

ELETROENCEFALOGRAFIA: PROCEDIMENTOS E SIGNIFICADO PSICOLÓGICO

CRISTIANE SOUZA, KHAOULA ENNHALI & MARGARIDA VAZ GARRIDO

Iscte-Instituto Universitário de Lisboa

Palavras-chave: EEG; Princípios básicos; Obtenção do sinal; Oscilações; ERPs; Significado psicológico.

OBJETIVO

Este capítulo visa:

- (a) Elucidar os princípios básicos da técnica de Eletroencefalografia (EEG) e as motivações relacionados com a sua utilização;
- (b) Discriminar os procedimentos para a administração da técnica do EEG relativamente aos materiais, preparação do espaço, montagem, obtenção e tratamento do sinal;
- (c) Contextualizar as aplicações diversificadas do EEG e os seus requerimentos específicos;
- (d) Discutir os desafios, limitações e implicações éticas.

INTRODUÇÃO

A eletroencefalografia é uma técnica funcional e (relativamente) não invasiva de aferição da atividade cerebral com recurso ao equipamento de **eletroencefalograma (EEG)**. Desenvolvida por Hans Berger em 1929, esta técnica permite registar as flutuações de voltagem associadas à dinâmica elétrica natural das diversas populações de neurónios no nosso cérebro. Baseia-se, portanto, nas mudanças de tensão (medida em voltagem) de correntes iónicas geradas por processos bioquímicos nos neurónios (Kolb & Whishaw, 2003). Esta medida é habitualmente feita de forma superficial, com o uso de eléctrodos acoplados no couro cabeludo. No entanto, com a estrutura óssea do crânio a interpor-se como barreira de resistência elétrica, a atividade elétrica que atravessa o couro cabeludo é mínima. Como tal, a mensuração da atividade elétrica intracraniana só é possível recorrendo ao uso de substâncias que favorecem a condutância e de um aparato de amplificação do sinal (Luck & Kappenman, 2012). O EEG é uma técnica elucidativa da dinâmica cerebral que permite obter componentes/parâmetros de atividade neural durante diversas tarefas cognitivas, potencializando o seu significado psicológico.

PRINCÍPIO DA ATIVIDADE ELÉTRICA CEREBRAL

O nosso cérebro tem como unidade funcional as células neuronais, que apresentam propriedades específicas de transmissão de sinal eletroquímico. Os neurónios transmitem informação entre si através de um movimento de cargas iónicas entre as faces internas e externas da sua membrana paramagnética. Especificamente, na membrana paramagnética da região axonal do neurónio (terminal de “saída” de informação do neurónio para outro neurónio), um movimento entre partículas iónicas (eletricamente carregadas, tais como Sódio Na⁺ e Potássio K⁺), ocorre nos canais sensíveis a voltagem que estão presentes na membrana celular (Kolb & Whishaw, 2003). A passagem destes iões desequilibra a carga iónica do meio intra e extracelular que imediatamente inicia trocas iónicas restauradoras do equilíbrio intra-extra membrana (ver Kolb & Whishaw, 2003, cap. 4). Estes movimentos das partículas iónicas gera um fluxo contínuo de corrente elétrica de polarização (mais positividade) e despolarização (menos positividade) do meio extracelular da membrana neuronal ao longo do axónio - um processo denominado de **potencial de ação**. Desta forma, os potenciais de ação dos neurónios correspondem a essa resposta eletroquímica que acontece pós-sinapse (recepção de um impulso nervoso proveniente de outro neurónio) e que desencadeia uma corrente elétrica nos neurónios recetores (Kolb & Whishaw, 2003).

