

ANÁLISE DA EFICÁCIA E IMPACTO DA QUANTIDADE DE ELETRODOS NO EEG E O SISTEMA 10-20: UMA MINE REVISÃO E PERSPECTIVAS

Jacks Renan Neves Fernandes¹;

Instituto Federal de Educação do Piauí (IFPI), Parnaíba, Piauí.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-0673>

Francisco Elezior Xavier Magalhães²;

Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Parnaíba, Piauí.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8542-4245?lang=en>

Valécia Natália Carvalho da Silva³;

Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Parnaíba, Piauí.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5739-0722>

Thayaná Ribeiro Silva Fernandes⁴;

Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Parnaíba, Piauí.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6590-4620>

Antônio Thomaz de Oliveira⁵;

Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Parnaíba, Piauí.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0277-6833>

Valéria de Fátima Veras de Castro⁶.

Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Parnaíba, Piauí.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8281-3029>

RESUMO: O eletroencefalógrafo (EEG) é um equipamento que detecta atividade elétrica cerebral de forma não invasiva e normalmente adota o sistema topográfico 10-20 com 19 posições espaçadas no couro cabeludo. São vários tipos de equipamentos de EEG e quantidade de eletrodos utilizados. Apesar dos avanços nas pesquisas, ainda existe incerteza sobre como a redução do número de eletrodos em sistemas de EEG afeta a qualidade do sinal e a capacidade de detecção de eventos neurais críticos, como convulsões, enquanto busca manter a eficiência e a praticidade dos dispositivos. O objetivo da presente revisão é identificar evidências disponíveis na literatura sobre os tipos de equipamentos de exames com EEG e sua eficácia, levando em consideração a quantidade de eletrodos. Foram recuperados artigos publicados em inglês, disponíveis na íntegra na base *PubMed* e *Scopus*.

O principal componente explorado nos artigos acerca dos tipos de EEG é a quantidade de eletrodos, haja vista sua associação com vantagens e desvantagens com relação ao sistema internacional 10-20. Como resultado identificou-se que a redução do número de eletrodos em sistemas de EEG pode simplificar e melhorar a eficiência do monitoramento cerebral, mantendo a precisão na classificação de sinais, embora essa diminuição possa acarretar desafios relacionados à perda de detalhes e à detecção de eventos específicos, como convulsões. Com base nas análises pode-se inferir sobre potencial avanço em mitigar artefatos e melhora das análises utilizando menos eletrodos.

PALAVRAS-CHAVE: Eletroencefalógrafo; EEG; Canais; Eletrodos; Dimensional; Artefatos.

ANALYSIS OF THE EFFICACY AND IMPACT OF ELECTRODE QUANTITY IN EEG AND THE 10-20 SYSTEM: A MINI REVIEW AND PERSPECTIVES

ABSTRACT: The electroencephalograph (EEG) is a device that non-invasively detects brain electrical activity and typically employs the 10-20 topographic system with 19 spaced positions on the scalp. There are various types of EEG equipment and differing numbers of electrodes used. Despite advances in research, uncertainty remains about how reducing the number of electrodes in EEG systems affects signal quality and the ability to detect critical neural events, such as seizures while maintaining the devices' efficiency and practicality. This review aims to identify available evidence in the literature regarding the types of EEG equipment and their effectiveness, considering the number of electrodes. Articles published in English and available in the PubMed and Scopus databases were retrieved. The primary component explored in the articles concerning EEG types is the number of electrodes, given its association with advantages and disadvantages relative to the international 10-20 system. The findings indicate that reducing the number of electrodes in EEG systems may simplify and improve the efficiency of brain monitoring while maintaining signal classification accuracy. However, this reduction may present challenges related to the loss of detail and the detection of specific events, such as seizures. Based on the analyses, potential advances in artefact mitigation and improved analyses using fewer electrodes can be inferred. However, further research is needed to fully understand the implications of these findings.

KEYWORDS: Electroencephalograph (EEG). Channels. Artifacts.

