to perform emotion recognition, it is necessary to collect human data, the Electroencephalogram (EEG) can be used to provide insights into different emotions that are associated with distinct patterns of brain activity and can contribute to early diagnosis, monitoring the progression of the condition, personalization of therapy based on specific patterns of brain activity, evaluation of therapeutic interventions and the development of assistive technologies. This paper presents the evaluation of four deep neural networks (CNN): Lenet, Resnet, SqueezeNet and VGG, for extracting attributes from EEG data collected from elderly people with and without dementia. In short, the results presented provide a comprehensive overview of the performance of CNNs in conjunction with the Random Forest classifier in classification tasks. The models consistently demonstrated promising learning and generalization capabilities, achieving perfect accuracy, high kappa coefficients, optimal sensitivity and specificity, and an area under the ROC curve close to 1.0 in various configurations. These results highlight the effectiveness and robustness of CNNs and Random Forest in the classification task, demonstrating their ability to deal with a variety of problems and data sets. The results suggest that these models have potential for application in a wide range of fields, from medical diagnostics to pattern recognition in images and text analysis.

Keywords: Music Therapy. Aging. Dementia. Electroencephalogram (EEG). Emotion Recognition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeção dos casos de doença de Alzheimer no Brasil.	10
Figura 2 – Etapas para processamento dos dados coletados	52
Figura 3 – Algoritmo adotado para definir a classe associada ao RAB2	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contribuições e destaques dos estudos revisados.	47
Tabela 2 – Resultados LENET	58
Tabela 3 – Resultados RESNET	59
Tabela 4 – Resultados SQUEEZENET	60
Tabela 5 – Resultados VGG	61
Tabela 6 – Resultados do teste	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	9
1.2	OBJETIVOS	12
1.3	ORGANIZAÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	A DOENÇA DE ALZHEIMER E DEMÊNCIAS	15
2.2	O PAPEL DA MUSICOTERAPIA NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE DEMÊNCIAS	18
2.3	RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES EM PESSOAS IDOSAS	22
2.4	PRINCÍPIOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA	26
2.5	APRENDIZAGEM PROFUNDA E TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM	28
3	TRABALHOS RELACIONADOS	31
3.1	ESTADO DA ARTE DO RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES	31
3.2	CONSIDERAÇÕES	48
4	METODOLOGIA	50
4.1	PROPOSTA	50
4.2	BASE DE DADOS	51
4.3	CONFIGURAÇÕES DE CLASSIFICADORES	53
4.4	MÉTRICAS DE QUALIDADE	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1	RESULTADOS EXPERIMENTAIS	58
5.2	DISCUSSÃO	63
6	CONCLUSÃO	65
6.1	CONCLUSÕES GERAIS	65
6.2	DIFICULDADES APRESENTADAS	65
6.3	CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	66
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

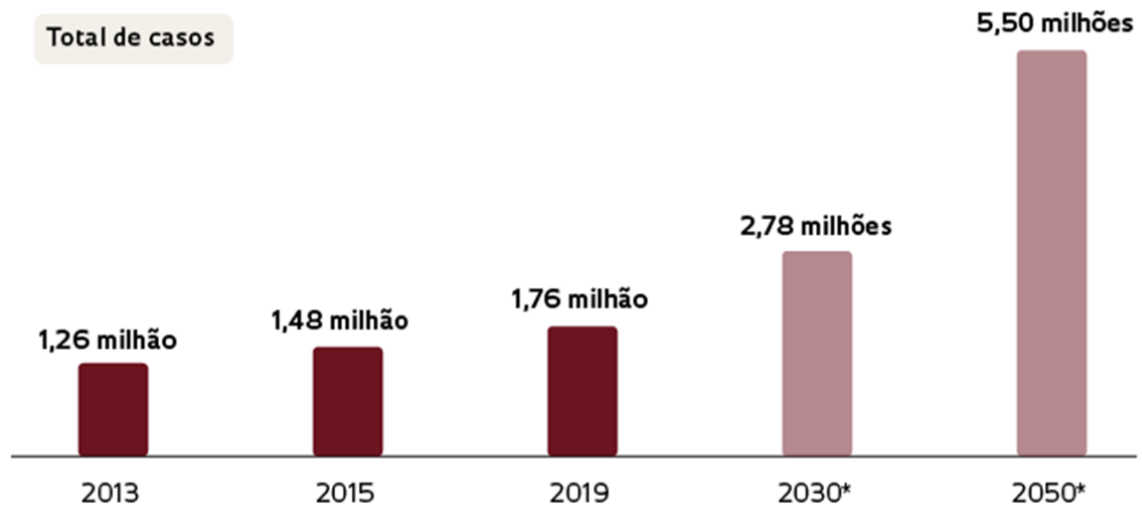
A crescente prevalência da doença de Alzheimer e de outras demências representa um desafio significativo para os sistemas de saúde em todo o mundo (TREVISAN et al., 2019; MENDEZ, 2021; CUI et al., 2020). A urgência em compreender, prevenir e tratar essas condições neurodegenerativas é fundamental, dada a sua impactante influência na qualidade de vida dos indivíduos afetados, bem como o ônus econômico e emocional imposto às famílias e à sociedade como um todo (TREVISAN et al., 2019; MENDEZ, 2021; CUI et al., 2020; ZHANG et al., 2021).

A doença de Alzheimer, em particular, é uma forma prevalente de demência que afeta a cognição, a memória e as funções executivas, resultando em uma deterioração progressiva da capacidade de realizar atividades diárias (ZHANG et al., 2021; CALABRÒ et al., 2021). Essa condição não apenas compromete a autonomia e a independência dos indivíduos, mas também impõe uma carga substancial aos cuidadores e aos sistemas de saúde, à medida que os pacientes necessitam de cuidados especializados ao longo do tempo (ZHANG et al., 2021; CALABRÒ et al., 2021).

No cenário global, estima-se que mais de 50 milhões de pessoas vivam com demência, e esse número tende a dobrar a cada década, alcançando aproximadamente 152 milhões em 2050, conforme relatórios da Organização Mundial da Saúde (OMS) (FETER; LEITE, 2021; BURLÁ et al., 2013a; BURLÁ et al., 2013b; WIMO et al., 2003; RIBEIRO; TEIXEIRA-SANTOS; LEIST, 2021). No Brasil, a realidade não é diferente, com um aumento expressivo da população idosa e, conseqüentemente, uma elevação na incidência de doenças neurodegenerativas. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que a expectativa de vida da população brasileira está em ascensão, com uma projeção de que em 2060 cerca de 25,5% da população terá 65 anos ou mais (FETER; LEITE, 2021; BURLÁ et al., 2013a; BURLÁ et al., 2013b; WIMO et al., 2003; RIBEIRO; TEIXEIRA-SANTOS; LEIST, 2021).

Aproximadamente 1,2 milhão de brasileiros sofrem com demência, e a doença de Alzheimer é a principal causa desse quadro (FETER; LEITE, 2021; BURLÁ et al., 2013a; BURLÁ et al., 2013b; WIMO et al., 2003; RIBEIRO; TEIXEIRA-SANTOS; LEIST, 2021). Esse panorama ressalta a necessidade premente de estratégias eficazes de prevenção, diagnóstico precoce e tratamento para mitigar o impacto crescente dessas condições na sociedade. A promoção da saúde cerebral,

Figura 1 – Projeção dos casos de doença de Alzheimer no Brasil.



Fonte: Bertola et al. (2023)

a conscientização pública e a pesquisa contínua são elementos cruciais para enfrentar esse desafio complexo e assegurar uma abordagem holística para o envelhecimento saudável. A Figura 1 mostra que a prevalência de casos tende a aumentar na população brasileira.

Portanto, a compreensão aprofundada da prevalência da doença de Alzheimer e das demências não apenas destaca a importância de políticas de saúde pública direcionadas a essa população específica, mas também sublinha a urgência de investimentos em pesquisas inovadoras, como aquelas que exploram o potencial da musicoterapia e do reconhecimento de emoções via EEG, como abordagens promissoras na promoção do bem-estar emocional em idosos e na busca por soluções para essas condições neurodegenerativas.

O potencial do uso de aprendizado de máquina na análise de sinais de EEG representa uma revolução significativa no campo da neurociência computacional e biomédica (AGGARWAL; CHUGH, 2022; HOUSSEIN; HAMMAD; ALI, 2022; IERACITANO et al., 2021; KAMBLE; GHARE; KUMAR, 2022). O eletroencefalograma (EEG) captura a atividade elétrica do cérebro, fornecendo uma riqueza de informações sobre processos cognitivos e emocionais. A aplicação de técnicas de aprendizado de máquina nesse contexto permite a extração de padrões complexos e a identificação de características sutis nos dados do EEG, contribuindo para avanços substanciais na compreensão de condições neurológicas, como demências (AGGARWAL; CHUGH, 2022; HOUSSEIN; HAMMAD; ALI, 2022; IERACITANO et al., 2021; KAMBLE; GHARE; KUMAR, 2022).

No âmbito do aprendizado de máquina, as redes neurais artificiais profundas têm se destacado como ferramentas poderosas para resolver problemas complexos (FIRDAUS; DIXIT, 2018;

ISLAM; CHEN; JIN, 2019; ALBAWI; MOHAMMED; AL-ZAWI, 2017; SHARMA; SINGH, 2017). Essas redes, inspiradas na estrutura do cérebro humano, consistem em camadas sucessivas de unidades computacionais interconectadas, conhecidas como neurônios. À medida que a informação é processada através dessas camadas, padrões hierárquicos e representações abstratas são automaticamente aprendidos, permitindo uma compreensão mais profunda e sofisticada dos dados.

As redes neurais profundas têm demonstrado sucesso em tarefas desafiadoras de aprendizado de máquina, incluindo reconhecimento de padrões em imagens, processamento de linguagem natural e, relevante para este contexto, análise de sinais biológicos complexos, como os obtidos do EEG (GUO; NEJATI; CHEUNG, 2017; SHARMA; SINGH, 2017; SCHUTTER, 2018; MA et al., 2015; GAO et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020b; SILVA-JUNIOR et al., 2019; GOMES; RODRIGUES; SANTOS, 2022; MENEZES et al., 2023a; SANTANA et al., 2023; GOMES et al., 2020; SANTANA et al., 2022; BARBOSA et al., 2020; SANTANA; SANTOS, 2022; SANTANA et al., 2022; MENEZES et al., 2023b; GOMES et al., 2023). Sua capacidade de representação hierárquica e de generalização torna-as especialmente adequadas para lidar com a complexidade inerente aos dados cerebrais (GUO; NEJATI; CHEUNG, 2017; SHARMA; SINGH, 2017; SCHUTTER, 2018; MA et al., 2015; GAO et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020b; SILVA-JUNIOR et al., 2019; GOMES; RODRIGUES; SANTOS, 2022; MENEZES et al., 2023a; SANTANA et al., 2023).

No que diz respeito à aprendizagem de transferência, essa abordagem representa uma estratégia valiosa para otimizar o treinamento de modelos baseados em redes neurais profundas. A aprendizagem de transferência envolve o uso de conhecimento adquirido em uma tarefa para melhorar o desempenho em outra tarefa relacionada, mesmo que as tarefas não sejam idênticas (ZHANG et al., 2020; BURRI et al., 2023; WAN et al., 2021; GOMES et al., 2023). Em contextos de redes neurais profundas, isso implica a utilização de arquiteturas neurais pré-treinadas em conjuntos de dados massivos, como ImageNet, para, posteriormente, ajustar esses modelos para tarefas específicas, como a classificação de padrões de EEG (ZHANG et al., 2020; BURRI et al., 2023; WAN et al., 2021).

A aprendizagem de transferência permite reduzir a complexidade do treinamento, uma vez que a rede neural profunda já adquiriu uma compreensão geral de características úteis durante a fase de pré-treinamento (ZHANG et al., 2020; BURRI et al., 2023; WAN et al., 2021). Isso é especialmente benéfico quando se lida com conjuntos de dados limitados ou tarefas específicas, como a classificação de emoções a partir de sinais de EEG em idosos. Assim, essa abordagem não apenas acelera o processo de treinamento, mas também melhora a capacidade

de generalização do modelo para novos dados, promovendo avanços significativos na aplicação prática dessas técnicas no contexto da saúde cerebral e do envelhecimento.

Até que ponto o reconhecimento de emoções por meio do eletroencefalograma (EEG) combinado com o uso de redes neurais artificiais profundas, em particular Lenet, Resnet, SqueezeNet e VGG, pode ser eficaz como suporte terapêutico para idosos, visando a prevenção ou redução do progresso da doença de Alzheimer e de outras demências por meio do auxílio aos terapeutas no reconhecimento preciso das emoções?

A hipótese subjacente a este trabalho é que a aplicação de técnicas avançadas de aprendizado de máquina, especificamente a combinação de reconhecimento de emoções por meio de EEG e o uso de redes neurais profundas, pode resultar em ferramentas precisas e robustas para a identificação de padrões relacionados a estados emocionais em idosos. Acreditamos que essas ferramentas têm o potencial de melhorar a eficiência e a eficácia dos processos terapêuticos, como a musicoterapia, ao oferecer insights mais precisos sobre o estado emocional dos indivíduos. Essa abordagem inovadora, alinhada com a análise de dados previamente coletados pelo Grupo de Pesquisa em Computação Biomédica, tem o propósito de fornecer suporte valioso para profissionais de saúde, contribuindo para intervenções terapêuticas mais personalizadas e eficientes no contexto do envelhecimento cognitivo e demências, com ênfase na doença de Alzheimer.

1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo principal investigar a eficácia do reconhecimento de emoções por meio do eletroencefalograma (EEG) e do aprendizado de máquina, utilizando redes neurais profundas e aprendizagem por transferência. A proposta é aplicar essas abordagens como suporte a processos terapêuticos lúdicos, como a musicoterapia, com o intuito de prevenir ou reduzir o progresso da doença de Alzheimer e outras demências em idosos. O estudo visa avaliar a aplicabilidade dessas técnicas como parte de intervenções preventivas e terapêuticas, explorando de que maneira a música e a análise de padrões cerebrais podem contribuir para melhorar a qualidade de vida e retardar os efeitos debilitantes associados ao envelhecimento cognitivo.

Como objetivos específicos, têm-se:

1. Realizar uma revisão abrangente da literatura sobre o uso de eletroencefalograma (EEG)

e aprendizado de máquina na identificação de padrões associados ao reconhecimento de emoções, com ênfase em estudos envolvendo idosos e demências.

2. Analisar a base de dados de EEG de pessoas idosas, previamente coletada pelo Grupo de Pesquisa em Computação Biomédica, identificando padrões específicos de atividade cerebral relacionados a diferentes estados emocionais.
3. Implementar experimentos computacionais utilizando redes neurais profundas, incluindo Lenet, Resnet, SqueezeNet e VGG, para a extração de atributos e o reconhecimento de emoções a partir dos dados de EEG.
4. Avaliar a performance das redes neurais profundas nos experimentos, utilizando métricas específicas de aprendizado de máquina, como precisão, sensibilidade e especificidade.
5. Explorar correlações entre padrões de atividade cerebral identificados e as emoções correspondentes, com foco na contribuição desses padrões para a compreensão do estado emocional em idosos.
6. Elaborar conclusões baseadas nos resultados dos experimentos, destacando insights sobre a viabilidade do reconhecimento de emoções por meio de EEG e a potencial aplicabilidade dessas técnicas no contexto de intervenções terapêuticas lúdicas.
7. Preparar a documentação e disseminar os resultados por meio de artigos científicos, contribuindo para o avanço do conhecimento na interseção entre computação biomédica, aprendizado de máquina e saúde mental em idosos.

1.3 ORGANIZAÇÃO

Esta dissertação está organizada da forma que segue: no capítulo 2 são apresentados os principais conceitos necessários para o entendimento pleno deste trabalho; no capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados que resumem o estado da arte da solução; no capítulo 4 é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho, do protocolo de coleta a aspectos da base de dados de EEG, das configurações de redes profundas às métricas de qualidade utilizadas; no capítulo 5 são apresentados os resultados de validação e teste, além das discussões relacionadas; por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões gerais, as

principais dificuldades encontradas neste trabalho, as principais contribuições para o estado da arte, e propostas de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A DOENÇA DE ALZHEIMER E DEMÊNCIAS

A doença de Alzheimer é a forma mais comum de demência, mas existem várias outras causas. A incidência crescente da demência está relacionada ao envelhecimento da população mundial. Com o aumento da expectativa de vida, mais pessoas estão entrando em faixas etárias em que a demência se torna mais prevalente. Isso coloca uma carga significativa nos sistemas de saúde e nas famílias, pois cuidar de pessoas com demência requer recursos consideráveis. Os custos econômicos associados à demência, conforme mencionado, são substanciais e incluem despesas médicas diretas, custos de cuidados de longo prazo e impactos econômicos decorrentes da perda de produtividade devido à doença (GOMIDE et al., 2022).

O relatório da Associação Internacional de Alzheimer de 2015 destaca a gravidade e o impacto crescente da demência, especialmente a doença de Alzheimer, em nível global. A cada 3,2 segundos, um novo caso de demência é detectado no mundo, com a previsão de que em 2050, esse número aumente para um novo caso a cada segundo. Essa rápida taxa de detecção reflete a urgência e a magnitude do problema. As projeções indicam que o número de pessoas com Alzheimer atingirá 65,7 milhões em 2030 e 115,4 milhões em 2050, sinalizando um aumento significativo na carga global da doença (DADALTO; CAVALCANTE, 2021).

A demência é uma síndrome caracterizada por um declínio progressivo da função cognitiva, que pode incluir perda de memória, dificuldades de raciocínio, julgamento comprometido e alterações no comportamento. Ela é causada por várias doenças de curso lento, evolutivo e de natureza crônica. O subtipo mais comum de demência é a doença de Alzheimer (DA), que corresponde à maioria dos casos diagnosticados. A doença de Alzheimer é uma condição neurodegenerativa que afeta principalmente os idosos, embora também possa ocorrer em pessoas mais jovens. Ela se caracteriza pela acumulação de placas de proteína beta-amiloide no cérebro, levando à morte progressiva das células nervosas. Isso resulta nos sintomas típicos da demência. O enfrentamento da demência envolve abordagens multidisciplinares, incluindo cuidados médicos, apoio aos cuidadores, pesquisa contínua e estratégias para melhorar a qualidade de vida das pessoas afetadas (MATTOS et al., 2020).

A doença de Alzheimer (DA) é caracterizada como uma proteinopatia dupla, apresentando um padrão generalizado, mas regionalmente específico, de placas beta-amiloides (A β) neuríticas e difusas intraparenquimatosas. Além disso, observa-se a presença de emaranhados

neurofibrilares, inicialmente intracitoplasmáticos e, posteriormente, extracelulares, acompanhados por perda sináptica, perda neuronal e gliose. Os emaranhados neurofibrilares consistem em depósitos de proteína tau hiperfosforilada, uma proteína estabilizadora de microtúbulos. Essas alterações patológicas são características da DA e contribuem para a progressão da doença, interferindo no funcionamento normal do cérebro. É importante destacar que as manifestações patológicas da DA geralmente coexistem com uma ou mais outras patologias, sendo a lesão cerebral isquêmica vascular e a demência com corpos de Lewy algumas das condições frequentemente associadas. Essa complexidade patológica pode complicar o quadro clínico e os sintomas observados em pacientes com DA (MOREIRA; MOREIRA, 2020). Embora não haja cura para o Alzheimer, além da educação em saúde, diferentes abordagens multiprofissionais podem ser adotadas para retardar o avanço e as despesas da doença: reabilitação, atividades físicas, terapias e outras intervenções. Esse cuidado multiprofissional é necessário desde o primeiro contato, onde é possível fazer a identificação precoce das dificuldades apresentadas, principalmente relacionadas às limitações funcionais. Como parte integrante dessa equipe de cuidados, a equipe de enfermagem é vista como um suporte aos cuidadores e pacientes, cabendo indispensavelmente promover essa gestão de cuidados. As orientações, elaboração de um plano de cuidado e elucidação das dúvidas, compreensão das necessidades e intervenções, bem como a avaliação dos cuidados prestados ao paciente, contribuem para a melhoria na vida das partes envolvidas (SILVA et al., 2023). A doença neurológica representa um desafio significativo para muitos idosos, uma vez que pode resultar em alterações na compreensão e outros problemas cognitivos. Essas deficiências abrangem desde confusão mental até demência senil, podendo, em casos mais graves, evoluir para a Doença de Alzheimer, o que pode causar quadros de inquietação e, por vezes, agressividade. Lidar com esses aspectos exige habilidade e conhecimento por parte da equipe de saúde, sendo essencial diferenciar os sinais de trauma neurológico de outras patologias neurológicas. A complexidade desses quadros neurológicos demanda uma abordagem multidisciplinar, envolvendo profissionais de diversas áreas da saúde. Além disso, é crucial realizar uma avaliação abrangente para identificar a origem dos sintomas e implementar estratégias de tratamento e cuidado adequadas (HAUSMANN, 2021).

