

# POTENCIAL RELACIONADO A EVENTOS DO P300: UMA DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DE ENGENHEIRA REVERSA

Lucas Resende<sup>1</sup>

Rodolfo Parreira<sup>1</sup>

Claudia Santos Oliveira<sup>1,2</sup>

Universidade Evangélica de Goiás<sup>1</sup>

Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo – FCMSCSP<sup>2</sup>

## RESUMO

**Introdução:** O P300 é um dos potenciais relacionados a eventos mais estudados, fornecendo insights relevantes sobre processamento cognitivo, atenção e integração de informações. **Objetivo:** Detalhar as etapas metodológicas para extração do componente P300 utilizando engenharia reversa aplicada ao EEGLab. **Métodos:** foi analisado os sinais de EEG durante uma tarefa motora de um sujeito e, processados no EEGLab. **Resultados:** os resultados mostraram amplitudes significativamente maiores e latências mais curtas em tarefas ativas em comparação com tarefas passivas, refletindo maior engajamento cognitivo e processamento mais eficiente. **Conclusão:** a metodologia passo a passo aqui proposta reforça a reprodutibilidade e apoia sua aplicação em contextos experimentais e clínicos.

**Palavras-chave:** P300; EEG; paradigma oddball; engenharia reversa

## INTRODUÇÃO

A execução de uma ação motora a partir de um estímulo requer identificação, integração e processamento das informações em função do contexto ambiental e das demandas externas (Shan et al., 2024). Esses processos geram descargas elétricas cerebrais conhecidas como potenciais relacionados a eventos (ERP) O P300 é um dos ERPs mais estudados, caracterizado no paradigma oddball e evidenciado na região parietocentral entre 250–700 ms após a detecção de estímulos visuais ou auditivos para sua identificação, são necessários registros de EEG processados por métodos matemáticos avançados. O EEGLab, baseado no MatLab, é uma das principais plataformas para análise eletrofisiológica, oferecendo ferramentas interativas para pré-processamento e filtragem. Contudo, as rotinas são complexas, e a aplicação da engenharia reversa surge como alternativa para detalhar e otimizar as etapas (Mantovani, 2022). Assim, este estudo objetiva documentar o processamento de dados cerebrais no paradigma oddball utilizando EEGLab (Delorme e Makeig, 2004; Picton, 1992).

## MÉTODOS

Esta pesquisa se caracteriza por um relato de caso sobre um estudo analítico de engenharia reversa sobre o procedimento de processamento de dados do P300 no EEGLAB, durante a execução de uma tarefa do paradigma oddball associado a estímulos visuais e auditivos.

## 2.1. Participantes

O estudo foi realizado no Laboratório de Movimento Humano e Reabilitação da Universidade Evangélica de Goiás, Anápolis - GO, em um sujeito do sexo masculino com idade de 31 anos. A presente pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição sob o número 1.672.635/2016.

## 2.2. Procedimentos

### 2.2.1. Análise da atividade cortical

O comportamento das ondas cerebrais foram analisadas por meio de um EEG portátil de 32 eletrodos de Ag/AgCl (eego Sport 32TM; ANTNeuro, Holanda), distribuídos igualmente em ambos os hemisférios, de acordo com a localização padrão do sistema internacional 10/20 (Jurcak et al., 2007). A coleta de ondas cerebrais foi realizada simultaneamente ao paradigma de oddball. Os sinais de EEG foram amplificados (com um ganho de 2.500 Hz) e depois, digitalizados a 1000 Hz usando um conversor analógico-digital de 16 bits. Os dados de EEG foram processados offline com a ferramenta EEGLab 5.03 implementada no MATLAB (The Mathworks, Natick, MA (Delorme e Makeig, 2004). O espectro de potência será calculado entre 0.1 a 30 Hz obtidos dos eletrodos Fz, Cz e Pz (Uvais et al., 2018).

### 2.2.2. Identificação do P300

A detecção do componente P300 foi realizada a partir dos sinais de EEG coletados durante as fases de levantar e sentar da tarefa do paradigma do oddball, em que foram apresentados estímulos auditivos e visuais. A identificação do P300 baseou-se no pico positivo característico da onda, tipicamente situado entre 250 e 800 ms após o início da fase motora de interesse (McCarthy e Donchin, 1981). Também foi analisada a latência da onda que é o tempo entre o início do estímulo (tempo zero) até o pico da onda.

### 2.2.3. Paradigma oddball

Nesse paradigma, o sujeito recebeu estímulos visuais com as palavras “vivo” (estímulo ativo, exigindo a ação de levantar-se da cadeira) e “morto” (estímulo passivo, sem necessidade de movimento). Foram apresentados, ao todo, 57 estímulos (12 ativos e 45 passivos), seguindo a estrutura clássica do oddball (Ritter et al., 1982). Para a realização da tarefa, o participante permanecia sentado em uma

cadeira, posicionado a uma distância fixa de 1 metro da tela utilizada para a apresentação dos estímulos; da mesma forma para o estímulo auditivo. Na tarefa do oddball visual, foi apresentado uma imagem contendo as palavras “vivo” ou “morto” de forma aleatória durante 500 ms. Entre essas palavras havia uma tela preta com intervalo de aproximadamente 3500 a 6600 ms. Na modalidade auditiva, os estímulos foram fornecidos por meio de comandos de voz emitidos pelo pesquisador com intervalo entre 3500 a 6600 ms da mesma modalidade que executado no oddball visual.

#### 2.2.4. Processamento de dados – engenharia reversa

O pré-processamento dos sinais de EEG foi realizado no MATLAB®/EEGLAB. Aplicou-se filtro passa-banda de 0,1–30 Hz e re-referenciamento às mastoides para preservar a atividade cortical da P300. Utilizou-se o módulo Clean Raw Data, incluindo: remoção de deriva de canal, rejeição automática de canais ruidosos e correção de artefatos transitórios pelo ASR ( $\pm 20$  DP). Segmentos com baixa qualidade foram excluídos conforme critérios de amplitude RMS.

