

sua implementação atual os equipamentos de EEG que atendam a demanda acadêmica são volumosos, desconfortáveis e requerem elevado tempo de preparação, impossibilitando seu uso cotidiano. O processo de monitoramento de ondas cerebrais se beneficiaria muito da utilização de dispositivos de EEG portáteis que não restringem a mobilidade do usuário. Porém, diversos desafios tecnológicos ainda permeiam o desenvolvimento de dispositivos portáteis, como a necessidade de se reduzir o volume e peso sem comprometimento da qualidade dos dados adquiridos e a melhoria da ergonomia para que o usuário não perceba a presença do instrumento.⁴

O avanço da eletrônica embarcada propiciou a criação de novos dispositivos comerciais de tecnologia EEG, como *Muse EEG*, *Emotiv EPOC+*, *Neurosky Mindwave* e *Neuroelectrics Enobio 20*. Estes dispositivos comerciais possuem variações de tamanho, quantidades de eletrodos, distintas resoluções de sinal e frequência, porém todos compartilham da mesma constante, plataforma fechada, fator que limita o acesso aos dados técnicos dos mesmos, seja por não disponibilizar informações detalhadas sobre o sistema ou até vincular o acesso aos dados da leitura à contratação de um software proprietário do fabricante. Tal prática não só compromete a autonomia do pesquisador, como dificulta o avanço da produção de conhecimento sobre esse tema.

Nesse contexto, tecnologias com código fonte aberto (*open source*) possibilitam que os pesquisadores tenham acesso e manipulem os parâmetros construtivos dos dispositivos, propiciando maior autonomia para os pesquisadores e, conseqüentemente, uma melhor compreensão do tema.

2. MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa foi dividida em três etapas: a identificação dos fundamentos de EEG e o uso de interface cérebro computador segundo a literatura atual, a definição, por um grupo de pesquisadores especialistas, dos requisitos de um dispositivo de EEG portátil e *open source* e dispositivo e a avaliação das potencialidades e barreiras para seu desenvolvimento, e finalmente o desenvolvimento do protótipo.

Para a consecução da primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de investigar os fundamentos de EEG e o uso de interface cérebro computador (BCI) segundo a literatura atual. As bases científicas investigadas foram *Science Direct* e *IEEE Explorer* no período de 2012 a 2019, enfatizando implementações de dispositivos EEG, plataformas BCI, afasia e, como critério final, a exclusão de “P300” (implementação popular de EEG, porém desinteressante para o escopo).

Em seguida, na segunda etapa, os requisitos do dispositivo foram identificados através da realização de reuniões de um grupo multidisciplinar, formado por quatro pesquisadores especialistas em tecnologias assistivas, os ramos de atuação abrangem Física, Engenharia da Computação e Engenharia Elétrica. Os requisitos foram identificados, definidos e posteriormente validados em dez reuniões.

Finalmente, na terceira etapa foi construído o equipamento, após aquisição de insumos, impressão das estruturas, montagem dos eletrodos e testes preliminares.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As próximas subseções descrevem os resultados observados e discutem os mesmos.

3.1 Definição de Requisitos:

O protótipo construído faz uso de eletrodos secos (não utilizam solução salina) revestidos com uma fina camada de cloreto de prata. A base de sua geometria é similar a eletrodos de EEG convencionais, porém dispõe de protuberâncias compridas e abauladas, as quais penetram o cabelo, garantindo contato com o couro cabeludo sem ferir a pele do usuário.