INTRODUÇÃO

A eletroencefalografia é uma técnica utilizada para medir a atividade elétrica do cérebro. Devido ao crescimento exponencial dos *hardwares* voltados ao EEG de multicanais, houve a necessidade do desenvolvimento de um sistema topográfico baseado em métodos de localização espacial dos eletrodos no escalpo. Assim, foi criado o sistema 10-20 de posicionamento padrão que se utiliza de 21 eletrodos. O sistema 10/20 é um sistema de

colocação de eletrodos usados em EEG, que define a localização dos eletrodos com base na proporção de 10% e 20% da distância entre pontos de referência anatômicos do crânio. Observando-se a necessidade de uma maior densidade de eletrodos por região, outros sistemas de distribuição de eletrodos foram criados a partir do sistema 10-20, como por exemplo os sistemas 10/10 e 10/5, que por sua vez possuem uma quantidade de eletrodos superior (DHIMAN; SAINI; PRIYANKA, 2010).

Quando são usados poucos eletrodos ocorre a baixa amostragem ou *undersampling* do potencial elétrico do couro cabeludo, uma vez que, passa-se a determinar um número mínimo de eletrodos a fim de evitar o mau desempenho na aquisição dos dados. Vários estudos afirmam até quantos eletrodos utilizados podem passar a prejudicar a aquisição do sinal, já que o próprio eletrodo gera ruído e possui seu campo magnético particular. Essas variáveis indesejáveis são representadas no sinal eletroencefalográfico como artefatos (DHIMAN; SAINI; PRIYANKA, 2010). Nesse contexto, revisões recentes apontam que técnicas de *deep learning* vêm sendo amplamente exploradas na análise de sinais eletroencefalográficos, principalmente por sua capacidade de aprender representações discriminativas diretamente dos dados, mesmo em cenários caracterizados por ruído elevado, não estacionariedade e variabilidade intersujeito (AL-SAEIGH; DAWWD; ABDUL-JABBAR, 2021).

Nesse sentido, a avaliação básica dos traços de EEG pertence a varredura de distorções de sinal que sua vez são chamadas de artefatos. Normalmente, esta é uma sequência com maior amplitude e de forma diferente em comparação a sequências de sinal que não sofrem qualquer grande “contaminação”. O artefato no EEG pode ser relacionado ao paciente ou à técnica. Os artefatos relacionados com o paciente são sinais fisiológicos indesejáveis que podem se apresentar como sinais diferentes no EEG. Já os artefatos técnicos, podem ser diminuídos pela redução do eletrodo, da impedância e por fios de eletrodos mais curtos. A exclusão dos segmentos de artefatos no EEG não pode ser gerada automaticamente (DHIMAN; SAINI; PRIYANKA, 2010). Evidências recentes indicam que abordagens baseadas em transformada *wavelet* permanecem eficazes para a mitigação de ruído em sinais biomédicos adquiridos com arquiteturas reduzidas, especialmente quando se busca preservar características morfológicas relevantes sob restrições computacionais (ABDOU; KRISHNAN, 2024).

Trabalhos recentes em processamento de sinais biomédicos têm demonstrado que métodos clássicos de filtragem e decomposição podem ser insuficientes para lidar com a natureza dinâmica e multifonte do ruído fisiológico, especialmente quando há sobreposição espectral entre sinal e interferência. Nesse contexto, abordagens baseadas em modelos dinâmicos, como o uso de suavização de Kalman estendida associada à otimização de parâmetros morfológicos, têm apresentado desempenho superior na preservação das características fisiológicas do sinal (MURUGAN; PANIGRAHY, 2025).

Para melhor discriminação de diferentes artefatos fisiológicos, tem sido utilizados

eletrodos adicionais, o monitoramento do movimento ocular, o eletro-oculograma e a solicitação de que o participante da análise não realize muitos movimentos musculares, visto que a atividade ocular é uma das principais fontes de artefatos em gravações de EEG. Uma abordagem para a correção destas perturbações tem sido apresentada com a utilização de uma técnica estatística conhecida como análise dos componentes independentes. Esta técnica separa os componentes pela curtose de sua distribuição de amplitude sobre o tempo, e dessa forma, distingue entre sinais estritamente periódicos e sinais de ocorrência. Em geral, os sinais de ocorrência são formados por artefatos oculares (URIGÜEN; GARCIA-ZAPIRAIN, [s.d.]).