OBTENÇÃO DO SINAL DO EEG

O EEG permite a obtenção contínua da atividade elétrica natural de regiões do cérebro em flutuações de voltagem. As flutuações de voltagem obtidas pelo EEG registam vários potenciais de ação de populações de neurónios de regiões subjacentes aos elétrodos acoplados ao couro cabeludo (Luck & Kappenman, 2012). Este método envolve a amplificação e o registo do sinal elétrico, baseado na diferença de potenciais elétricos entre pelo menos três elétrodos (Cohen, 2014):

- | **Gerador** - funciona como captador de sinal elétrico,
- | **Referência** - serve como uma constante para se equiparar as mudanças de correntes dos captadores,
- | **Ground** - estabiliza as interferências elétricas externas.

MATERIAIS

O equipamento do EEG inclui um captador e amplificador de sinal, bateria, cabos com agrupamento de elétrodos captadores (e.g., 32, 64, 128), um elétrodo *ground* (terra), um elétrodo de referência, cabos elétricos de ligação de bateria e amplificador, ligação ao computador, hardware com ampla capacidade de memória e software específico de registo e análise do sinal do EEG. A aplicação do EEG envolve adicionalmente uma touca de acoplamento, gel condutor, seringas de aplicação, fita cola (para melhor afixar os fios), tesoura, fita métrica (e.g., medição da circunferência da cabeça), compressas de limpeza/toalha, álcool.

RECOLHA DE DADOS

A recolha de dados em EEG implica cuidados antes, durante e após a sessão.

| Na fase **pré-sessão**, devem-se estabelecer os critérios de inclusão relevantes para o estudo (e.g., língua nativa, rácio de género, idade, escolaridade, lateralidade hemisférica, etc.). O/a participante deve chegar à sessão devidamente informado/a sobre o que é a técnica, em que consiste e os seus requerimentos específicos (e.g., restrição de movimentos, cuidados com limpeza do couro cabeludo, reservas na administração de produtos na pele e couro cabeludo). A preparação do contexto de testagem implica um protocolo de higiene e organização do espaço de modo funcional. Os conjuntos de sensores (elétrodos) devem estar devidamente limpos e secos, sem resquícios de gel de utilizações anteriores. A touca deve estar devidamente lavada e seca. A posição da cadeira e do ecrã do computador devem também estar padronizadas para todas as sessões, conforme os parâmetros do estudo. Os materiais utilizados na sessão devem estar devidamente organizados na bancada de apoio para uma administração facilitada dos materiais.

| Na **sessão**, o primeiro passo é a confirmação de participação voluntária pelo termo de consentimento. Em seguida, deve-se instalar o participante no espaço de recolhas e alertar para a necessidade de desligar qualquer aparelho eletrónico portátil que o acompanhe. O protocolo de orientações previamente dadas é confirmado. Especificamente, verifica-se o cumprimento das orientações para a higiene capilar e facial, o uso de substâncias potencialmente ativadoras ou depressoras da atividade cerebral (e.g., café, açúcar, medicações controladas, álcool, etc.) e se a pessoa está devidamente alimentada. Informa-se que o/a participante terá uma restrição de movimentos e não se poderá levantar durante o tempo da sessão, orientando-o/a a suprir as suas necessidades primárias (e.g., alimentação, hidratação, excreção).

A **preparação** inicia-se com a higienização das regiões da pele em que serão afixados os elétrodos diretamente (e.g., região dos olhos e testa). Mede-se a circunferência do crânio do participante para que se possa definir a touca mais apropriada. O ajuste da touca deve permitir a proximidade dos elétrodos à superfície do couro cabeludo. Se existir uma folga entre a touca e o elétrodo, a capacidade de obtenção do sinal poderá ser afetada. A touca deve estar ajustada de modo a que o elétrodo Cz esteja centralizado entre os pontos Nasion-Inion do comprimento longitudinal da cabeça e os pontos pré-auriculares. Em seguida, começa-se com a montagem da touca e a afixação dos elétrodos nos espaços com cliques consoante a sua cor (e.g., preta, amarela ou verde) e numeração (e.g., 1 a 32). Os sistemas de EEG (eletroencefalografia) variam em termos do número de canais utilizados para registar a atividade elétrica do cérebro. Normalmente, esses canais são numerados sequencialmente (por exemplo, de 1 a 32). Existem sistemas de EEG com diferentes quantidades de canais, desde os mais simples, com apenas alguns canais, até os mais avançados, que podem ter mais de 100 canais. A escolha do número de canais depende da aplicação específica, sendo que sistemas com mais canais oferecem maior resolução espacial e maior capacidade de detetar detalhes subtis da atividade cerebral. O elétrodo na cor preta é sempre o ground. A distribuição dos elétrodos no couro cabeludo obedece a um sistema