Uma das características distintivas da doença de Alzheimer (DA) que impactam os idosos inclui a perda da memória, manifestando-se através de dificuldades na fala e déficits visuais e espaciais. Diversas alterações são observadas, tais como a incapacidade de reconhecer objetos, gostos, sons e outras sensações familiares (agnosia); uso inadequado de objetos (apraxia); incapacidade de lembrar o nome das coisas (anomia) e incapacidade de se expressar (afasia).

Na DA, a memória é particularmente comprometida, evidenciada pela dificuldade em aprender novas informações e na incapacidade de recordar com precisão o que foi aprendido anteriormente. Essa perda de memória pode variar desde esquecimentos simples até a progressão para a total incapacidade de recordar eventos recentes e passados. Esses sintomas impactam significativamente a qualidade de vida dos pacientes e representam um desafio tanto para eles quanto para seus cuidadores. O entendimento dessas características é crucial para o diagnóstico precoce e o desenvolvimento de estratégias de manejo que visem preservar a independência e a funcionalidade pelo maior tempo possível. Além disso, o suporte psicossocial e a adaptação do ambiente podem desempenhar um papel fundamental no cuidado e na qualidade de vida dos indivíduos afetados pela doença de Alzheimer (CARVALHO, 2023). Abordar os mecanismos imunológicos inflamatórios envolvidos na patogênese da doença de Alzheimer (DA) é crucial para estimular a pesquisa de novas terapias. Entender as complexas interações entre o sistema imunológico e o processo neurodegenerativo pode fornecer insights valiosos para o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes. A inflamação desempenha um papel significativo na progressão da DA, e compreender os detalhes moleculares desses processos é fundamental para identificar alvos terapêuticos. Modular as vias moleculares envolvidas no desenvolvimento da DA pode ser uma estratégia promissora para interferir no curso da doença. Uma abordagem terapêutica mais eficaz pode ser alcançada através da pesquisa de intervenções que visem atenuar a resposta inflamatória exacerbada no cérebro, reduzindo o estresse oxidativo e minimizando danos neuronais. Terapias imunomoduladoras e anti-inflamatórias são áreas de investigação promissoras que buscam equilibrar a resposta imunológica para proteger contra danos neuronais excessivos (MACHADO; CARVALHO; SOBRINHO, 2020).

Dessa forma, a equipe de saúde que presta assistência ao idoso com doença de Alzheimer (DA) precisa ampliar o suporte aos cuidadores familiares e desenvolver um plano de cuidados que promova a melhoria da qualidade de vida e evite transtornos emocionais decorrentes do processo de cuidar. A discussão é centrada não apenas no prognóstico da doença, mas também nos cuidados a serem oferecidos aos portadores de Alzheimer. Quanto mais precoce for o diagnóstico, mais significativos podem ser os efeitos a longo prazo. Destacar a importância da intervenção precoce não apenas beneficia diretamente o paciente, mas também alivia o ônus emocional e prático enfrentado pelos cuidadores familiares. O desenvolvimento de planos de cuidados personalizados, adaptados às necessidades específicas de cada paciente e seus cuidadores, é essencial para criar um ambiente de apoio eficaz (SILVA et al., 2022).

2.2 O PAPEL DA MUSICOTERAPIA NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE DEMÊNCIAS

Uma das intervenções não farmacológicas que tem sido objeto de estudo é a música, que parece atenuar alguns efeitos do envelhecimento no cérebro. A música é considerada uma das tarefas cognitivas mais complexas e exigentes que a mente enfrenta. Ao longo da última década, tem-se dedicado esforços à pesquisa do papel da música em relação à exploração da natureza e extensão da plasticidade cerebral. Estudos indicam que a prática musical regular pode ter efeitos benéficos na cognição, na memória e nas habilidades motoras, sugerindo que a música pode desempenhar um papel na promoção da plasticidade cerebral, mesmo em idades avançadas. A plasticidade cerebral refere-se à capacidade do cérebro de se adaptar e reorganizar em resposta a estímulos externos ou mudanças nas demandas do ambiente. Assim, a música emerge como uma ferramenta promissora na busca por estratégias não farmacológicas para preservar a saúde cerebral ao longo do envelhecimento. A compreensão desses efeitos pode abrir caminho para o desenvolvimento de intervenções musicais direcionadas que visam melhorar a qualidade de vida e a saúde cognitiva em populações mais idosas(CARVALHO, 2018).

A musicoterapia é uma forma de terapia alternativa que utiliza a música como seu principal elemento terapêutico. Esta abordagem tem como objetivo estimular mudanças nas áreas cognitiva, motora e de linguagem do paciente. A música, nesse contexto, atua como uma ferramenta terapêutica que pode ter efeitos positivos nas percepções motoras e habilidades linguísticas dos indivíduos. Um dos aspectos abordados pela musicoterapia é a memória autobiográfica, que se refere à capacidade de lembrar eventos específicos da vida do ser humano. A música tem o poder de evocar memórias pessoais e experiências passadas, muitas vezes relacionadas a emoções e sentimentos. Esse aspecto é particularmente relevante em contextos de doenças neurológicas, como a doença de Alzheimer, onde a memória autobiográfica pode ser afetada. Ao trabalhar a memória, a musicoterapia pode ser uma ferramenta valiosa para melhorar a qualidade de vida de pessoas com condições neurológicas, proporcionando estímulos positivos e conexões emocionais. Além disso, a abordagem holística da musicoterapia pode ter impactos positivos não apenas na esfera cognitiva, mas também no bem-estar emocional e social dos indivíduos. Embora seja considerada uma terapia alternativa, a musicoterapia é cada vez mais reconhecida como uma abordagem complementar em diversos contextos de cuidados de saúde, destacando-se por sua capacidade única de engajar e beneficiar os pacientes de maneiras significativas(CARVALHO, 2023).

De acordo com a definição da União Brasileira das Associações de Musicoterapia (UBAM),

a musicoterapia é caracterizada como um campo de conhecimento que investiga os efeitos da música e a utilização de experiências musicais no encontro entre o musicoterapeuta e as pessoas assistidas. Seu objetivo primário é promover, prevenir, reabilitar a saúde e transformar contextos sociais e comunitários, seja em intervenções individuais ou em grupo. A aplicação da música como complemento ao tratamento, reabilitação e prevenção de saúde dos pacientes tornou-se cada vez mais frequente. Essa abordagem reconhece o poder terapêutico da música, não apenas como uma forma de expressão artística, mas também como uma ferramenta capaz de influenciar positivamente aspectos emocionais, cognitivos e sociais. Ao criar um ambiente propício para a interação através da música, a musicoterapia visa melhorar a qualidade de vida dos indivíduos, promover a expressão emocional e facilitar a comunicação. O reconhecimento crescente da eficácia da musicoterapia tem levado à sua integração em diversos contextos de cuidados de saúde, destacando-se como uma prática versátil e valiosa no apoio ao bem-estar físico e emocional dos pacientes(SILVA; REIS; FONTES, 2023).

A música, por meio da disciplina da Musicoterapia, desempenha um papel de grande importância entre os idosos, especialmente no que se refere à experiência musical durante a infância e juventude. Através da música, os idosos têm a oportunidade de expressar seus sentimentos, tristezas, recordações, emoções e fatos que estão intrinsecamente ligados à sua identidade musical. A música oferece uma via única para os idosos compartilharem suas experiências de vida e se conectarem com suas memórias e emoções. Na prática da musicoterapia, a música serve como uma linguagem não verbal que facilita a comunicação, estabelecendo vínculos profundos sem depender exclusivamente das palavras. Ao explorar a musicalidade do passado, a musicoterapia possibilita que os idosos revivam momentos significativos de suas vidas, promovendo uma sensação de continuidade e conexão com a própria identidade. Além disso, a música oferece uma forma de expressão emocional que transcende as barreiras linguísticas, permitindo que os idosos comuniquem seus sentimentos de uma maneira mais ampla e acessível(TIAGO, 2021).

A aplicação da musicoterapia pode ocorrer de maneira individualizada ou em grupo. Além disso, podemos categorizar sua utilização em duas técnicas distintas: musicoterapia ativa e musicoterapia receptiva. Na musicoterapia ativa, os participantes são incentivados a se envolverem ativamente na produção musical. Isso pode incluir tocar instrumentos, cantar, compor ou participar de atividades musicais que promovem a expressão individual e a interação social. Essa abordagem busca estimular a criatividade, promover a auto expressão e fortalecer as habilidades motoras e cognitivas por meio da participação ativa dos indivíduos na criação

musical. Já na musicoterapia receptiva, os participantes são convidados a ouvir música de maneira mais passiva, permitindo que a música atue como estímulo para a reflexão, relaxamento e expressão emocional. Essa técnica pode envolver a audição de diferentes estilos musicais, discussões sobre as emoções evocadas pela música e exploração de memórias associadas a determinadas melodias. A musicoterapia receptiva visa criar um ambiente terapêutico onde a música serve como catalisador para a introspecção e a comunicação emocional. Ambas as abordagens, musicoterapia ativa e receptiva, oferecem benefícios terapêuticos únicos e podem ser adaptadas de acordo com as necessidades e preferências dos participantes. A escolha entre as técnicas dependerá dos objetivos terapêuticos específicos e das características individuais dos envolvidos (MIRADOURO, 2015). Os estímulos musicais têm a capacidade de ativar vias específicas em diversas áreas do cérebro associadas a comportamentos emocionais. Isso inclui áreas subcorticais, como os gânglios basais, núcleo accumbens, área tegmental ventral, amígdala, hipotálamo, hipocampo e cerebelo. Além disso, áreas corticais como o córtex cingulado, córtex insular, córtex pré-frontal medial e o córtex órbito-frontal também são influenciadas pelos estímulos musicais. É importante ressaltar que em pacientes portadores da doença de Alzheimer (DA), essas áreas do cérebro são afetadas de forma mais lenta em comparação com outras regiões relacionadas à memória. A música, por sua capacidade de envolver essas áreas cerebrais, pode desempenhar um papel significativo na ativação de processos cognitivos e emocionais em pacientes com DA. A compreensão desses efeitos neurobiológicos da música destaca a relevância da musicoterapia como uma abordagem terapêutica para pacientes com condições neurológicas, incluindo a DA. Ao utilizar estímulos musicais direcionados, é possível explorar e beneficiar as áreas preservadas do cérebro, proporcionando uma via alternativa de expressão e estimulação cognitiva (MIRADOURO, 2015).

No contexto do Alzheimer, as regiões estruturais do cérebro responsáveis pela função da memória e emoção passam por processos de perda ao longo da progressão da doença. Consequentemente, a memória tende a deteriorar-se. No entanto, observa-se que, mesmo com essa deterioração, a vida emocional, quando equilibrada, permite uma melhor distribuição das funções que ainda estão intactas. Curiosamente, muitos pacientes com Alzheimer demonstram manter uma memória musical preservada. Isso significa que, mesmo quando outras formas de memória estão comprometidas, a capacidade de lembrar e responder à música pode permanecer relativamente preservada. Essa observação ressalta a singularidade e a complexidade da relação entre a música e a cognição, especialmente em contextos de comprometimento cognitivo. A música, devido à sua capacidade de evocar emoções e memórias, pode proporcionar uma forma

de comunicação e expressão para os pacientes com Alzheimer, mesmo em estágios avançados da doença (FIGUEIREDO, 2019).

Em idosos com demência, a musicoterapia tem demonstrado melhorias significativas na ansiedade, apatia e agitação. No entanto, a melhora cognitiva permanece um ponto controverso. A influência da música na atenção do indivíduo à dor também é destacada, modulando a percepção do estímulo doloroso, conforme a teoria do portão da dor. A musicoterapia surge como uma intervenção relevante para aprimorar a qualidade de vida de pessoas com demência. Esses indivíduos enfrentam diariamente a difícil convivência com os sintomas da doença e suas diversas consequências negativas na esfera social. Portanto, o surgimento de uma opção terapêutica promissora, livre de efeitos adversos, pode representar uma esperança para que essas pessoas enfrentem de maneira mais suave as dificuldades associadas à sua condição. Ao abordar aspectos emocionais, comportamentais e até mesmo a percepção da dor, a musicoterapia se destaca como uma abordagem holística e acessível (BRAZOLOTO, 2021).

É fundamental destacar que, entre os sintomas do Alzheimer, a capacidade de socialização é gravemente comprometida. Nesse contexto, a música desempenha um papel crucial ao permitir o processo de interação social, proporcionando ao idoso uma sensação de pertencimento e possibilitando o resgate de sua identidade e valor cultural. A musicoterapia se torna uma ferramenta poderosa no percurso do tratamento para os idosos com Alzheimer. Isso ocorre porque ela oferece a oportunidade de estimular a afetividade, as emoções e as funções cognitivas por meio da música. Ao envolver os pacientes em atividades musicais e promover interações sociais por meio da música, a musicoterapia pode ajudar a mitigar os efeitos negativos do Alzheimer na esfera social e emocional dos indivíduos afetados. Além disso, a musicoterapia pode proporcionar momentos de prazer, conforto e conexão emocional, tanto para os pacientes quanto para seus cuidadores e familiares (SOUSA et al., 2021).

No processo musicoterapêutico, geralmente, são identificadas três fases distintas: avaliação, o tratamento em si e a evolução do tratamento. O principal objetivo desse processo é induzir mudanças significativas no estado de vida do participante por meio da escuta, intervenções e propostas. Isso é realizado ao compreender e atender às necessidades específicas do indivíduo, utilizando os potenciais singulares da música e do som. A relação desenvolvida durante as experiências musicais visa alterar o comportamento humano, auxiliando o participante a utilizar seu potencial máximo, comunicar sua singularidade e promover o aumento do seu bem-estar. A fase de avaliação é crucial para compreender as características individuais do participante, suas necessidades, preferências e desafios. Com base nessa avaliação, são desen-

volvidas intervenções personalizadas durante a fase de tratamento. Essas intervenções podem envolver atividades musicais, jogos sonoros, improvisação musical, entre outros, adaptados às necessidades específicas do indivíduo. A evolução do tratamento é monitorada para avaliar o impacto das intervenções ao longo do tempo. O objetivo final é alcançar mudanças positivas no bem-estar e na qualidade de vida do participante (NEMES et al., 2017).

2.3 RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES EM PESSOAS IDOSAS

O reconhecimento emocional é uma habilidade fundamental para os seres humanos, relacionada à capacidade de identificar com precisão e interpretar o estado emocional de seus parceiros sociais. Essa competência desempenha um papel crucial na facilitação da comunicação, interação social e na habilidade de inferir e reconhecer estados emocionais, principalmente por meio de sinais não verbais. Essa competência socioemocional central vai além da monitorização do próprio estado emocional, incluindo também a capacidade de perceber e compreender as emoções vividas por outros indivíduos. Comportamentos não verbais, como expressões faciais, postura, gestos e tom de voz, desempenham um papel central na expressão dessas emoções. Embora várias formas de comportamento não verbal sejam importantes, as expressões faciais têm recebido destaque significativo na literatura, visto que são elementos essenciais nas interações sociais e na comunicação não verbal. As expressões faciais oferecem uma rica fonte de informações sobre o estado emocional de uma pessoa, suas intenções e até mesmo suas reações aos eventos do ambiente circundante. A observação atenta das expressões faciais permite inferir nuances emocionais, contribuindo para uma compreensão mais profunda das interações sociais. Dessa forma, o reconhecimento emocional, fundamentado em sinais não verbais, desempenha um papel vital na construção e manutenção de relações interpessoais (CORTEZ, 2021).

Diversos estudos conduzidos para avaliar o impacto do envelhecimento no reconhecimento emocional têm consistentemente revelado um declínio significativo na capacidade de categorização correta de expressões faciais negativas em idades mais avançadas. Especificamente, há uma tendência de dificuldade no reconhecimento das emoções de medo, tristeza, raiva e até mesmo expressões neutras. Em contrapartida, alguns estudos destacam uma vantagem dos adultos idosos em relação aos adultos mais jovens no reconhecimento de emoções como nojo, alegria e surpresa. É importante observar que muitos desses estudos avaliam o reconhecimento emocional por meio de estímulos faciais, predominantemente utilizando estímulos estáticos.

Essa abordagem pode influenciar a percepção dos elementos emocionais, uma vez que, na vida cotidiana, as pessoas geralmente recebem informações de seus interlocutores de maneira dinâmica. Isso inclui sinais verbais, linguagem corporal, mudanças no tom de voz e o desenvolvimento contínuo das emoções ao longo do tempo. Ao considerar a natureza dinâmica das interações sociais e a diversidade de informações emocionais transmitidas de forma contínua, é possível compreender melhor a complexidade do reconhecimento emocional em contextos do dia a dia. A adaptação de estudos para incorporar elementos mais dinâmicos pode contribuir para uma compreensão mais abrangente das mudanças no reconhecimento emocional associadas ao envelhecimento (LAWRIE; JACKSON; PHILLIPS, 2018).

O processo de envelhecimento é marcado por uma série de alterações fisiológicas, perceptuais e cognitivas que podem influenciar negativamente o reconhecimento de expressões faciais das emoções. Fisiologicamente, ocorrem mudanças no sistema nervoso, na musculatura facial e em outros processos bioquímicos que afetam a forma como as emoções são expressas e percebidas. A nível perceptual, alterações na visão, como a redução na acuidade visual e na percepção de contraste, podem impactar a capacidade de discernir detalhes sutis nas expressões faciais. Além disso, as alterações na capacidade auditiva também podem influenciar a interpretação adequada das emoções, especialmente aquelas que envolvem variações no tom de voz. Do ponto de vista cognitivo, o envelhecimento está associado a mudanças na velocidade de processamento, na atenção e na memória. Essas alterações podem resultar em dificuldades para processar rapidamente e interpretar corretamente as informações emocionais transmitidas pelas expressões faciais. Além disso, a deterioração cognitiva pode afetar a capacidade de discriminar entre diferentes emoções e de atribuir significado a essas expressões. Portanto, é crucial considerar essas diversas alterações no contexto do envelhecimento ao abordar o reconhecimento de expressões faciais das emoções (FERREIRA; TORRO-ALVES, 2017).

Enquanto os modelos neurais e cognitivos do envelhecimento tendem a enfatizar as perdas associadas à idade, que por sua vez resultam em um desempenho social inferior, as teorias socioemocionais, como a Teoria Sócio Emocional Seletiva (TSS), direcionam a atenção para possíveis ganhos ou mudanças qualitativas nesse processo. A TSS, uma teoria de desenvolvimento da motivação ao longo do ciclo de vida, baseia-se na capacidade humana de monitorar o tempo e ajustar os horizontes temporais à medida que a idade avança. Nessa perspectiva, os horizontes temporais desempenham um papel fundamental nos processos motivacionais e cognitivos, incluindo atenção e memória. A TSS sugere que, à medida que as pessoas envelhecem, suas prioridades mudam, e a percepção do tempo torna-se uma força motivacional

que influencia suas escolhas e comportamentos. Essa mudança de foco pode resultar em uma alocação de recursos cognitivos para aspectos mais significativos e emocionalmente relevantes da vida. Ao considerar as mudanças na motivação ao longo do ciclo de vida, a TSS destaca a capacidade adaptativa das pessoas mais velhas em ajustar suas perspectivas e prioridades, o que pode levar a uma melhor compreensão e gestão das interações sociais. Em vez de se concentrar exclusivamente nas perdas, essa abordagem reconhece a complexidade do envelhecimento, sugerindo que mudanças motivacionais podem contribuir para uma qualidade de vida satisfatória mesmo em face de desafios cognitivos associados à idade (CORTEZ, 2021).