Pode-se observar alguns pontos relevantes inerentes aos sistemas oriundos do 10/20, que por sua vez é o mais comumente utilizado, já adotado como padrão no âmbito clínico e laboratorial, relacionados diretamente a quantidade de eletrodos para aquisição dos sinais eletroencefalográficos. A escolha entre o sistema 10/20 tradicional e sistemas com menos eletrodos depende das necessidades específicas do estudo ou aplicação. Alguns estudos podem se beneficiar da maior quantidade de informações fornecidas pelo sistema 10/20 tradicional, enquanto outros podem preferir sistemas com menos eletrodos para uma maior praticidade e conforto.

METODOLOGIA

Esta revisão consiste em uma pequena sistematização sobre as publicações teóricas de pesquisas acerca da eletroencefalografia e o sistema de posicionamento topográfico 10/20 de eletrodos no escalpo. Para a seleção dos artigos e sua análise foram desenvolvidas as etapas de uma revisão integrativa, conforme sugerido (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010; MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Buscou-se as publicações em periódicos na base *Pubmed*. Foram selecionados os artigos disponíveis na íntegra, publicados em língua inglesa e revisados, entre o período de 2010 e 2023, utilizando a *string* base de busca (“reduction” AND “channel*”) AND (“EEG” OR “electroencephalogram”) AND (“dimensional*”) de palavras chaves. Como critério de exclusão descartou-se artigos incompletos e que não estivessem à disposição na plataforma *online*. Para condução e extração das informações, foi utilizado o *software Start – State of the Art through Systematic Review*, Versão 2.3.4.2, onde pode-se elaborar o planejamento através de um protocolo onde foram definidos os parâmetros utilizados na pesquisa, a posterior fase de execução com a identificação dos artigos, seleção dos mesmos com base nos critérios pré-definidos e a extração das informações necessárias ao escopo do trabalho, desta forma, passando à última etapa que era a sumarização e posterior escrita da revisão. Independente da proposta da revisão, os artigos selecionados foram lidos para conhecimento e análise das informações apresentadas.

RESULTADOS

Compondo a amostra inicial de 24 artigos que foram recuperados na base de dados *Pubmed*, 81 na base *Scopus* e mais 12 artigos de outras bases, totalizando 117 artigos. Foram selecionados 19 artigos e realizada leitura na íntegra. Destes, 11 foram incluídos na revisão conforme proposição. Os trabalhos foram descritos, conforme tabela 1, com as seguintes informações, autor e ano de publicação, discriminação da proposta de trabalho e vantagens e desvantagens.

Dentre as pesquisas elencadas, Rubin et al., (2014) desenvolveram uma matriz de eletrodos reduzida voltada para a detecção de convulsões, com uma touca composta por sete eletrodos para aplicação na emergência de âmbito hospitalar, sendo a sua arquitetura composta por (F3-F4, T7-Cz, Cz-T8, O1-O2), derivados topograficamente do sistema 10/20. Apesar da redução matricial significativa o sistema apresentou uma sensibilidade relevante na detecção de convulsões, com excelente sensibilidade de aproximadamente 90% comparada ao modelo completo. As vantagens objetivadas eram facilitar a aplicação na emergência de ambiente hospitalar e diminuição de custos, no entanto, como desvantagens observou-se que pode ser difícil aplicar eletrodos em pacientes agitados, com drenos que dificultam o correto posicionamento do eletrodo, o que acaba necessitando de técnicos mais especializados, aumenta o uso de materiais e por fim o custo do paciente.

O estudo realizado por Stevenson, Lauronen e Vanhatalo (2018), teve como objetivo determinar os efeitos da redução do número de eletrodos de EEG na identificação visual de convulsões feitas por especialistas de imagens eletroencefalográficas. Foi feita uma comparação em relação a identificação de crises de maneira visual onde foi proposto que três especialistas fizessem uma montagem de arquiteturas de eletrodos de EEG baseada no sistema 10/20, sendo ela de 19 eletrodos com uma montagem convencional, de 8 eletrodos e por último uma com 4 eletrodos. Uma das hipóteses do estudo é que a diminuição dos eletrodos poderia dificultar a aquisição de possíveis conhecimentos de especialistas. Foi utilizada uma métrica de avaliação da correlação entre a diminuição do número de eletrodos com a identificação visual de convulsões feitas por 3 especialistas distintos, onde eles avaliaram: (1) diagnóstico de convulsões, (2) número de convulsões, (3) carga de convulsões, fatores em comum e em discordância foram levados em consideração, onde puderam observar como vantagem mais fácil representação visual das atividades neurais e como desvantagem o não detalhamento do sinal eletroencefalográfico.

