

Correlatos neurais da empatia em eletroencefalograma: investigando vieses etnoculturais com medidas fisiológicas e de autorrelato

Correlatos neuronales de la empatía en electroencefalograma: investigando sesgos etnoculturales con medidas fisiológicas y de autoinforme

Corrélatés neuronaux de l'empathie en électroencéphalogramme : étude des biais ethnoculturels à l'aide de mesures physiologiques et d'auto-rapport

Neural correlates of empathy in electroencephalogram: investigating ethnocultural biases with physiological and self-report measures

Emanuella R. Félix¹, Leonardo R. Sampaio²,
Rodrigo P. Ramos¹ e Marcelo B. Grilo Jr.³

1. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Brasil.

2. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Brasil.

3. Universidade Federal do ABC – UFABC, Brasil.

Resumo

A empatia, uma capacidade associada ao funcionamento social e motivadora do comportamento prosocial, tem sido estudada por medidas fisiológicas como o Eletroencefalograma (EEG). Estudos revelaram que a atividade neural na empatia varia em magnitude, sendo modulada pelo vínculo afetivo entre os indivíduos, sujeitas a vieses, fazendo com que se sinta mais empatia por aqueles que são próximos e similares a elas. O principal objetivo foi testar se a empatia produzida em uma experiência vicária de dor, provocaria diferenças mensuráveis nos sinais de EEG, a depender da pessoa que sentia esta sensação. Foram coletados dados de dez participantes, com idades entre 18 e 28 anos, submetidos a um conjunto de vídeos com diferentes atores (três homens e três mulheres), naturais de Basel, Petrolina e São Paulo, recebendo estímulo não-doloroso e doloroso enquanto os sinais neurais eram captados. Para mensuração da empatia foram empregados a Escala de Empatia Etnocultural (EEE), o Interpersonal Reactivity Index (IRI) e duas perguntas adaptadas do Self Assessment Manikin (SAM). Os resultados apontaram variações na amplitude de sinal em alguns eletrodos em função do sexo e nacionalidade dos atores e atrizes. Nos instrumentos de autorrelato, constatou-se correlação significativa entre a EEE e a dimensão Consideração Empática no IRI. Não foram encontradas outras associações significativas entre a EEE e as medidas de empatia situacional e nem destas últimas com o IRI. Variações evidenciadas em ambos os hemisférios cerebrais estão alinhadas com a literatura. A ausência de associações significativas entre os instrumentos de autorrelato pode ter ocorrido por conta dos diferentes tipos de empatia medida por essas escalas (disposicional ou situacional) e similaridades físicas entre os objetos das simulações dolorosa e não-dolorosa. Nossos achados adicionam compreensões sobre a neurodinâmica do processamento da empatia e análise dos mecanismos neurais, muitas vezes não mensuráveis em sua totalidade por instrumentos de autorrelato.

Palavras-chave: empatia, eletroencefalograma, sinais cerebrais, medidas fisiológicas, autorrelato.

Artigo recebido: 28/07/2023; Artigo aceito: 15/08/2025.

Correspondências relacionadas a esse artigo devem ser enviadas a Emanuella Ribeiro Félix, Colegiado de Pós-graduação em Ciências da Saúde e Biológicas - Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Av. José de Sá Maniçoba, s/n. Centro, Petrolina – Pernambuco, PE – Brasil, CEP: 56304-917

E-mail: emanuellaribeiro.f@gmail.com

DOI:10.5579/rnl.2025.0835

Resumen

La empatía, una capacidad asociada al funcionamiento social y motivadora de la conducta prosocial, ha sido estudiada mediante medidas fisiológicas como el Electroencefalograma (EEG). Los estudios han revelado que la actividad neuronal en la empatía varía en magnitud, siendo modulada por el vínculo afectivo entre los individuos, sujeta a sesgos, lo que conduce a sentir mayor empatía por aquellos que son cercanos y similares a uno mismo. El objetivo principal fue comprobar si la empatía producida en una experiencia vicaria de dolor provocaría diferencias medibles en las señales de EEG, dependiendo de la persona que experimentaba dicha sensación. Se recopiló datos de diez participantes, con edades comprendidas entre 18 y 28 años, expuestos a un conjunto de vídeos con diferentes actores (tres hombres y tres mujeres), originarios de Basilea, Petrolina y São Paulo, recibiendo estímulos no dolorosos y dolorosos mientras se registraban las señales neuronales. Para la medición de la empatía se emplearon la Escala de Empatía Etnocultural (EEE), el Interpersonal Reactivity Index (IRI) y dos preguntas adaptadas del Self Assessment Manikin (SAM). Los resultados mostraron variaciones en la amplitud de la señal en algunos electrodos en función del sexo y la nacionalidad de los actores y actrices. En los instrumentos de autoinforme se constató una correlación significativa entre la EEE y la dimensión Consideración Empática del IRI. No se hallaron otras asociaciones significativas entre la EEE y las medidas de empatía situacional, ni entre estas últimas y el IRI. Las variaciones observadas en ambos hemisferios cerebrales se encuentran en consonancia con la literatura. La ausencia de asociaciones significativas entre los instrumentos de autoinforme puede deberse a los diferentes tipos de empatía evaluados por dichas escalas (disposicional o situacional) y a las similitudes físicas entre los objetos de las simulaciones dolorosa y no dolorosa. Nuestros hallazgos aportan nuevas comprensiones sobre la neurodinámica del procesamiento de la empatía y el análisis de los mecanismos neuronales, muchas veces no mensurables en su totalidad mediante instrumentos de autoinforme.

Palabras clave: empatía, electroencefalograma, señales cerebrales, medidas fisiológicas, autoinforme.

Résumé

L'empathie, une capacité associée au fonctionnement social et qui motive le comportement prosocial, a été étudiée au moyen de mesures physiologiques telles que l'électroencéphalogramme (EEG). Des études ont révélé que l'activité neuronale liée à l'empathie varie en intensité, étant modulée par le lien affectif entre les individus, et qu'elle est sujette à des biais, amenant à ressentir davantage d'empathie pour ceux qui sont proches et similaires à soi. L'objectif principal de cette recherche était de tester si l'empathie produite lors d'une expérience vicariante de la douleur pouvait provoquer des différences mesurables dans les signaux EEG, selon la personne qui ressentait cette sensation. Les données ont été recueillies auprès de dix participants, âgés de 18 à 28 ans, soumis à un ensemble de vidéos mettant en scène différents acteurs (trois hommes et trois femmes), originaires de Bâle, Petrolina et São Paulo, recevant une stimulation non douloureuse et douloureuse pendant l'enregistrement des signaux neuronaux. Pour mesurer l'empathie, nous avons utilisé l'Échelle d'Empathie Ethnoculturelle (EEE), l'Interpersonal Reactivity Index (IRI) ainsi que deux questions adaptées du Self Assessment Manikin (SAM). Les résultats ont montré des variations de l'amplitude du signal sur certains électrodes en fonction du sexe et de la nationalité des acteurs et actrices. Dans les instruments d'autoévaluation, une corrélation significative a été constatée entre l'EEE et la dimension Considération Empathique de l'IRI. Aucune autre association significative n'a été observée entre l'EEE et les mesures d'empathie situationnelle, ni entre ces dernières et l'IRI. Les variations mises en évidence dans les deux hémisphères cérébraux sont conformes à la littérature. L'absence d'associations significatives entre les instruments d'autoévaluation pourrait s'expliquer par les différents types d'empathie mesurés par ces échelles (disposicionnelle ou situationnelle) et par les similarités physiques entre les objets des simulations douloureuses et non douloureuses. Nos résultats apportent de nouvelles compréhensions sur la neurodynamique du traitement de l'empathie et sur l'analyse des mécanismes neuronaux, souvent difficilement mesurables dans leur totalité par des instruments d'autoévaluation.

Mots-clés : empathie, électroencéphalogramme, signaux cérébraux, mesures physiologiques, auto-évaluation.