internacional 10-20, portanto é importante seguir o mapa disponibilizado no equipamento. Entretanto, são possíveis ajustes quando justificados teoricamente e por imperativos metodológicos nos estudos (e.g., uso de uma amostra restrita de elétrodos quando já se tem hipóteses específicas e modelos cerebrais robustos; Cohen, 2014).

Os elétrodos devem estar conectados ao amplificador e este ao software de registo no computador. Todos os elétrodos devem receber uma quantidade equivalente de gel condutor apropriada à pequena superfície de contato do sensor. O excesso de gel poderá causar distúrbio do sinal por elétrodos da vizinhança. Uma quantidade escassa de gel afetará a condutância do sinal. Após a montagem, a impedância dos sensores (i.e., resistência a uma corrente elétrica) deverá ser confirmada no sistema do software para todos os elétrodos. Idealmente, deve-se manter uma impedância média de 25 ohm para assegurar a obtenção de um sinal de qualidade. É igualmente importante a confirmação dos parâmetros do estudo no sistema, tais como a resolução do sinal (e.g., *sampling rate* em 2048 Hz ou 500Hz), a referência online utilizada (usualmente Fz ou Cz ou atrás da orelha - mastoides), os nomes e distribuição dos canais/sensores, etc. Recomenda-se ainda uma demonstração inicial ao participante para o consciencializar relativamente ao impacto dos seus movimentos no sinal enquanto se observa a qualidade do sinal. Por fim, inicia-se o estudo com a criação do ficheiro do participante. Após a conclusão do estudo, deve-se garantir que os dados estão devidamente registados. O equipamento é desmontado enquanto o participante recebe orientações sobre como higienizar o couro cabeludo após a técnica. Por fim, um *debriefing* garantirá que o participante tem acesso às informações de manipulação relevantes do estudo e destaca-se como a sua participação é importante para o avanço do conhecimento científico.

| A fase **pós-sessão** implica a limpeza do material e reorganização do espaço de recolhas. Relativamente à limpeza dos materiais, a touca deve ser lavada com água abundante e uma escova macia para retirar todo o excedente de gel das cavidades. Os elétrodos devem ser administrados de forma muito cuidadosa, uma vez que são bastante sensíveis e apresentam fios muito finos. Usa-se água abundante e um leve movimento de limpeza manual. A secagem dos elétrodos deve ser feita com papel absorvente e a disposição de reserva deve ser sempre realizada com os sensores protegidos da luz. A touca deve ser disposta para a secagem.

Para mais informações sobre o uso desta técnica no contexto de um software específico utilizado no LAPSO, ver o canal de *webinars* disponível neste [link](#).

DECOMPOSIÇÃO DO SINAL E O SEU SIGNIFICADO PSICOLÓGICO

Os sinais obtidos através do EEG são descritos em termos de oscilações de frequências ou potenciais evocados. As oscilações de frequência representam a dinâmica das flutuações elétricas em ondas de frequência ao longo do tempo. A decomposição do sinal EEG em domínios de tempo-frequência permite a identificação e distinção de diferentes oscilações cerebrais (i.e.,