Lau, Gwin e Ferris (2012) avaliaram como a redução do número de canais eletroencefalográficos em toucas móveis, afetam a fonte eletro-cortical podendo ser analisadas a partir dos resultados do EEG, sendo especificamente uma atividade feita em pé e andando, utilizando a Independent Component Analysis (ICA). Foram feitas coletas dos estímulos corticais de 16 indivíduos. Os sujeitos avaliados foram submetidos a estímulos visuais durante a realização da eletroencefalografia. Foram reduzidos gradualmente o número de canais utilizados nas toucas móveis do EEG que foram utilizados nas análises e

avaliações das mudanças no tempo e propriedades espaciais dos estímulos eletro-corticais resultantes. Como vantagem foi observado o menor custo proporcionado ao dispositivo móvel e, em contrapartida, como desvantagens verificou-se que aumentando o número de eletrodos do EEG levava a uma alta densidade, ampliando o tempo de processamento de dados e, ainda, percebeu-se que pela ausência dos fios na touca existe a possibilidade de diversas interferências de frequências externas.

Nessa perspectiva, a pesquisa de Seech et al., (2017) apresenta as principais diferenças em relação a aquisição do sinal eletroencefalográfico de sistemas numericamente inferiores e superiores quanto aos eletrodos. A densidade do sinal está diretamente ligada a quantidade de eletrodos distribuídos no escalpo do indivíduo submetido a coleta. Todas as distribuições apresentadas no estudo são derivações diretas do sistema 10/20, em sua minoria disposta com 8 eletrodos até 128. Uma das principais características observadas foi quanto a remoção dos artefatos presentes no sinal, havendo uma maior facilidade quanto ao reconhecimento de padrões por algoritmos proporcionalmente ao aumento do número de eletrodos. A vantagem observada é a análise computacional em menor tempo e, quanto à desvantagem a dificuldade no reconhecimento de artefatos em sistema de distribuição com poucos eletrodos.

A investigação de Debener et al., (2015) demonstra a possibilidade que dados confiáveis do EEG podem ser registrados com um novo cEEGrid eletrodo matriz, que consiste em uma disposição de dez eletrodos impressos em folha flexível e dispostos em forma de C, de forma que caibam ao redor da orelha do usuário. Dez participantes usaram dois sistemas cEEGrid (Direito e Esquerdo). Foi utilizado um smartphone para entrega de estímulo e aquisição de sinal, os dados de EEG e excêntrico auditivo em repouso coletado pela manhã e pela tarde com seis a sete horas de intervalo. A análise dos dados de EEG em repouso confirmaram diferenças espectrais bem conhecidas entre olhos abertos e olhos fechados. Estes achados demonstram a viabilidade da aquisição de atividade cerebral oculta e confortável ao longo de muitas horas. As vantagens encontradas foram o uso confiável e fidedigno em relação à forma tradicional de aquisição do sinal eletroencefalográfico e uso prolongado sem desconforto. A desvantagem verificada foi a variação anormal dos níveis de impedância do sinal.

O estudo de Zander et al., (2011) apresenta a criação de um protótipo com Brain-Computer Interface (BCI) para uso no cotidiano, trata-se de um hardware em forma de uma tiara com um sistema composto por 05 eletrodos, sendo: C3, C4, Pz, Fz e Cz. A aquisição de sinais eletroencefalográficos é de fato já bem consolidado tanto no âmbito clínico como em pesquisas, porém a possibilidade de um equipamento que requeira uma quantidade minimalista de hardware, enquadra-se como um dispositivo vestível que aumenta as possibilidades de aplicações do EEG no dia a dia, podendo ser manuseadas por usuário sem expertises técnicas e na execução de suas próprias atividades. As vantagens identificadas foram o fato de poder ser utilizado no cotidiano das pessoas e não necessitar de uma pessoa especializada para coleta dos dados. A desvantagem é quanto a dificuldade

na identificação de artefatos.