Abstract

Empathy, a capacity associated with social functioning and a motivator of prosocial behavior, has been studied through physiological measures such as the Electroencephalogram (EEG). Studies have shown that neural activity in empathy varies in magnitude, being modulated by the affective bond between individuals and subject to biases, leading people to feel more empathy toward those who are close and similar to them. The main objective was to test whether empathy elicited by a vicarious pain experience would produce measurable differences in EEG signals depending on the person experiencing the sensation. Data were collected from ten participants, aged between 18 and 28 years, who were exposed to a set of videos featuring different actors (three men and three women) from Basel, Petrolina, and São Paulo, receiving either non-painful or painful stimuli while neural signals were recorded. To assess empathy, the Ethnocultural Empathy Scale (EEE), the Interpersonal Reactivity Index (IRI), and two questions adapted from the Self-Assessment Manikin (SAM) were employed. The results indicated signal amplitude variations in some electrodes as a function of the actors' sex and nationality. In the self-report instruments, a significant correlation was found between the EEE and the Empathic Concern dimension of the IRI. No other significant associations were found between the EEE and situational empathy measures, nor between these latter measures and the IRI. Variations observed in both cerebral hemispheres are consistent with the literature. The absence of significant associations among the self-report instruments may be explained by the different types of empathy measured by these scales (dispositional vs. situational) and by physical similarities between the targets of painful and non-painful simulations. Our findings contribute to a better understanding of the neurodynamics of empathy processing and the analysis of neural mechanisms, which are often not fully measurable through self-report instruments.

Keywords: empathy, electroencephalogram, brain signals, physiological measures, self-report.

1. INTRODUÇÃO

A empatia é uma capacidade psicológica importante, associada ao funcionamento social e aos resultados adaptativos da nossa espécie, enquanto seres sociais, já que é

considerada um motivador para o comportamento pró social (Cameron et al., 2022; Stevens & Taber, 2021). Tal capacidade possibilita se colocar na perspectiva subjetiva do outro para melhor compreender e partilhar seus sentimentos e emoções, assim como se sensibilizar com os infortúnios,

injustiças ou sofrimentos vivenciados por terceiros (Hoffman, 2000). Desse modo, a empatia pode ser um mediador para comportamentos socialmente desejáveis, como o comportamento de ajuda ou os relacionados ao altruísmo, à transmissão do conhecimento e, até mesmo, ao engajamento e cooperação em ações coordenadas ao coletivo (De Melo et al., 2021; Weisz & Cikara, 2021; Riess, 2017).

O construto da empatia envolve diferentes definições que, apesar de suas diferenciações, comumente partilham a ênfase na atribuição à noção de replicação vicária do estado emocional de outra pessoa. Além disso, a empatia é bastante referenciada como um construto de natureza multidimensional, com componentes afetivos, cognitivos e comportamentais, que frequentemente atuam conjuntamente em situações cotidianas (Hall & Schwartz, 2019; Sampaio et al., 2012; Stevens & Taber, 2021).

Estudos mostram que a empatia pode estar sujeita a vieses que fazem com que as pessoas sintam mais empatia por indivíduos próximos (ex: parentesco, cultura, naturalidade etc.) e similares (ex: atitudes, valores e preferências) a si mesmos (Hoffman, 2000). Trabalhos que investigam os substratos neurológicos da empatia corroboram esses achados, mostrando que o grau de magnitude da atividade neural pode diferir com base na semelhança entre observador e alvo, fazendo com que respostas neurais empáticas sejam moduladas pelo vínculo afetivo entre indivíduos. Nesse sentido, uma resposta a nível neural também pode sofrer vieses de confiabilidade, proximidade, status social e associação ao grupo do outro, de acordo com o indivíduo por quem se sente empatia (Stevens & Taber, 2021).

Evidências adicionais apontam que a observação de um indivíduo em situação de dor, pode ativar regiões cerebrais semelhantes a quando o próprio observador experimenta a dor (Osborn & Derbyshire, 2010; Peled-Avron et al., 2018; Weisz & Cikara, 2021; Zebarjadi et al., 2021), como a *Ínsula Anterior* (IA) e o *Córtex Cingulado Médio* (CCM) (Bernhardt & Singer, 2012; Lamm et al., 2015).

Esse mecanismo de compartilhamento neural sugere a participação do sistema de neurônios espelho (SNE) na experiência vicária da empatia (Ebisch et al., 2022; Passos-Ferreira, 2011; Stevens & Taber, 2021), permitindo que o observador possa compreender o estado interno do outro mediante um tipo de representação neural implícita. Em seguida, o possibilitaria colocar-se no comportamento e na situação alheia, por meio da observação e da imaginação (Bastiaansen et al., 2009).

Estudos com o uso de técnicas de neuroimagem funcional têm produzido evidências na investigação e compreensão multidimensional do comportamento humano e da empatia (Campos, 2019; Decety & Holvoet, 2021; Sessa & Meconi, 2015; Kamas & Preston, 2021; Zebarjadi et al., 2021). Entre elas, a Ressonância Magnética Funcional (fMRI) que utiliza alta resolução espacial para o mapeamento de órgãos, tecidos e regiões cerebrais, o que têm contribuído tanto para o diagnóstico clínico de distúrbios neurológicos quanto para pesquisas em neurociências (Abu et al., 2025; Oliva et al., 2025; Zhao, 2025). Já o Eletroencefalograma (EEG) fornece o registro da atividade elétrica cortical com resolução temporal na ordem de milissegundos, possibilitando o estudo de oscilações corticais e Potenciais Relacionados a Eventos (ERPs), que envolvem padrões eletrofisiológicos

críticos, ou seja, respostas cerebrais específicas a estímulos em tempo real (Lytaev, 2022).

Um crescente corpo de evidências na literatura das Neurociências oferece novos insights sobre os mecanismos neurais subjacentes à experiência de empatia, com diferentes regiões sendo recrutadas durante o processamento de emoções positivas e negativas relacionadas à esse construto. Esses estudos mostram, consistentemente, ativações de circuitos no *córtex cerebral frontal* como a *Ínsula Anterior* (IA) e o *Córtex Cingulado Anterior* (CCA) e no *Córtex Medial Orbitofrontal* (CMO) (Bernhardt & Singer, 2012; Lamm et al., 2015).

A investigação dos correlatos neurais subjacentes à empatia por mapeamento cerebral da *ritmespelhoicidade* neural vem fazendo progresso instrumental na compreensão das bases neurais dessa capacidade. Uma das técnicas bastante utilizadas em estudos sobre a empatia é conhecido como ERPs, que possibilita monitorar, em diferentes etapas, as respostas empáticas neurais associadas à apresentação de estímulos neutros versus estímulos dolorosos (Fan & Han, 2008; Li & Han, 2010; Schiano et al., 2018).

Trabalhos que utilizaram essa técnica demonstram mudanças na atividade cerebral, como a ativação do *Córtex Cingulado Anterior* (CCA), induzidas quando os participantes são expostos a estimulação dolorosa aplicada a outras pessoas (por exemplo, ponta de uma seringa descartável pressionada na bochecha), em comparação com uma expressão neutra, ou seja, na ausência do estímulo doloroso (como a ponta de uma haste flexível - cotonete pressionado). Ademais, esses estudos indicam que a raça/etnia pode ser um preditor crítico na magnitude de uma reação neural empática no observador a depender de sua proximidade com a pessoa alvo da estimulação (Sheng & Han, 2012; Sheng et al., 2016).

Mais especificamente, os dados indicam que respostas de empatia ocorrem em maior frequência quando o observador e o alvo compartilham o mesmo grupo étnico ou racial (endogrupo) do que quando comparado com grupos externos (exogrupo) (Eres & Molenberghs, 2013; Luo et al., 2018). A existência desse tipo de viés empático implícito pode ter consequências negativas na forma como se estabelecem as relações interpessoais, especialmente em situações nas quais as pessoas têm que lidar com a diversidade e a multiculturalidade (Xu et al., 2009).

O advento da multiculturalidade, com países multiétnicos e interações entre identidades culturais, produz espaços de compartilhamentos com diferentes perspectivas, conhecimentos e experiências, que demandam relações entre pessoas de diferentes grupos (De Melo et al., 2021). Nesta perspectiva e, também, reconhecendo o valor dos componentes étnicos e culturais da empatia, Wang e colaboradores (2003) propuseram o conceito de empatia etnocultural (EE) sugerindo que ela estaria associada à capacidade de compreender e valorizar as experiências, perspectivas e emoções de indivíduos pertencentes a diferentes grupos étnicos e culturais.