A música tem capacidade de evocar emoções e tem influência nos padrões morais, remetendo a uma passagem de Platão em "A República". Segundo o filósofo, certos modos específicos de escalas musicais poderiam produzir traços morais distintos em indivíduos. Embora haja teorias divergentes, há concordância no que diz respeito à audição de músicas agradáveis, que parece recrutar regiões cerebrais relacionadas ao sistema de recompensa. Essa ativação é comparada à resposta observada no uso de drogas, e estudos que mediram a condutância da pele durante a audição de músicas agradáveis mostraram atividade na área do sistema límbico e paralímbico, associadas à recompensa e ao bem-estar geral do indivíduo. Isso inclui momentos em que ocorre o fenômeno conhecido como "arrepio" (FERREIRA; FAUSTINO, 2020).

A capacidade regulatória da música sobre as emoções têm sido cada vez mais reconhecida como uma alternativa eficaz na implementação de terapias complementares para distúrbios como a depressão e o Parkinson. Essa abordagem é fundamentada em evidências científicas que demonstram a ativação de regiões cerebrais específicas, como o hipocampo e o sistema dopaminérgico, em resposta à música. O hipocampo desempenha um papel crucial na regulação do humor e da memória, e a estimulação dessa região por meio da música pode contribuir para o alívio dos sintomas depressivos. Além disso, a música tem o potencial de promover a liberação de dopamina, um neurotransmissor associado ao prazer e à motivação, o que pode ser especialmente benéfico no tratamento da depressão, que muitas vezes está relacionada a desregulação no sistema dopaminérgico. Portanto, ao compreender os mecanismos neurobiológicos envolvidos na resposta à música, é possível desenvolver estratégias terapêuticas mais eficazes e personalizadas para o tratamento de distúrbios neurológicos e psiquiátricos. A integração da música como uma forma de terapia complementar representa uma abordagem promissora baseada em evidências para melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos pacientes (JUSLIN; LAUKKA, 2003).

As experiências musicais desempenham um papel fundamental no processo de aprendiza-

gem, contribuindo para o desenvolvimento global das pessoas. Além de proporcionar conhecimento técnico e estético, a música também desencadeia a ressignificação de conflitos sociais e emocionais, ocorrendo durante o contato com esse meio artístico. Esta ressignificação possibilita uma compreensão mais profunda das manifestações sonoro-musicais e corporais, abrindo caminho para a superação de traumas. Os discursos musicais envolvem uma série de elementos, incluindo simetria, repetição e imitação. Estes aspectos estão interligados, exigindo a interdependência de componentes cognitivos e emocionais coordenados pelos sistemas auditivos, visuais e motores. Em uma performance musical, há a necessidade de um plano cognitivo que estabeleça a comunicação do discurso musical durante a interpretação, bem como um plano físico que execute essa interpretação. Em outras palavras, a música e a cognição estão intrinsecamente entrelaçadas, proporcionando inúmeras facetas a serem exploradas, como o texto musical, a percepção de fatores psicoacústicos, a perspectiva gramatical, a linguagem, entre outros. A complexidade da relação entre música e cognição destaca-se na multidimensionalidade desses fenômenos. A música não apenas envolve a compreensão de elementos teóricos, mas também estimula aspectos emocionais e sensoriais (JESUS; VAGETTI; FERREIRA, 2023).

O reconhecimento emocional por meio de expressões faciais e entonação vocal tem sido extensivamente explorado, enquanto o reconhecimento através de bioassinais, devido à sua grande variabilidade entre indivíduos, ainda é pouco explorado. Os bioassinais referem-se a sinais fisiológicos originados no Sistema Nervoso Autônomo. Esses sinais não podem ser intencionalmente dissimulados, o que representa uma das vantagens dessa forma de modulação sensorial. Além disso, os bioassinais são independentes de cultura, ao contrário das expressões faciais, por exemplo, que podem variar entre culturas, com algumas sendo mais expressivas do que outras. A exploração do reconhecimento emocional por meio de bioassinais apresenta desafios devido à grande variabilidade individual desses sinais. No entanto, essa abordagem oferece a vantagem de ser mais difícil de ser manipulada conscientemente, tornando-a potencialmente mais confiável em certos contextos. Além disso, a independência cultural dos bioassinais pode representar uma vantagem em situações onde a expressão facial pode ser influenciada por normas culturais específicas. Assim, embora ainda pouco explorado em comparação com outras modalidades de reconhecimento emocional, o uso de bioassinais representa uma área promissora de pesquisa, oferecendo uma abordagem única e potencialmente mais objetiva para compreender e identificar estados emocionais (CARDOSO, 2019).

2.4 PRINCÍPIOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA

A aprendizagem de máquina é um subcampo da inteligência artificial voltado para o desenvolvimento de algoritmos e técnicas que possibilitam ao computador aprender. A abordagem da aprendizagem de máquina se diferencia da programação tradicional, na qual as instruções são explicitamente fornecidas para que a máquina execute uma tarefa específica. No contexto da aprendizagem de máquina, os algoritmos são projetados para aprender padrões e realizar ações com base em dados, experiências anteriores e feedback do ambiente. Essa capacidade de aprender com a experiência e melhorar o desempenho ao longo do tempo tem aplicações em uma ampla gama de domínios, desde reconhecimento de padrões e processamento de linguagem natural até jogos estratégicos e diagnósticos médicos. A aprendizagem de máquina tem desempenhado um papel fundamental no avanço da inteligência artificial, proporcionando soluções adaptáveis e mais eficientes para uma variedade de problemas complexos (MEDEIROS, 2019).

Um ramo da Inteligência Artificial, conhecido como Aprendizado de Máquina (Machine Learning em inglês), tem desempenhado um papel significativo no avanço da compreensão e aplicação de diversos tópicos. O Aprendizado de Máquina se destaca por sua abordagem em investigar como as máquinas podem adquirir conhecimento de maneira autônoma, por meio da extração de padrões a partir de conjuntos de dados. Nesse contexto, as máquinas são treinadas para identificar regularidades e tendências nos dados fornecidos, permitindo que elas generalizem e façam previsões ou tomem decisões com base nesse conhecimento adquirido. Isso representa uma mudança fundamental em relação à programação tradicional, onde as regras são explicitamente definidas pelos programadores. O Aprendizado de Máquina tem sido aplicado em uma variedade de campos, desde reconhecimento de padrões e processamento de linguagem natural até diagnósticos médicos e veículos autônomos. Seu potencial reside na capacidade de lidar com grandes volumes de dados e aprender automaticamente com essas informações, adaptando-se a novas situações e refinando suas previsões ao longo do tempo (ALPAYDIN, 2014).

Considerado um campo da ciência computacional, o aprendizado de máquina tem como objetivo desenvolver métodos eficientes de reconhecimento de padrões. Esses métodos são projetados para obter resultados eficazes, levando em consideração o problema específico em questão e os dados disponíveis para análise. O reconhecimento de padrões refere-se à capacidade de descobrir automaticamente regularidades dentro de um conjunto de dados. Essas

regularidades são então utilizadas para tomada de decisão, predição ou separação de dados. O processo de descoberta de padrões tem como finalidade identificar aspectos relevantes do conjunto de dados em questão, fornecendo insights valiosos para a análise e compreensão dos dados. Em resumo, o aprendizado de máquina busca criar algoritmos e modelos capazes de aprender a reconhecer padrões nos dados de forma automática e eficiente. Essa abordagem tem aplicações em diversos campos, como reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural, diagnósticos médicos, entre outros, contribuindo para avanços significativos na capacidade das máquinas em lidar com tarefas complexas de análise e tomada de decisão (SIMEONE, 2018).

O avanço contínuo do aprendizado de máquina, que possibilita que os computadores tomem decisões sem estar explicitamente programados para cada situação, tem sido especialmente notável. O princípio fundamental do aprendizado de máquina reside na capacidade de permitir que grandes quantidades de dados determinem algoritmos e soluções para problemas específicos, muitas vezes complexos. Esse progresso, aliado a outras áreas tecnológicas, está viabilizando a automação de tarefas que, por muito tempo, foram consideradas impossíveis de serem realizadas por máquinas. No contexto dos carros autônomos, por exemplo, algoritmos de aprendizado de máquina são treinados com enormes conjuntos de dados para reconhecer padrões de tráfego, sinais e comportamentos, permitindo que o veículo tome decisões em tempo real. Da mesma forma, o reconhecimento de voz utiliza modelos de aprendizado de máquina para interpretar e responder a comandos verbais, tornando os assistentes de voz uma realidade cotidiana. Além disso, na área da biologia, o aprendizado de máquina tem contribuído para avanços na análise do genoma humano, auxiliando na identificação de padrões complexos e na compreensão de informações genéticas. O impacto do aprendizado de máquina transcende fronteiras, impulsionando a automação e a capacidade das máquinas de lidar com tarefas desafiadoras, abrindo caminho para inovações significativas em diversos setores (SIMAS; BETIOL, 2021).

As técnicas de Aprendizado de Máquina são orientadas a dados, o que significa que elas aprendem automaticamente a partir de grandes volumes de dados. Os algoritmos de Aprendizado de Máquina são projetados para gerar hipóteses a partir desses dados. Existem três tipos principais de Aprendizado de Máquina: Supervisionado, Não Supervisionado e por Reforço. No aprendizado supervisionado, o modelo é treinado com um conjunto de dados rotulado, onde as entradas e suas correspondentes saídas desejadas são conhecidas. No aprendizado não supervisionado, o modelo é alimentado com dados não rotulados e deve descobrir padrões ou

estruturas por conta própria. O aprendizado por reforço envolve o treinamento de um modelo por meio de interações com um ambiente, recebendo recompensas ou penalidades com base em suas ações. Esses diferentes tipos de Aprendizado de Máquina permitem abordagens flexíveis para lidar com uma variedade de tarefas e desafios, contribuindo para a capacidade das máquinas de aprender e adaptar-se a diferentes contextos (LUDERMIR, 2021).

2.5 APRENDIZAGEM PROFUNDA E TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM

A aprendizagem profunda, ou deep learning, tem se tornado uma tecnologia amplamente aplicada em diversas áreas. Seu uso abrange desde a visão computacional para reconhecimento facial, veicular e de estradas, até a detecção de comportamentos suspeitos, como nas caixas self-checkout de supermercados. Além disso, é empregada no reconhecimento automático de fala e no processamento de linguagem natural em assistentes digitais. Outras aplicações relevantes incluem a digitalização de documentos e a cibersegurança, onde a aprendizagem profunda é utilizada para identificar padrões de ataques DoS em sistemas informáticos vitais, como centrais elétricas e instituições financeiras. A versatilidade dessa abordagem tem impulsionado avanços significativos em automação, eficiência e segurança em diversas áreas, representando uma integração notável da inteligência artificial nas atividades cotidianas e críticas (HORTA, 2021).

A Aprendizagem Profunda, também conhecida como Deep Learning (termos derivados da expressão em inglês Deep Learning), é uma subárea do Aprendizado de Máquina que utiliza redes neurais com dezenas ou até centenas de camadas sucessivas de processamento não linear para extrair e transformar atributos de entrada em modelos preditivos. Em resumo, as redes neurais profundas possuem uma estrutura matemática que aprende representações em vários estágios: as camadas mais próximas aos dados aprendem características simples, enquanto as camadas de nível superior aprendem características mais complexas, derivadas das camadas anteriores. Embora os modelos de Aprendizagem Profunda sejam comumente chamados de redes neurais, eles se originaram como modelos de Aprendizado de Máquina inspirados em neurônios biológicos. A flexibilidade dessas estruturas as torna ideais para lidar com tarefas complexas, principalmente aquelas que envolvem dados não estruturados, como imagens, sons, vídeos e textos. Essa capacidade de lidar com dados de alta dimensionalidade e extrair padrões complexos fez da Aprendizagem Profunda uma ferramenta poderosa em uma variedade de campos, incluindo visão computacional, processamento de linguagem natural,

reconhecimento de voz e muito mais (ROSA, 1993).

Essas redes neurais profundas consistem em várias camadas de unidades de processamento, permitindo que aprendam a representar dados em níveis crescentes de abstração. Durante o processo de treinamento, uma quantidade substancial de dados geralmente é empregada. Nesse procedimento, os pesos e as conexões entre as unidades de processamento da rede são ajustados para aprimorar suas capacidades de previsão. O foco principal da Aprendizagem Profunda reside na capacidade dessas redes neurais de aprender automaticamente a partir de dados complexos, identificando padrões e características relevantes para a tarefa em questão. Essa abordagem tem sido particularmente eficaz em tarefas que envolvem grandes conjuntos de dados, como reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural e outras aplicações de análise de dados complexos. O processo de ajuste dos pesos durante o treinamento é essencial para otimizar o desempenho da rede, tornando-a capaz de generalizar e realizar previsões precisas em novos dados (COELHO,).

A aprendizagem de máquina é uma disciplina que capacita sistemas a extrair um modelo geral a partir dos dados. Essa abordagem envolve algoritmos que são treinados em conjuntos de dados para identificar padrões, relações e informações relevantes. O objetivo principal é desenvolver modelos que possam generalizar seus conhecimentos, possibilitando a aplicação bem-sucedida em novos conjuntos de dados não utilizados durante o treinamento. Durante o processo de aprendizagem de máquina, os algoritmos ajustam seus parâmetros com base nos exemplos fornecidos nos dados de treinamento, permitindo-lhes adaptar-se a diferentes cenários. A capacidade de extrair um modelo geral é crucial para que esses sistemas possam fazer previsões ou tomar decisões precisas em situações do mundo real, oferecendo soluções eficazes para uma ampla gama de problemas em diversos domínios, como visão computacional, processamento de linguagem natural e análise de dados complexos (LEONARDO; FARIA, 2019).

A transferência de aprendizagem aborda o desafio de permitir que os domínios, tarefas e distribuições de dados utilizados para treinamento sejam diferentes dos dados de teste. Essa situação reflete o cenário do dia-a-dia, em que os indivíduos aplicam seu conhecimento em diferentes áreas para auxiliar em suas decisões. Por exemplo, a capacidade de reconhecer maçãs pode facilitar a capacidade de um indivíduo em reconhecer outras frutas, como laranjas. Esse processo de transferência de conhecimento de uma tarefa ou domínio para outra é essencial para a adaptação e generalização do aprendizado em uma variedade de contextos e situações do mundo real. Na transferência de aprendizagem, existem três focos principais de investigação. O primeiro foco está na transferência de conhecimento entre tarefas relacio-

nadas, onde o aprendizado em uma tarefa é aplicado diretamente a uma tarefa similar. O segundo foco envolve a transferência de conhecimento entre domínios, onde o aprendizado em um domínio é utilizado em um domínio diferente, possivelmente com diferentes conjuntos de dados ou características. O terceiro foco é na transferência de conhecimento entre arquiteturas de modelo, onde um modelo treinado em uma arquitetura é adaptado para ser utilizado em outra arquitetura, potencialmente mais eficiente ou adequada para a nova tarefa. Esses três focos de investigação são fundamentais para entender e aproveitar ao máximo o potencial da transferência de aprendizagem em uma variedade de contextos e aplicações (PAN; YANG, 2010).

A Transferência de Aprendizagem é uma técnica utilizada para aprimorar a eficiência do treinamento de classificadores de imagens sem depender fortemente de conjuntos de dados de treinamento extensivos. Essa abordagem envolve a reutilização dos pesos aprendidos por um modelo pré-treinado em um grande banco de dados de imagens para realizar uma tarefa específica, como distinguir entre cães e gatos. Essa mesma técnica pode ser aplicada a outra tarefa, como diferenciar exames de fundo de olho com ou sem glaucoma. A eficácia desse método é viável devido à similaridade nas características aprendidas pelas camadas inferiores do modelo, como as camadas de convolução e de subamostragem. Essas camadas costumam aprender características fundamentais, como linhas e arestas, que podem ser relevantes para uma variedade de tarefas relacionadas. Embora a aparência de imagens médicas possa diferir consideravelmente de imagens não médicas, diversos estudos indicam as vantagens da utilização da Transferência de Aprendizagem nesses contextos (BARROS, 2023).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

3.1 ESTADO DA ARTE DO RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES

O estado da arte em reconhecimento de emoções é caracterizado por uma variedade de abordagens e tecnologias inovadoras. Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) destacam o uso de sinais de EEG para reconhecimento de emoções, com foco no tipo de estímulo, tamanho do estudo, hardware e classificadores de aprendizado de máquina. Pal, Mukhopadhyay e Suryadevara (2021) discutem o desenvolvimento e o progresso em sensores e tecnologias para reconhecimento de emoções humanas, enfatizando a necessidade de sistemas escaláveis, robustos, eficientes e confiáveis. Meyer et al. (2019) fornecem uma visão geral da medição e reconhecimento de emoções móveis, observando o uso crescente de registro baseado em dados ópticos e vitais. Fathalla e Al-Shehri (2020) oferecem uma revisão abrangente do processo de reconhecimento de emoções, incluindo métodos baseados em EEG e o uso de classificadores como máquinas de vetores de suporte e redes neurais profundas. Apesar desses avanços, desafios como escalabilidade, segurança e privacidade continuam sendo questões importantes no campo.

Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) apresentam uma revisão narrativa da literatura sobre o reconhecimento de emoções com base em eletroencefalografia (EEG). O artigo começa com uma introdução ao reconhecimento de emoções e à EEG, seguidos por uma discussão sobre as tendências atuais e oportunidades nesta área. A revisão da literatura é organizada em torno de três tópicos principais:

1. Avaliação de desempenho: O artigo discute os diferentes métodos de avaliação de desempenho usados no reconhecimento de emoções com base em EEG. Esses métodos incluem precisão, taxa de recuperação, tempo de resposta e outros.
2. Desafios: O artigo discute os desafios enfrentados pelo reconhecimento de emoções com base em EEG. Esses desafios incluem a variabilidade individual, a complexidade das emoções e a falta de dados de treinamento.
3. Oportunidades: O artigo discute as oportunidades para o reconhecimento de emoções com base em EEG. Essas oportunidades incluem o desenvolvimento de novos métodos de avaliação de desempenho, a redução da variabilidade individual e o aumento da disponibilidade de dados de treinamento.

O artigo conclui com uma discussão sobre as implicações do reconhecimento de emoções com base em EEG para a engenharia biomédica. O artigo sugere que o reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para uma variedade de aplicações na engenharia biomédica, incluindo:

1. Diagnóstico e tratamento de doenças: O reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para diagnosticar e tratar doenças que afetam as emoções. Por exemplo, o reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para identificar pessoas com depressão ou ansiedade.
2. Desenvolvimento de novos dispositivos médicos: O reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para desenvolver novos dispositivos médicos que monitorem e respondam às emoções dos pacientes. Por exemplo, o reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para desenvolver dispositivos que dispensem medicamentos automaticamente quando o paciente está sentindo dor.
3. Melhoria da qualidade de vida: O reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para melhorar a qualidade de vida das pessoas. Por exemplo, o reconhecimento de emoções com base em EEG pode ser usado para desenvolver sistemas que ajudam as pessoas com deficiências a se comunicar e interagir com o mundo ao seu redor.

Pal, Mukhopadhyay e Suryadevara (2021) oferecem uma revisão abrangente do desenvolvimento e progresso em sistemas e tecnologias de reconhecimento de emoções humanas. O resumo destaca a tendência crescente da comunicação interpessoal por plataformas online e a necessidade de sistemas de reconhecimento de emoções humanos eficientes e interativos. Os objetivos do artigo incluem revisar os sensores de ponta usados para reconhecimento de emoções humanas, discutir os desafios de design e explorar as tendências atuais e futuras direções de pesquisa.

O artigo de Pal, Mukhopadhyay e Suryadevara (2021) apresenta vários tipos de sensores usados para reconhecimento de emoções, como câmeras, voz, movimentos corporais, biossensores, EEG e ECG (eletrocardiograma). Ele discute diferentes metodologias e técnicas empregadas para reconhecimento de emoções, incluindo processamento de linguagem natural, aprendizado de máquina, visão computacional e IA (inteligência artificial). O artigo também aborda desafios de design relacionados a restrições de recursos, segurança, privacidade e escalabilidade.

As principais conclusões do artigo enfatizam o potencial das tecnologias de IA, ML (*machine learning*, aprendizado de máquina) e VR (*virtual reality*, realidade virtual) no avanço dos sistemas de reconhecimento de emoções humanas e a necessidade de sistemas descentralizados e seguros (PAL; MUKHOPADHYAY; SURYADEVARA, 2021). Os pontos fortes do trabalho incluem a revisão abrangente de sensores, metodologias e desafios, bem como a exploração de futuras direções de pesquisa (PAL; MUKHOPADHYAY; SURYADEVARA, 2021).