No trabalho de Al-Kadi et al., (2014), eles decidiram por, investigando a precisão dos canais que foram usados para registrar o sinal EEG, escolher o canal que transporta um menor número de artefatos e ruídos durante cirurgias. O sistema consiste em etapas de filtragem e processamento, desta forma proporcionando a escolha dos canais de acordo com alguns critérios, dos quais permitiu, ao final, a escolha dos canais 1 e 2. Esse procedimento reduziu o tempo de processamento pela metade, com um sinal carregando os componentes mais importantes descrevendo a variação do sinal EEG. Quanto as vantagens, propicia um procedimento eficiente para análise de sinais de EEG, a fim de evitar a média dos canais que levam à redistribuição do ruído em ambos os canais, reduzindo a dimensionalidade dos recursos do EEG e preparando o melhor fluxo de EEG para a classificação e monitoramento. No entanto, reduz o monitoramento de áreas do cérebro.

Na investigação de Birjandtalab et al., (2017), eles propuseram uma detecção automática de crises usando EEG de canal limitado e redução de dimensão não linear. Aplicaram uma técnica de redução de dimensão não linear para capturar o relacionamento entre elementos de dados e mapeá-los em baixa dimensão. Depois, aplicaram uma técnica de classificação. A proposta apresentada mostrou-se superior a outras técnicas em termos de precisão. A vantagem está na redução de 23 para de 1 a 3 canais, tornando prático o monitoramento de EEG vestível, como por exemplo para uso diário. Pode-se afirmar que, quanto à desvantagem, essas técnicas nem sempre são eficientes, especialmente quando há muitos recursos extraídos de um ambiente barulhento, como o EEG do couro cabeludo.

Nesse sentido, a pesquisa de Atybi et al., (2012) é sobre a redução no número de eletrodos utilizados em relação ao sistema 10/20, possa ser recompensada por meio do uso de técnicas de inteligência computacional. Devido ao número reduzido de eletrodos no escalpo do indivíduo, um algoritmo genético tem como função escolher a melhor arquitetura topológica a ser usada levando em consideração a menor perda de sinal possível. As vantagens observadas são menor custo de hardware e topologia eficaz baseada em novas arquiteturas de sistemas de eletrodos. A desvantagem apresentada é o alto custo computacional.

Ademais, a proposta de Bahador et al., (2020) utiliza o mapeamento de sinais de espaço multicanal, baseado em correlação para melhorar o desempenho da detecção de artefatos utilizando Deep Learning (DL). As vantagens apresentadas são a representação visual do sinal no domínio espaço-temporal, a diferença visível no contorno do coeficiente de correlação de dois grupos com e sem artefato. A arquitetura de rede é simples, superando em precisão quando comparada com EEGNet e uma Convolutional Neural Network (CNN) baseado em espectrograma. Não há necessidade de escolher bandas espectrais e canais, nem de recursos específicos selecionados. Os recursos são automaticamente aqueles discriminativos sem qualquer necessidade de ajustar a rede. Não há necessidade de usar uma Graphics Processing Unit (GPU). Usando o instantâneo de sinais de EEG com

diferentes comprimentos e apenas os sinais de EEG da testa, sem a necessidade de sinal de referência auxiliar. Reduzindo a dimensão pela fusão de dados em todos os canais. Uma das principais limitações do trabalho atual é o tamanho relativamente pequeno do conjunto de dados. A falta de interpretabilidade do resultado obtido da rede de aprendizagem profunda como um sistema de caixa preta que é outra limitação deste estudo.

Assim, Júnior et al., (2022) investigaram o impacto da redução do número de canais de eletroencefalografia (EEG) no desempenho da classificação de imagens motoras de membros inferiores durante a aplicação de estimulação elétrica. O objetivo era avaliar a viabilidade de utilizar menos canais de EEG para acionar sistemas de neuromodulação no controle de movimentos funcionais. Os resultados mostram que a precisão da classificação não foi significativamente afetada pela redução do número de canais, indicando a possibilidade de desenvolvimento de sistemas mais simples e compactos para neuro-próteses e tecnologia assistiva. O algoritmo de melhor performance neste estudo foi o Support Vector Machine (SVM), na classificação das imagens motoras de membros inferiores.

Os achados desses estudos refletem uma tendência, a redução no número de eletrodos no sistema de EEG pode ser viável em várias aplicações. Diversos estudos exploraram a diminuição do número de eletrodos e sua influência na detecção de convulsões, na identificação visual de atividades neurais, na aquisição de sinais durante atividades físicas e na precisão da classificação de estímulos motores. Além disso, pode oferecer vantagens em termos de custo, mobilidade e aplicabilidade prática, mas também traz desafios relacionados à perda de detalhes nos sinais e dificuldades técnicas na aplicação em certos contextos clínicos ou experimentais.