A EE representa uma habilidade multidimensional e dinâmica, ou seja, pode ser aprendida e desenvolvida ao longo do tempo, na busca pelo estabelecimento de relações humanas mais genuínas e abertas à alteridade (Kapıkıran, 2023; Sampaio et al., 2012). A EE possui quatro componentes principais: a tolerância às diferenças, a consciência empática, o sentimento e a expressão empática e a tomada de

perspectiva empática (Wang et al., 2003). A literatura aponta que uma maior EE possibilita maior flexibilidade cognitiva e mobilização de conhecimentos e habilidades frente a contextos que requerem interação multicultural, incluindo a capacidade de interagir, de forma eficaz, com outras culturas, como quando se adota imaginativamente a situação do outro e consegue-se assumir uma postura de ajuda (De Melo et al., 2021; Kapıkıran, 2023; Silva et al., 2008).

Neste sentido, estabelecer contato próximo e relações com pessoas de um contexto cultural distinto do seu próprio grupo pode estimular o desenvolvimento da empatia etnocultural. Ademais, tais tipos de experiência podem levar a uma maior tolerância, compreensão e aceitação às diferenças ou, até mesmo, valorização dos componentes históricos e culturais de outros grupos (Deuse et al., 2016; Zaki et al., 2009).

Considerando o conjunto de evidências supramencionado, o objetivo principal desse estudo de caráter exploratório foi testar se a empatia gerada a partir da experiência vicária de dor produziria diferenças mensuráveis nos sinais de um Eletroencefalograma (EEG), a depender da pessoa objeto da dor, o que sugeriria a existência de possíveis vieses etnoculturais. O EEG foi utilizado como estratégia de análise para investigar a atividade neural de participantes brasileiros, buscando-se verificar a existência de possíveis vieses etnoculturais da empatia, ou seja, se os sinais captados difeririam significativamente em função da naturalidade e da nacionalidade dos atores dos vídeos.

A análise dos substratos neurais da empatia em contextos multiculturais, associada a medidas de autorrelato, representa um avanço no campo de estudos do desenvolvimento sociocognitivo, ao integrar métodos multimodais de investigação, o que pode contribuir para uma compreensão mais ampla acerca de elementos implícitos e explícitos que subjazem as experiências vicárias e sobre a forma como respondemos empaticamente à pessoas de diferentes grupos sociais (Almeida et al., 2024).

Como objetivos secundários, buscou-se investigar possíveis associações entre as medidas de autorrelato e medidas fisiológicas. Para esse objetivo, testamos se os resultados neurais refletiriam respostas menos suscetíveis ao controle consciente, tal como aquelas que geralmente são produzidas por meio de escalas psicológicas. Além disso, buscou-se comparar os resultados das medidas de empatia situacional, disposicional e etnocultural.

Duas hipóteses iniciais foram formuladas: primeiro, previmos uma associação entre índices maiores de amplitude na atividade neural quando os participantes visualizassem vídeos nos quais atores de sua própria nacionalidade fossem submetidos a uma estimulação dolorosa. Segundo, esperava-se essa amplitude fosse ainda mais significativa quando os participantes assistissem vídeos nos quais os atores da mesma região estivessem recebendo a estimulação dolorosa. A confirmação dessa segunda hipótese poderia sugerir que a proximidade regional levaria a uma maior identificação, apontando para a existência de vieses regionais entre os participantes brasileiros.

2. MÉTODO

2.1 Amostra

Foi constituída uma amostra do tipo não probabilística (por conveniência), composta por um quantitativo de dez adultos, do sexo feminino ($n = 3$) e do sexo masculino, cujas idades variaram entre 18 e 28 anos ($M = 22,7$; $DP = 2,90$) e que foram recrutados em instituições de ensino superior da cidade de Petrolina. O tamanho amostral reduzido reflete as restrições operacionais impostas pelo contexto da pandemia de Covid-19, que limitaram o recrutamento presencial necessário para protocolos de EEG e impossibilitaram a realização de cálculos prévios de poder estatístico amostral.

Dentre os critérios de inclusão, os participantes precisavam ser estudantes universitários (entre 18-28 anos), naturais de Petrolina, tendo vivido, ininterruptamente, os primeiros 15 anos de vida na cidade e não terem doenças crônicas, sistêmicas, degenerativas ou neurológicas. Dentre os critérios de exclusão, participantes com algum tipo de deficiência visual ou auditiva, que dificultassem a visualização/identificação dos estímulos experimentais, além daqueles que fizeram o uso por um período contínuo (pelo menos, 30 dias) de alguma substância psicotrópica, e que consumiram algum medicamento das classes anti-inflamatório e analgésico, nas oito horas que antecederam a sessão de coleta de dados.

2.2 Instrumentos

Como estímulo experimental, foi empregado um conjunto de 18 vídeos (duração aproximada de dez segundos, cada) nos quais um grupo de seis atores, naturais das cidades de Petrolina (PE), São Paulo (SP) e Muttentz (Basel) - Suíça (sendo um homem e uma mulher de cada cidade supracitada), se apresentavam individualmente de modo breve. Posteriormente, esses atores e atrizes foram submetidos a dois tipos de estímulos em sua face, um não doloroso (toque de uma haste flexível - cotonete) e uma estimulação figurativa dolorosa (pressão de uma agulha de seringa contra sua bochecha), ao longo de três blocos de exibição. Os estímulos classificados como “dolorosos” eram simulados por meio da pressão de uma agulha de seringa sem ponta contra a bochecha dos atores, aplicando pressão mecânica superficial suficiente para mudar o formato da pele da região estimulada, mas sem capacidade de perfuração dérmica ou indução de dor física.

Enquanto assistiam aos vídeos em um computador tipo desktop, com tela de 23”, os participantes tiveram sua atividade neural monitorada por um aparelho de Eletroencefalografia BrainNet BNT 36 (Lynx), com 23 canais. Foram considerados para análise apenas 20 desses canais posicionados, uma vez que dois deles eram auriculares e um para referência da distribuição geral, conforme orientação do sistema internacional 10-20 para EEG (Klem et al., 1999).

Figura 1.

Imagens extraídas dos vídeos representando a estimulação figurativa dolorosa e não dolorosa no ator e na atriz de Petrolina



No primeiro bloco de exibição, os seis atores e atrizes mantinham uma expressão neutra e falavam em seus idiomas e sotaques nativos a seguinte sentença, em um tom calmo e uniforme: "Olá, meu nome é..., tenho 25 anos, sou natural de... e sou estudante". Nesta fase, o objetivo foi estimular uma identificação regional entre os participantes e o ator/atriz naturais da mesma região e nacionalidade, devendo cada participante reconhecer-se como pertencente ao mesmo grupo de um determinado ator (ingroup), em detrimento dos outros dois atores (outgroup).

No segundo bloco, uma mão humana usando uma luva descartável pressionava a haste flexível três vezes contra a bochecha direita dos atores e atrizes. Por fim, no terceiro bloco, a mesma mão humana pressionava uma agulha na ponta de uma seringa descartável, contra a região do rosto dos atores e atrizes, que já havia sido estimulada nos vídeos do Bloco 2.

Foi incluído um intervalo de dez segundos no início dos vídeos, uma vez que o software de aquisição do aparelho de EEG requer que a gravação inicie antes dos eventos pretendidos, tendo em vista a necessidade de alguns segundos para que o sinal seja calibrado. Também foram incluídos intervalos de quatro segundos entre um vídeo e outro, durante os quais o monitor não apresentava nenhuma imagem ou som. Essa estratégia foi implementada para que se constituíssem linhas de base (isto é, ausência dos estímulos experimentais) ao longo da tarefa.