O trabalho de Meyer et al. (2019) aborda o cenário atual da medição e reconhecimento de emoções em dispositivos móveis, reconhecendo a importância crescente da inteligência artificial emocional. Utilizando uma análise literária estruturada com a declaração PRISMA, o estudo coleta e classifica 59 artigos relevantes, oferecendo uma visão abrangente do estado atual e tendências futuras na gravação de emoções em dispositivos móveis.

A introdução destaca a transformação digital, evidenciando a mudança para o ambiente digital, impulsionada por banda larga, dispositivos móveis e novos produtos digitais (MEYER et al., 2019). A relação entre essa transformação e a criação de novos valores para aprimorar a interação com o usuário é mencionada (MEYER et al., 2019). Destaca-se o papel significativo de smartphones e wearables na oferta de novas possibilidades de serviços, influenciando o comportamento do usuário (MEYER et al., 2019).

A motivação do estudo reside na crescente inteligência dos sistemas de informação e na necessidade crucial de medir e reconhecer emoções para aprimorar a interação humano-máquina. Destaca-se a proliferação de sensores em dispositivos móveis, capacitando a coleta de dados sobre o usuário, incluindo estados emocionais (MEYER et al., 2019). O foco no estado emocional como uma informação de grande valor é destacado (MEYER et al., 2019).

O problema central é a falta de um panorama claro no campo da medição de emoções em dispositivos móveis devido à ausência de padrões e às numerosas possibilidades de medição (MEYER et al., 2019). Isso leva à necessidade de uma análise literária sistemática para categorizar a literatura relevante e fornecer uma visão abrangente (MEYER et al., 2019).

Utilizando a declaração PRISMA, o estudo realiza uma análise literária estruturada. Foram identificados 59 artigos em bases de dados relevantes, categorizando-os em quatro principais áreas de medição emocional (MEYER et al., 2019). O aumento nas publicações ao longo do tempo é destacado, com um aumento particular nas áreas de gravação óptica e baseada em dados vitais (MEYER et al., 2019).

Os resultados revelam uma evolução significativa na velocidade e precisão da medição emocional em todas as categorias ao longo do tempo. Destacam-se as áreas de gravação

óptica e baseada em dados vitais, indicando um interesse crescente nesses métodos (MEYER et al., 2019).

O estudo de Meyer et al. (2019) fornece uma visão consolidada do estado atual da medição de emoções em dispositivos móveis, identificando tendências e categorizando a literatura existente. O aumento significativo nas publicações sugere um interesse crescente na área, especialmente em métodos ópticos e baseados em dados vitais.

Meyer et al. (2019) destacam o papel crucial das emoções na interação humano-dispositivo, enfatizando o potencial dos dispositivos móveis para medir e reconhecer estados emocionais. A categorização abrangente e a análise temporal oferecem uma perspectiva valiosa para pesquisadores e profissionais interessados no avanço dessa área.

Fathalla e Al-Shehri (2020) abordam o campo da computação afetiva, que visa criar sistemas inteligentes capazes de interagir emocionalmente com os usuários. A motivação central reside na busca por experiências eficazes de computação afetiva, onde a detecção precisa de emoções é fundamental. O reconhecimento de emoções, abrangendo modalidades humanas como expressão facial, voz, linguagem corporal e parâmetros biológicos, é crucial para o desenvolvimento de sistemas emocionalmente inteligentes.

O problema destacado é a necessidade de reconhecer emoções com precisão em diversas modalidades, incluindo parâmetros biológicos como atividade eletrodermal, padrões respiratórios, condutância da pele e até mesmo ondas cerebrais (EEG) (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020). O desafio está em abordar essa diversidade de modalidades e garantir a acurácia na detecção emocional (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020).

A metodologia do artigo é de revisão, fornecendo uma visão abrangente do processo de reconhecimento emocional, suas metodologias e métodos (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020). O foco é no reconhecimento baseado em EEG, exemplificando os passos necessários, desde a captura dos sinais EEG durante o processo de elicitación emocional, até a extração de características usando técnicas como *Empirical Mode Decomposition* (EMD) e *Variational Mode Decomposition* (VMD) (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020). A classificação emocional é destacada, utilizando diferentes classificadores, incluindo máquina de vetor de suporte (*Support Vector Machine*, SVM) e redes neurais profundas (*Deep Neural Network*, DNN) (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020).

O artigo oferece uma análise abrangente das abordagens de reconhecimento de emoções em computação afetiva, com ênfase especial no reconhecimento baseado em EEG (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020). Destaca-se a importância da detecção precisa em várias modalidades e a aplicação de técnicas avançadas de processamento de sinais para a extração de características

relevantes (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020).

As conclusões ressaltam a complexidade do reconhecimento emocional, sublinhando a necessidade de abordagens multifacetadas para lidar com as diversas modalidades (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020). A revisão destaca a eficácia do reconhecimento baseado em EEG, mas também reconhece desafios contínuos, incluindo a escolha adequada de classificadores para uma classificação emocional precisa (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020).

O artigo destaca a importância crescente da computação afetiva na interação humano-máquina e resalta a aplicabilidade do reconhecimento baseado em EEG como uma abordagem promissora (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020). Além disso, enfatiza a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento para superar desafios técnicos e aprimorar a eficácia dos sistemas de computação afetiva (FATHALLA; AL-SHEHRI, 2020).

Ley, Egger e Hanke (2019) abordam a crescente interesse na automação do reconhecimento de emoções baseado em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), destacando suas aplicações potenciais em diversas áreas. Reconhecer emoções tem implicações cruciais na interação humano-computador, na segurança ao lidar com máquinas e veículos, no setor de e-saúde para monitoramento do estado mental dos pacientes e na previsão de emoções em pacientes incapazes de expressá-las. A motivação central é explorar métodos existentes de reconhecimento de emoções e avaliar sua eficácia em cenários específicos, como e-saúde e assistência a idosos.

O problema central abordado é a variabilidade de métodos existentes para o reconhecimento de emoções baseado em TIC, variando em precisão, usabilidade, aplicação e número de emoções detectáveis (LEY; EGGER; HANKE, 2019). O artigo se concentra na avaliação de ferramentas de reconhecimento de emoções baseadas em características faciais e vocais, especialmente em interações de voz. A questão da usabilidade desses métodos em e-saúde e cuidados a idosos é explorada, ressaltando a importância prática dessas tecnologias (LEY; EGGER; HANKE, 2019).

O artigo utiliza uma metodologia que combina revisão e avaliação de métodos existentes para reconhecimento de emoções (LEY; EGGER; HANKE, 2019). Uma série de ferramentas é testada em um estudo de caso envolvendo 20 participantes expostos a vídeos afetivos. As características faciais e vocais são avaliadas quanto à usabilidade em contextos específicos, como e-saúde e cuidados a idosos (LEY; EGGER; HANKE, 2019).

Os resultados indicam que o reconhecimento facial apresenta melhor desempenho na detecção da emoção "felicidade", enquanto o reconhecimento vocal destaca-se na emoção

"raiva"(LEY; EGGER; HANKE, 2019). A variação de desempenho entre os métodos destaca a importância de escolher abordagens específicas com base no contexto de aplicação.

O estudo conclui que a eficácia do reconhecimento de emoções baseado em TIC varia de acordo com a emoção específica e a metodologia utilizada (LEY; EGGER; HANKE, 2019). A aplicação prática desses métodos em e-saúde e cuidados a idosos destaca o potencial benéfico dessas tecnologias, embora seja necessário considerar cuidadosamente o contexto de uso (LEY; EGGER; HANKE, 2019).

O artigo oferece uma análise crítica da eficácia de métodos de reconhecimento de emoções em contextos específicos, sublinhando a importância prática dessas tecnologias em e-saúde e assistência a idosos (LEY; EGGER; HANKE, 2019). A abordagem metodológica rigorosa e os resultados específicos para diferentes emoções enriquecem a compreensão dessas ferramentas em cenários do mundo real (LEY; EGGER; HANKE, 2019).

Zhang e Tan (2021) abordam a crescente importância dos sistemas de reconhecimento de emoções, especialmente em vídeos, impulsionada pelo desenvolvimento de interações sociais online e humanas com computadores. Com o aumento do uso de vídeos, a capacidade de perceber o estado emocional das pessoas torna-se fundamental. A motivação central é fornecer uma revisão abrangente e atualizada dos estudos de reconhecimento de emoções, com foco nas modalidades de rosto, fala e texto, e explorar as oportunidades e desafios nesse campo.

O problema central abordado por Zhang e Tan (2021) é a lacuna em revisões que se concentram nas três modalidades principais (rosto, fala e texto) para o reconhecimento de emoções em vídeos. A necessidade de uma compreensão abrangente das abordagens baseadas em aprendizado profundo também é destacada. O artigo visa preencher essa lacuna, revisando modelos amplamente aceitos de emoção e apresentando o estado-da-arte no reconhecimento de emoções baseado em unimodalidade e multimodalidade.

O artigo de Zhang e Tan (2021) utiliza uma metodologia de revisão sistemática para organizar estudos relevantes sobre o reconhecimento de emoções em vídeos. Inicialmente, são introduzidos modelos amplamente aceitos de emoção para interpretar a definição de emoção. Em seguida, são apresentados os avanços recentes nas abordagens de reconhecimento de emoções unimodais (expressão facial, fala e texto). O foco recai nas técnicas de aprendizado profundo. Para o reconhecimento multimodal, são detalhados métodos de fusão a nível de características e decisão. O artigo também destaca conjuntos de dados de referência, métricas e avaliações de desempenho recentes.

Os resultados principais de Zhang e Tan (2021) incluem uma revisão abrangente dos

avanços em reconhecimento de emoções unimodal e multimodal, com ênfase especial nas abordagens baseadas em aprendizado profundo. As técnicas de fusão a nível de características e decisão são apresentadas em detalhes, juntamente com informações sobre conjuntos de dados e avaliações de desempenho.

Zhang e Tan (2021) concluem com uma exploração de desafios e oportunidades para pesquisadores, proporcionando uma visão crítica das lacunas existentes e sugerindo direções futuras para pesquisas em reconhecimento de emoções. A revisão destaca a eficácia das abordagens de aprendizado profundo e a importância da fusão multimodal.

O artigo de Zhang e Tan (2021) destaca-se por fornecer uma visão abrangente do estado-da-arte no reconhecimento de emoções, concentrando-se em modelos unimodais e multimodais. A ênfase nas técnicas de aprendizado profundo reflete a atualidade e relevância do artigo no cenário de pesquisa em emoção. A identificação de desafios e oportunidades futuras contribui para a orientação de pesquisas subsequentes.

Siriwardhana et al. (2020) abordam a área desafiadora do reconhecimento de emoções, destacando a complexidade associada à expressão humana de pistas emocionais em diversas modalidades, como linguagem, expressões faciais e fala. A motivação central é aprimorar a representação e fusão de características nesse contexto, explorando a aprendizagem auto-supervisionada (SSL) como uma abordagem eficaz para obter representações de diferentes modalidades de dados.

O problema central abordado por Siriwardhana et al. (2020) é a representação e fusão eficazes de características em pesquisas de reconhecimento de emoções multimodais. O artigo destaca a importância da aprendizagem auto-supervisionada (SSL) e propõe uma abordagem inovadora ao representar três modalidades de entrada (texto, áudio e visão) por meio de modelos SSL pretreinados de forma independente.

O artigo de Siriwardhana et al. (2020) utiliza uma metodologia que combina a representação de características provenientes de modelos SSL pré-treinados para cada modalidade de entrada. Dada a natureza de alta dimensionalidade das características SSL, é introduzido um mecanismo de fusão baseado em Transformers e Atenção. Essa abordagem é aplicada para alcançar resultados de ponta na tarefa de reconhecimento de emoções multimodais. A avaliação do modelo é realizada em quatro conjuntos de dados para demonstrar sua robustez e superioridade em relação aos modelos existentes.

Os resultados principais de Siriwardhana et al. (2020) destacam que o mecanismo de fusão baseado em Transformers e Atenção, combinado com características SSL multimodais, atinge

resultados de ponta no reconhecimento de emoções multimodais. O modelo proposto é robusto e supera modelos estabelecidos em quatro conjuntos de dados de referência.

Siriwardhana et al. (2020) concluem que a abordagem proposta, que utiliza a aprendizagem auto-supervisionada e um mecanismo de fusão inovador, é altamente eficaz no reconhecimento de emoções multimodais. A superioridade do modelo é validada por meio da comparação com modelos de referência em diferentes conjuntos de dados.

O artigo de Siriwardhana et al. (2020) destaca-se por apresentar uma abordagem inovadora para o reconhecimento de emoções multimodais, integrando modelos SSL pretreinados e um mecanismo de fusão baseado em Transformers e Atenção. Os resultados demonstram a eficácia da proposta, consolidando-a como uma contribuição significativa para a área. O trabalho fornece uma base sólida para futuras pesquisas em reconhecimento de emoções multimodais.

Lee et al. (2020) abordam a lacuna existente em pesquisas anteriores sobre reconhecimento de expressões faciais, destacando a predominância de métodos que analisam apenas vídeos de gravação em cores. A motivação central é a necessidade de compreender as emoções complexas expressas por pessoas com diferentes tons de pele e sob condições de iluminação variadas, o que requer a integração de informações de vídeos multi-modais.

O problema central abordado por Lee et al. (2020) é a limitação das abordagens anteriores, que se concentravam exclusivamente em vídeos coloridos para o reconhecimento de expressões faciais. O artigo argumenta que a compreensão completa das emoções exigia a análise de vídeos multi-modais, como cor, profundidade e térmicos, para capturar nuances emocionais em diferentes contextos.

O artigo de Lee et al. (2020) propõe uma abordagem inovadora chamada Multi-Modal Recurrent Attention Networks (MRAN). Essa rede aprende volumes de atenção espaço-temporais para reconhecimento robusto de expressões faciais com base em volumes de características realçadas por atenção. Aprofundando-se e utilizando sequências de profundidade e térmicas como guias para sequências coloridas, a rede se concentra seletivamente em regiões discriminativas emocionais.

A metodologia proposta por Lee et al. (2020) obteve resultados de ponta no reconhecimento dimensional de expressões faciais em conjuntos de dados coloridos, como RECOLA, SEWA e AFEW, e em um conjunto de dados multi-modal denominado MAVFER. A introdução do MAVFER, um benchmark para reconhecimento de expressões faciais multi-modais, também é destacada como uma contribuição significativa.

Lee et al. (2020) concluem que a abordagem MRAN é eficaz na estimativa de estados emo-

cionais dimensionais, superando abordagens anteriores que se concentravam exclusivamente em vídeos coloridos. A metodologia mostrou-se robusta nos conjuntos de dados testados e demonstrou a importância da análise multi-modal para uma compreensão abrangente das expressões faciais.

O destaque do artigo de Lee et al. (2020) reside na introdução do MRAN como uma abordagem inovadora para reconhecimento de expressões faciais multi-modais. A criação do benchmark MAVFER também contribui para o avanço da pesquisa nesse domínio. A metodologia proposta abre caminho para uma compreensão mais rica e abrangente das emoções expressas em diferentes contextos e por indivíduos com características diversas.

Avanços notáveis têm sido alcançados nos estudos recentes sobre o reconhecimento de emoções em idosos através da eletroencefalografia (EEG). Jiang et al. (2022) e Zeng et al. (2020) destacam-se por apresentar taxas de precisão consideráveis nesse contexto, com Jiang et al. (2022) atingindo 95,8% usando um modelo Bi-LSTM (*Bidirectional Long Short-Term Memory*) e Zeng et al. (2020) alcançando 95,00% por meio de métodos de aprendizado profundo. O trabalho de Jiang et al. (2022) é particularmente interessante devido à aplicação de uma estrutura de rede neural convolucional recorrente com um mecanismo de atenção espaço-temporal, demonstrando superioridade em relação a trabalhos anteriores. Wang et al. (2023) fornece uma revisão abrangente, ressaltando o potencial de técnicas de aprendizado profundo, como redes de crenças profundas, redes neurais convolucionais e redes neurais recorrentes. Esses estudos coletivos indicam o estado-da-arte no reconhecimento de emoções em idosos por meio de EEG, abrindo perspectivas para futuros avanços na área.

Jiang et al. (2022) abordam a avaliação emocional em idosos durante a terapia de reminiscência, uma área relevante dada a crescente necessidade de métodos não invasivos para monitorar as emoções nesse grupo demográfico. A motivação está centrada na investigação da viabilidade do uso de sinais de eletroencefalografia (EEG) para reconhecimento automático de emoções durante a terapia de reminiscência, proporcionando uma abordagem objetiva para avaliação emocional em comparação com métodos tradicionais baseados em feedback verbal ou questionários.

O problema abordado por Jiang et al. (2022) é a limitação dos métodos convencionais de avaliação emocional em idosos durante a terapia de reminiscência, que geralmente dependem de interações verbais ou questionários. A necessidade de uma abordagem mais objetiva e eficaz para avaliar as emoções nesse contexto é evidente, e o uso de EEG é explorado como uma alternativa viável.

O estudo de Jiang et al. (2022) envolveu 11 participantes idosos e 7 jovens, utilizando fotografias antigas como estímulo para a terapia de reminiscência. Os sinais EEG foram coletados enquanto os participantes discutiam o conteúdo das fotos. Para lidar com a natureza lenta das mudanças emocionais e as respostas com efeitos retardados nos sinais EEG, foram escolhidos modelos LSTM (*Long Short-Term Memory*) e Bi-LSTM (*Bidirectional LSTM*) para extrair características emocionais complexas. Os modelos foram treinados para classificar emoções positivas e negativas com base nos dados EEG de 8 canais.

Os modelos LSTM e Bi-LSTM alcançaram taxas de precisão máxima de 90,8% e 95,8%, respectivamente, ao classificar emoções positivas e negativas (JIANG et al., 2022). O modelo Bi-LSTM, em particular, com base em dados EEG de quatro canais, atingiu uma taxa de 94,4% (JIANG et al., 2022). Esses resultados indicam a eficácia do uso de EEG para o reconhecimento automático de emoções em idosos durante a terapia de reminiscência.

A conclusão de Jiang et al. (2022) destaca que o modelo Bi-LSTM, por sua capacidade de considerar estados emocionais passados e futuros nos sinais EEG, melhora a precisão no reconhecimento de emoções positivas e negativas em idosos. Além disso, o estudo destaca a viabilidade de utilizar exclusivamente sinais EEG, sem a necessidade de sinais fisiológicos multimodais, em sistemas de suporte à comunicação para terapia de reminiscência. Este achado é significativo para o desenvolvimento de abordagens práticas e não intrusivas na avaliação emocional de idosos durante intervenções terapêuticas.

Zeng et al. (2020) pesquisaram a detecção de emoções em idosos, reconhecendo a importância crescente de abordagens eficazes de cuidados de saúde mental para uma população global em envelhecimento, especialmente para aqueles que enfrentam desafios como a demência. A motivação principal é superar as limitações associadas à comunicação verbal em estágios avançados da demência.

O problema central abordado por Zeng et al. (2020) é a dificuldade enfrentada por pacientes idosos, especialmente aqueles com demência avançada, em expressar suas emoções verbalmente. A pesquisa busca utilizar sinais fisiológicos, como EEG e ECG, para detecção automática de emoções, superando a limitação da comunicação verbal e melhorando os cuidados de saúde mental.

O estudo de Zeng et al. (2020) propõe uma abordagem de aprendizado profundo, especificamente Long short-term memory (LSTM), para a detecção de emoções a partir de sinais brutos de EEG e ECG. Sinais ruidosos são removidos, e a LSTM é empregada para aprendizado direto de características a partir dos dados brutos.

Os resultados de Zeng et al. (2020) indicam que o modelo proposto alcançou taxas significativas de acurácia na classificação binária de emoções, atingindo 76.67% com EEG, 75.00% com ECG e 95.00% com EEG e ECG combinados. Esses resultados sugerem a eficácia da abordagem de aprendizado profundo na detecção de emoções em idosos.

Zeng et al. (2020) concluem que a proposta de detecção de emoções usando EEG e ECG, combinada com dispositivos têxteis vestíveis, é promissora para aplicações práticas em situações cotidianas de cuidados de saúde e, especialmente, em ambientes de cuidados a pacientes com demência. A facilidade de uso e a precisão alcançada destacam a relevância dessa abordagem.