Tabela 1. Descrição dos artigos incluídos na revisão.

Item	Autor e ano	Proposta do trabalho	Vantagens e Desvantagens
1	(RUBIN et al., 2014)	Eficácia de uma matriz de eletrodos de eletroencefalografia reduzida para detecção de convulsões.	Desvantagem: dificuldade de se utilizar EEG na emergência de um ambiente hospitalar. Vantagem: maior rapidez na colocação dos eletrodos para identificar potenciais anormalidades.
2	(STEVENSON; LAURONEN; VANHATALO, 2018)	Os efeitos da redução do número de eletrodos de EEG na identificação visual de convulsões feitas por especialistas de imagens eletroencefalográficas.	Desvantagem: não detalhamento do sinal eletroencefalográfico. Vantagem: mais fácil representação visual das atividades neurais.
3	(LAU; GWIN; FERRIS, 2012)	Avalia a redução do número de canais eletroencefalográficos em toucas móveis.	Desvantagem: maior intervalo de tempo para processamento dos dados e interferência pela ausência de fios. Vantagem: menor custo do dispositivo móvel.

4	(SEECK et al., 2017)	Apresenta as principais diferenças em relação a aquisição do sinal eletroencefalográfico de sistemas numericamente inferiores e superiores quanto aos eletrodos.	Desvantagem: dificuldade no reconhecimento de artefatos. Vantagem: agilidade na análise.
5	(DEBENER et al., 2015)	Apresenta a possibilidade que dados confiáveis do EEG possam ser registrados com um novo cEEGrid eletrodo matriz.	Desvantagem: variação no nível de impedância do sinal. Vantagem: uso confiável e fidedigno em relação à forma tradicional de aquisição do sinal eletroencefalográfico.
6	(ZANDER et al., 2011)	Apresenta a criação de um protótipo de BCI pra o uso no cotidiano.	Desvantagem: difícil identificação de artefatos. Vantagem: pode ser utilizado no cotidiano e não necessita de conhecimento especializado para aquisição e coleta de dados.
7	(ATYABI et al., 2012)	Propõe a redução no número de eletrodos utilizados em relação ao sistema 10/20 e possa ser recompensada por meio do uso de técnicas de inteligência computacional.	Desvantagem: alto custo computacional. Vantagem: menor custo de hardware e topologia eficaz.
8	(AL-KADI et al., 2014)	Propõe a redução da Dimensionalidade dos Canais de EEG durante Cirurgias de Correção de Escoliose.	Desvantagem: Redução do monitoramento de áreas cerebral. Vantagem: reduzir a dimensionalidade dos recursos do EEG e preparar o melhor fluxo de EEG para a classificação e monitoramento.
9	(BIRJANDTALAB et al., 2017)	Propõe uma detecção automática de crises usando EEG de canal limitado e redução de dimensão não linear.	Desvantagem: ineficientes, quando recursos são extraídos de um ambiente barulhento, como o EEG do couro cabeludo. Vantagem: torna prático o monitoramento de EEG vestível.
10	(BAHADOR et al., 2020)	Usar o mapeamento baseado em correlação para melhorar o desempenho da detecção de artefatos.	Desvantagem: Tamanho relativamente pequeno do conjunto de dados. A falta de interpretabilidade do resultado (caixa preta). Vantagem: Viável para imagem de correlação de canais de EEG e aprendizado profundo (redução de dimensionalidade, fusão de canais e captura de vários padrões de artefatos em domínios espaço-temporais) e para tomada de decisão em tempo real.
11	(JÚNIOR et al., 2022)	Propõe a redução do número de canais de EEG para classificação de imagens motoras de membros inferiores durante a aplicação de estimulação elétrica.	Desvantagem: Custo computacional de processamento dos dados. Vantagem: precisão da classificação não foi afetada pela redução do número de canais; possibilidade de desenvolvimento de sistemas mais leves para neuro-próteses e tecnologia assistiva.

Fonte: os autores.