delta, teta, alfa, beta, gama). A atividade oscilatória pode ser estimada com recurso às medidas de frequência de pico espectral, largura de banda de frequência e amplitude (poder) oscilatória (Cohen, 2014). Esta abordagem facilita a deteção de alterações específicas na atividade elétrica, pois as frequências oscilatórias são medidas contínuas e dinâmicas da atividade cerebral que favorecem uma compreensão mais aprofundada dos processos cognitivos subjacentes (Buszáki, 2006). Assim, podemos associar os diferentes padrões de oscilação cerebral aos vários estados e processos cognitivos, como atenção, memória, carga cognitiva e criatividade. Por exemplo, alterações na banda de frequência alfa podem estar associadas a melhor retenção de memória, estados de atenção ou relaxamento (Klimesch et al. 1996). Por outro lado, a atividade de teta reflete detalhamento e integração de informações na memória provenientes da atividade hipocampal (Klimesch et al., 1994).

A memória semântica, que envolve o armazenamento e recuperação de factos e conceitos, também pode ser estudada através das oscilações cerebrais. Estudos mostram que a atividade na banda de frequência alfa sobretudo associadas a sensores de regiões frontotemporais está associada ao processamento semântico. Por outro lado, as ondas teta, particularmente originadas na região do hipocampo, estão relacionadas com memórias do tipo episódico, que compreendem um tipo de representação mnésica mais detalhada da experiência. (Klimesch, 1996, 1997). Alterações em termos de amplitude de frequência em alfa podem ainda indicar um processamento mais eficiente da informação semântica (Klimesch et al., 1996).

Os padrões de oscilação cerebral podem também ser associados a diferentes estados de criatividade. A investigação indica que a criatividade está frequentemente ligada a uma maior atividade na banda de frequência alfa, especialmente na região parieto-occipital do cérebro. Isso sugere que a criatividade envolve um estado de relaxamento e atenção difusa, facilitando o acesso a redes de informação de longo alcance no cérebro (Fink & Benedek, 2014).

Outra aplicação específica do EEG é a análise dos potenciais evocados (ERPs), que são alterações em ondas de voltagem motivadas na atividade cerebral em resposta a eventos discretos, sejam eles internos ou externos. Essas ondulações podem ser positivas (P) ou negativas (N), ocorrendo em milissegundos após o evento. Os componentes dos ERPs são considerados "marcadores cerebrais" subtis, relacionados com a ativação de funções cognitivas específicas, como o componente P300. Detetar um ERP não é uma tarefa simples, uma vez que o sinal desejado está misturado com muitos outros sinais de EEG do cérebro. Para melhorar a deteção, o estímulo é repetido várias vezes e a média das respostas registadas é calculada (Polich, 2017). Por este motivo, a obtenção de um componente de potencial evocado requer um conjunto amplo de dados tratados em termos de um padrão médio de ativação. Desta forma, a resposta elétrica elicitada pelo estímulo e congruente com o processo cognitivo subjacente irá sobressair com a repetição do estímulo/condição e os ruídos assistemáticos no sinal irão dissipar-se (ver Luck, 2014; Luck, & Kappenman, 2012).

Um exemplo de componente de ERP é a onda P300, um potencial desencadeado por estímulos raros e relevantes para a tarefa, que aparece aproximadamente 300 milissegundos após o

estímulo. É utilizada para representar funções cognitivas superiores como processamento de informação, memória de trabalho e categorização de estímulos. O P300 é significativo em pesquisas sobre envelhecimento cognitivo e na avaliação de condições neurológicas e psiquiátricas, como Alzheimer e esquizofrenia para desambiguar processamentos deficitários de memória (Polich, 2007; Fabiani et al., 1998; Iragui et al., 1993; Jeon & Polich, 2003; Nijboer et al., 2008).

A N400 é um componente de ERP representado por uma deflexão negativa que atinge o pico por volta de 400 milissegundos após o início do estímulo e está associada à resposta do cérebro a palavras e outros estímulos, como imagens e sons. A N400 reflete o processamento semântico e a integração de estímulos significativos (Kutas & Hillyard, 1980; Kutas & Federmeier, 2011).