A pesquisa de Wang et al. (2023) aborda a crescente complexidade do reconhecimento automático de emoções por meio do eletroencefalograma (EEG) como componente desafiador da interação humano-computador (HCI). A motivação principal é explorar as tendências atuais e as perspectivas futuras, especialmente no contexto das técnicas de aprendizado profundo (*deep learning*).

O problema central de Wang et al. (2023) é a dificuldade intrínseca ao reconhecimento automático de emoções a partir de sinais EEG, destacando a necessidade de abordagens avançadas para aprendizado de representações de alto nível. A pesquisa visa oferecer uma visão abrangente das técnicas de *deep learning* nesse contexto, identificando oportunidades e desafios.

O estudo de Wang et al. (2023) emprega uma abordagem de revisão, fornecendo uma análise abrangente do estado atual e perspectivas futuras do reconhecimento de emoções baseado em EEG, com ênfase especial nas técnicas de *deep learning*. O trabalho abrange preliminares, conhecimentos básicos na literatura, revisão de conjuntos de dados de *benchmark* e detalhamento de técnicas de *deep learning*.

Wang et al. (2023) destacam as técnicas de *deep learning* mais relevantes aplicadas ao reconhecimento de emoções com EEG, incluindo redes de crenças profundas, redes neurais convolucionais e redes neurais recorrentes. Além disso, são apresentadas aplicações de ponta dessas técnicas, evidenciando avanços significativos na área.

As conclusões de Wang et al. (2023) destacam a eficácia crescente das técnicas de *deep learning* no contexto do reconhecimento de emoções por EEG. O estudo oferece insights sobre desafios enfrentados e oportunidades emergentes, contribuindo para orientar futuras pesquisas nesse campo dinâmico.

Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) estudam o crescente interesse da comunidade cien-

tífica em estabelecer interações emocionais significativas entre humanos e computadores. Com o foco em soluções confiáveis e implantáveis para a identificação do estado emocional humano, destaca os avanços recentes no uso da eletroencefalografia (EEG) para o reconhecimento de emoções.

Considerando o papel fundamental das emoções na cognição humana, o artigo de Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) explora o potencial das soluções de EEG, especialmente com o surgimento de dispositivos EEG vestíveis de consumo. Diante da ausência de uma revisão abrangente desde 2016, o trabalho visa atualizar o progresso no reconhecimento de emoções por meio de EEG, focando em vários elementos, como tipo e abordagem de estímulo emocional, tamanho do estudo, hardware EEG, classificadores de aprendizado de máquina e abordagem de classificação.

A metodologia de Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) consiste em revisar os avanços no reconhecimento de emoções usando EEG, concentrando-se nos anos de 2016 a 2019. O enfoque recai sobre os elementos mencionados anteriormente, fornecendo uma visão abrangente do panorama atual desses aspectos. Além disso, o artigo sugere oportunidades de pesquisa futura, incluindo a exploração da realidade virtual (VR) como uma abordagem alternativa para a apresentação de estímulos emocionais.

O artigo de Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) destaca os desenvolvimentos significativos no campo do reconhecimento de emoções usando EEG, identificando padrões e progressos específicos nos elementos considerados. Apresenta uma visão detalhada das tendências recentes e enfatiza a importância de fatores como tamanho do estudo, hardware EEG, classificadores de aprendizado de máquina, entre outros.

O trabalho de Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) conclui ressaltando a necessidade de soluções confiáveis e implantáveis para identificar estados emocionais humanos, destacando o potencial dos dispositivos EEG vestíveis. Além disso, sugere a realidade virtual como uma área promissora para futuras pesquisas e destaca a relevância contínua desse campo de estudo.

Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) oferecem uma visão abrangente e atualizada do estado da arte no reconhecimento de emoções por EEG, abordando elementos essenciais e apontando oportunidades futuras. Destaca-se pela consideração detalhada de fatores influentes e pela sugestão inovadora de explorar a realidade virtual como uma abordagem de estímulo emocional. Esta revisão é valiosa para pesquisadores envolvidos ou interessados no campo do reconhecimento de emoções usando EEG.

Para George et al. (2019), o reconhecimento de estados emocionais tem ganhado desta-

que significativo, tornando-se uma área de pesquisa em rápido desenvolvimento. A importância dessa temática reflete-se em diversas aplicações, abrangendo setores como educação e pesquisa. Diante das limitações das abordagens tradicionais, como expressões faciais e entonação vocal, que podem resultar em resultados tendenciosos, pesquisadores buscam alternativas mais objetivas. Nesse contexto, o uso da eletroencefalografia (EEG) surge como uma abordagem promissora para o reconhecimento de emoções.

Para George et al. (2019), abordagens convencionais para detecção de emoções enfrentam desafios relacionados à subjetividade e ambiguidade. O EEG emerge como uma alternativa, sendo uma técnica bem definida para o reconhecimento emocional. No entanto, algumas pesquisas precedentes adotaram métodos padrão de processamento de sinal ou trabalharam com um número limitado de canais ou participantes, afetando a generalização dos resultados. Este trabalho propõe um método de detecção de emoções com base em características estatísticas de domínio tempo-frequência.

O método proposto por George et al. (2019) utiliza um conjunto de características estatísticas de domínio tempo-frequência, selecionadas por meio de box-and-whisker plot, para alimentar um classificador SVM. O estudo emprega o conjunto de dados DEAP, composto por 32 participantes de diferentes gêneros e faixas etárias, para treinamento e teste. A escolha criteriosa de características e o uso de um classificador SVM refletem a abordagem metodológica do estudo.

Os resultados experimentais de George et al. (2019) revelam que o método proposto atinge uma precisão de 92,36% no conjunto de dados testado. Além disso, destaca-se que o método proposto supera as abordagens existentes, demonstrando uma precisão mais elevada.

George et al. (2019) concluem que a abordagem proposta, centrada em características estatísticas de domínio tempo-frequência e um classificador SVM, é eficaz para a detecção de emoções. A alta precisão alcançada indica a viabilidade e superioridade do método em relação às abordagens do estado-da-arte.

Destaca-se a inovação do método proposto por George et al. (2019), fundamentado na análise de características estatísticas tempo-frequência, proporcionando uma abordagem objetiva e eficiente para o reconhecimento de emoções usando EEG. Os resultados positivos e a comparação favorável com abordagens existentes fortalecem a relevância e contribuição significativa deste trabalho para a área de pesquisa em reconhecimento emocional.

O reconhecimento preciso de emoções é vital em diversas áreas, e a crescente aplicação da Interface Cérebro-Máquina (ICM) motiva a investigação de métodos eficazes para identificar

emoções por meio de ondas cerebrais registradas pelo eletroencefalograma (EEG). Jeevan et al. (2019) buscam explorar e propor uma nova tecnologia de aprendizado de máquina para a identificação de emoções, utilizando conceitos avançados de aprendizado de máquina com redes neurais recorrentes de memória curta (LSTM).

O desafio central abordado por Jeevan et al. (2019) é a identificação precisa de emoções por meio de sinais de EEG, destacando a complexidade das respostas cerebrais e a necessidade de técnicas avançadas para lidar com essa complexidade. O uso da tecnologia LSTM-RNN é apresentado como uma abordagem inovadora para melhorar a classificação de emoções.

A metodologia empregada por Jeevan et al. (2019) envolve o processamento dos sinais de ondas cerebrais adquiridos por EEG. Esses sinais passam por uma etapa de transformada discreta de wavelet (DWT) para extração de características, seguida pela aplicação do algoritmo proposto, que se baseia em redes neurais recorrentes de memória curta (LSTM) para o reconhecimento específico de emoções.

O artigo de Jeevan et al. (2019) destaca a aplicação bem-sucedida da abordagem proposta, utilizando LSTM-RNN, na identificação de emoções. Os resultados indicam uma contribuição significativa para a área, proporcionando avanços na precisão da classificação emocional em comparação com métodos convencionais.

Jeevan et al. (2019) concluem que a utilização da tecnologia LSTM-RNN representa um progresso substancial no campo do reconhecimento de emoções por EEG. A capacidade dessa abordagem de lidar com padrões complexos em dados cerebrais a torna promissora para aplicações futuras, enfatizando seu potencial impacto em ambientes de interface cérebro-máquina.

O destaque deste trabalho é a aplicação inovadora da tecnologia LSTM-RNN para o reconhecimento de emoções por EEG. A utilização de técnicas avançadas de aprendizado de máquina reforça a relevância do estudo na busca por métodos mais eficazes e precisos para identificação de estados emocionais (JEEVAN et al., 2019).

O artigo de Islam et al. (2021) aborda o reconhecimento de emoções a partir de sinais de EEG, com um enfoque nas técnicas de aprendizado profundo (*deep learning*) e aprendizado raso (*shallow learning*). A motivação para esta pesquisa reside na importância crescente do reconhecimento de emoções, especialmente para melhorar a interação humano-computador e facilitar aplicações como tomada de decisões baseada em pessoas, interfaces cérebro-máquina, interação cognitiva e detecção de afeto.

A caracterização do problema destaca a necessidade de uma revisão sistemática das metodologias empregadas nesse contexto, considerando diversas abordagens e demandando uma

compreensão clara para o desenvolvimento de estruturas eficazes de reconhecimento emocional. Islam et al. (2021) propõem uma revisão rigorosa dos sistemas de reconhecimento de emoções mais recentes, categorizando-os em duas principais vertentes: baseadas em aprendizado profundo e em aprendizado raso.

A metodologia adotada por Islam et al. (2021) consiste na revisão crítica da literatura, com foco nas etapas comuns de reconhecimento de emoções, apresentando definições pertinentes, teorias e análises relevantes. Os estudos revisados são comparados com base em métodos, classificadores, número de emoções classificadas, acurácia e conjuntos de dados utilizados.

Os principais resultados de Islam et al. (2021) destacam uma comparação informativa entre sistemas baseados em aprendizado profundo e raso, fornecendo insights sobre tendências recentes de pesquisa e oferecendo recomendações para direções futuras. A revisão sistemática visa orientar iniciantes na composição de sistemas eficientes de reconhecimento emocional, consolidando o conhecimento-chave necessário para o desenvolvimento de frameworks apropriados.

Em conclusão, o artigo de Islam et al. (2021) fornece uma visão abrangente e crítica do estado da arte em reconhecimento de emoções a partir de sinais de EEG, destacando a relevância crescente desse campo e orientando pesquisadores para futuras investigações.

Para Santana et al. (2023), a expressão emocional é fundamental nas relações humanas, mas o envelhecimento e patologias como a doença de Alzheimer podem afetar essa capacidade. O estudo busca desenvolver um método para o reconhecimento automático de emoções a partir de dados multimodais, visando a criação de uma interface homem-máquina para apoiar a personalização da terapia em idosos com demência.

De acordo com Santana et al. (2023), o envelhecimento e doenças neurológicas impactam a expressão emocional, dificultando a comunicação. O problema reside na necessidade de uma ferramenta que identifique emoções automaticamente a partir de diferentes modalidades de dados, como sinais fisiológicos, fala e expressões faciais, para aprimorar a terapia personalizada.

O estudo de Santana et al. (2023) emprega algoritmos de Inteligência Artificial em arquiteturas clássicas e híbridas para reconhecimento de emoções. Avalia o desempenho dessas arquiteturas em sinais fisiológicos, fala e imagens faciais. O Random Forest é utilizado para análise de sinais fisiológicos e de fala, alcançando resultados promissores, enquanto uma arquitetura híbrida atinge boa precisão na avaliação de imagens faciais.

No contexto de sinais fisiológicos, o estudo de Santana et al. (2023) atinge até 99% de acurácia na classificação de emoções, enquanto para sinais de fala, a acurácia é de quase

80%. Na análise de imagens, a arquitetura híbrida apresenta mais de 82% de acurácia. Esses resultados encorajadores sugerem a viabilidade do método na análise de emoções em dados multimodais.

Os resultados promissores de Santana et al. (2023) indicam que o método proposto pode ser adotado na análise de emoções em dados multimodais, destacando-se pela diversidade de emoções analisadas. A proposta não apenas aborda a expressão emocional em idosos, mas também apresenta potencial para personalização da terapia, melhorando os resultados terapêuticos.

O estudo de Santana et al. (2023) destaca a importância da multimodalidade na análise emocional, combinando sinais fisiológicos, fala e imagens faciais. A ênfase na personalização da terapia para idosos com demência é uma contribuição significativa, apontando para futuras aplicações clínicas e terapêuticas.

A Tabela 1 apresenta um resumo do estado da arte.

Referência	Contribuições e Destaques
Lee et al. (2020)	Introdução do <i>Multi-Modal Recurrent Attention Networks</i> (MRAN) para o reconhecimento robusto de expressões faciais, utilizando informações multi-modais. Destaque para resultados de ponta em diversos conjuntos de dados.
Jiang et al. (2022)	Abordagem eficaz no reconhecimento de emoções em idosos durante a terapia de reminiscência, usando eletroencefalografia (EEG). Destaque para o modelo Bi-LSTM e a viabilidade de avaliação emocional sem o uso de sinais fisiológicos multimodais.
Zeng et al. (2020)	Proposta de detecção de emoções em idosos, superando a limitação da comunicação verbal em estágios avançados da demência. Aplicação de <i>Long short-term memory</i> (LSTM) para análise de sinais de EEG e ECG.
Wang et al. (2023)	Revisão abrangente do estado atual e perspectivas futuras do reconhecimento de emoções por EEG, destacando técnicas de <i>deep learning</i> como redes de crenças profundas, redes neurais convolucionais e redes neurais recorrentes.
Suhaimi, Mountstevens e Teo (2020)	Revisão do progresso no reconhecimento de emoções por EEG, enfocando elementos como tipo de estímulo, tamanho do estudo e hardware EEG. Destaque para o potencial da realidade virtual como uma abordagem alternativa para estímulos emocionais.
George et al. (2019)	Proposta inovadora de método usando características estatísticas de domínio tempo-frequência e um classificador SVM para identificar emoções por EEG, alcançando alta precisão.
Jeevan et al. (2019)	Aplicação bem-sucedida da tecnologia LSTM-RNN para o reconhecimento de emoções por EEG, lidando com padrões complexos em dados cerebrais. Potencial impacto em interfaces cérebro-máquina.
Islam et al. (2021)	Revisão sistemática categorizando sistemas de reconhecimento de emoções em aprendizado profundo e raso, oferecendo insights sobre tendências e orientando futuras pesquisas.
Santana et al. (2023)	Desenvolvimento de método para reconhecimento automático de emoções em idosos com demência, integrando dados multimodais (sinais fisiológicos, fala, imagens faciais) para personalização da terapia.

Tabela 1 – Contribuições e destaques dos estudos revisados.

3.2 CONSIDERAÇÕES

No âmbito desta revisão do estado da arte sobre o reconhecimento de emoções, exploramos uma gama diversificada de abordagens inovadoras que utilizam o eletroencefalograma (EEG) como uma ferramenta crucial para decifrar os estados emocionais humanos. A análise de diferentes trabalhos permitiu a identificação de tendências significativas, desafios enfrentados e avanços notáveis nesse campo de pesquisa dinâmico.

O estudo de Lee et al. (2020) destaca-se pela introdução do Multi-Modal Recurrent Attention Networks (MRAN), uma abordagem inovadora que incorpora informações multi-modais, como cor, profundidade e térmicas, para alcançar um reconhecimento robusto de expressões faciais. Os resultados promissores obtidos em conjuntos de dados diversos validam a eficácia dessa metodologia e reforçam a importância da análise multi-modal para uma compreensão abrangente das emoções.

Avançando para o reconhecimento de emoções em idosos, Jiang et al. (2022) e Zeng et al. (2020) demonstraram conquistas notáveis ao empregar eletroencefalografia (EEG). Enquanto o primeiro concentrou-se na terapia de reminiscência e utilizou modelos Bi-LSTM para atingir altas taxas de precisão, o segundo explorou métodos de aprendizado profundo para superar as limitações da comunicação verbal em idosos, alcançando resultados significativos.

O trabalho de George et al. (2019) trouxe uma perspectiva única ao utilizar características estatísticas de domínio tempo-frequência e um classificador SVM para identificar emoções a partir de dados EEG. Os resultados demonstraram uma precisão notável, indicando a viabilidade dessa abordagem inovadora.

A revisão sistemática conduzida por Suhaimi, Mountstephens e Teo (2020) proporcionou uma visão abrangente das tendências recentes em reconhecimento de emoções usando EEG. Destacando o progresso desde 2016 e enfocando elementos essenciais como tipo de estímulo, tamanho do estudo e hardware EEG, a pesquisa oferece uma base sólida para pesquisadores interessados nesse domínio em rápida evolução.

No contexto de aprendizado profundo, Jeevan et al. (2019) inovaram ao aplicar a tecnologia LSTM-RNN para identificação de emoções. Sua abordagem avançada demonstrou eficácia na lida com padrões complexos em dados cerebrais, indicando um caminho promissor para futuras aplicações na interface cérebro-máquina.

A revisão abrangente proposta por Islam et al. (2021) consolidou o conhecimento atual em reconhecimento de emoções a partir de sinais de EEG, destacando tanto abordagens de

aprendizado profundo quanto raso. Essa síntese crítica oferece uma visão clara das tendências, comparando métodos, classificadores e conjuntos de dados, orientando pesquisadores para futuras investigações.

Finalmente, Santana et al. (2023) exploraram uma perspectiva multimodal, integrando sinais fisiológicos, fala e imagens faciais para o reconhecimento automático de emoções em idosos com demência. Os resultados positivos ressaltam a viabilidade dessa abordagem diversificada e a relevância da personalização da terapia para melhorar a comunicação e os resultados terapêuticos.

Em conjunto, esses estudos refletem o dinamismo e a vitalidade do campo de pesquisa em reconhecimento de emoções. As abordagens variadas, incluindo métodos multi-modais, aprendizado profundo e análises estatísticas, enriquecem o panorama, proporcionando contribuições significativas para a compreensão e aprimoramento da detecção de estados emocionais. Considerando as inovações apresentadas, este capítulo oferece uma base sólida para futuras pesquisas, incentivando a exploração de métodos avançados e a aplicação prática dessas técnicas em diversos contextos.

4 METODOLOGIA

4.1 PROPOSTA

A metodologia proposta para este trabalho é uma síntese de abordagens inovadoras no campo da computação biomédica, aprendizado de máquina e saúde cerebral, visando aprimorar a compreensão do reconhecimento de emoções por meio do eletroencefalograma (EEG) e redes neurais profundas. Para isso, adotamos uma base de dados meticulosamente trabalhada no grupo de Pesquisa de Computação Biomédica da UFPE e que garante qualidade dos sinais EEG. Além disso, aprimoramos a metodologia ao incorporar técnicas avançadas de processamento de sinais e aprendizado de máquina, como a utilização de arquiteturas de redes neurais profundas otimizadas para análise de dados neurais complexos. Essa abordagem holística visa contribuir significativamente para a compreensão das bases neurais das emoções e abrir caminho para aplicações práticas no diagnóstico e tratamento de distúrbios emocionais e neurológicos. A seguir, descrevemos os principais passos e estratégias delineados para a condução da pesquisa:

1. **Revisão da Literatura:** Foi realizada uma revisão abrangente da literatura científica relacionada ao uso de EEG, aprendizado de máquina e redes neurais profundas em contextos de saúde cerebral e envelhecimento. Esta etapa visou contextualizar o estado atual do conhecimento, identificar lacunas e fundamentar a abordagem proposta. Foi utilizado o método de revisão narrativa dos trabalhos de 2019 a 2023, organizados por ordem de relevância pela plataforma Elicit e a ferramenta Semantic Scholar, que buscam nas principais bases de dados de artigos científicos (Elsevier, IEEE, Springer Nature, ArXiv, Wiley, Pubmed e outras). Esse método foi utilizado para construir de forma simplificada a revisão.
2. **Análise de Dados Pré-coletados:** Foi analisada a base de dados de EEG de pessoas idosas, previamente coletada pelo Grupo de Pesquisa em Computação Biomédica. Foram utilizadas técnicas estatísticas e de processamento de sinais para identificar padrões relevantes associados ao reconhecimento de emoções.
3. **Implementação em Redes Neurais Profundas:** Desenvolver e implementar experimentos computacionais utilizando quatro arquiteturas de redes neurais profundas: Lenet, Resnet, SqueezeNet e VGG. Essas redes foram utilizadas pretreinadas sob a base ImageNet, para

a extração de atributos e o reconhecimento de padrões específicos associados às emoções identificadas nos dados de EEG. Foi utilizado o ambiente Weka.

