

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE INTERFACE GRÁFICA PARA PROTOCOLOS TMS-EEG

Autores: Caroline Miyagushiku¹, Thaiany Pedrozo Campos Antunes², Abrahão Fontes Baptista³, Yossi Zana^{4*}.

1. Caroline Miyagushiku. Centro de Matemática, Computação e Cognição. Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil. miyagushiku.caroline@aluno.ufabc.edu.br (ORCID 0009-0000-7304-9743)

2. Thaiany Pedrozo Campos Antunes. Centro de Matemática, Computação e Cognição. Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil. thaiany.antunes@ufabc.edu.br (ORCID: 0000-0002-8682-1285)

3. Abrahão Fontes Baptista. School of Physiotherapy, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. afbaptista@fisioterapia.ufrj.br (ORCID: 0000-0001-7870-3820)

4. Yossi Zana. Centro de Matemática, Computação e Cognição. Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil. yossi.zana@ufabc.edu.br (ORCID: 0000-0003-0539-7492)

- Autor apresentador

Palavras-chave: Interface Gráfica de Usuário; Estimulação Magnética Transcraniana; Eletroencefalografia; Usabilidade; Engenharia de Software.

Introdução: A estimulação magnética transcraniana combinada à eletroencefalografia (TMS-EEG) constitui ferramenta relevante para investigação da excitabilidade cortical e conectividade funcional^{1,2}. Essa integração exige sincronização temporal precisa entre estímulo e aquisição de sinais, impondo elevada demanda técnica às interfaces de controle³. Interfaces gráficas de usuário adequadamente projetadas são fundamentais para reduzir erros operacionais, aumentar confiabilidade experimental e favorecer reprodutibilidade de protocolos. Contudo, permanece como desafio o desenvolvimento de soluções que conciliam densidade informacional, clareza visual e aderência a princípios consolidados de ergonomia cognitiva, especialmente em aplicações

biomédicas complexas. Objetivos: Desenvolver e analisar interface gráfica para controle de protocolos TMS-EEG, fundamentada em critérios de usabilidade e ergonomia cognitiva⁴, e comparar dois modelos de organização visual a fim de avaliar sua adequação às demandas operacionais e cognitivas do usuário.

Materiais e Métodos: O estudo caracteriza-se como desenvolvimento e análise qualitativa de tecnologia em saúde, não requerendo aprovação por Comitê de Ética. Inicialmente, realizou-se revisão de literatura para fundamentar princípios de design centrado no usuário e ergonomia cognitiva^{5,6}. Em seguida, foram concebidos e implementados, no MATLAB R2023b (App Designer), dois modelos distintos de interface: (i) modelo em coluna, com organização sequencial vertical voltada à execução em tempo real (Fig. 1); e (ii) modelo tabular, estruturado em formato matricial com separação entre abas de controle e monitoramento (Figs. 2, 3). Ambos os modelos foram desenvolvidos como soluções autorais dentro do mesmo projeto, não se tratando de comparação entre sistemas pré-existentes. Após a implementação, realizou-se análise comparativa qualitativa fundamentada nas normas ISO 9241-210 e ISO 9241-12^{5,6}, utilizando critérios heurísticos de usabilidade. Os testes funcionais empregaram sinais sintéticos de TMS-EEG para verificação do fluxo operacional. Não foram conduzidos ensaios clínicos ou validação com usuários nesta etapa.

Resultados e Discussão: O modelo em coluna demonstrou maior fluidez para supervisão dinâmica, favorecendo integração entre configuração e monitoramento contínuo (Fig. 1). O modelo tabular evidenciou melhor organização hierárquica e rastreabilidade de parâmetros extensos (Figs. 2, 3). Cada arquitetura respondeu de forma distinta às demandas cognitivas do operador, confirmando que organização espacial influencia diretamente carga mental e previsibilidade do sistema^{6,7}. A análise indicou complementaridade entre as abordagens, sugerindo que uma solução híbrida poderia otimizar uso: estrutura tabular para configuração inicial e documentação, e arranjo em coluna para execução em tempo real. Esta estratégia preservaria clareza visual e coerência operacional dentro dos limites metodológicos do estudo.

