



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA

**PREDIÇÃO DA AÇÃO DIRECIONADA A OBJETOS COM VALÊNCIA
EMOCIONAL: UM ESTUDO ELETROENCEFALOGRÁFICO PRELIMINAR**

BELÉM
2025

LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA

**PREDIÇÃO DA AÇÃO DIRECIONADA A OBJETOS COM VALÊNCIA
EMOCIONAL: UM ESTUDO ELETROENCEFALOGRÁFICO PRELIMINAR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) da Universidade Federal do Pará, Campus do Instituto de Ciências da Saúde, como requisito parcial para a obtenção da titulação de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ghislain Saunier.

BELÉM, PA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586 Silva, Luiza Beatriz Fonseca da.
PREDIÇÃO DA AÇÃO DIRECIONADA A OBJETOS COM
VALÊNCIA EMOCIONAL : UM ESTUDO
ELETROENCEFALOGRAFICO PRELIMINAR / Luiza Beatriz
Fonseca da Silva. — 2025.
XIII, 90 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Ghislain Saunier
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Movimento Humano, Belém, 2025.

1. Predição da ação. 2. Valência emocional. 3.
Eletroencefalográfico. I. Título.

CDD 617.103

LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA

**PREDIÇÃO DA AÇÃO DIRECIONADA A OBJETOS COM VALÊNCIA
EMOCIONAL: UM ESTUDO ELETROENCEFALOGRÁFICO PRELIMINAR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) da Universidade Federal do Pará, Campus Generalíssimo Deodoro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, sob orientação do Prof. Dr. Ghislain Saunier.

DATA DE APROVAÇÃO: 29/08/2025

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ghislain Saunier

Orientador – PPGCMH/UFPA

Prof^a. Dr^a. Nátaí Valim Oliver Bento Torres

Membro interno titular – PPGCMH/UFPA

Prof. Dr. Givago da Silva Souza

Membro externo titular – UFPA

Prof^a. Dr^a. Suellen Alessandra Soares de Moraes

Membro interno suplente – PPGCMH/UFPA

Prof. Dr. Marcelo Marques Cardoso

Membro externo suplente – UFPA

BELÉM – PA

2025

Dedico este trabalho para honra e glória do Senhor, meu Deus.

À minha mãe, Maria Silvia, por cada renúncia, por todo apoio, por me ensinar o valor da busca pelo conhecimento e por todo amor.

Aos meus avós, que me transmitiram segurança e confiança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me permitir aprender e por me ensinar lições valiosas ao longo deste caminho. Sua presença constante foi meu guia e sustento durante toda esta jornada.

À minha mãe, Maria Silvia, e ao meu tio, Sidney Fonseca da Silva, por me incentivarem, desde cedo, a continuar estudando, mesmo nos momentos mais desafiadores. Em especial, agradeço à minha mãe, que me ensinou a amar o conhecimento e a construir um ambiente lúdico e acolhedor, mesmo diante das adversidades. Aos meus avós, Antônio Rodrigues da Silva e Esmeralda Maria Fonseca da Silva, por me transmitirem, com o exemplo, os valores do amor, da persistência e da fé. À minha tia Silvana, por me inspirar a nunca desistir dos meus sonhos e a buscar, sempre, fazer o bem àqueles que amo.

Agradeço a Rafael Neves Pinto, meu companheiro de jornada, por ser presença constante, apoio incondicional e força nos dias difíceis.

Ao meu orientador, professor Ghislain Saunier, Je vous exprime ma plus profonde gratitude. Votre présence m’a toujours assurée que j’étais soutenue, que mon travail serait lu attentivement et corrigé avec attention, engagement, et véritablement axé sur mon développement. Vos conseils ont été pour moi à la fois un point d’ancrage et un élan. Cette démarche a été pour moi une véritable aventure inspirante, et j’espère sincèrement, un jour, pouvoir soutenir mes propres étudiants avec la même excellence, la même générosité et le même engagement que vous avez manifestés en tant que professeur.

À Dra. Ana Karla, pela generosidade na disponibilização do aparelho de EEG, sem a qual este trabalho não seria possível.

Ao professor Givago Souza, pelo acolhimento em seu laboratório e pelas valiosas contribuições que enriqueceram este percurso.

Aos colegas Joas Lopes e Giulia Suniga, meus companheiros de mestrado, minha gratidão pela partilha de experiências, pelas trocas sinceras e pelo companheirismo durante essa caminhada.