Em resumo, o EEG é utilizado para investigar os mecanismos neurais subjacentes a uma variedade de processos cognitivos, como a percepção, atenção, memória, tomada de decisão. A técnica permite a medição (quase) direta da atividade elétrica cerebral com alta resolução temporal, o que é crucial para entender a dinâmica rápida das funções cognitivas. Por exemplo, a análise de potenciais evocados pode revelar como o cérebro processa estímulos sensoriais e executa funções cognitivas complexas, como a integração de informações e a formação de memórias (Klimesch, 1999; Luck & Kappenman, 2012).

Além de favorecer o estudo dos mecanismos neurais subjacentes às funções cognitivas, esta metodologia também contribui para o desenvolvimento de aplicações clínicas, maior compreensão diagnóstica e monitorização de distúrbios neurológicos.

A interpretação dos resultados de EEG requer muito treino para se obter sensibilidade do sinal e rigor nos procedimentos de obtenção e análise de dados. O sinal do EEG sofre interferência de diversos artefactos, tais como a atividade muscular, a resposta galvânica da pele, o movimento ocular, o sinal elétrico de dispositivos, a eletricidade do ambiente. Por sua vez, tratamentos de dados excessivos ou lenientes também adicionam ruído ao sinal e inviabilizam a obtenção de parâmetros precisos que se correlacionem com a componente cognitiva que se pretende medir.

LIMITAÇÕES DO EEG

O eletroencefalograma, apesar de ser uma ferramenta essencial para monitorizar a atividade elétrica cerebral, enfrenta diversas limitações que afetam a sua eficácia tanto em ambientes de investigação quanto clínicos. Uma das principais restrições é a sua resolução espacial inferior quando comparada com técnicas de neuroimagem mais sofisticadas, como a ressonância magnética funcional (fMRI). Apesar de pouca resolução espacial, esta técnica oferece uma via de análise que permite estimar a localização da origem dos sinais elétricos por meio da inversão do sinal utilizando cálculos matemáticos e computação avançada. Gevins (1998) sublinha a necessidade de melhorar a resolução espacial do EEG, visto que a localização precisa das fontes de sinais elétricos no cérebro é um desafio significativo, limitando a nossa capacidade de

compreender completamente as dinâmicas cerebrais. Avanços nesta área podem revolucionar a nossa compreensão da ativação de regiões específicas do cérebro durante atividades cognitivas ou emocionais, proporcionando uma visualização mais detalhada e clara dos processos envolvidos.

Os avanços tecnológicos no EEG incluem a utilização de técnicas de análise de dados mais sofisticadas e a integração com outras modalidades de imagem cerebral, como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a magnetoencefalografia (MEG). Esses avanços permitem uma melhor resolução espacial e temporal dos sinais elétricos, proporcionando uma compreensão mais detalhada dos processos neurais. A aplicação de algoritmos de *machine learning* está também a emergir como uma ferramenta poderosa para a interpretação dos dados de EEG, facilitando a identificação de padrões complexos associados a diferentes estados cognitivos e estados patológicos (Gevins, 1998; Lopes da Silva, 2013).

Por exemplo, em contexto clínico, Smith (2005) destaca que as dificuldades no diagnóstico e tratamento da epilepsia são exacerbadas pela insuficiência de amostragem espacial e temporal proporcionada pelo EEG. A identificação precisa das origens das convulsões é crucial para um tratamento eficaz, especialmente em casos que necessitam de intervenção cirúrgica. As limitações do EEG podem resultar em tratamentos subótimos e numa gestão menos eficaz da condição.