4. **Avaliação da Desempenho:** Avaliar a performance das redes neurais profundas utilizando métricas específicas de aprendizado de máquina, como precisão, sensibilidade e especificidade. Essa etapa busca quantificar a eficácia das redes na identificação precisa de estados emocionais em idosos a partir dos sinais de EEG.
5. **Exploração de Aprendizagem de Transferência:** Explorar a aprendizagem de transferência para reduzir a complexidade do treinamento de modelos baseados em redes neurais profundas. Utilizar arquiteturas neurais profundas pré-treinadas em tarefas massivas, adaptando-as para a tarefa específica de reconhecimento de emoções em idosos.
6. **Análise e Interpretação dos Resultados:** Analisar os resultados obtidos, interpretando os padrões identificados pelas redes neurais profundas. Relacionar esses padrões com estados emocionais específicos e discutir as implicações práticas para intervenções terapêuticas, como a musicoterapia.
7. **Disseminação dos Resultados:** Preparar a documentação e disseminar os resultados por meio de artigos científicos, contribuindo para a comunidade acadêmica e profissional interessada na interseção entre tecnologia, saúde cerebral e envelhecimento.
8. **Reflexão Ética:** Considerar e abordar questões éticas relacionadas à privacidade e ao uso de dados sensíveis, garantindo a conformidade com padrões éticos estabelecidos na pesquisa biomédica.

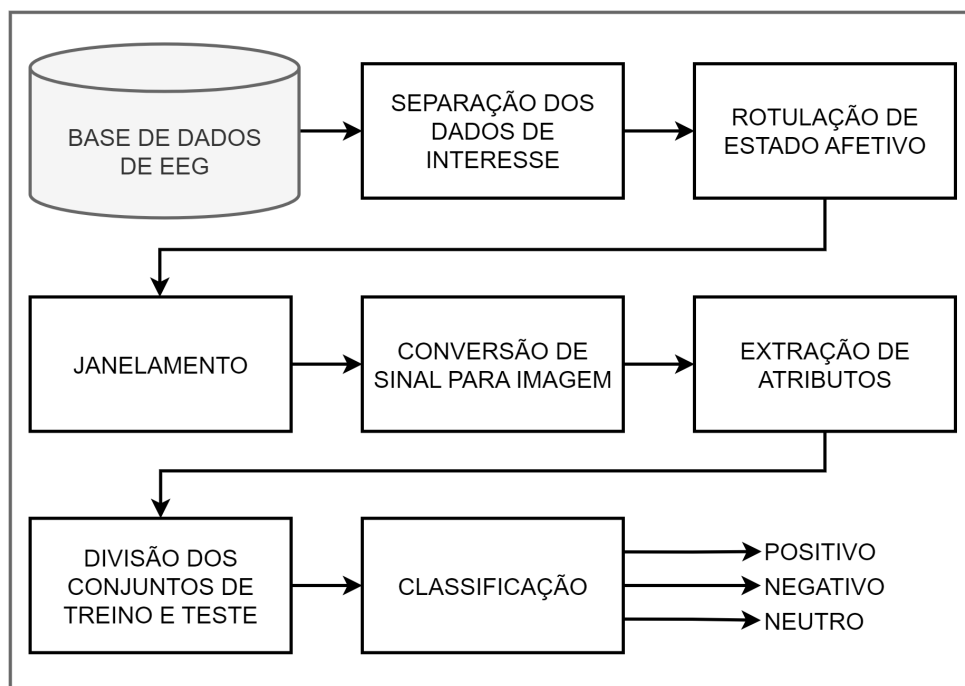
4.2 BASE DE DADOS

A base de dados utilizada neste estudo, proveniente da pesquisa intitulada "Expressão de emoções em idosos com e sem demência: uma abordagem para aquisição de dados de diferentes modalidades", é composta por informações abrangentes de 39 participantes, incluindo dados de EEG, voz, expressão facial, demográficos e diagnósticos. O estudo empregou experimentos computacionais avançados para automatizar o reconhecimento de estados emocionais a partir dos sinais de EEG. O diagrama detalhado na Figura 2 são apresentadas as etapas sequenciais do processamento dos dados durante a análise, proporcionando uma visão clara do fluxo de trabalho adotado. Este trabalho é especialmente relevante em meio ao crescente desafio do

envelhecimento populacional, destacando a necessidade premente de métodos eficazes para identificar e compreender as alterações emocionais associadas à demência em idosos. Ao integrar múltiplas modalidades de dados e abordagens computacionais inovadoras, este estudo promete contribuir significativamente para o avanço do conhecimento nesse campo crucial da saúde mental e neurológica.

Nesta abordagem, foi utilizado o método estatístico de balanceamento baseado em distribuição, tendo sido adotada a distribuição gaussiana. Foi observado que os atributos obtidos das representações das janelas dos sinais de EEG usando as imagens da transformada de wavelets aplicadas às redes neurais profundas pré-treinadas era gaussiano, dados os formatos de seus histogramas. Assim, por meio do balanceamento da base baseado na distribuição gaussiana, foi possível estimar uma base de dados para um número suficientemente grande de participantes e, conseqüentemente, de janelas.

Figura 2 – Etapas para processamento dos dados coletados



Fonte: Adaptado de Santana (2023)

No contexto deste estudo, os relatos autobiográficos (RAB2) foram o principal foco de análise, como podemos observar na figura 3 uma vez que esses momentos de coleta apresentaram sinais de EEG, possibilitando a avaliação da capacidade da metodologia computacional proposta em identificar estados de ânimo em idosos a partir de dados cerebrais não invasivos. Após a seleção dos trechos relevantes dos participantes, cada segmento foi categorizado com base no estado emocional associado, considerando três categorias principais: negativo, positivo

e neutro.

A rotulação dos trechos do segundo relato autobiográfico (RAB2) foi conduzida de maneira direta, utilizando a nota atribuída na escala de polaridade apresentada ao participante imediatamente antes do RAB2, seguida pela exposição ao estímulo musical. Assim, a definição da classe predominante (positiva, negativa ou neutra) associada ao segundo relato baseou-se na nota de polaridade autodeclarada. Se a nota de polaridade fosse superior a 3 (o ponto central da escala), o estado afetivo seria categorizado como positivo; se fosse inferior a 3, seria categorizado como negativo; e o estado neutro seria atribuído quando a nota de polaridade fosse igual a 3.

Esta abordagem permitiu uma análise sistemática dos estados emocionais expressos nos relatos autobiográficos dos participantes, fornecendo insights valiosos sobre as relações entre os sinais de EEG e os estados emocionais em idosos. Essa investigação contribui significativamente para o avanço do conhecimento nesta área, promovendo uma compreensão mais profunda das interações entre a atividade cerebral e a experiência emocional em idosos, aspecto crucial para o desenvolvimento de intervenções eficazes e personalizadas na área da saúde mental e do bem-estar emocional na população idosa.

Figura 3 – Algoritmo adotado para definir a classe associada ao RAB2

```

início
  // nota de polaridade atribuída pelo participante
  leia (nPolaridade)

  // definição da classe de emoção do RAB2 (rótulo do estado afetivo)
  se (nPolaridade > 3) então
    escreva ("positivo")
  senão se (nPolaridade < 3) então
    escreva ("negativo")
  senão
    escreva ("neutro")
  fim-se
fim

```

Fonte: Santana (2023)

4.3 CONFIGURAÇÕES DE CLASSIFICADORES

LeNet: A LeNet, proposta por LeCun et al. (1998), é uma rede neural convolucional (CNN) composta por camadas convolucionais, de subamostragem (*pooling*), e camadas totalmente conectadas. Originalmente desenvolvida para reconhecimento de dígitos manuscritos, a LeNet é uma escolha sólida para tarefas de processamento de imagens.

Resnet (Residual Network): Proposta por He et al. (2015), a Resnet introduz blocos residuais que permitem a construção de redes mais profundas sem enfrentar o problema de vanishing gradients. Essa arquitetura é reconhecida por sua eficácia em tarefas de visão computacional e pode capturar relações complexas em dados de forma mais eficiente.

SqueezeNet: Desenvolvida por Iandola et al. (2016), a SqueezeNet busca oferecer eficiência computacional mantendo um desempenho competitivo. Sua característica distintiva é o uso de camadas de convolução 1x1 para reduzir o número de parâmetros, tornando-a uma opção eficaz para aplicações com recursos computacionais limitados (IANDOLA; KEUTZER, 2017; WU et al., 2017).

VGG (Visual Geometry Group): A VGG, proposta por Simonyan e Zisserman (2014), é conhecida por sua simplicidade e eficácia. Possui uma estrutura uniforme com camadas convolucionais de 3x3, seguidas por camadas de subamostragem (*pooling*) e totalmente conectadas. Embora resulte em um grande número de parâmetros, a VGG é reconhecida por sua capacidade de capturar detalhes finos.

Os aspectos comuns entre essas arquiteturas são:

1. Função de Ativação: Todas as redes utilizam funções de ativação, como ReLU (*Rectified Linear Unit*), para introduzir não-linearidades nas camadas.
2. Camadas de Pooling: A maioria das arquiteturas incorpora camadas de pooling para reduzir a dimensionalidade e preservar características importantes.
3. Camadas Totalmente Conectadas: As redes contêm camadas totalmente conectadas para realizar a classificação final com base nas características extraídas.

A diversidade nas arquiteturas escolhidas visa explorar como diferentes modelos se comportam na extração de padrões emocionais a partir de dados de EEG. Lenet e VGG são amplamente utilizadas e estabelecidas em tarefas de visão computacional, enquanto Resnet é conhecida por sua capacidade de lidar com redes profundas. SqueezeNet, por sua eficiência, é uma escolha adequada quando se consideram restrições computacionais.

Essa variedade permitirá avaliar como diferentes arquiteturas respondem aos desafios específicos do reconhecimento de emoções em dados de EEG, contribuindo para uma compreensão mais abrangente de suas capacidades e limitações no contexto proposto.

4.4 MÉTRICAS DE QUALIDADE

Ao avaliar o desempenho de modelos de aprendizado de máquina, várias métricas são empregadas para fornecer insights abrangentes sobre sua eficácia em diferentes cenários. Aqui, serão apresentadas as cinco métricas mais amplamente utilizadas, adotadas neste trabalho: Acurácia, Kappa, Sensibilidade, Especificidade e Área Sob a Curva ROC (AUC).

A *acurácia* é a proporção de predições corretas em relação ao total de predições. Essa métrica é valiosa para avaliar o desempenho geral do modelo. É muito útil quando todas as classes são igualmente importantes, mas apresenta resultados enganosos quando a base de dados é desbalanceada. Matematicamente:

$$\text{Acurácia} = \frac{\text{Número de predições corretas}}{\text{Total de predições}}. \quad (4.1)$$

De forma equivalente (GOMES et al., 2020; SANTANA; SANTOS, 2022; RODRIGUES et al., 2019; LIMA; SILVA-FILHO; SANTOS, 2014; BARBOSA et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020a; MACEDO et al., 2021; ESPINOLA et al., 2021a; ESPINOLA et al., 2021b; ESPINOLA et al., 2022):

$$\text{Acurácia} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}, \quad (4.2)$$

onde TP, TN, FP e FN são os números de verdadeiros positivos, verdadeiros negativos, falsos positivos e falsos negativos, respectivamente.

O *índice Kappa*, ou Kappa de Cohen, ajusta a acurácia pela chance aleatória de concordância, considerando a concordância além do acaso. É importante quando as classes estão desbalanceadas. Matematicamente (GOMES et al., 2020; SANTANA; SANTOS, 2022; RODRIGUES et al., 2019; LIMA; SILVA-FILHO; SANTOS, 2014; BARBOSA et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020a; MACEDO et al., 2021; ESPINOLA et al., 2021a; ESPINOLA et al., 2021b; ESPINOLA et al., 2022):

$$\kappa = \frac{\text{Acurácia observada} - \text{Acurácia esperada ao acaso}}{1 - \text{Acurácia esperada ao acaso}}. \quad (4.3)$$

A *sensibilidade* (*recall* ou *True Positive Rate*, TPR) mede a capacidade do modelo de identificar corretamente instâncias positivas. É fundamental quando o foco está na minimização de falsos negativos. Expressão matemática (GOMES et al., 2020; SANTANA; SANTOS, 2022; RODRIGUES et al., 2019; LIMA; SILVA-FILHO; SANTOS, 2014; BARBOSA et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020a; MACEDO et al., 2021; ESPINOLA et al., 2021a; ESPINOLA et al., 2021b; ESPINOLA et al., 2022):

$$\text{Sensibilidade} = \text{TPR} = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (4.4)$$

A *especificidade* (*True Negative Rate*, TNR) mede a capacidade do modelo de identificar corretamente instâncias negativas. É importante quando o foco está na minimização de falsos positivos. Expressão matemática (GOMES et al., 2020; SANTANA; SANTOS, 2022; RODRIGUES et al., 2019; LIMA; SILVA-FILHO; SANTOS, 2014; BARBOSA et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020a; MACEDO et al., 2021; ESPINOLA et al., 2021a; ESPINOLA et al., 2021b; ESPINOLA et al., 2022):

$$\text{Especificidade} = \text{TNR} = \frac{\text{TN}}{\text{TN} + \text{FP}}. \quad (4.5)$$

A *Área sob a Curva ROC* (*Receiver Operating Characteristic*), AUC-ROC ou simplesmente AUC, representa a área sob a curva ROC, ilustrando a relação entre a taxa de verdadeiros positivos e a taxa de falsos positivos. Ela avalia o desempenho do modelo em diferentes limiares de classificação. Expressão matemática (GOMES et al., 2020; SANTANA; SANTOS, 2022; RODRIGUES et al., 2019; LIMA; SILVA-FILHO; SANTOS, 2014; BARBOSA et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020a; MACEDO et al., 2021; ESPINOLA et al., 2021a; ESPINOLA et al., 2021b; ESPINOLA et al., 2022):

$$\text{AUC} = \int_0^1 \text{TPR}d(\text{FPR}). \quad (4.6)$$

Essas métricas fornecem uma base sólida para a avaliação criteriosa e abrangente dos modelos de aprendizado de máquina em diversos contextos. A escolha da métrica mais apropriada dependerá das características específicas da aplicação e das prioridades em relação aos tipos de erros e acertos desejados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram meticulosamente processados através da utilização da plataforma Weka, reconhecida por sua eficiência no tratamento e análise de dados em contextos de aprendizado de máquina. Uma fase inicial crucial consistiu no balanceamento da base de dados, uma medida essencial para garantir uma distribuição equilibrada das classes, o que é fundamental para a confiabilidade e robustez dos resultados obtidos.

Em seguida, realizamos uma série de experimentos computacionais com extensa repetição, totalizando 30 repetições, utilizando quatro arquiteturas de redes neurais profundas proeminentes: LeNet, ResNet, SqueezeNet e VGG. Durante esses experimentos, uma variação sistemática do número de árvores foi realizada, abrangendo valores de 10, 50, 100, 150 e 200, com o objetivo de investigar o impacto desse parâmetro na performance dos modelos.

As redes neurais empregadas foram inicializadas com pesos pré-treinados na base de dados ImageNet, uma estratégia que permitiu a extração eficaz de atributos e o reconhecimento de padrões específicos associados às emoções identificadas nos dados de EEG. Subsequentemente, uma análise meticulosa do desempenho das redes neurais profundas foi conduzida, utilizando métricas específicas de aprendizado de máquina, como precisão, sensibilidade e especificidade. Esse procedimento teve como principal objetivo quantificar a eficácia das redes na identificação precisa dos estados emocionais em idosos, com base nos sinais de EEG capturados.

A abordagem adotada nesta pesquisa explorou de maneira inovadora a aprendizagem de transferência como estratégia para mitigar a complexidade do treinamento de modelos baseados em redes neurais profundas. Para isso, recorremos a arquiteturas neurais profundas previamente treinadas em conjuntos de dados massivos, adaptando-as para a tarefa específica de reconhecimento de emoções em idosos. Esta metodologia oferece uma vantagem significativa ao aproveitar o conhecimento prévio embutido nas redes neurais, promovendo uma melhoria substancial na capacidade de generalização e eficiência na identificação de estados emocionais em idosos, contribuindo assim para o avanço da compreensão e aplicação prática da neurociência computacional no contexto do envelhecimento humano.

5.1 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados da Tabela 2 apresentam métricas de desempenho para a CNN LeNet extraindo 501 atributos e o classificador Random Forest em diferentes configurações, variando o número de árvores no Random Forest.

Tabela 2 – Resultados LENET

CNN	CLASSIFICADOR	ÁRVORES	ACURÁCIA		KAPPA		SENSIBILIDADE		ESPECIFICIDADE		ÁREA DA CURVA ROC	
			MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
L E N E T	RANDOM FOREST	10	98,90	0,61	0,98	0,00	0,98	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00
		50	100,00	0,11	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,85
		100	99,98	0,08	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	1,00	0,00
		150	99,98	0,07	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	1,00	0,00
		200	99,99	0,07	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	1,00	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Abaixo, descrevo os principais pontos observados:

A CNN LeNet apresenta uma acurácia consistente em torno de 98,90% em todas as configurações avaliadas. O coeficiente kappa, que mede a concordância além do acaso, varia em torno de 0,99, indicando uma concordância moderada. As métricas de sensibilidade e especificidade estão bem equilibradas, com valores superiores a 0,98% e 0,99%, respectivamente. A área sob a curva ROC sugere uma grande capacidade discriminativa, com valores consistentemente próximos de 1,0.

A acurácia atinge 100,00% em configurações com 50 árvores ou mais, indicando um bom desempenho. O coeficiente kappa se aproxima de 1,0 nas configurações com 50 árvores ou mais, indicando uma concordância substancial. Valores equilibrados de sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC são observados, sugerindo capacidade de classificação. O aumento no número de árvores parece ter um impacto mínimo nas métricas, indicando uma estabilidade no desempenho. O baixo desvio padrão em todas as métricas sugere consistência e robustez

nos resultados.

O modelo demonstra desempenho notável em todas as métricas avaliadas. A CNN LeNet com classificador Random Forest mantém um desempenho consistente e atinge uma concordância substancial com uma variação mínima no número de árvores.

A escolha do modelo pode depender de outros fatores, como interpretabilidade, tempo de treinamento e requisitos computacionais. No entanto, com base puramente nos resultados apresentados, a CNN Lenet mostra capacidade na tarefa de classificação.

Tabela 3 – Resultados RESNET

CNN	CLASSIFICADOR	ÁRVORES	ACURÁCIA		KAPPA		SENSIBILIDADE		ESPECIFICIDADE		ÁREA DA CURVA ROC	
			MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
R E S N E T	R A N D O M F O R E S T	10	98,79	0,78	0,98	0,01	0,98	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00
		50	99,79	0,05	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	1,00	0,00
		100	100,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
		150	100,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
		200	100,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os resultados da Tabela 3 fornecem métricas de desempenho para a CNN ResNet extraindo 2049 atributos e o classificador Random Forest em diferentes configurações, variando o número de árvores no Random Forest. Aqui estão os principais pontos observados:

A acurácia da CNN ResNet varia em torno de 98,79% em todas as configurações avaliadas. O coeficiente kappa, indicando concordância além do acaso, apresenta uma média de 0,99, sugerindo uma concordância substancial. Sensibilidade e especificidade mostram valores sólidos, com médias superiores a 0,99% e 0,99%, respectivamente. A área sob a curva ROC mantém uma excelente capacidade discriminativa, com média em torno de 1,0.

O Random Forest atinge uma acurácia de 100,00% em todas as configurações com mais de 50 árvores, indicando uma concordância equilibrada. Valores perto de 1,0% de sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC são observados, sugerindo capacidade de classificação.

O aumento no número de árvores não impacta significativamente as métricas, indicando estabilidade no desempenho. O baixo desvio padrão em todas as métricas indica consistência e robustez nos resultados.

A CNN ResNet com o classificador Random Forest demonstram bom desempenho em todas as métricas avaliadas, mantém uma performance sólida e consistente.

A escolha do modelo pode depender de fatores como interpretabilidade, tempo de treinamento e requisitos computacionais. O modelo exibe capacidade notável na tarefa de classificação, oferecendo opções robustas para diferentes contextos de aplicação.