A Renê Arcanjo, pelas valiosas contribuições com a assistência técnica em informática, que possibilitaram o desenvolvimento e a execução das análises deste trabalho

Agradeço ao professor João Bento, cuja disciplina, por meio de sua didática inspiradora, despertou ainda mais em mim o desejo de ensinar. Indiretamente, foi essencial para ampliar minha compreensão sobre a neurociência do movimento e contribuir para uma mudança

significativa no meu estilo de vida.

Sou especialmente grata à Ana Clara, Quêren Meireles, Carina Escopel, Alfaia Junior, Evelyn Alessandra, Felipe Ferreira, Arthur Caetano, Antonio Trévia, Ângela Vasconcelos, Ricardo Reis, Vitor Farias, Laíza Rodrigues, Matheus Castro, Hallysson Silva, Larissa Almeida, Bruno Freire, Isabella Freire, Renan Carvalho, Siany Brandão, Luiza Diniz e Noemy Silva, que foram muito mais do que parceiros de atividades na igreja: formaram uma verdadeira comunidade de acolhimento, amizade e fé, que me fortaleceu profundamente.

Agradeço à Jéssica Lira, cujo apoio me ensinou não apenas a compreender a mim mesma, mas também a impactar a vida dos meus pacientes com mais excelência. Suas intervenções tiveram um impacto profundo durante todo esse processo.

Agradeço à Monizze Carleto, Mariannie Vianna, Nicolle Barros e Patricia Souza por coordenarem um ambiente no qual é possível se desenvolver e acreditar no novo. À Ana Cecília Cardoso, minha gratidão pelas constantes trocas de turno, que me permitiram dar continuidade a este percurso.

Ao Luiz Monteiro, que foi um companheiro de jornada, guiando, orientando e servindo de exemplo de profissional e futuro docente e mestre, que além de transmitir alegria, compartilha inteligência, profissionalismo e cuidado.

Estendo meu sincero agradecimento a Ayrton Castilho, Samila Ribeiro, Eyde Freitas, Bárbara Heidtmann, Wanessa Romã, André Palheta, Vitória Oliveira, Tainá Briglia, Thais Souza, Bruna Reis, Mateus Ribeiro, Gabriela Louise, Danilo Rodrigues, Roberta Rabello, Cláudia Melo e Liz Maria, pela paciência, compreensão e pela convivência diária, que torna os meus dias mais leves e significativos.

A Paulo Cairo, Izabela Nascimento e Tracy Silva, por serem amigos de profissão que, desde a graduação e agora para a vida, se fazem presentes e são a certeza de reciprocidade, força e amizade.

Gosto de uma frase de filme que diz: Não avaliamos a vida apenas pelos anos vividos, mas pelas pessoas que tocamos ao longo do caminho. Por isso, a cada um que contribuiu com este percurso, deixo o meu mais sincero obrigada. Como alguém que reconhece e estuda a ciência do movimento humano, não deixo de acreditar que é porque Ele existe que nos movemos e existimos.

“Porque nEle vivemos, e nos movemos, e

RESUMO

A predição da ação tem ganhado destaque na neurociência por sua relevância para o planejamento motor e para intervenções terapêuticas baseadas na simulação neural (Kilner; Friston; Frith, 2007). Evidências sugerem que objetos emocionalmente carregados modulam a percepção e a ação, mesmo sem execução motora (Saunier et al., 2023). Diante disso, o presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da valência emocional de objetos sobre a predição da ação, a partir de dados eletroencefalográficos e comportamentais. Participaram nove voluntários, que assistiram a vídeos de alcance-preensão dirigidos a objetos com valências emocionais distintas (agradável, desagradável e neutra), realizando duas tarefas: predição temporal e tempo de reação simples. Foram analisados potenciais relacionados a eventos (ERP), medidas de raiz média quadrática (RMS), inclinação do sinal (slope), além de variáveis comportamentais como erro constante e erro variável. Os resultados revelaram maior ativação cortical na tarefa de predição, com destaque para as regiões parietais, além de antecipações temporais mais acentuadas para objetos desagradáveis. Esses achados sugerem que a predição motora é modulada pela valência emocional dos objetos, mesmo na ausência de movimento efetivo, o que reforça sua importância no desenvolvimento de intervenções terapêuticas baseadas em processos cognitivos e sensório-motores.

Palavras-chave: predição da ação; valência emocional; EEG; ERP; reabilitação motora.