DISCUSSÃO

O levantamento do estudo sobre sistemas de eletroencefalografia proporcionou conhecimentos de técnicas utilizadas para mitigar artefatos e a variação do número de eletrodos utilizados em exames de EEG. Vários artigos evidenciaram o esforço em melhorar a eficiência e eficácia em capturar a atividade elétrica do cérebro, como Rubin et al., (2014) e Stevenson, Lauronen e Vanhatalo (2018) que reduzem a quantidade de eletrodos com o intuito de melhorar a qualidade das análises, no entanto, a captura do sinal perde em propriedade e a detecção de convulsão em ambos os trabalhos é reduzida, o que se pode inferir que reduzir as derivações do EEG pode não ser o meio ideal para otimizar a eficiência do mesmo nesta finalidade específica.

Nesse sentido, resultados obtidos com análise ciclostacionária sugerem que a eficiência de sistemas de EEG não depende exclusivamente da quantidade de eletrodos, mas da capacidade do método de extração em capturar correlações estruturais do sinal. A correlação espectral tem se mostrado eficaz ao explorar periodicidades ocultas e relações fundamentais entre canais, contribuindo para melhorias no desempenho classificatório mesmo com topologias reduzidas (PANAHI; AMIRANI; VALIZADEH, 2023).

No trabalho de Lau, Gwin e Ferris (2012), foi proposto diminuir o custo com utilização de dispositivo móvel mas perde com interferência pela ausência dos fios, enquanto Debener et al., (2015) apresenta uma proposta mais 'confortável' para aquisição do sinal demonstrando viabilidade, entretanto perde pela impedância apresentada.

Os autores Atyabi et al., (2012) utilizam técnicas de inteligência computacional tentando compensar a redução de eletrodos, assim como Al-Kadi et al., (2014) e Birjandtalab et al., (2017) propõem soluções para minimizar a redução da qualidade pelo número pequeno de eletrodos. Passa-se a ideia de quanto menos eletrodos, menor a qualidade do sinal e maior o esforço para se obter consecução no processo de captura do sinal. Segundo Porr et al., (2022), resultados semelhantes são observados em pesquisas que utilizam sinais fisiológicos distintos do EEG, nas quais a aplicação de técnicas de processamento eficientes demonstrou ser capaz de mitigar perdas associadas à redução de eletrodos, reforçando o papel central dos algoritmos na manutenção da qualidade do monitoramento.

Nos últimos anos, a aprendizagem profunda foi utilizada pelos autores Bahador et al., (2020) e demonstrou viabilidade no mapeamento de sinais, independentemente do número de canais, baseado na correlação destes canais de EEG, para melhorar o desempenho da detecção de artefatos utilizando uma rede neural convolucional. Por outro lado, Júnior et al., (2022) pesquisou sobre o impacto da redução do número de canais do EEG na classificação de imagens motoras dos membros inferiores durante a estimulação elétrica. O algoritmo de melhor desempenho foi o SVM na classificação das imagens motoras dos membros inferiores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstram que reduzir o número de eletrodos utilizados em exames de EEG pode ser uma estratégia para simplificar e melhorar a eficiência dos sistemas de monitoramento cerebral. No entanto, é importante ponderar os possíveis comprometimentos na qualidade e na capacidade de detecção de eventos específicos, como convulsões. Além disso, a escolha do dispositivo móvel pode trazer vantagens em termos de custo, mas pode enfrentar desafios relacionados a interferências e impedância. A aplicação de técnicas de inteligência computacional e aprendizagem profunda tem mostrado potencial para compensar a redução do número de eletrodos e melhorar o desempenho na detecção de artefatos e classificação de padrões. No entanto, é necessário considerar o equilíbrio entre a redução dos canais e a qualidade do sinal obtido. Essas considerações ressaltam a importância de um estudo cuidadoso das técnicas e abordagens utilizadas na redução de canais de EEG, levando em conta as necessidades e objetivos específicos de cada aplicação.

Portanto, a escolha entre um sistema com mais eletrodos, como o sistema 10/20 tradicional, e um sistema com menos eletrodos depende das necessidades e objetivos específicos do estudo ou aplicação em questão. O sistema 10/20 tradicional oferece uma maior cobertura cerebral, melhor localização e resolução espacial, mas pode exigir mais tempo de preparação, ter maior probabilidade de artefatos e ser menos confortável para os participantes. Por outro lado, sistemas com menos eletrodos podem ser mais rápidos de aplicar, mais confortáveis e apresentar menor probabilidade de artefatos, mas podem ter uma cobertura cerebral limitada e resolução espacial inferior. Portanto, a escolha deve levar em consideração o equilíbrio entre a quantidade de informações desejadas, a praticidade e o conforto dos participantes.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, político, acadêmico e pessoal.