Segundo Cohen (2014), é possível mitigar algumas dessas limitações utilizando técnicas avançadas de análise, como a aplicação de wavelets Morlet na análise tempo-frequência, que proporciona uma localização mais precisa de eventos dinâmicos no cérebro em comparação com a análise de EEG tradicional. Este método melhora a deteção de oscilações cerebrais específicas, superando a baixa resolução temporal do EEG padrão.

No contexto do uso em recém-nascidos, o EEG de apenas um canal apresenta uma limitação crítica, frequentemente falhando na deteção de convulsões neonatais. A identificação rápida e precisa de convulsões em recém-nascidos é essencial para iniciar tratamentos imediatos e prevenir consequências neurológicas de longo prazo, conforme discutido por Quigg (2009). Ainda, existem limitações técnicas do EEG para a avaliação de vida ou morte em diagnósticos de morte cerebral, tornando o uso desta técnica controversa numa área onde a precisão é vital para decisões críticas sobre o suporte vital (Chen et al., 2008).

IMPLICAÇÕES ÉTICAS DA UTILIZAÇÃO DO EEG

O uso do EEG, sendo um método semi-invasivo que envolve o processamento de dados biomédicos e pessoais sensíveis, acarreta várias considerações éticas, especialmente no que diz respeito ao consentimento informado e à proteção dos dados pessoais dos/as participantes. É essencial que os/as participantes sejam plenamente informados sobre o propósito da investigação, os procedimentos envolvidos e quaisquer riscos potenciais. É imperativo assegurar

a integridade na recolha, armazenamento e utilização desses dados, exigindo um processo rigoroso para obter consentimento informado e garantindo que os/as participantes estão plenamente conscientes e concordam com todos os aspetos do estudo. Além disso, devem ser implementadas medidas rigorosas para proteger a privacidade dos/as participantes e garantir que os dados recolhidos sejam usados exclusivamente para os fins declarados.

As comissões de ética em contextos de investigação e clínicos desempenham um papel vital na revisão e supervisão da aplicação do EEG para assegurar a conformidade com os padrões éticos (Lopez, 2020). Instituições como a [Comissão de Ética do Iscte-Instituto Universitário de Lisboa](#) desempenham um papel crucial na monitorização desses procedimentos para assegurar a conformidade com os princípios deontológicos relevantes (ver Matos et al., neste volume). Manter a confiança do público e dos/as participantes em estudos que utilizam o EEG é crucial para conduzir uma investigação responsável e respeitosa, preservando plenamente os direitos e a dignidade dos envolvidos.

O uso do EEG em contextos como a terapia electroconvulsiva (ECT) levanta questões éticas importantes, destacadas por Cunha e colaboradores (2021) e González-Pando (2021), que incluem preocupações sobre efeitos colaterais duradouros como amnésia. A sua aplicabilidade com populações clínicas também exige algumas reservas, tais como a explicação clara e ilustrada dos procedimentos previamente à concordância em participar no estudo, o cuidado reforçado com a preparação do ambiente de modo a reduzir o stress e gerar um ambiente acolhedor e não ameaçador aos/às participantes. O cuidado com o tempo dedicado aos requerimentos atentos na tarefa deve estar de acordo com as limitações e capacidades das populações-alvo. Apresentar tarefas demasiado cansativas ou exigentes para o perfil cognitivo de participantes de um determinado grupo clínico é adicionar vulnerabilidades e não zelar pelo bem-estar dos/as participantes. Alternativas para a gestão da carga cognitiva nas tarefas incluem a implementação de pausas consistentes ao longo da tarefa. A atenção às necessidades dos/as participantes, independentemente das suas condições, é essencial para os bons resultados da sessão de recolhas em EEG. Participantes cansados, famintos ou tensos não produzem parâmetros fidedignos de análise e comprometem as conclusões de qualquer estudo.