Os dados foram adquiridos continuamente durante a apresentação de todos os blocos. Ao final das apresentações, as gravações do EEG foram interrompidas e os participantes foram solicitados a responder as escalas de empatia, tendo sido empregados três instrumentos de autorrelato: (1) a versão adaptada no Brasil (Sampaio et al., 2011) do Interpersonal Reactivity Index (IRI) de Davis (1983), utilizado para avaliação da empatia geral (disposicional) e composto por 26 itens que avaliam cinco dimensões (Empatia Geral, Consideração Empática, Angústia Pessoal, Tomada de Perspectiva e Fantasia), respondidos em uma escala Likert de cinco pontos; (2) a Escala de Empatia Etnocultural – EEE (Wang et al., 2003) com 31 itens organizados em quatro dimensões (Sentimento e Expressão Empática, Tomada de Perspectiva Empática, Aceitação das Diferenças Culturais e Consciência Empática) e que é respondida por meio de uma escala Likert de seis pontos, adaptada para uso no Brasil por Sampaio et al. (2012); (3) uma medida de empatia situacional, composta por duas questões adaptadas a partir do Self Assessment Manikin - SAM (Bradley & Lang, 1994) (a. Quão doloroso você acha que foi para a pessoa nesse vídeo? b. Quão desconfortável você se sentiu ao assistir esse vídeo?), respondidas por meio de uma escala de cinco graus.

Também foi utilizado um questionário para o levantamento de informações sociodemográficas, como idade, sexo, renda e escolaridade.

2.3 Procedimentos de coleta e de análise dos dados

O recrutamento dos participantes ocorreu por meio de convites digitais divulgados em mídias como grupos estudantis e redes sociais, e de modo presencial, diretamente em salas universitárias. A apresentação da pesquisa foi feita informando aos ouvintes sobre a duração, local, critérios para participação no experimento e o objetivo pretendido com a pesquisa.

A coleta de dados aconteceu de maneira individual e em uma única sessão, em sala climatizada, com boa iluminação e livre de estímulos distratores. O processo de coleta iniciou pelo acolhimento do participante e a explicação dos procedimentos que seriam realizados. Em seguida, foi solicitado a anuência com assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), seguindo com o preparo para a fixação dos eletrodos de EEG e posicionando o participante em frente ao computador, de modo que a tela pudesse ser ajustada para a melhor visualização. Após a etapa inicial de reprodução de todos os blocos de vídeos, os participantes foram solicitados a responder os instrumentos de autorrelato.

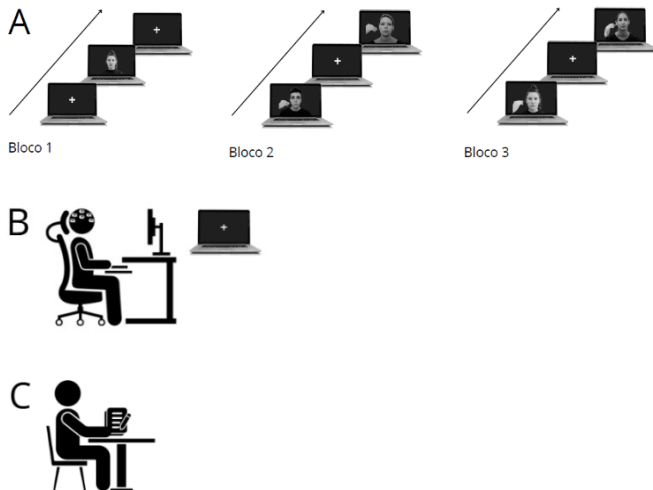
A apresentação dos estímulos experimentais e o registro das respostas aos instrumentos de autorrelato foram feitos por meio do uso de um computador. Os vídeos foram separados e exibidos em três fases: na primeira, os três blocos foram apresentados em sequência (Bloco 1 - apresentação; Bloco 2 - estímulo não doloroso; Bloco 3 - estímulo doloroso). Já na segunda fase, apenas os Blocos 2 e 3 foram apresentados. Por último, na terceira fase, apenas os vídeos do Bloco 3 foram exibidos.

Foi solicitado a cada participante que permanecesse imóvel durante toda a exibição dos vídeos. No entanto, eventualmente havia movimentações involuntárias, o que tentou-se corrigir com a eliminação de artefatos dos sinais de EEG. Cada bloco de estímulos (apresentação dos atores, estímulo não doloroso e estímulo doloroso) foi exibido em sequências distintas para cada indivíduo. Essa abordagem buscou assegurar que potenciais influências na sequência de apresentação, como habituação ou fadiga, fossem minimizadas, distribuindo aleatoriamente os vídeos entre as condições experimentais. A duração total de cada sessão experimental variou entre 40 e 55 minutos.

A análise foi centrada na extração das potências médias dos sinais de EEG na faixa Gama, fundamentando-se em evidências anteriores que destacam o papel central dessa faixa em processos cognitivos que envolvem atenção, memória e a percepção e o processamento de estados emocionais (Buzsáki & Watson, 2012; Li & Lu, 2009; Yang et al., 2020). Desse modo, essa faixa alinha-se ao desenho experimental do estudo, que focou em respostas imediatas a estímulos dinâmicos (vídeos). Em contraste, as faixas Alfa e Teta estão mais relacionadas a estados de repouso e relaxamento (Campos, 2019), enquanto a faixa Beta está frequentemente associada a estados de atividade motora e ansiedade (Newson & Thiagarajan, 2019).

Figura 2.

Fluxograma ilustrando as etapas e a configuração do processo de coleta de dados: A = Blocos de apresentação dos estímulos experimentais; B = Posicionamento dos participantes e dos equipamentos utilizados para apresentação dos estímulos experimentais e na captação dos sinais do EEG; C = Aplicação das medidas de autorrelato da empatia



A ferramenta EEGLab Toolbox do software Matlab® R2022a foi utilizada para extração de características e tratamento dos sinais do EEG. A principal abordagem de análise dos dados envolveu a extração dos sinais correspondentes aos vídeos de cada ator e atriz. Para eliminação de elementos espúrios e ruídos, foi aplicado um filtro passa-baixas, com frequência de corte em 50 Hz, o que significa a eliminação de sinais com frequência acima deste valor. Após a filtragem dos sinais, foram obtidos valores das potências médias dos sinais para cada um dos canais, considerando a faixa de frequência Gama (30 a 40 Hz).

Os procedimentos de coleta foram iniciados após o teste de impedância apresentar valores abaixo de 50 kΩ. Foram utilizados 20 eletrodos (não considerando-se os eletrodos auriculares, que serviram de referência para o sistema), posicionados no padrão 10-20 com o modelo de referência normal (Klem et al., 1999). A rejeição dos artefatos seguiu procedimentos padronizados, em que foram considerados elementos espúrios as piscadas, os movimentos oculares e os movimentos da cabeça dos participantes. Antes de iniciar a aquisição de dados, foi realizado um teste piloto, objetivando testar a qualidade dos instrumentos e os procedimentos para que, caso fosse necessário, realizar as devidas adequações. Ademais, mediante o cenário pandêmico e as novas ameaças, principalmente pela variante Ômicron no início do ano de 2022, a programação para realização da coleta precisou ser adiada, ocorrendo apenas entre os meses de maio a junho daquele ano.

Para análise dos dados, utilizou-se o software MATLAB® e o SPSS-22, aplicando: (1) Teste de Wilcoxon para comparação das potências médias de EEG entre os estímulos doloroso e não-doloroso; (2) Teste de Friedman para avaliar diferenças por nacionalidade e sexo; (3) Correlação de Spearman para analisar possíveis associações

entre as potências neurais e os escores de empatia. Todos os procedimentos previstos neste projeto de pesquisa seguiram as orientações das Resoluções 466/12 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, que tratam da Ética na Pesquisa com Seres Humanos, sendo que o projeto foi aprovado pelos comitês de ética das instituições parceiras (CAAE: 19349219.3.3001.5196).