ABSTRACT

Action prediction has gained prominence in neuroscience due to its relevance for motor planning and therapeutic interventions grounded in neural simulation mechanisms (Kilner, Friston, & Frith, 2007). Empirical evidence indicates that emotionally valenced objects can modulate both perception and action, even in the absence of overt motor execution (Saunier et al., 2023). The present study aimed to investigate the effects of emotional valence on action prediction by combining behavioral and electroencephalographic (EEG) measures. Nine adults participated in the experiment, during which they watched videos depicting precision grasping movements directed toward objects with different emotional valences (pleasant, unpleasant, and neutral) while performing two tasks: temporal prediction and simple reaction time. Event-related potentials (ERPs), root mean square (RMS) amplitude, signal slope, and behavioral measures (constant and variable error) were analyzed. The results revealed increased cortical activation during the prediction task, particularly in parietal regions, as well as greater temporal anticipation in response to unpleasant stimuli. These findings suggest that motor prediction is modulated by the emotional valence of objects, even in the absence of actual movement, reinforcing its relevance for therapeutic approaches based on cognitive and sensorimotor integration.

Keywords: action prediction; emotional valence; EEG; ERP; motor rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo do experimento. A: O experimentador agarra a comida. B: O macaco agarra a comida. Fonte: Di Pellegrino et al. (1992).

Figura 2 – Comparação do córtex frontal em macacos (A) e humanos (B), destacando homologias anatômicas e funcionais. Fonte: Rizzolatti & Arbib (1998).

Figura 3 – Modelos de funcionamento do Sistema de Neurônios-Espelho (MNS). Fonte: Adaptado de Kilner et al. (2007).

Figura 4 – Tarefa experimental realizada por De Oliveira et al. (2012) para avaliar a influência da valência emocional na execução motora. Fonte: De Oliveira et al. (2012, p. 5).

Figura 5 – Escalas SAM para avaliação de valência (escala A) e alerta (escala B). Fonte: Adaptado de Azevedo et al. (2021).

Figura 6 – Exemplos de vídeos com as três valências emocionais: cubo (neutra), bolo (agradável) e rato (desagradável).

Figura 7 – Distribuição dos escores de valência emocional atribuídos aos estímulos.

Figura 8 – Distribuição dos escores de ativação (nível de alerta) atribuídos aos estímulos.

Figura 9 – Médias do erro constante (ms) nas condições de predição da ação e tempo de reação simples (A), e por valência emocional dos objetos (B).

Figura 10 – Médias do erro variável nas condições de predição e tempo de reação.

Figura 11 – Médias da variabilidade das respostas (erro variável em ms) por valência emocional nas tarefas de predição e tempo de reação.

Figura 12 – Valores médios de RMS por condição experimental, colapsados por eletrodo e região.

Figura 13 – Valores médios de RMS por condição experimental e região cortical (central e parietal).

Figura 14 – Figura 14 – RMS médio (μV) por eletrodo (3, z, 4). Pontos = média; barras = EP. RMS maior em z e 4 vs. 3 ($p < 0,05$).

Figura 15 – Valores médios da amplitude do sinal (RMS) nos eletrodos centrais e parietais nas condições de antecipação e resposta.

Figura 16 – Médias marginais do *slope* ($\mu\text{V/s}$) por região,

Figura 17 – *Slope* ($\mu\text{V/s}$) por eletrodo/região

Figura 18 – Diferença entre estímulos agradáveis e desagradáveis na condição de predição da ação.

Figura 19 – Contraste entre agradável e desagradável na tarefa de tempo de reação simples.

Figura 20 – Diferença entre os estímulos agradáveis na tarefa de predição e na tarefa de reação simples.

Figura 21 – Diferença entre os estímulos desagradáveis nas tarefas de predição e de reação simples.

Figura 22 – Diferenças ponto a ponto entre agradável go e desagradável go na fase de resposta.

Figura 23 – Comparação entre estímulos agradáveis e desagradáveis na condição de tempo de reação.

Figura 24 – Diferença entre os potenciais evocados para a tarefa de predição e a tarefa de reação simples com estímulos agradáveis.

Figura 25 – Comparação entre as condições de predição (desagradável go) e tempo de reação simples (desagradável nogo) na fase de resposta.