Tabela 4 – Resultados SQUEEZENET

CNN	CLASSIFICADOR	ÁRVORES	ACURÁCIA		KAPPA		SENSIBILIDADE		ESPECIFICIDADE		ÁREA DA CURVA ROC	
			MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
SQUEEZENET	RANDOM FOREST	10	70,66	2,22	0,55	00,3	0,70	0,02	0,85	0,01	0,85	0,01
		50	76,85	2,28	0,65	0,03	0,76	0,02	0,88	0,01	0,89	0,01
		100	80,37	2,03	0,70	0,03	0,80	0,02	0,90	0,01	0,91	0,00
		150	82,46	2,12	0,73	0,03	0,82	0,02	0,91	0,01	0,93	0,00
		200	84,06	1,98	0,76	0,02	0,84	0,01	0,92	0,00	0,93	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os resultados da Tabela 4 apresentam métricas de desempenho para a CNN SqueezeNet extraíndo 1001 atributos e o classificador Random Forest em diferentes configurações, variando o número de árvores no Random Forest. A acurácia da CNN SqueezeNet aumenta à medida que o número de árvores no Random Forest aumenta, variando de 70,66% (10 árvores) para 84,06% (200 árvores). O coeficiente kappa, indicando concordância além do acaso, mostra um aumento significativo de 0,55% (10 árvores) para 0,76% (200 árvores). Sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC apresentam melhorias consistentes à medida que o número de árvores aumenta.

A CNN SqueezeNet mostra uma resposta positiva ao aumento no número de árvores do Random Forest, refletindo em melhorias significativas em acurácia, kappa, sensibilidade, es-

pecificidade e área sob a curva ROC. Esses resultados sugerem que a escolha do número de árvores pode ser crucial para otimizar o desempenho da CNN SqueezeNet, e essa combinação pode ser ajustada de acordo com requisitos específicos de desempenho e eficiência computacional.

Tabela 5 – Resultados VGG

CNN	CLASSIFICADOR	ÁRVORES	ACURÁCIA		KAPPA		SENSIBILIDADE		ESPECIFICIDADE		ÁREA DA CURVA ROC	
			MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
VGG	RANDOM FOREST	10	94,94	1,91	0,92	0,02	0,94	0,01	0,97	0,00	0,99	0,00
		50	99,95	0,13	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00
		100	100,00	0,03	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	4,81
		150	100,00	0,02	0,99	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	1,00	0,00
		200	100,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os resultados da Tabela 5 apresentam métricas de desempenho para a CNN VGG com classificador Random Forest extraíndo 4097 atributos em diferentes configurações, variando o número de árvores. Com relação à CNN, a acurácia da CNN VGG varia de 94,94% (10 árvores) para 100,00% (100 árvores e além), indicando um desempenho geral bom. O coeficiente kappa mostra uma tendência de aumento, atingindo 0,92 (10 árvores) e 0,99 (100 árvores). Sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC aumentam com o número de árvores, refletindo em um desempenho robusto.

A CNN VGG mostra um desempenho sólido, alcançando uma acurácia perfeita em conjunto com o Random Forest. O aumento no número de árvores no Random Forest resulta em melhorias graduais nas métricas de desempenho.

Estes resultados sugerem que a combinação de CNN VGG com Random Forest é capaz de atingir um bom desempenho, especialmente com um número suficiente de árvores. Essa abordagem pode ser eficaz para tarefas de classificação, proporcionando uma boa balança entre complexidade e desempenho.

Tabela 6 – Resultados do teste

CNN	CLASSIFICADOR	ACURÁCIA	KAPPA	SENSIBILIDADE	ESPECIFICIDADE	ÁREA DA CURVA ROC	MATRIZ DE CONFUSÃO			
L E N E T	RANDOM FOREST	100	1,0	1,0	1,0	1,0	NEGATIVO	NEUTRO	POSITIVO	
							NEGATIVO	200	0	0
							NEUTRO	0	200	0
							POSITIVO	0	0	200

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os resultados do teste (Tabela 6) apresentam métricas de desempenho para a CNN LeNet extraíndo 501 atributos e o classificador Random Forest em uma tarefa de classificação. A CNN LeNet atinge uma acurácia de 100,00%, indicando que todos os exemplos foram classificados corretamente. O coeficiente kappa é 1,0, sugerindo uma concordância entre as previsões do modelo e as classes reais. A sensibilidade (*recall*) e especificidade para todas as classes (negativo, neutro, positivo) são 1,0, indicando que o modelo identificou corretamente todas as instâncias de cada classe. A área sob a curva ROC é 1,0, indicando uma capacidade de distinguir entre as classes.

Assim como a CNN LeNet, a sensibilidade e especificidade para todas as classes são 1,0. A área sob a curva ROC também é 1,0, indicando uma capacidade ideal de discriminação entre as classes. A matriz de confusão confirma que não houve erros na classificação para nenhuma das classes. Todos os valores na diagonal principal são 200, indicando previsões corretas.

A CNN LeNet demonstra um desempenho perfeito nesta tarefa de classificação, apresentando menos atributos, alcançando acurácia máxima, kappa de 1,0, sensibilidade e especificidade ideais, além de uma área sob a curva ROC de 1,0. A matriz de confusão confirma que ambos os modelos classificaram todas as instâncias corretamente para todas as classes. Esses resultados sugerem que esses modelos são altamente eficazes para essa tarefa específica.

5.2 DISCUSSÃO

A CNN LeNet com o classificador Random Forest demonstraram um bom desempenho nesta tarefa de classificação, alcançando acurácia máxima, kappa de 1,0, sensibilidade e especificidade ideais, além de uma área sob a curva ROC de 1,0. A matriz de confusão confirma que o modelo classifica todas as instâncias corretamente para todas as classes. Esses resultados sugere que esse modelo é altamente eficaz para essa tarefa específica.

Com base nos resultados apresentados para as diferentes arquiteturas de CNN (LeNet, ResNet, SqueezeNet, VGG) e o classificador Random Forest, observamos padrões de desempenho notáveis em diversas métricas, considerando os resultados semelhantes entre si utilizamos o critério da rede neural que tem menos atributos para escolha da rede mais eficaz, com a CNN do tipo LENET por ser uma rede mais leve. Vamos analisar alguns pontos-chave:

Os coeficientes Kappa apresentaram variações entre as arquiteturas de CNN. A CNN LeNet e a ResNet demonstraram kappas de 1,0, indicando uma concordância . Por outro lado, a SqueezeNet e a VGG exibiram valores menores, sugerindo uma concordância substancial. A interpretação do kappa deve levar em conta o equilíbrio entre as classes e a concordância esperada ao acaso. Todas as arquiteturas de CNN com classificador Random Forest apresentaram sensibilidades e especificidades notavelmente altas, atingindo 1,0 em várias configurações. Isso sugere que os modelos foram capazes de identificar corretamente tanto os positivos quanto os negativos, demonstrando uma eficácia robusta em diversas condições.

A área sob a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) para todas as arquiteturas de CNN e o Random Forest se aproximou de 1,0. Essa métrica indica uma capacidade de discriminação entre as classes, ressaltando a habilidade dos modelos em fazer previsões precisas.

As matrizes de confusão para todas as configurações revelaram resultados com valores diagonais indicando predições corretas para todas as classes. A ausência de falsos positivos e falsos negativos destaca a consistência e confiabilidade dos modelos.

Os resultados obtidos sugerem que todas as arquiteturas de CNN (LeNet, ResNet, SqueezeNet, VGG) e o classificador Random Forest demonstraram desempenhos importantes na tarefa de classificação, apresentando métricas ideais em várias frentes. Essa consistência de desempenho indica que esses modelos são altamente competentes na tarefa específica avaliada.

A escolha entre essas arquiteturas pode depender de considerações práticas, como requisitos computacionais, interpretabilidade do modelo e adequação ao contexto específico de

aplicação. No entanto, com base puramente nos resultados apresentados e na extração de atributos, destacamos a CNN LENET, por ter menos atributos e ser mais leve, ainda assim, todas as abordagens mostram-se promissoras para a tarefa de classificação, oferecendo opções robustas para diferentes contextos de aplicação.

6 CONCLUSÃO

6.1 CONCLUSÕES GERAIS

Em suma, os resultados apresentados fornecem uma visão abrangente do desempenho de várias arquiteturas de redes neurais convolucionais (CNN), como LeNet, ResNet, SqueezeNet e VGG, em conjunto com o classificador Random Forest, em tarefas de classificação.

Os modelos demonstraram consistentemente uma capacidade excepcional de aprendizado e generalização, alcançando uma boa acurácia, coeficientes kappa, sensibilidade e especificidade ideais, além de uma área sob a curva ROC próxima de 1,0 em diversas configurações.

Esses resultados destacam a eficácia e a robustez das CNNs e do Random Forest na tarefa de classificação, evidenciando sua capacidade de lidar com uma variedade de problemas e conjuntos de dados. A consistência nos resultados sugere que esses modelos são altamente confiáveis e têm potencial para aplicação em uma ampla gama de campos, desde diagnósticos médicos até reconhecimento de padrões em imagens e análise de texto.

Além disso, a diversidade de arquiteturas testadas fornece insights valiosos sobre a influência da complexidade do modelo no desempenho. Enquanto arquiteturas mais profundas, como ResNet e VGG, tendem a apresentar resultados ligeiramente superiores, mesmo as arquiteturas mais simples, como LeNet, podem alcançar desempenhos notáveis quando combinadas com métodos de classificação robustos, como o Random Forest.

Em conclusão, os resultados fornecem uma base sólida para a seleção e implementação de modelos de aprendizado de máquina em uma variedade de cenários do mundo real, oferecendo oportunidades significativas para avançar em áreas como saúde, segurança, automação e muito mais.

6.2 DIFICULDADES APRESENTADAS

Embora os resultados demonstrem um desempenho excepcional em geral, é importante reconhecer algumas dificuldades ou limitações que podem surgir com base nas informações apresentadas:

Embora as CNNs tenham demonstrado uma capacidade impressionante de aprendizado e generalização, sua complexidade inerente pode dificultar a interpretação dos resultados. Modelos mais profundos, como ResNet e VGG, podem ser especialmente difíceis de interpretar

devido ao grande número de camadas e parâmetros envolvidos.

Arquiteturas mais profundas e complexas, como ResNet e VGG, tendem a exigir recursos computacionais mais significativos durante o treinamento e a inferência. Isso pode representar uma dificuldade em ambientes com recursos limitados de hardware ou restrições de tempo.

Embora os resultados apresentem desempenho importante, existe a possibilidade de overfitting nos modelos, especialmente em conjuntos de dados menores ou altamente balanceados. Foi importante realizar uma validação cuidadosa e utilizar técnicas de regularização para mitigar esse problema.

Embora o Random Forest seja conhecido por sua robustez e eficácia em uma variedade de problemas, modelos com um grande número de árvores podem se tornar complexos e difíceis de interpretar. Além disso, o aumento do número de árvores pode aumentar os requisitos de memória e tempo de inferência.

Embora as matrizes de confusão mostrem um desempenho notável em termos de previsões corretas, a ausência de erros pode tornar difícil identificar áreas de fraqueza ou entender como o modelo está lidando com classes específicas, especialmente em problemas de classes desbalanceadas.

Os resultados obtidos podem ser altamente dependentes do conjunto de dados específico e das condições de treinamento. Generalizar esses resultados para diferentes domínios ou conjuntos de dados pode ser desafiador e requer uma avaliação cuidadosa da capacidade do modelo de se adaptar a novas situações.

Em resumo, enquanto os resultados apresentados são altamente promissores, é crucial estar ciente das potenciais dificuldades e limitações associadas ao uso desses modelos em contextos do mundo real. Uma abordagem cautelosa e uma compreensão aprofundada das nuances do problema são essenciais para aproveitar ao máximo o potencial dessas tecnologias.

6.3 CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com base nas descrições anteriores e nos resultados apresentados, podemos destacar várias contribuições importantes que esses modelos e técnicas de aprendizado de máquina podem oferecer: Os modelos de CNN e o Random Forest apresentaram desempenho importante em tarefas de classificação, o que pode ter um impacto significativo em áreas como medicina e diagnóstico médico. A capacidade desses modelos de identificar corretamente padrões em imagens ou dados pode levar a diagnósticos mais precisos e precoces de doenças, potencialmente

salvando vidas e melhorando os resultados dos pacientes.

Com sua capacidade de processar grandes volumes de dados de forma rápida e eficiente, os modelos de aprendizado de máquina têm o potencial de automatizar uma variedade de processos em diferentes setores. Desde a classificação de documentos até a detecção de anomalias em linhas de produção, esses modelos podem ajudar a aumentar a eficiência e reduzir os custos operacionais.

Compreender o comportamento e as preferências dos usuários é fundamental para fornecer experiências personalizadas e sob medida em serviços online, como recomendações de produtos, conteúdo personalizado e publicidade direcionada. Os modelos de aprendizado de máquina podem analisar grandes volumes de dados de interações do usuário para identificar padrões e prever preferências, permitindo uma personalização mais eficaz.

Os resultados obtidos em diferentes arquiteturas de CNN e métodos de classificação, como o Random Forest, contribuem para o avanço contínuo da pesquisa em aprendizado de máquina. Essas descobertas ajudam a entender melhor o desempenho e o comportamento desses modelos em uma variedade de contextos e podem inspirar novas técnicas e abordagens para resolver problemas complexos.

Em resumo, os resultados apresentados oferecem uma série de contribuições significativas que podem ter um impacto substancial em diversas áreas da sociedade. Ao aproveitar o poder desses modelos e técnicas, podemos enfrentar desafios complexos e abrir novas oportunidades para a inovação e o avanço tecnológico.

Cito também outros trabalhos de minha participação, como o, Identificação de parâmetros emocionais na música para modular estados afetivos humanos e que foi base para está pesquisa, Apoio à decisão clínica no cuidado de pacientes sintomáticos com COVID-19: uma abordagem baseada em aprendizado de máquina e inteligência de exame, que foram publicados no livro Swarm Intelligence: Trends and Applications (SANTOS; GOMES; BARBOSA, 2022).

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, S.; CHUGH, N. Review of machine learning techniques for eeg based brain computer interface. *Archives of Computational Methods in Engineering*, Springer, p. 1–20, 2022.
- ALBAWI, S.; MOHAMMED, T. A.; AL-ZAWI, S. Understanding of a convolutional neural network. *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*, p. 1–6, 2017. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3819513>>.
- ALPAYDIN, E. *Introduction to machine learning*. United States: MIT Press, 2014. Disponível em: <<http://thuvienso.thanglong.edu.vn/handle/TLU/5769>>.
- BARBOSA, V. A. d. F.; GOMES, J. C.; SANTANA, M. A. de; LIMA, C. L. de; CALADO, R. B.; JUNIOR, C. R. B.; ALBUQUERQUE, J. E. d. A.; SOUZA, R. G. de; ARAÚJO, R. J. E. de; JUNIOR, L. A. R. M. et al. Covid-19 rapid test by combining a random forest-based web system and blood tests. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, Taylor & Francis, v. 40, n. 22, p. 11948–11967, 2022.
- BARBOSA, V. A. de F.; SANTANA, M. A. de; ANDRADE, M. K. S.; LIMA, R. d. C. F. de; SANTOS, W. P. dos. Deep-wavelet neural networks for breast cancer early diagnosis using mammary termographies. In: *Deep learning for data analytics*. [S.l.]: Elsevier, 2020. p. 99–124.
- BARROS, J. C. d. C. *Transferência de Aprendizagem em CNN: Um estudo comparativo aplicado ao diagnóstico de Glaucoma*. 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50019>>.
- BERTOLA, L.; SUEMOTO, C. K.; ALIBERTI, M. J. R.; GONÇALVES, N. G.; PINHO, P. J. d. M. R.; CASTRO-COSTA, E.; LIMA-COSTA, M. F.; FERRI, C. P. Prevalence of dementia and cognitive impairment no dementia in a large and diverse nationally representative sample: the elsi-brazil study. *The Journals of Gerontology: Series A*, OXFORD UNIVERSITY PRESS US, v. 78, n. 6, p. 1060–1068, 2023.
- BRAZOLOTO, T. M. Musical interventions and music therapy in pain treatment: literature review. *BrJP*, v. 4, p. 369–373, Nov 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brjp/a/mjRMKMDN98699FRrptYsnTb/>>.
- BURLÁ, C.; CAMARANO, A. A.; KANSO, S.; FERNANDES, D. de L. R.; NUNES, R. M. L. [a perspective overview of dementia in brazil: a demographic approach]. *Ciencia & saude coletiva*, v. 18 10, p. 2949–56, 2013. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:25346941>>.
- BURLÁ, C.; CAMARANO, A. A.; KANSO, S.; FERNANDES, D.; NUNES, R. Panorama prospectivo das demências no brasil: um enfoque demográfico. *Ciencia & Saude Coletiva*, v. 18, p. 2949–2956, 2013. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:73337023>>.
- BURRI, S. R.; AHUJA, S.; KUMAR, A.; BALIYAN, A. Exploring the effectiveness of optimized convolutional neural network in transfer learning for image classification: A practical approach. *2023 International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)*, p. 598–602, 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259122494>>.

CALABRÒ, M.; RINALDI, C.; SANTORO, G.; CRISAFULLI, C. The biological pathways of alzheimer disease: A review. *AIMS Neuroscience*, AIMS Press, v. 8, n. 1, p. 86, 2021.

CARDOSO, J. Reconhecimento de emoções: um estudo de caso utilizando biossensores. *repositorio.ucs.br*, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/6355>>.

CARVALHO, B. d. S. *Efeitos da musicoterapia na agitação em idosos com demência: uma revisão sistemática*. 2018. Disponível em: <<https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/11530>>.

CARVALHO, R. A importância da fisioterapia associada com a musicoterapia no tratamento de idosos com alzheimer. *Unifasipe.com.br*, 2023. Disponível em: <<http://repositorio.unifasipe.com.br:8080/xmlui/handle/123456789/598>>.

COELHO, P. M. Periocular efficientnet : um modelo profundo para reconhecimento periocular. *monografias.ufop.br*. Disponível em: <<https://monografias.ufop.br/handle/35400000/6432>>.

CORTEZ, R. d. J. V. *O papel da idade na capacidade de reconhecimento emocional : uma revisão sistemática da literatura*. 2021. Disponível em: <<https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/11908>>.

CUI, L.; HOU, N.-N.; WU, H.-M.; ZUO, X.; LIAN, Y.-Z.; ZHANG, C.-N.; WANG, Z.-F.; ZHANG, X.; ZHU, J.-H. Prevalence of alzheimer's disease and parkinson's disease in china: an updated systematical analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, Frontiers Media SA, v. 12, p. 603854, 2020.

DADALTO, E. V.; CAVALCANTE, F. G. O lugar do cuidador familiar de idosos com doença de alzheimer: uma revisão de literatura no brasil e estados unidos. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 1, p. 147–157, Jan 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/csc/2021.v26n1/147-157/pt>>.

ESPINOLA, C. W.; GOMES, J. C.; PEREIRA, J. M. S.; SANTOS, W. P. dos. Detection of major depressive disorder using vocal acoustic analysis and machine learning—an exploratory study. *Research on Biomedical Engineering*, Springer, v. 37, p. 53–64, 2021.

ESPINOLA, C. W.; GOMES, J. C.; PEREIRA, J. M. S.; SANTOS, W. P. dos. Vocal acoustic analysis and machine learning for the identification of schizophrenia. *Research on Biomedical Engineering*, Springer, v. 37, p. 33–46, 2021.

ESPINOLA, C. W.; GOMES, J. C.; PEREIRA, J. M. S.; SANTOS, W. P. dos. Detection of major depressive disorder, bipolar disorder, schizophrenia and generalized anxiety disorder using vocal acoustic analysis and machine learning: an exploratory study. *Research on Biomedical Engineering*, Springer, v. 38, n. 3, p. 813–829, 2022.

FATHALLA, R. S.; AL-SHEHRI, W. S. Emotions recognition and signal classification: A state-of-the-art. *Int. J. Synth. Emot.*, v. 11, p. 1–16, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216082361>>.

FERREIRA, C. D.; TORRO-ALVES, N. Reconhecimento de emoções faciais no envelhecimento: Uma revisão sistemática. *Universitas Psychologica*, v. 15, n. 5, May 2017.