3. RESULTADOS

Em relação aos sinais obtidos de cada participante pelo EEG, foi realizada uma análise das potências médias com todos os 20 eletrodos. No que concerne à comparação das potências dos sinais dos eletrodos entre o estímulo agulha (doloroso) e haste flexível – cotonete (não-doloroso), houve uma diferença significativa quando os participantes assistiram o ator de São Paulo no eletrodo P3 na região parietal ($Z = -2,93$; $p = 0,022$) e marginalmente significativa no eletrodo FP2 na região frontal ($Z = -1,88$; $p = 0,059$). Em relação ao grupo de atrizes, a única diferença estatisticamente significativa foi observada quando os participantes assistiram a atriz de São Paulo, no eletrodo F7 na região frontal ($Z = -1,98$; $p = 0,047$). A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas referentes às potências médias produzidas especificamente nesses dois eletrodos.

Tabela 1.

Potências médias geradas nos Eletrodos P3 (ator de São Paulo) e F7 (atriz de São Paulo)

Eletrodo	Estímulos	N	Mínimo	Máximo	M(DP)
P3	Agulha	10	- 9,84	1,44	- 4,23 (3,54)
	Cotonete	10	- 8,46	1,98	- 3,67 (3,66)
F7	Agulha	10	- 6,42	4,89	- 1,07 (3,82)
	Cotonete	10	- 4,78	7,00	0,48 (3,76)

Na visualização dos participantes com o grupo de atores de Basel (Suíça), nenhuma diferença estatisticamente significativa entre as potências geradas nos estímulos neutro e doloroso foi evidenciada. Já para a visualização dos vídeos com os atores de Petrolina, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada em relação ao ator. Contudo, observou-se uma diferença estatisticamente significativa quando os participantes assistiram a atriz sendo estimulada com a agulha e com a haste flexível - cotonete. Mais especificamente, esse resultado foi observado nos eletrodos O1 na região occipital ($Z = -1,98$; $p = 0,047$) e C4 na região central ($Z = -1,98$; $p = 0,047$) (Tabela 2).

Tabela 2.

Potências médias geradas nos Eletrodos O1 e C4 em função do tipo de estimulação à qual foi submetida à atriz de Petrolina

Eletrodo	Estímulos	N	Mínimo	Máximo	M(DP)
O1	Agulha	10	- 6,94	18,06	1,40 (6,86)
	Cotonete	10	- 7,59	2,72	- 1,41 (3,83)
C4	Agulha	10	- 6,47	18,00	- 1,12 (6,90)
	Cotonete	10	- 5,89	- 2,32	- 3,84 (1,40)

Para comparação das potências geradas em cada um dos 20 eletrodos a partir da apresentação do estímulo doloroso (agulha) em função da variável nacionalidade, foi empregado o Teste de Friedman, com o tamanho de efeito sendo calculado através da equação $r = z/\sqrt{n}$.

Observou-se uma diferença estatisticamente significativa nos eletrodos T3 na região temporal [$\chi^2 (2) = 6,20$; $p = 0,045$; $r = 1,96$], T5 na região temporal [$\chi^2 (2) = 7,40$; $p = 0,025$; $r = 2,34$] e P4 na região parietal [$\chi^2 (2) = 6,20$; $p = 0,045$; $r = 1,96$]. Realizando comparações múltiplas (par a par), observou-se diferenças significativas entre as respostas de visualização aos atores de Petrolina e de Basel ($p = ,042$), para os eletrodos T3 e T5 na região temporal, e diferenças significativas apenas entre as respostas de visualização aos atores de Petrolina e de São Paulo ($p = ,042$) para o eletrodo P4, na região parietal. A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas para esses três eletrodos.

No que se refere à comparação das visualizações dos participantes com todas as atrizes, foi observada uma diferença significativa apenas no eletrodo T6 na região temporal [$\chi^2 (2) = 6,20$; $p = 0,045$; $r = 1,96$]. As comparações múltiplas (par a par) mostraram diferenças significativas apenas entre as respostas de visualização às atrizes de Petrolina e de São Paulo ($p = 0,042$) (Tabela 4).

No que se refere aos resultados referentes aos instrumentos de autorrelato, constatou-se uma correlação significativa entre a EEE e Consideração Empática (IRI): $p = ,76$ ($p < ,001$). Por outro lado, não foram encontradas associações significativas entre a EEE e as medidas de empatia situacional (SAM) e nem destas últimas com o IRI. Além disso, não foram evidenciadas associações significativas entre as respostas às duas perguntas (relativas à dor e ao desconforto) do instrumento SAM, e o sexo e a nacionalidade dos atores e atrizes.

Por fim, o teste de Spearman indicou que a empatia geral (IRI) se correlacionou significativamente com as potências geradas nos eletrodos da região temporal e em outros dois (O1 e Pz) na condição de estimulação dolorosa, havendo variações quando os participantes assistiam aos vídeos a depender da nacionalidade e do sexo dos atores (Tabela 5).

Tabela 3.

Potências médias geradas nos Eletrodos T3, T5 e P4, em função da nacionalidade dos atores

Eletrodos	Local	N	Mínimo	Máximo	M(DP)
T3	Basel	10	- 8,50	5,94	0,24 (4,57)
	Petrolina	10	- 6,92	18,36	2,15 (7,13)
	São Paulo	10	- 9,03	7,05	0,38 (4,73)
T5	Basel	10	- 7,61	7,48	- 1,24 (4,95)
	Petrolina	10	- 4,79	9,33	1,92 (5,11)
	São Paulo	10	- 7,97	7,53	- 1,73 (5,22)
P4	Basel	10	- 8,58	- 1,29	- 5,04 (3,11)
	Petrolina	10	- 8,00	- 1,35	- 4,76 (2,68)
	São Paulo	10	- 9,23	0,40	- 5,13 (3,32)

Tabela 4.

Potência média gerada no Eletrodo T6, em função da nacionalidade das atrizes

	N	Mínimo	Máximo	M(DP)
Basel	10	- 8,35	4,85	- 3,16 (3,95)
Petrolina	10	- 8,49	18,87	0,43 (7,50)
São Paulo	10	- 7,39	6,88	- 5,16 (4,83)

4. DISCUSSÃO

4.1 Sinais do Eletroencefalograma

Como apresentado na seção de resultados com as análises dos registros das potências médias de EEG, nas condições de ambos os estímulos (doloroso e não-doloroso), poucos eletrodos apresentaram alguma diferença significativa na amplitude de sinal. Seguindo esse resultado, não houve uma predominância entre resultados significativos nos eletrodos de um hemisfério cerebral em específico. Essas ativações presentes em ambos os hemisférios eram esperadas, pois são comuns no ritmo Gama (Coelho, 2018).

Tabela 5.

Correlações (ρ de Spearman) entre o índice geral de Empatia IRI e a potência de eletrodos durante a apresentação do estímulo doloroso (agulha), em função do sexo e nacionalidade dos atores

		T4	T5	T6	O1	Pz
	Basel	,71*	,79**	,80**	,78**	,50
Homem	Petrolina	,71*	,69*	,83**	,68*	,63*
	São Paulo	,68*	,70*	,71*	,72*	,51
	Basel	,55	,49	,80**	,66*	,43
Mulher	Petrolina	,50	,32	,72*	,50	,51
	São Paulo	,66*	,52	,72*	,74*	,53

Nota. * $p < ,05$; ** $p < ,001$

Outra indicação para esses resultados está na similaridade com que os participantes do estudo podem ter interpretado as duas estimulações, ou seja, a similaridade de característica física entre a haste e a agulha pode ter descaracterizado a agulha como um estímulo doloroso, limitando a reação neural frente à exposição desse estímulo. Além disso, conforme a literatura aponta, a utilização de expressões faciais neutras em protocolos experimentais pode minimizar a influência de fatores emocionais sobre a percepção do dor (Senkowski et al., 2011).

Já a distribuição em diferentes regiões do córtex cerebral de eletrodos que apresentaram resultados significativos pode ser justificada pela complexidade do processamento neural da empatia. Nessa perspectiva, estudos envolvendo emoções morais e pró-sociais e empatia indicam que a empatia é um construto multifacetado e está intrinsecamente associada à ativação de estruturas neurais que estão sobrepostas e não isoladas (Lamm et al., 2019; Lima & Hauck, 2017). Essa visão destaca a natureza integrativa e interconectada da empatia que não subjaz um único processo neurobiológico, ao contrário, trata-se de um processamento no qual seus componentes estão relacionados a uma atividade de ativação múltipla entre diferentes regiões (Betti et al., 2009).