Conclusão: Foram desenvolvidos dois modelos autorais de GUI para protocolos TMS-EEG, analisados segundo princípios de ergonomia cognitiva e normas internacionais. A comparação qualitativa evidenciou complementaridade entre as arquiteturas, sugerindo que soluções híbridas podem otimizar organização e supervisão operacional em contextos de estimulação cerebral não invasiva. Estudos futuros poderão ampliar a investigação mediante validação com usuários e aplicação em cenários experimentais.

Referências

1. Rogasch NC, Fitzgerald PB. Assessing cortical network properties using transcranial magnetic stimulation combined with electroencephalography. *Hum Brain Mapp.* 2013;34:1652-69.
2. Thut G, Veniero D, Romei V, Miniussi C, Schyns P, Gross J. Rhythmic transcranial magnetic stimulation causes local entrainment of natural oscillatory signatures. *Nat Neurosci.* 2011;14:219-23.
3. Karabanov AN, Thielscher A, Siebner HR. Transcranial brain stimulation: closing the loop between brain and stimulation. *Neuron.* 2016;92:1051-66.
4. Wickens CD, Lee JD, Liu Y, Becker SEG. An introduction to human factors engineering. 2nd ed. Upper Saddle River: Pearson; 2004.
5. International Organization for Standardization. ISO 9241-210: Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems. Geneva: ISO; 2010.
6. International Organization for Standardization. ISO 9241-12: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals – Part 12: Presentation of information. Geneva: ISO; 1998.
7. Molich R, Nielsen J. Heuristic evaluation of user interfaces. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*; 1990; Seattle (WA). New York: ACM; 1990. p. 249-56.
8. Shneiderman B, Plaisant C, Cohen M, Jacobs S, Elmqvist N, Diakopoulos N. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction.* 6th ed. Boston: Pearson; 2017.
9. Tidwell J, Brewer C, Valencia A. *Designing interfaces: patterns for effective interaction design.* 3rd ed. Sebastopol: O'Reilly Media; 2020.