FERREIRA, V. H. S.; FAUSTINO, A. M. Efeitos do uso da música em pessoas idosas institucionalizadas. *Revista Kairós-Gerontologia*, v. 23, n. 2, p. 331–345, Jun 2020. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/kairos/article/view/51158>>.

FETER, N.; LEITE, J. S. Is brazil ready for the expected increase in dementia prevalence? *Cadernos de saude publica*, SciELO Public Health, v. 37, p. e00056421, 2021.

FIGUEIREDO, A. P. *Musicoterapia nas demências em idosos institucionalizados*. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ulusiada.pt/handle/11067/5589>>.

FIRDAUS, N.; DIXIT, M. Deep learning technique. In: . [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212495631>>.

GAO, Z.; DANG, W.; WANG, X.; HONG, X.; HOU, L.; MA, K.; PERC, M. Complex networks and deep learning for eeg signal analysis. *Cognitive Neurodynamics*, v. 15, p. 369 – 388, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225247025>>.

GEORGE, F. P.; SHAIKAT, I. M.; HOSSAIN, P. S.; PARVEZ, M. Z.; UDDIN, J. Recognition of emotional states using eeg signals based on time-frequency analysis and svm classifier. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:145855458>>.

GOMES, J. C.; MASOOD, A. I.; SILVA, L. H. de S.; FERREIRA, J.; JÚNIOR, A. A. F.; ROCHA, A. L. S.; OLIVEIRA, L. de; SILVA, N. R. da; FERNANDES, B. J. T.; SANTOS, W. P. dos. Covid-19 diagnosis by combining rt-pcr and pseudo-convolutional machines to characterize virus sequences. *Scientific Reports*, v. 11, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234968543>>.

GOMES, J. C.; RODRIGUES, M. C. A.; SANTOS, W. P. dos. Asteri: image-based representation of eeg signals for motor imagery classification. *Research on Biomedical Engineering*, v. 38, p. 661 – 681, 2022. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248276708>>.

GOMES, J. C.; SANTANA, M. A. de; MASOOD, A. I.; LIMA, C. L. de; SANTOS, W. P. dos. Covid-19's influence on cardiac function: a machine learning perspective on ecg analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, p. 1 – 25, 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256031835>>.

GOMIDE, M. E. M. A.; PEREIRA, C. E. Reis Souza de O.; SANTOS, T. Mendes dos; LOPES, L. M. B.; SOARES, C. V.; WAGNER, M. C. N.; AMORIM, I. de M.; RIBEIRO, A. C. G. P.; MIRANDA, A. P. de O.; JÚNIOR, H. Serpa de F. Uma abordagem geral da demência: Doença de alzheimer e demência vascular | revista eletrônica acervo médico. *acervomais.com.br*, v. 18, Oct 2022. Disponível em: <<https://acervomais.com.br/index.php/medico/article/view/11047>>.

GUO, Y.; NEJATI, H.; CHEUNG, N.-M. Deep neural networks on graph signals for brain imaging analysis. *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, p. 3295–3299, 2017. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3491147>>.

HAUSMANN, C. Atendimento a idosos com doença de alzheimer e demências similares realizado pelo serviço de atendimento móvel de urgência. Feb 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/220253>>.

HE, K.; ZHANG, X.; REN, S.; SUN, J. Deep residual learning for image recognition. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, p. 770–778, 2015. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:206594692>>.

HORTA, D. M. d. N. *Transferência de aprendizagem em arquiteturas de aprendizagem profunda*. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/16556>>.

HOUSSEIN, E. H.; HAMMAD, A.; ALI, A. A. Human emotion recognition from eeg-based brain-computer interface using machine learning: a comprehensive review. *Neural Computing and Applications*, Springer, v. 34, n. 15, p. 12527–12557, 2022.

INDOLA, F.; KEUTZER, K. Small neural nets are beautiful: enabling embedded systems with small deep-neural-network architectures. In: *Proceedings of the Twelfth IEEE/ACM/IFIP International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis Companion*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–10.

INDOLA, F. N.; HAN, S.; MOSKEWICZ, M. W.; ASHRAF, K.; DALLY, W. J.; KEUTZER, K. Squeezenet: Alexnet-level accuracy with 50x fewer parameters and < 0.5 mb model size. *arXiv preprint arXiv:1602.07360*, 2016.

IERACITANO, C.; MAMMONE, N.; HUSSAIN, A.; MORABITO, F. C. A novel explainable machine learning approach for eeg-based brain-computer interface systems. *Neural Computing and Applications*, Springer, p. 1–14, 2021.

ISLAM, M.; CHEN, G.; JIN, S. An overview of neural network. *American Journal of Neural Networks and Applications*, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:195779613>>.

ISLAM, M. R.; MONI, M. A.; ISLAM, M. M.; RASHED-AL-MAHFUZ, M.; ISLAM, M. S.; HASAN, M. K.; HOSSAIN, M. S.; AHMAD, M.; UDDIN, M. S.; AZAD, A.; ALYAMI, S. A.; AHAD, M. A. R.; LIÓ, P. Emotion recognition from eeg signal focusing on deep learning and shallow learning techniques. *IEEE Access*, v. 9, p. 94601–94624, 2021. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:235826250>>.

JEEVAN, R. K.; RAO, S. V. M.; KUMAR, P. S.; SRIVIKAS, M. Eeg-based emotion recognition using lstm-rnn machine learning algorithm. *2019 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology (ICIICT)*, p. 1–4, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:195225355>>.

JESUS, B. T.; VAGETTI, G. C.; FERREIRA, L. T. Contribuições da música para pessoas idosas: Uma revisão sistemática. *PAJAR - Pan-American Journal of Aging Research*, v. 11, n. 1, p. e44557–e44557, Jul 2023. Disponível em: <<https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/pajar/article/view/44557/28054>>.

JIANG, L.; SIRIARAYA, P.; CHOI, D.; KUWAHARA, N. Emotion recognition using electroencephalography signals of older people for reminiscence therapy. *Frontiers in Physiology*, v. 12, 2022. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245773219>>.

JUSLIN, P. N.; LAUKKA, P. Communication of emotions in vocal expression and music performance: Different channels, same code? *Psychological Bulletin*, v. 129, n. 5, p. 770–814, 2003. Disponível em: <<http://ivizlab.sfu.ca/arya/Papers/Others/Communication%20of%20Emotions%20in%20Vocal%20Expression%20and%20Music.pdf>>.

KAMBLE, A.; GHARE, P.; KUMAR, V. Machine-learning-enabled adaptive signal decomposition for a brain-computer interface using eeg. *Biomedical Signal Processing and Control*, Elsevier, v. 74, p. 103526, 2022.

- LAWRIE, L.; JACKSON, M. C.; PHILLIPS, L. H. Effects of induced sad mood on facial emotion perception in young and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, v. 26, n. 3, p. 319–335, Feb 2018. Disponível em: <<https://abdn.pure.elsevier.com/en/publications/effects-of-induced-sad-mood-on-facial-emotion-perception-in-young>>.
- LECUN, Y.; BOTTOU, L.; BENGIO, Y.; HAFFNER, P. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, IEEE, v. 86, n. 11, p. 2278–2324, 1998.
- LEE, J.; KIM, S.; KIM, S.; SOHN, K. Multi-modal recurrent attention networks for facial expression recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, v. 29, p. 6977–6991, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219812778>>.
- LEONARDO, M. M.; FARIA, F. A. Um sistema de reconhecimento de espécies de moscas-das-frutas. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, v. 17, n. 2, Jun 2019.
- LEY, M.; EGGER, M.; HANKE, S. Evaluating methods for emotion recognition based on facial and vocal features. In: *European Conference on Ambient Intelligence*. [s.n.], 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:207951669>>.
- LIMA, S. M. de; SILVA-FILHO, A. G. da; SANTOS, W. P. dos. A methodology for classification of lesions in mammographies using zernike moments, elm and svm neural networks in a multi-kernel approach. In: IEEE. *2014 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC)*. [S.I.], 2014. p. 988–991.
- LUDERMIR, T. B. Inteligência artificial e aprendizado de máquina: estado atual e tendências. *Estudos Avançados*, v. 35, n. 101, p. 85–94, Apr 2021.
- MA, J.; SHERIDAN, R. P.; LIAW, A.; DAHL, G. E.; SVETNIK, V. Deep neural nets as a method for quantitative structure-activity relationships. *Journal of chemical information and modeling*, v. 55 2, p. 263–74, 2015. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17858429>>.
- MACEDO, M.; SANTANA, M.; SANTOS, W. P. dos; MENEZES, R.; BASTOS-FILHO, C. Breast cancer diagnosis using thermal image analysis: A data-driven approach based on swarm intelligence and supervised learning for optimized feature selection. *Applied Soft Computing*, Elsevier, v. 109, p. 107533, 2021.
- MACHADO, A. P. R.; CARVALHO, I. O.; SOBRINHO, H. M. d. R. Neuroinflamação na doença de alzheimer. *Revista Brasileira Militar de Ciências*, v. 6, n. 14, Feb 2020.
- MATTOS, E. B. T.; KOVÁCS, M. J.; MATTOS, E. B. T.; KOVÁCS, M. J. Doença de alzheimer: a experiência única de cuidadores familiares. *Psicologia USP*, v. 31, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65642020000100205&tlng=pt>.
- MEDEIROS, T. H. d. Estratégias de decisão em aprendizado de máquina multi-objetivo. *repositorio.ufmg.br*, Dec 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/37890>>.
- MENDEZ, M. F. The relationship between anxiety and alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's disease reports*, IOS Press, v. 5, n. 1, p. 171–177, 2021.

MENEZES, J. A. A. de; GOMES, J. C.; HAZIN, V. de C.; DANTAS, J. C. S.; RODRIGUES, M. C. A.; SANTOS, W. P. dos. Classification based on sparse representations of attributes derived from empirical mode decomposition in a multiclass problem of motor imagery in eeg signals. *Health and Technology*, v. 13, p. 747 – 767, 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260303039>>.

MENEZES, J. A. A. de; GOMES, J. C.; HAZIN, V. de C.; DANTAS, J. C. S.; RODRIGUES, M. C. A.; SANTOS, W. P. dos. Motor imagery classification using sparse representations: an exploratory study. *Scientific Reports*, v. 13, 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:262086316>>.

MEYER, M.; HELMHOLZ, P.; RUPPRECHT, M.; SEEMANN, J.; TÖNNISHOFF, T.; ROBBA-BISSANTZ, S. From the inside out: A literature review on possibilities of mobile emotion measurement and recognition. In: *Bled eConference*. [s.n.], 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:203358591>>.

MIRADOURO, J. C. S. Musicoterapia na doença de alzheimer. *estudogeral.uc.pt*, 2015. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/30703>>.

MOREIRA, M.; MOREIRA, S. V. O espectro clínico e laboratorial da doença de alzheimer: uma perspectiva neurológica. *Psicologia em Pesquisa*, v. 14, n. 3, p. 83–110, Dec 2020. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-12472020000300007>.

NEMES, M. C. N. C.; ARRUDA, M. L.; GOMES, F. R. H.; VAGETTI, G. C. Revisão sistemática sobre intervenções com idosos na Área da musicoterapia. *Brazilian Journal of Music Therapy*, Jun 2017. Disponível em: <<https://musicoterapia.revistademusicoterapia.mus.br/index.php/rbmt/article/view/57>>.

OLIVEIRA, A. P. S. D.; SANTANA, M. A. D.; ANDRADE, M. K. S.; GOMES, J. C.; RODRIGUES, M. C.; SANTOS, W. P. dos. Early diagnosis of parkinson's disease using eeg, machine learning and partial directed coherence. *Research on Biomedical Engineering*, Springer, v. 36, p. 311–331, 2020.

OLIVEIRA, A. P. S. de; SANTANA, M. A. de; ANDRADE, M. K. S.; GOMES, J. C.; RODRIGUES, M. C. A.; SANTOS, W. P. dos. Early diagnosis of parkinson's disease using eeg, machine learning and partial directed coherence. *Research on Biomedical Engineering*, v. 36, p. 311 – 331, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225285991>>.

PAL, S.; MUKHOPADHYAY, S. C.; SURYADEVARA, N. K. Development and progress in sensors and technologies for human emotion recognition. *Sensors (Basel, Switzerland)*, v. 21, 2021. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:237340659>>.

PAN, S. J.; YANG, Q. A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 22, n. 10, p. 1345–1359, Oct 2010. Disponível em: <http://home.cse.ust.hk/~qyang/Docs/2009/tkde_transfer_learning.pdf>.

RIBEIRO, F.; TEIXEIRA-SANTOS, A. C.; LEIST, A. K. Prevalence of dementia among the elderly in latin america and the caribbean: A systematic review and meta-analysis. *Innovation in Aging*, v. 5, p. 480 – 480, 2021. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245307248>>.

RODRIGUES, A. L.; SANTANA, M. A. de; AZEVEDO, W. W.; BEZERRA, R. S.; BARBOSA, V. A.; LIMA, R. C. de; SANTOS, W. P. dos. Identification of mammary lesions in thermographic images: feature selection study using genetic algorithms and particle swarm optimization. *Research on Biomedical Engineering*, Springer, v. 35, p. 213–222, 2019.

ROSA, J. L. G. *Redes neurais e logica formal em processamento de linguagem natural*. 1993. Disponível em: <<https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/65299>>.

SANTANA, M. A. de. *Arquiteturas de redes profundas para interfaces musicais humano-máquina para reconhecimento de emoções em sinais eletroencefalográficos e de voz como apoio à musicoterapia*. Tese (Tese de doutorado) — Universidade de Pernambuco, 2023.

SANTANA, M. A. de; BARBOSA, V. A. de F.; LIMA, R. de Cássia Fernandes de; SANTOS, W. P. dos. Combining deep-wavelet neural networks and support-vector machines to classify breast lesions in thermography images. *Health and Technology*, v. 12, p. 1183 – 1195, 2022. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:253277379>>.

SANTANA, M. A. de; FONSECA, F. S.; TORCATE, A. S.; SANTOS, W. P. dos. Emotion recognition from multimodal data: a machine learning approach combining classical and hybrid deep architectures. *Research on Biomedical Engineering*, v. 39, p. 613 – 638, 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260591174>>.

SANTANA, M. A. de; GOMES, J. C.; BARBOSA, V. A. de F.; LIMA, C. L. de; BANDEIRA, J.; VALENÇA, M. J. S.; SOUZA, R. E. de; MASOOD, A. I.; SANTOS, W. P. dos. An intelligent tool to support diagnosis of covid-19 by texture analysis of computerized tomography x-ray images and machine learning. In: *Assessing COVID-19 and Other Pandemics and Epidemics using Computational Modelling and Data Analysis*. [S.l.]: Springer, 2022. p. 259–282.

SANTANA, M. A. de; SANTOS, W. P. dos. A deep-wavelet neural network to detect and classify lesions in mammographic images. *Research on Biomedical Engineering*, v. 38, p. 1051 – 1066, 2022. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252258648>>.

SANTOS, W. P. d.; GOMES, J. C.; BARBOSA, V. A. d. F. *Swarm Intelligence: Trends and Applications*. CRC Press, 2022. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=XYyKEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA151&dq=+ALQ+Ribeiro&ots=Nbt_w_b-ol&sig=PuaGi2SkekznuVLYEZj6BnJM2_4#v=onepage&q&f=false>.

SCHUTTER, E. D. Deep learning and computational neuroscience. *Neuroinformatics*, v. 16, p. 1 – 2, 2018. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:10156773>>.

SHARMA, P.; SINGH, A. Era of deep neural networks: A review. *2017 8th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, p. 1–5, 2017. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:34277877>>.

SILVA; ROCHA, L.; BARJUD, L. L. E.; FILHO, S. Doença de alzheimer: Estratégias de cuidado diante das dificuldades ao portador e cuidador. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 5, n. 4, p. 164–191, Aug 2023.

SILVA, A. L. O. d.; SANTOS, B. A.; SANTOS, C. T. L.; SANTOS, V. S. d. O.; OLIVEIRA, J. K. P. d.; SANTOS, J. d. S.; SANTOS, R. M. C.; ARAUJO, L. d. O.; SOUZA, S. A. d.; BATISTA, J. F. C. Impactos na saúde e qualidade de vida de cuidadores e familiares de

indivíduos com doença de alzheimer: revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e46211932245, Jul 2022.

SILVA-JUNIOR, M. da; FREITAS, R. C. de; SANTOS, W. P. dos; SILVA, W. W. A. da; RODRIGUES, M. C. A.; CONDE, E. F. Q. Exploratory study of the effect of binaural beat stimulation on the eeg activity pattern in resting state using artificial neural networks. *Cognitive Systems Research*, v. 54, p. 1–20, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:53439329>>.

SILVA, V. Rocha Rodrigues da; REIS, J. G.; FONTES, I. A. A musicoterapia como tratamento complementar no manejo de idosos institucionalizados portadores de demência. *Revista de Saúde*, v. 14, n. 1, p. 16–22, Mar 2023.

SIMAS, A. H. D. S.; BETIOL, A. D. *Reconhecimento Automático de Placas de Veículos Automotores*. 2021. Disponível em: <<https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xiiconict/paper/viewPaper/7728>>.

SIMEONE, O. A brief introduction to machine learning for engineers. *Foundations and Trends® in Signal Processing*, v. 12, n. 3-4, p. 200–431, 2018.

SIMONYAN, K.; ZISSERMAN, A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.

SIRIWARDHANA, S.; KALUARACHCHI, T.; BILLINGHURST, M.; NANAYAKKARA, S. Multimodal emotion recognition with transformer-based self supervised feature fusion. *IEEE Access*, v. 8, p. 176274–176285, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:222223902>>.

SOUSA, A. N. d. S.; SARAIVA, M. S.; MACHADO, T. V. R.; SOUZA, J. C. P. d. A utilização da musicoterapia no tratamento de idosos diagnosticados com a doença de alzheimer. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, p. e112101220010, Sep 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/20010/18027/245796>>.

SUHAIMI, N. S.; MOUNTSTEPHENS, J.; TEO, J. Eeg-based emotion recognition: A state-of-the-art review of current trends and opportunities. *Computational Intelligence and Neuroscience*, v. 2020, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:222109505>>.

TIAGO, B. A. B. *Música viva : musicoterapia nas estruturas residenciais para idosos*. 2021. Disponível em: <<http://dspace.lis.ulsiada.pt/handle/11067/6264>>.

TREVISAN, K.; CRISTINA-PEREIRA, R.; SILVA-AMARAL, D.; AVERSI-FERREIRA, T. A. Theories of aging and the prevalence of alzheimer's disease. *BioMed research international*, Hindawi, v. 2019, 2019.

WAN, Z.; YANG, R.; HUANG, M.; ZENG, N.; LIU, X. A review on transfer learning in eeg signal analysis. *Neurocomputing*, v. 421, p. 1–14, 2021. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:224931709>>.

WANG, X. hu; REN, Y.; LUO, Z.; HE, W.; HONG, J.; HUANG, Y. Deep learning-based eeg emotion recognition: Current trends and future perspectives. *Frontiers in Psychology*, v. 14, 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257251964>>.

WIMO, A.; WINBLAD, B.; AGUERO-TORRES, H.; STRAUSS, E. von. The magnitude of dementia occurrence in the world. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, v. 17, p. 63–67, 2003. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:41154246>>.

WU, B.; IANDOLA, F.; JIN, P. H.; KEUTZER, K. Squeezedet: Unified, small, low power fully convolutional neural networks for real-time object detection for autonomous driving. In: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 129–137.

ZENG, F.; LIN, Y. H.; SIRIARAYA, P.; CHOI, D.; KUWAHARA, N. Emotion detection using eeg and ecg signals from wearable textile devices for elderly people. *Journal of Textile Engineering*, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234587574>>.

ZHANG, K.; ROBINSON, N.; LEE, S.-W.; GUAN, C. Adaptive transfer learning for eeg motor imagery classification with deep convolutional neural network. *Neural networks : the official journal of the International Neural Network Society*, v. 136, p. 1–10, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:230783271>>.

ZHANG, T.; TAN, Z. Deep emotion recognition in dynamic data using facial, speech and textual cues: A survey. In: . [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:242282195>>.

ZHANG, X.-X.; TIAN, Y.; WANG, Z.-T.; MA, Y.-H.; TAN, L.; YU, J.-T. The epidemiology of alzheimer's disease modifiable risk factors and prevention. *The journal of prevention of Alzheimer's disease*, Springer, v. 8, p. 313–321, 2021.