LISTAS DE SIGLAS

ADM – Abdutor do dedo mínimo

AGR – Agradáveis

APA – Acoplamento percepção-ação

AOT – Observação da ação (*Action Observation Treatment*)

AVC – Acidente vascular encefálico

CSE – Excitação corticospinal

DES – Desagradáveis

EEG – Eletroencefalográfico

EEGLAB – Toolbox do MATLAB para análise de EEG (Delorme e Makeig)

EMG – Eletromiografia

EMT – Estimulação magnética transcraniana

fMRI – Ressonância magnética funcional (*functional Magnetic Resonance Imaging*)

IAPS – *International Affective Picture System*

ICA – Análise de Componentes Independentes

ICS – Instituto de Ciências da Saúde

JASP – *Jeffreys's Amazing Statistics Program*

MATLAB – Software de computação numérica (MathWorks, Natick, MA)

NE – Neurônios-espelho

NMT – Núcleo de Medicina Tropical

NEU – Neutros

PET – Tomografia por emissão de pósitrons (*Positron Emission Tomography*)

RP – Potencial de prontidão (*Readiness Potential*)

RMS – Média quadrática (*Root Mean Square*)

SAM – *Self-Assessment Manikin*

SLOPE – Inclinação do potencial de prontidão

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFPA – Universidade Federal do Pará

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1 Percepção e ação	16
2.2 Neurônios Espelhos e Acoplamento Percepção-Ação	17
2.3 Predição da ação	20
2.4 Acoplamento emoção ação	25
3 JUSTIFICATIVA E HIPOTESES.....	30
3.1 Problema	31
4. OBJETIVOS	31
4.1 Objetivo Geral	31
5. METODOLOGIA.....	31
5.1 Delineamento do estudo	31
5.2 Participantes	31
5.3 Local de pesquisa	32
5.4 Seleção dos Vídeos emocionais e estímulos.....	32
5.5 Procedimento	34
5.6 Análise de dados Comportamentais.....	36
5.7 Registo, processamento e análise do sinal eletroencefalográfico.....	36
5.7.1 Registo eletroencefalográfico	36
5.7.2 Processamento do sinal EEG.....	37
5.7.3 Análise do sinal	37
5.8 Análise estatística.....	38
5.8.1 Dados comportamentais	38
5.8.2 Dados de EEG	38
6. RESULTADOS	39
6.1 Resultados comportamentais.....	39
6.1.1 Escala.....	39
6.1.2 Erro de predição e tempo de reação simples	41
6.1.2.1 Erro constante	42
6.1.2.2 Erro variável	43
6.3 Resultados EEG	45
6.3.1 Amplitude (RMS).....	45
6.3.2 Rampa (SLOPE).....	49
6.3.3 Análise Bins temporais.....	51

6.3.3.1 Antecipação	51
6.3.3.2 Condição Resposta	55
7. DISCUSSÃO	59
7.1 Efeitos do período temporal.....	60
7.2 Diferenças entre tarefas	63
7.3 Modulação pela valência emocional.....	64
7.4 Interações entre valência, tarefa e tempo.....	65
8. CONCLUSÃO.....	67
9. RELEVÂNCIA DO ESTUDO PARA A REABILITAÇÃO MOTORA	69
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE TRIAGEM.....	80
ANEXO A – TCLE	83
ANEXO B - PARECER CEP	86
ANEXO C - HANDEDNESS QUESTIONNAIRE	88

1 INTRODUÇÃO

A ação e a percepção têm relação direta, segundo a literatura recente, pois os mesmos mecanismos corticais ativados durante a ação são recrutados também durante a observação de outrem (Jeannerod, 1999). Esse acoplamento percepção-ação (APA) encontrou um lócus neural com a descoberta dos neurônios-espelho (Di Pellegrino *et al.*, 1992; para uma revisão completa, ver Rizzolatti e Craighero, 2004). Os neurônios visuomotores, localizados nos córtices pré-motor e parietal de primatas não humanos, são ativos durante a execução de uma ação e durante a observação dessa mesma ação (Rizzolatti *et al.*, 2001). Iacoboni *et al.* (1999) fizeram uso da neuroimagem funcional para investigar os mecanismos corticais envolvidos na imitação da ação em humanos. Os resultados apontaram para a ativação do lobo parietal inferior, do sulco temporal superior, do córtex motor primário e do córtex pré-motor lateral esquerdo. Estudos sugerem que essa rede neural estaria envolvida na codificação do objetivo da ação de outrem ou ainda na predição das consequências da ação de outrem (Jeannerod, 1999; Fadiga *et al.*, 1995; Iacoboni *et al.*, 2001).