10. Ware C, Purchase H, Colpoys L, McGill M. Cognitive measures of graphic aesthetics. Inf Vis. 2013;12:243-55.

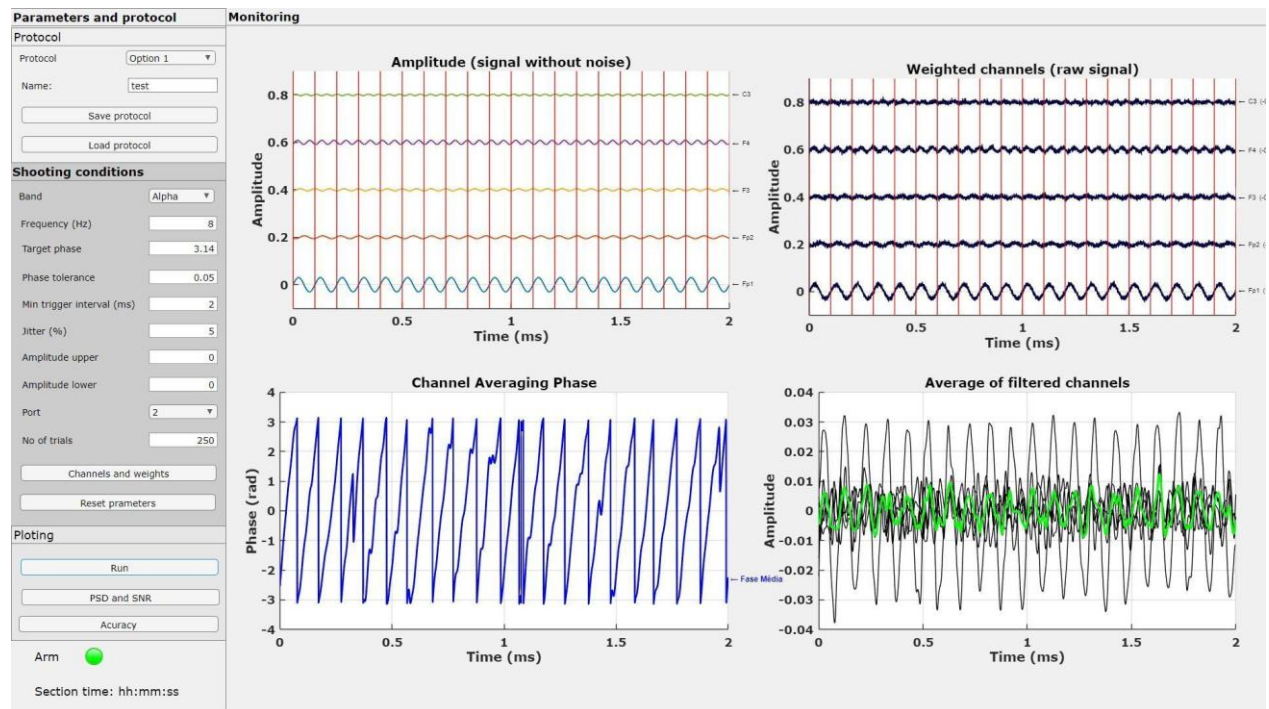


Figura 1. Modelo em coluna para controle e monitoramento integrados na GUI TMS–EEG.

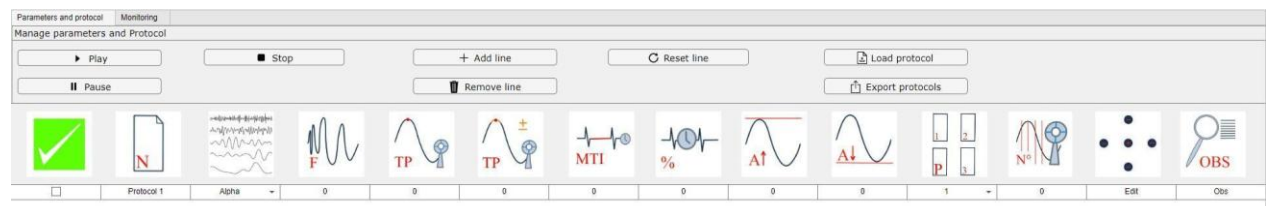


Figura 2. Aba Controle do modelo em tabela.

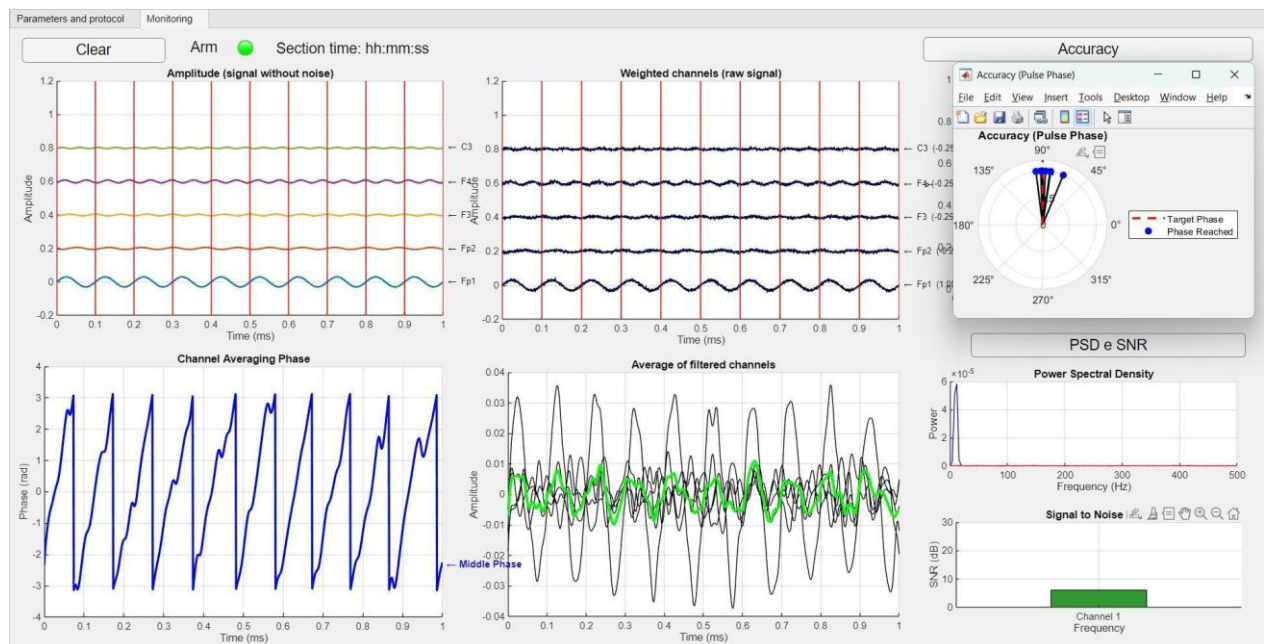


Figura 3. Aba Monitoramento do modelo em tabela.