Essas ativações sobrepostas, embora reflitam a complexidade do processamento neural empático, também impõem desafios metodológicos, especialmente na distinção entre os componentes afetivos e cognitivos da empatia. No entanto, a utilização de técnicas como a análise de microestados em sinais de EEG têm contribuído para superar essas dificuldades. Essa abordagem permite mapear, a partir de padrões momentâneos da atividade elétrica cerebral, a dinâmica das redes neurais envolvidas em tarefas socioafetivas, como o reconhecimento de emoções ou das necessidades de outras pessoas (Schiller et al., 2024; Zhang et al., 2021).

4.2 Escala de Empatia Etnocultural (EEE), Interpersonal Reactivity Index (IRI), e Self Assessment Manikin (SAM)

Comparando as pontuações dos participantes nos instrumentos EEE e IRI, os resultados indicaram uma correlação significativa entre o grau de Empatia Etnocultural e a dimensão Consideração Empática. A primeira é direcionada a pessoas de grupos culturais, raciais e étnicos diferentes do ingroup (Wang et al., 2003). Já a dimensão Consideração Empática retrata a capacidade do observador em simpatizar com o outro e se sentir motivado a oferecer ajuda. Nessa perspectiva, essa correlação era esperada e tem amparo na literatura (Wang et al., 2003). Além disso, uma maior Empatia Etnocultural tem relação com a adoção de comportamentos de ajuda, característica também presente na dimensão Consideração Empática (Van & Van, 2000).

No que se refere aos dados do SAM, não houve diferenças estatisticamente significativas nas respostas às duas perguntas, em função do sexo e da nacionalidade dos participantes. Esse resultado sugere que os participantes perceberam a dor e o desconforto dos atores e atrizes de forma similar, independentemente de seu sexo e nacionalidade. Além disso, em uma situação de avaliação que é autorrelatada, o sujeito utiliza raciocínio deliberado e afirmação explícita dos próprios sentimentos, em respostas à dor de outras pessoas. Nesse caso, os respondentes podem atribuir respostas que indiquem elevados níveis de empatia e menos etnocentrismo/preconceito. Desse modo, esse resultado pode estar associado com o viés de desejabilidade social, uma vez que os instrumentos de autorrelato são mais suscetíveis a esse viés, onde os participantes buscam responder de acordo com o que é socialmente desejável (Almiro, 2017).

Na comparação entre os dados relativos aos três instrumentos de autorrelato Empatia Geral (disposicional) - IRI, EEE e SAM (empatia situacional), com exceção da correlação entre a EEE e a dimensão Consideração Empática, não foram evidenciados outros resultados significativos. Uma possível explicação para esse resultado é que os instrumentos IRI e EEE são medidas de empatia disposicional, referindo-se a aspectos mais estáveis de perceber e experimentar vicariamente as emoções, em maior ou menor grau e em qualquer situação relacional. Já o instrumento SAM, envolve uma medida de empatia que é situacional, ou seja, refere-se a respostas afetivas mais imediatas em situações vicárias (Sampaio et al., 2019). Neste estudo, os participantes responderam esse instrumento tendo como referência um grupo de pessoas específicas e um tipo muito restrito de experiência (dor), o que, provavelmente, pode não ter mobilizado capacidades mais gerais de empatia.

4.3 Eletroencefalograma e instrumentos de autorrelato (EEE, IRI e SAM)

Em relação às análises das relações entre Empatia Geral e os sinais do EEG, observaram-se correlações entre os sinais de alguns dos eletrodos e a medida do IRI. Destaca-se um possível padrão dessa atividade, no qual, em todos os atores homens, a associação se deu com o eletrodo T6, localizado no hemisfério direito. Esse resultado pode estar relacionado com a hipótese de valência que atribui a esse hemisfério uma maior participação no processamento de

expressões negativas (como: angústia, medo, raiva, tristeza, nojo), o que indica uma possível associação com o presente estudo pela apresentação do estímulo doloroso (Davidson, 2003).

Ainda sobre essa dinâmica de resposta empática diferenciada para o grupo de participantes do sexo masculino, esse resultado pode ser um indicativo de uma preferência de gênero (ingroup), que confere uma maior identificação emocional e social com os membros do mesmo grupo. Essa forma de preferência pode atuar como um componente regulatório da empatia, em como essa é expressa e percebida em contextos interculturais e que também pode influenciar as relações e interações sociais entre diferentes grupos (Rochat, 2023). Um outro indicativo para esse resultado está na própria caracterização da amostra do estudo, onde o número de participantes do sexo masculino foi maior. Apesar de essa hipótese ser plausível, são necessárias investigações adicionais e com amostras nas quais a amostra seja equívoca em função do sexo, para que ela seja mais bem avaliada.

Os resultados também apontaram que as respostas neurais apresentaram pouca consonância com os escores dos instrumentos de autorrelato de empatia, corroborando o EEG como um método complementar importante para detectar e avaliar componentes implícitos do processamento de respostas empáticas (Almeida et al., 2024). No entanto, embora a abordagem multimodal adotada no presente estudo, a literatura aponta desafios metodológicos, sobretudo relacionados à ausência de padronização nos protocolos experimentais. Nesse contexto de pesquisa, esse fator representa uma limitação importante na comparação e generalização de resultados entre os estudos (Almeida et al., 2024). Desse modo, para que os protocolos de pesquisa avancem nessa limitação, é essencial integrar tecnologias auxiliares capazes de aprimorar a investigação dos processos empáticos. Dentre essas tecnologias, destacam-se as ferramentas de realidade virtual, que oferecem maior imersão e controle de variáveis em contextos sociais simulados (D'Errico et al., 2020), assim como métodos com abordagens neurocomputacionais específicas, como a análise de microestados de EEG, que possibilite mapear a dinâmica temporal das redes neurais envolvidas nas respostas empáticas (Schiller et al., 2024).

Embora as análises estatísticas das escalas de autorrelato não demonstrarem diferenças significativas na avaliação dos participantes em relação a situação dos atores/atrizes, diferenças foram evidenciadas nos sinais de EEG (Han, 2008; Xu et al., 2009). Esses resultados condizem com o Modelo de Percepção-Ação (PAM), propondo que respostas empáticas não requerem processamento consciente e muitas vezes podem ocorrer como um processo automático (Preston & De Waal, 2002). Além disso, esse achado apoia a hipótese inicial e ressalta a importância da abordagem multimodal, combinando medidas fisiológicas e psicométricas. No entanto, esses resultados devem ser interpretados considerando a limitação metodológica do tamanho amostral. Essa limitação pode ter reduzido a detecção de efeitos sutis nas correlações entre medidas quanto a generalização dos achados, particularmente em um estudo que envolve processamento neural complexo e variabilidade interindividual (Vozzi et al., 2021).

5. CONCLUSÃO

O estudo traz contribuições ao propor uma abordagem metodológica que combina o uso de instrumentos fisiológicos e de autorrelato para mensuração da empatia, possibilitando uma análise que avança em relação a métodos tradicionais unimodais de pesquisa, os quais em muitos contextos envolvem apenas instrumentos de autorrelato. Essa combinação de instrumentos em contextos que mensuram um mesmo construto, pode auxiliar para mitigar possíveis efeitos do viés de desejabilidade social (Lima & Hauck, 2017). Ademais, outro diferencial em relação a trabalhos recentes é a utilização de estímulos visuais mais dinâmicos (vídeos), em detrimento daqueles que são comumente utilizados em pesquisas que utilizam como estímulos visuais imagens estáticas (fotos) (Xu et al., 2009).

Para estudos futuros, recomenda-se a comparação entre dados nacionais e internacionais, considerando outras regiões brasileiras. Além disso, explorar a correlação entre o grau de empatia e a resposta eletrofisiológica do córtex cerebral pelo EEG, para além da análise das potências médias nos sinais dos eletrodos. Por exemplo, com técnicas de processamento para análise do comportamento das frequências dos sinais em diferentes janelas de tempo, dessincronização entre eletrodos de diferentes hemisférios, medidas estatísticas de alta ordem e algoritmos computacionais baseados em aprendizado de máquina, que possam verificar padrões não percebidos pela estatística convencional.