REFERÊNCIAS

- ABDOU, Abdelrahman; KRISHNAN, Sridhar. **Enhancement of single-lead dry-electrode ECG through wavelet denoising.** *Frontiers in Signal Processing*, v. 4, 27 mar. 2024.
- AL-KADI, M. I. et al. **Reduction of the dimensionality of the EEG channels during scoliosis correction surgeries using a wavelet decomposition technique.** *Sensors*, v. 14, n. 7, p. 13046–13069, 2014.
- AL-SAEGH, A.; DAWWD, S. A.; ABDUL-JABBAR, J. M. **Deep learning for motor imagery EEG-based classification: a review.** *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 63, p. 102172, jan. 2021.
- ATYABI, A. et al. **Evolutionary feature selection and electrode reduction for EEG**

- classification.** In: *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2012)*. 2012. p. 10–15.
- BAHADOR, N. et al. **A correlation-driven mapping for deep learning application in detecting artifacts within the EEG.** *Journal of Neural Engineering*, v. 17, n. 5, p. 056018, 12 out. 2020.
- BIRJANDTALAB, J. et al. **Automated seizure detection using limited-channel EEG and non-linear dimension reduction.** *Computers in Biology and Medicine*, v. 82, p. 49–58, 2017.
- DEBENER, S. et al. **Unobtrusive ambulatory EEG using a smartphone and flexible printed electrodes around the ear.** *Scientific Reports*, v. 5, p. 1–11, 2015.
- DHIMAN, R.; SAINI, J. S.; PRIYANKA, A. P. **Artifact removal from EEG recordings: an overview.** In: *Proc. NCCI*. 2010. p. 1–6.
- JÚNIOR, P. B. et al. **Influence of EEG channel reduction on lower limb motor imagery during electrical stimulation in healthy and paraplegic subjects.** *Research on Biomedical Engineering*, v. 38, n. 2, p. 689–699, 1 jun. 2022.
- LAU, T. M.; GWIN, J. T.; FERRIS, D. P. **How many electrodes are really needed for EEG-based mobile brain imaging?** *Journal of Behavioral and Brain Science*, v. 2, n. 3, p. 387–393, 2012.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem.** *Texto & Contexto Enfermagem*, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008.
- MURUGAN, V.; PANIGRAHY, D. **Optimized extended Kalman smoother framework for interference reduction in electrocardiogram signal.** *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, v. 49, p. 1751–1769, 28 jun. 2025.
- PANAHI, N.; AMIRANI, M. C.; VALIZADEH, M. **An EEG-based brain-computer interface using spectral correlation function.** *IEEE Access*, v. 11, p. 33236–33247, 27 mar. 2023.
- PORR, B.; DARYANAVARD, S.; BOHOLLO, L. M.; COWAN, H.; DAHIYA, R. **Real-time noise cancellation with deep learning.** *PLOS ONE*, v. 17, n. 11, p. 1–17, 11 nov. 2022.
- RUBIN, M. N. et al. **Efficacy of a reduced electroencephalography electrode array for detection of seizures.** *The Neurohospitalist*, v. 4, n. 1, p. 6–8, 19 jan. 2014.
- SEECK, M. et al. **The standardized EEG electrode array of the IFCN.** *Clinical Neurophysiology*, v. 128, n. 10, p. 2070–2077, 2017.
- SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. **Integrative review: what is it? How to do it?** *Einstein (São Paulo)*, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.
- STEVENSON, N. J.; LAURONEN, L.; VANHATALO, S. **The effect of reducing EEG electrode number on the visual interpretation of the human expert for neonatal seizure detection.** *Clinical Neurophysiology*, v. 129, n. 1, p. 265–270, 2018.
- URIGÜEN, J. A.; GARCIA-ZAPIRAIN, B. **EEG artifact removal: state-of-the-art and guidelines.** *Journal of Neural Engineering*, v. 12, n. 3, p. 031001, 2015.
- ZANDER, T. O. et al. **A dry EEG-system for scientific research and brain-computer interfaces.** *Frontiers in Neuroscience*, v. 5, p. 1–10, 2011.