Soluções comerciais contemplam o circuito de amplificação, filtros e conversores analógico-digital (ADC), porém variam configuração dos parâmetros técnicos. Após as discussões realizadas pelo grupo multidisciplinar de especialistas, identificou-se que a configuração do dispositivo deveria contemplar as seguintes características: **Impedância de entrada elevada:** aspecto fundamental para amplificadores de biopotenciais, permite que o sinal obtido seja transportado com alta fidelidade; **Alta resolução:** Sinais cerebrais vinculados a intenção de fala possuem amplitude significativamente menor que sinais de impulso motor, maior resolução nos dados permite registro de variações menos significativas no potencial elétrico do escalpo; **Frequência de amostragem maior que 200Hz.** **Flexibilidade de posição dos eletrodos:** a fim de evitar localizações onde a lesão cerebral foi sofrida; **Número elevado de canais:** Maior disposição de eletrodos permite maior criatividade para futura associação com os comandos de entrada da plataforma BCI, 16 canais de entrada oferecem um mapa mais completo do córtex, permitindo explorar atividade cerebral em múltiplas zonas enquanto uma tarefa é executada. **Acesso aos dados brutos de leitura (RAW):** o acesso a matriz de dados brutos é um fator chave no processamento dos dados para futura associação com os comandos de entrada da plataforma BCI;

Considerando essas características, identificou-se que o dispositivo selecionado para atender os requisitos foi o OpenBCI (Cyton+Daisy).

3.2 Desenvolvimento do Protótipo:

Testes preliminares evidenciaram que o eletrodo é um pouco desconfortável, se usado por um longo período. Diante disso, optou-se por adaptar a sustentação do eletrodo com auxílio de um corpo elástico de compressão que passou a permitir leve amortecimento, suavizando o contato e proporcionando maior conforto ao usuário.

Para a construção da estrutura foi realizada impressão 3D para proporcionar um dispositivo leve que será colocado na cabeça do indivíduo como um capacete. A versão final da estrutura foi confeccionada em fotopolímero através de uma impressora MJP (*MultiJet Printing*) que combina tecnologia FDM (*Fused Deposit Material*) e SLA (*Stereolithography*). Após tratamento térmico o modelo foi alinhado e fixado com cola CA (cianoacrilato).

Figura 2: Montagem finalizada com ênfase na ausência de eletrodos nas zonas propensas a lesões causadoras de



Fonte: Própria autoria

A matriz de eletrodos foi posicionada de acordo com o sistema 10-20 citado previamente e obedeceu a seguinte distribuição: F5, C5, P5; FC3, CP3; Fz, Cz, Pz; FC4, CP4; F6, C6, P6, F8. Sendo o objetivo principal evitar as zonas de recorrente lesão cerebral em casos de afasia

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo descrever o desenvolvimento do protótipo de um dispositivo de eletroencefalografia portátil de 16 canais de plataforma aberta e baixo custo com enfoque em pacientes afásicos. A pesquisa revelou que a construção de um dispositivo fonte aberta permite que adaptações sejam realizadas na estrutura do aparelho a depender do escopo do estudo.

Como próximos passos, identificou-se a necessidade de estender os testes quanto ao desempenho do dispositivo, para tanto o grupo de especialistas será ampliado. Nesse sentido, pesquisas futuras incluirão o tratamento dos sinais adquiridos e uso de metodologias matemáticas para decodificação da intenção do usuário. Espera-se futuramente, através destes estudos, contribuir para a elaboração do modelo matemático responsável pela interpretação da intenção do usuário, a concepção da plataforma BCI e simplificação do aparelho no intento de torná-lo acessível, prático e intuitivo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa em Realidade Aumentada e Realidade Virtual para Inovação na Indústria, Saúde e Educação (CNPQ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo auxílio financeiro da bolsa de Iniciação Científica concedida.

5. REFERÊNCIAS

- ¹M.R. Schoenberg and J.G. Scott, **The Little Black Book of Neuropsychology: 267 A Syndrome-Based Approach**. Springer Science+Business Media, LLC 2011
- ²MALMIVUO, Jaakko & PLONSEY, Robert. **Bioelectromagnetism**. 13. Electroencephalography. 1995
- ³WOLPAW, Jonathan & BIRBAUMER, Niels, **Brain-computer interfaces for communication and control**, Clinical Neurophysiology, Volume 113, ,2002.
- ⁴K. A. Ng and P. K. Chan, "**A CMOS analog front-end IC for portable EEG/ECG monitoring applications**," in IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, vol. 52, no. 11, Nov. 2005.