RECURSOS

| Atlas de atividade padrão do cérebro: para obter parâmetros de atividade cerebral padrão associados a [modelos anatómicos](#) ou [funcionais](#)

| [BrainFacts 3D Brain](#): um recurso interativo que auxilia na localização das regiões cerebrais e sua função

| Canal de webinars de [Mike Cohen](#): oferece conteúdos detalhados sobre análise de séries temporais neurais e técnicas avançadas de EEG.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O EEG é uma ferramenta poderosa para a investigação da atividade cerebral, oferecendo insights valiosos sobre os processos cognitivos e suas correlações com as oscilações elétricas no cérebro. Comparado a outras ferramentas de exploração cerebral, como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a tomografia por emissão de positrões (PET), o EEG oferece várias vantagens significativas. É uma técnica mais acessível em termos de custos e recursos e mais fácil de utilizar. Enquanto a fMRI e a PET fornecem imagens detalhadas da atividade cerebral e metabolismo, estas técnicas são caras e requerem equipamentos sofisticados e ambientes controlados. O EEG, por outro lado, permite a medição da atividade elétrica do cérebro em tempo real, com excelente resolução temporal, embora tenha uma resolução espacial inferior. Esta característica torna o EEG particularmente útil em estudos que necessitam de monitorização contínua e imediata da dinâmica cerebral.

Devido à sua portabilidade e menor custo, o EEG é amplamente utilizado não só em pesquisa, mas também em ambientes clínicos e educacionais. É uma ferramenta valiosa para diagnósticos de condições como epilepsia, distúrbios do sono e outros problemas neurológicos. Além disso, a facilidade de utilização do EEG facilita a realização de estudos longitudinais e a aplicação em populações diversas, incluindo crianças e idosos, sem os desafios logísticos associados a outras técnicas de imagem cerebral (Niedermeyer & da Silva, 2004; Teplan, 2002).

Apesar das suas limitações, como a baixa resolução espacial, com o avanço contínuo das tecnologias e métodos de análise, e a utilização de protocolos rigorosos, o EEG continuará a ser um recurso fundamental na neurociência, contribuindo para a compreensão de funções cerebrais complexas e o desenvolvimento de aplicações clínicas inovadoras.

SOBRE AS AUTORAS

[Cristiane Souza](#) é psicóloga e cientista cognitiva, doutorada em Psicologia pelo Iscte-Instituto Universitário de Lisboa. É investigadora integrada no CIS-Iscte e membro do grupo de investigação Behavior, Emotion and Cognition (BEC). Colabora como Professora Assistente Convidada em UCs de licenciatura e mestrado em temáticas no âmbito da cognição, emoção e técnicas de neuroimagem. A sua investigação contempla aspetos neuro-funcionais dos sistemas de memória em populações clínicas, neuro-típicas e em envelhecimento.

[Khaoula Ennhali](#) é estudante de doutoramento em Psicologia no Iscte-Instituto Universitário de Lisboa com financiamento pela Fundação La Caixa. É investigadora afiliada ao CIS-Iscte e membro do grupo de investigação Behavior, Emotion and Cognition (BEC). Interessa-se por tópicos na interface entre linguagem e memória.

Margarida Vaz Garrido é doutorada em Psicologia e Professora Associada com Agregação no Iscte-Instituto Universitário de Lisboa. É investigadora integrada no CIS-Iscte e coordenadora do grupo de investigação Behavior, Emotion and Cognition (BEC). A sua investigação examina a cognição humana, nomeadamente a memória e a linguagem, a partir de uma perspetiva socialmente situada. Paralelamente, tem explorado as aplicações desta abordagem ao estudo de populações vulneráveis e clínicas (e.g., processamento cognitivo na parentalidade abusiva, processos de memória no TEA e envelhecimento, interoceção na dor crónica) e à psicologia do consumidor e comportamento alimentar (e.g., inter-modalidade na perceção gustativa).