O estudo da empatia etnocultural possibilita identificar fatores facilitadores e promotores dessa capacidade, como também, as barreiras e os obstáculos que podem dificultar a expressão e o desenvolvimento da empatia em contextos interculturais. Nesse sentido, explorar esses dados contribui para o embasamento, orientação e aprimoramento de estratégias de intervenção que abordem esses desafios, como propor questões sobre a falta de conhecimento sobre outras culturas, estereótipos negativos, preconceitos e a falta de oportunidades para interações significativas entre diferentes grupos.

Ao compreender as dinâmicas e os desafios específicos relacionados à empatia entre diferentes grupos étnicos e culturais, é possível desenvolver abordagens mais eficazes e culturalmente sensíveis. Acredita-se que os dados apresentados sejam elementos importantes para subsidiar programas e estratégias de intervenção voltados para a promoção da empatia. Em destaque, no que se refere a pessoas que trabalham com o cuidado, como profissionais da área da saúde e da educação (Nembhard et al., 2023; Zhang et al., 2024) e que objetivam promover o desenvolvimento pró-social e sociomoral por meio da estimulação da empatia, na busca pela promoção de benefícios que tenha um amplo alcance social.

Referências

- Abu, M. H. Y., Omar, A. F., Radzi, Y. M., Oglat, A. A., Akhdar, H. F., Al Ewaidat, H., Almahmoud, A., Bani Yaseen, A.-B., Al Badarneh, L., Alhamad, O., & Alhamad, L. (2025). Systematic review of functional magnetic resonance imaging (fMRI) applications in the preoperative planning

- and treatment assessment of brain tumors. *Heliyon*, 11(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42464>
- Almeida, R., Prata, C., Pereira, M. R., Barbosa, F., & Ferreira-Santos, F. (2024). Neuronal correlates of empathy: a systematic review of event-related potentials studies in perceptual tasks. *Brain Sciences*, 14(5), 504. <https://doi.org/10.3390/brainsci14050504>
- Almiro, P. A. (2017). Uma nota sobre a desejabilidade social e o enviasamento de respostas. Editorial. *Revista Avaliação Psicológica*, 16(03), 253-386. <https://doi.org/10.15689/ap.2017.1603.ed>
- Bastiaansen, J. A. C. J., Thioux, M., & Keysers, C. (2009). Evidence for mirror systems in emotions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364 (1528), 2391-2404. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0058>
- Bernhardt, B. C., & Singer, T. (2012). The neural basis of empathy. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150536>
- Betti, V., Zappasodi, F., Rossini, P. M., Aglioti, S. M., & Tecchio, F. (2009). Synchronous with your feelings: sensorimotor γ band and empathy for pain. *The Journal of Neuroscience*, 29(40), 12384-12392. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2759-09.2009>
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Buzsáki, G., & Watson, B. O. (2012). Brain rhythms and neural syntax: implications for efficient coding of cognitive content and neuropsychiatric disease. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14(4), 345-367. <https://doi.org/10.31887/dcn.2012.14.4/gbuzsaki>
- Cameron, C. D., Conway, P., & Scheffer, J. A. (2022). Empathy regulation, prosociality, and moral judgment. *Current Opinion in Psychology*, 44, 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.09.011>
- Campos, M. (2019). *A utilização da eletroencefalografia quantitativa como ferramenta de diagnóstico e de pesquisa clínica em pacientes ambulatoriais e em estado de coma* [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia]. <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2019.14>
- Coelho, W., G. (2018). *Grau de empatia e resposta eletrofisiológica do córtex cerebral a expressões faciais em adultos*. [Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba]. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13453>
- Davidson, R. J. (2003). Affective neuroscience and psychophysiology: toward a synthesis. *Psychophysiology*, 40(5), 655-665. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00067>
- Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), 113-126. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.44.1.113>
- De Melo, J. L. L., Bueno, J. M., & Domingues, C. R. (2021). As dimensões do cross-cultural competence inventory como estruturantes do desenvolvimento de competência intercultural em programas de mobilidade acadêmica internacional. *Revista de Gestão e Secretariado*, 12(1), 53-78. <https://doi.org/10.7769/gesec.v12i1.1221>
- Decety, J., & Holvoet, C. (2021). The emergence of empathy: a developmental neuroscience perspective. *Developmental Review*, 62, 100999. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2021.100999>
- D'Errico, F., Leone, G., Schmid, M., & D'Anna, C. (2020). Prosocial virtual reality, empathy, and EEG measures: a pilot study aimed at monitoring emotional processes in intergroup helping behaviors. *Applied Sciences*, 10(4), 1196. <https://doi.org/10.3390/app10041196>
- Deuse, L., Rademacher, L. M., Winkler, L., Schultz, R. T., Gröndler, G., & Lammertz, S. E. (2016). Neural correlates of naturalistic social cognition: brain-behavior relationships in healthy adults. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(11), 1741-1751. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw094>
- Ebisch, S. J. H., Scalabrini, A., Northoff, G., Mucci, C., Sergi, M. R., Saggino, A., Aquino, A., Alparone, F. R., Perrucci, M. G., Gallese, V., & Di Plinio, S. (2022). Intrinsic shapes of empathy: functional brain network topology encodes intersubjective experience and awareness traits. *Brain Sciences*, 12(4), 447. <https://doi.org/10.3390/brainsci12040477>
- Eres, R., & Molenberghs, P. (2013). The influence of group membership on the neural correlates involved in empathy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00176>
- Fan, Y., & Han, S. (2008). Temporal dynamic of neural mechanisms involved in empathy for pain: an event-related brain potential study. *Neuropsychologia*, 46(1), 160-173. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.023>
- Hall, J. A., & Schwartz, R. (2019). Empathy present and future. *The Journal of Social Psychology*, 159(3), 225-243. <https://doi.org/10.1080/00224545.2018.1477442>
- Han, S. (2018). Neurocognitive basis of racial ingroup bias in empathy. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(5), 400-421. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.02.013>
- Hoffman, M. L. (2000). *Empathy and moral development: implications for caring and justice*. Cambridge University Press.
- Kamas, L., & Preston, A. (2021). Empathy, gender, and prosocial behavior. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 92, 101654. <https://doi.org/10.1016/j.socsc.2020.101654>
- Kapıkıran, N. A. (2023). Sources of ethnocultural empathy: personality, intergroup relations, affects. *Current Psychology*, 42(14), 11510-11528. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02286-2>
- Klem, G. H., Lüders, H. O., Jasper, H. H., & Elger, C. (1999). The ten-twenty electrode system of the international federation. The international federation of clinical neurophysiology. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. Supplement*, 52, 3-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10590970/>
- Lamm, C., Rütgen, M., & Wagner, I. C. (2019). Imaging empathy and prosocial emotions. *Neuroscience Letters*, 693, 49-53. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.06.054>
- Lamm, C., Silani, G., & Singer, T. (2015). Distinct neural networks underlying empathy for pleasant and unpleasant touch. *Cortex*, 70, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.01.021>
- Li, W., & Han, S. (2010). Perspective taking modulates event-related potentials to perceived pain. *Neuroscience Letters*, 469(3), 328-332. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.12.021>
- Lima C. A. R., & Hauck F. N. (2017). Menos desejabilidade social é mais desejável: neutralização de instrumentos avaliativos de personalidade. *Interação em Psicologia*, 21(3), 239-249. <https://doi.org/10.5380/psi.v21i3.53054>
- Lytaev, S. (2022). Modern human brain neuroimaging research: analytical assessment and neurophysiological mechanisms, 1581, 179-185. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06388-6_24
- Luo, S., Han, X., Du, N., & Han, S. (2018). Physical coldness enhances racial in-group bias in empathy: electrophysiological evidence. *Neuropsychologia*, 116,