Em seguida, aplicou-se ICA (RUNICA), com classificação automática via ICLabel, removendo componentes de olhos e músculos (limiar 0,9–1,0). Os dados foram segmentados em épocas de –200 a 800/1200 ms em relação aos estímulos, com correção de baseline (–200 a 0 ms).

Esse pipeline assegurou a preservação da atividade neural relevante e a redução de artefatos, possibilitando a extração confiável do componente P300.

## RESULTADOS

Condição Oddball visual.

Na condição visual ativa, o P300 apresentou latências curtas e amplitudes elevadas, indicando forte engajamento atencional e motor. O eletrodo Fz exibiu menor latência, refletindo a ativação precoce do córtex pré-frontal medial no planejamento motor. O Cz apresentou pico 4 ms após o Fz, associado à integração sensório-motora. Já o Pz mostrou maior latência, mas com amplitude mais elevada, confirmando o padrão clássico do P300 relacionado à avaliação atencional e atualização contextual. Esse padrão seguiu a sequência Fz → Cz → Pz, correspondente às etapas de detecção, integração e avaliação (Tabela 1).

Na condição visual passiva, observou-se latência mais longa e amplitude reduzida em Pz, refletindo menor relevância do estímulo e ausência de engajamento motor. O processamento ocorreu de forma mais lenta e fraca, com baixa amplitude em todos os eletrodos, sugerindo diminuição da atualização de contexto e inibição da ação (Mertens e Polich, 1997; Polich, 2007; Shan et al., 2024; Uvais et al., 2018;).

**Tabela 1.** Resultado dos valores referentes aos eletrodos para o estudo do P300

Eletrodo	Latência (ms)				Amplitude (µV)			
	Visual		Auditivo		Visual		Auditivo	
	ativo	passivo	ativo	passivo	ativo	passivo	ativo	passivo
Fz	451.61	624.63	560.78	332.98	282.97	3.72	329.03	4.34
Cz	455.19	624.63	562.21	330.95	273.59	2.54	319.48	1.45
Pz	455.77	686.27	563.40	327.23	288.32	0.72	333.17	3.53

Condição Oddball auditivo.

Na condição auditiva ativa, as latências foram mais longas que na visual ativa, refletindo maior tempo para decodificação auditiva. O Fz apresentou o pico mais precoce, associado ao planejamento motor; o Cz respondeu quase simultaneamente, confirmando integração sensório-motora; e o Pz mostrou maior latência, mas também a maior amplitude, indicando consolidação da atenção auditiva e relevância do estímulo. O padrão observado foi Fz → Cz → Pz, caracterizando a demora típica do processamento auditivo antes da ação.

Na condição auditiva passiva, o padrão se inverteu: as latências foram mais curtas, porém com amplitudes reduzidas, refletindo ausência de preparação motora. O Pz apresentou o pico mais precoce, relacionado à rápida avaliação e descarte do estímulo irrelevante. O Cz exibiu mínima ativação e o Fz respondeu tardiamente, sugerindo baixa demanda de controle executivo. Esse padrão indica que, sem relevância para a ação, o processamento auditivo ocorre de modo rápido, superficial e com fraca sustentação cortical (Mertens e Polich, 1997; Polich, 2007).

## CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou, por meio da engenharia reversa aplicada no EEGLAB, as etapas críticas do processamento do P300 em tarefas oddball visuais e auditivas.

Observou-se que as condições ativas resultaram em maiores amplitudes e menores latências, indicando maior engajamento cognitivo e eficiência no processamento.

Além disso, verificou-se um padrão cortical sequencial consistente entre os eletrodos Fz, Cz e Pz, refletindo as etapas de detecção e integração da informação, refletindo o valor da amplitude como marcador de recursos atencionais e da latência como índice de velocidade de processamento.

Assim, a abordagem utilizada fornece um modelo metodológico transparente e replicável, que pode apoiar futuros estudos em potenciais evocados e contribuir para a compreensão dos mecanismos neurocognitivos associados ao P300.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Evangélica de Goiás (FUNADESP) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG)

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Delorme A, Makeig S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *J Neurosci Methods* 2004;134:9–21.

Jurcak V, Tsuzuki D, Dan I. 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: their validity as relative head-surface-based positioning system. *Neuroimage*. 2007;4:1600-1611.

Mantovani, A. et al. (2022). “RE-Mind: a First Look Inside the Mind of a Reverse Engineer”. In: 31st USENIX Security Symposium.

McCarthy G, Donchin E. A metric for thought: a comparison of P300 latency and reaction time. *Science*. 1981;211(4477):77-80.

Mertens, R., & Polich, J. (1997). P300 from a single-stimulus paradigm: passive versus active tasks and stimulus modality. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 104(6), 488–497.

Picton TW. The P300 wave of the human event-related potential. *J Clin Neurophysiol*. 1992;9(4):456-79.

Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128–2148.

Ritter W, Simson R, Vaughan HG Jr, Macht M. Manipulation of event-related potential manifestations of information processing stages. *Science*. 1982;218(4575):909-11.

Shan S, Hong F, Cui L, Sun C, Lu J, Chen Z, Cheng W. Interaction between visual working memory and upright postural control in young adults: an event-related potential study based on the n-back paradigm. *Front Neurosci*. 2024;18:1387865.

Uvais NA, Nizamie SH, Das B, Praharaj SK, Ul-Haq Katshu MZ. Auditory P300 event-related potential: Normative data in the Indian population. *Neurol India*. 2018; 66(1):176-180.