REFERÊNCIAS

- Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the brain*. Oxford University Press.
- Chen, Z., Cao, J., Cao, Y., Zhang, Y., Gu, F., Zhu, G., Hong, Z., Wang, B., & Cichocki, A. (2008). An empirical EEG analysis in brain death diagnosis for adults. *Cognitive Neurodynamics*, 2(3), 257–271. <https://doi.org/10.1007/s11571-008-9047-z>
- Cohen, M. X. (2014). *Analyzing neural time series data: Theory and practice*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262019873.001.0001>
- Cunha, C., Pereira, R., França, G., & Silva, J. (2021). Electroconvulsive therapy and informed consent in compulsory treatment – An ethical dilemma. *European Psychiatry*, 64(Suppl 1), S714–S715. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2021.1892>
- Fabiani, M., Friedman, D., & Cheng, J. C. (1998). Individual differences in P3 scalp distribution in older adults and their relationship to frontal lobe function. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 108(4), 452–467. [https://doi.org/10.1016/S0013-4694\(97\)00223-6](https://doi.org/10.1016/S0013-4694(97)00223-6)
- Fink, A., & Benedek, M. (2014). EEG alpha power and creative ideation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 44, 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.12.002>
- Gevins, A. (1998). Enhancing the spatial resolution of EEG: Computational approaches to better understand brain activity. *Journal of Neurological Sciences*, 158(2), 113–120. [https://doi.org/10.1016/S0022-510X\(98\)00153-9](https://doi.org/10.1016/S0022-510X(98)00153-9)
- González-Pando, D. (2021). Long-term side effects of electroconvulsive therapy: A focus on amnesia. *Journal of Psychiatric Research*, 56(1), 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.01.030>
- Iragui, V. J., Kutas, M., Mitchiner, M. R., & Hillyard, S. A. (1993). Effects of aging on event-related brain potentials and reaction times in an auditory oddball task. *Psychophysiology*, 30(1), 10–22. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03200.x>
- Jeon, Y. W., & Polich, J. (2003). Meta-analysis of P300 and schizophrenia: Patients, paradigms, and practical implications. *Psychophysiology*, 40(5), 684–701. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00070>
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2-3), 169–195. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
- Klimesch, W. (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1-2), 61–100. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(96\)00057-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(96)00057-8)
- Klimesch, W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1-3), 319–340. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00773-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00773-3)
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Russegger, H., Pachinger, T., & Schwaiger, J. (1996). Induced alpha band power changes in the human EEG and attention. *Neuroscience Letters*, 244(2), 73–76. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(98\)00122-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(98)00122-0)
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2003). *Fundamentals of human neuropsychology* (5th ed.). Worth Publishers.
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>

- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205. <https://doi.org/10.1126/science.7350657>
- Lopez, A. (2020). Ethical standards in commercial applications of EEG technology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 45(1), 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.023>
- Lopes da Silva, F. (2013). EEG and MEG: Relevance to neuroscience. *Neuron*, 80(5), 1112–1128. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.10.017>
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (2012). Electroencephalography and Event-Related Brain Potentials. In *Handbook of psychophysiology* (pp. 74–100). <https://doi.org/10.1017/9781107415782.005>
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the Event-Related Potential technique*. MIT Press.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2004). *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nijboer, F., Sellers, E. W., Mellinger, J., Jordan, M. A., Matuz, T., Furdea, A., ... & Kübler, A. (2008). A P300-based brain-computer interface for people with amyotrophic lateral sclerosis. *Clinical Neurophysiology*, 119(8), 1909-1916. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.03.034>
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128-2148. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
- Quigg, M. (2009). Single-channel EEG limitations in the detection of neonatal seizures. *Pediatric Neurology*, 41(6), 377-381. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2009.07.015>
- Smith, J. (2005). Challenges in diagnosing and managing epilepsy: The role of EEG in incomplete spatial and temporal sampling. *Epilepsy & Behavior*, 7(3), 432-437. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2005.06.018>
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2(2), 1-11. <https://www.measurement.sk/2002/S2/Teplan.pdf>