- 117–125.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.05.002>
- Li, M., & Lu, B. L. (2009). Emotion classification based on gamma-band EEG. *2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1223–1226. <https://doi.org/10.1109/iembs.2009.5334139>
- Nemhahd, I. M., David, G., Ezzeddine, I., Betts, D., & Radin, J. (2023). A systematic review of research on empathy in health care. *Health Services Research*, 58(2), 250–263. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.14016>
- Newson, J. J., & Thiagarajan, T. C. (2019). EEG frequency bands in psychiatric disorders: a review of resting state studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00521>
- Oliva, V., Riegner, G., Dean, J., Khatib, L. A., Allen, A., Barrows, D., Chen, C., Fuentes, R., Jacobson, A., Lopez, C., Mosbey, D., Reyes, M., Ross, J., Uvarova, A., Liu, T., Mobley, W., & Zeidan, F. (2025). I feel your pain: higher empathy is associated with higher posterior default mode network activity. *Pain*, 166(4), 60–67. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003434>
- Osborn, J., & Derbyshire, S. W. G. (2010). Pain sensation evoked by observing injury in others. *Pain*, 148(2), 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2009.11.007>
- Passos-Ferreira, C. (2011). Seria a moralidade determinada pelo cérebro? Neurônios-espelhos, empatia e neuromoralidade. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 21(2), 471–490. <https://doi.org/10.1590/s0103-73312011000200008>
- Peled-Avron, L., Goldstein, P., Yellinek, S., Weissman-Fogel, I., & Shamay-Tsoory, S. G. (2018). Empathy during consoling touch is modulated by mu-rhythm: an EEG study. *Neuropsychologia*, 116, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.04.026>
- Preston, S. D., & De Waal, F. B. M. (2002). Empathy: its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(1), 1–20. <https://doi.org/10.1017/s0140525x02000018>
- Riess, H. (2017). The science of empathy. *Journal of Patient Experience*, 4(2), 74–77. <https://doi.org/10.1177/2374373517699267>
- Rochat, M. J. (2023). Sex and gender differences in the development of empathy. *Journal of Neuroscience Research*, 101(5), 718–729. <https://doi.org/10.1002/jnr.25009>
- Sampaio, L. R., Guimarães, P. R. B., Camino, C. P. dos S., Formiga, N. S., & Menezes, I. G. (2011). Estudos sobre a dimensionalidade da empatia: tradução e adaptação do Interpersonal Reactivity Index (IRI). *Psico*, 42(1), 67–76. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/revistapsico/article/view/6456>
- Sampaio, L. R., Lima, I. D. M., Menezes, I. G., & Monte, F. F. de C. (2012). Tradução, adaptação e estudo da validade de construto da Scale of Ethnocultural Empathy. *Psico*, 43(1), 101–108. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/revistapsico/article/view/11104>
- Sampaio, L. R., Teixeira-Araújo, A. A., Lira, G. P. A., & Moreira, S. R. (2019). Empathy and autonomic and hemodynamic cardiac responses. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 35, 1–11. <https://doi.org/10.1590/0102.3772e35431>
- Schiano L. A., Meconi, F., Rinaldi, I., & Sessa, P. (2018). Out of sight out of mind: perceived physical distance between the observer and someone in pain shapes observer's neural empathic reactions. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01824>
- Schiller, B., Sperl, M. F. J., Kleinert, T., Nash, K., & Gianotti, L. R. R. (2024). EEG microstates in social and affective neuroscience. *Brain Topography*, 37(4), 479–495. <https://doi.org/10.1007/s10548-023-00987-4>
- Senkowski, D., Kautz, J., Hauck, M., Zimmermann, R., & Engel, A. K. (2011). Emotional facial expressions modulate pain-induced beta and gamma oscillations in sensorimotor cortex. *The Journal of Neuroscience*, 31(41), 14542–14550. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.6002-10.2011>
- Sessa, P., & Meconi, F. (2015). Perceived trustworthiness shapes neural empathic responses toward others' pain. *Neuropsychologia*, 79, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.10.028>
- Sheng, F., & Han, S. (2012). Manipulations of cognitive strategies and intergroup relationships reduce the racial bias in empathic neural responses. *NeuroImage*, 61(4), 786–797. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.028>
- Sheng, F., Han, X., & Han, S. (2016). Dissociated neural representations of pain expressions of different races. *Cerebral Cortex*, 26(3), 1221–1233. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu314>
- Silva, D. C. D., Alvim, N. A. T., & Figueiredo, P. A. D. (2008). Tecnologias leves em saúde e sua relação com o cuidado de enfermagem hospitalar. *Escola Anna Nery*, 12(2), 291–298. <https://doi.org/10.1590/s1414-81452008000200014>
- Stevens, F., & Taber, K. (2021). The neuroscience of empathy and compassion in pro-social behavior. *Neuropsychologia*, 159, 107925–107925. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107925>
- Timmers, I., Park, A. L., Fischer, M. D., Kronman, C. A., Heathcote, L. C., Hernandez, J. M., & Simons, L. E. (2018). Is empathy for pain unique in its neural correlates? A meta-analysis of neuroimaging studies of empathy. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00289>
- Van, D. Z. K. I., & Van, O. J. P. (2000). The multicultural personality questionnaire: a multidimensional instrument of multicultural effectiveness. *European Journal of Personality*, 14(4), 291–309. [https://doi.org/10.1002/1099-0984\(200007/08\)14:4<291::aid-per377>3.0.co;2-6](https://doi.org/10.1002/1099-0984(200007/08)14:4<291::aid-per377>3.0.co;2-6)
- Vozzi, A., Ronca, V., Aricò, P., Borghini, G., Sciaraffa, N., Cherubino, P., Trettel, A., Babiloni, F., & Di Flumeri, G. (2021). The sample size matters: to what extent the participant reduction affects the outcomes of a neuroscientific research. A case-study in neuromarketing field. *Sensors*, 21(18), 6088–6105. <https://doi.org/10.3390/s21186088>
- Wang, Y.-W., Davidson, M. M., Yakushko, O. F., Savoy, H. B., Tan, J. A., & Bleier, J. K. (2003). The scale of ethnocultural empathy: development, validation, and reliability. *Journal of Counseling Psychology*, 50(2), 221–234. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.50.2.221>
- Weisz, E., & Cikara, M. (2021). Strategic regulation of empathy. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(3), 213–227. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.12.002>
- Xu, X., Zuo, X., Wang, X., & Han, S. (2009). Do you feel my pain? Racial group membership modulates empathic neural responses. *Journal of Neuroscience*, 29(26), 8525–8529. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2418-09.2009>
- Yang, K., Tong, L., Shu, J., Zhuang, N., Yan, B., & Zeng, Y. (2020). High gamma band EEG closely related to emotion: evidence from functional network. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00089>
- Zaki, J., Bolger, N., & Ochsner, K. (2009). Unpacking the informational bases of empathic accuracy. *Emotion*, 9(4), 478–487. <https://doi.org/10.1037/a0016551>
- Zebarjadi, N., Adler, E., Kluge, A., Jääskeläinen, I. P., Sams, M., & Levy, J. (2021). Rhythmic neural patterns during empathy to vicarious pain: beyond the affective-cognitive empathy

- dichotomy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 1-9.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.708107>
- Zhang, M., Li, Z., Wang, L., Yang, S., Zou, F., Wang, Y., Wu, X., & Luo, Y. (2021). The resting-state electroencephalogram microstate correlations with empathy and their moderating effect on the relationship between empathy and disgust. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 1-9.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.626507>
- Zhang, X., Li, L., Zhang, Q., Le, L. H., & Wu, Y. (2024). Physician empathy in doctor-patient communication: a systematic review. *Health Communication*, 39(5), 1027–1037.
<https://doi.org/10.1080/10410236.2023.2201735>
- Zhao, L. (2025). Advances in functional magnetic resonance imaging-based brain function mapping: a deep learning perspective. *Psychoradiology*, 5, 95-102.
<https://doi.org/10.1093/psyrad/kkaf007>
- Zhou, F., Li, J., Zhao, W., Xu, L., Zheng, X., Fu, M., Yao, S., Kendrick, K. M., Wager, T. D., & Becker, B. (2020). Empathic pain evoked by sensory and emotional-communicative cues share common and process-specific neural representations. *eLife*, 9, e56929.
<https://doi.org/10.7554/elife.56929>