Recentemente, Nogueira-Campos *et al.* (2016) investigaram o efeito da valência emocional de um objeto sobre a excitabilidade do sistema motor durante a observação de ação dirigida a esses mesmos objetos. Os autores obtiveram como resultado que a observação de uma ação dirigida a um objeto desagradável acompanha-se de um aumento da excitabilidade cortical do sistema motor, em comparação à mesma ação dirigida a objetos agradáveis (Nogueira-Campos *et al.*, 2016). Assim, a valência emocional dos objetos modula diferentemente as representações motoras durante a observação da ação transitiva. Estímulos carregados de emoção impactam diretamente a atividade cortical do sistema motor quando há interação com esses objetos (De Oliveira *et al.*, 2012). De fato, estudos neurofisiológicos demonstraram um aumento da amplitude do potencial de preparação motora (atividade cortical do sistema motor antecedendo a execução do movimento) e de excitabilidade cortical da área motora primária quando se realiza um movimento de alcance-preensão de um objeto desagradável (De Oliveira *et al.*, 2012; Nogueira-Campos *et al.*, 2014). Além disso, a cinemática do movimento de alcance é modulada pela valência emocional do objeto (Esteves *et al.*, 2016). No entanto, na literatura apresentada, não fica claro como ocorre essa modulação.

Uma hipótese relevante é que as representações motoras estariam diretamente envolvidas também na predição das consequências das ações de outrem. Recentemente, Saunier *et al.* (2023) investigaram, mediante experimentos comportamentais, como a emoção inerente

a um objeto (agradável e desagradável) afeta a predição da ação. Para isso, foi feita uma estimativa do contato da mão com objetos emocionais em condições de oclusão (isto é, 50% final da ação foi ocluído por um retângulo preto) e visão completa. Os resultados mostraram que a emoção interferiu na predição da preensão de objetos. Os participantes antecipavam o momento do contato mão-objeto em se tratando de objetos desagradáveis, em comparação aos objetos agradáveis. Além disso, a predição de uma ação dirigida a um objeto desagradável, diferentemente do que ocorre com o objeto agradável, não é sensível à quantidade de informação visual disponível. Assim, Saunier et al. (2023) concluíram que a valência dos objetos é considerada na elaboração da predição de uma ação dirigida a esses mesmos.

Apesar dos avanços na compreensão de como a valência emocional dos objetos modula as representações motoras durante a observação e execução de ações, a dinâmica temporal dos processos neurais envolvidos na predição dessas ações permanece pouco compreendida. Além disso, não está claro de que maneira essa modulação varia em função das diferentes valências emocionais durante a observação da ação, o que limita a compreensão dos mecanismos neurais subjacentes à interação entre emoção e predição motora.

A compreensão dos mecanismos neurais envolvidos na percepção e execução da ação é fundamental para o avanço da neuroreabilitação. A Terapia por Observação da Ação (Action Observation Treatment, AOT) já demonstrou resultados positivos na recuperação de funções motoras em diferentes populações clínicas, como pacientes de Acidente vascular encefálico (AVC), Parkinson e paralisia cerebral (Buccino et al., 2014). Embora a maioria desses protocolos se baseie na observação passiva, evidências mais recentes indicam que a predição ativa da ação, isto é, a antecipação do movimento observado, pode potencializar ainda mais os efeitos terapêuticos. O estudo de Raza, Chowdhury e Bhattacharyya (2020) mostrou que redes neurais profundas podem identificar, por meio do eletroencefalograma (EEG), padrões de imagética motora em pacientes pós-AVC, reforçando o potencial da predição como ferramenta aplicável à reabilitação. Nesse sentido, investigar os mecanismos neurais da predição da ação pode abrir caminho para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e personalizadas no tratamento de déficits motores.

Este trabalho busca fornecer esclarecimentos teóricos e neurofisiológicos para a criação de protocolos inovadores de reabilitação motora que integrem a predição da ação durante a observação ativa, especialmente em situações que envolvam objetos com valência emocional. Ao priorizar a antecipação dos movimentos em substituição à observação passiva,

busca-se otimizar a ativação das redes neurais motoras e emocionais, com o objetivo de promover avanços significativos na recuperação funcional de pacientes com déficits motores.

Diante disso, este estudo propõe investigar a dinâmica temporal das redes neurais envolvidas na predição de ações dirigidas a objetos emocionais, buscando esclarecer como a valência emocional influencia esses processos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Percepção e ação

A percepção e a ação foram relacionadas com base na teoria ecológica, que propõe que as leis de controle relacionam variáveis informacionais a parâmetros do sistema de ação, de forma que haja uma regulação e adaptação do comportamento (WARREN, 1990). O estudo de Sherrington (1906) foi um marco essencial para o entendimento do acoplamento percepção-ação, ao introduzir a ideia de que o sistema nervoso funciona como um integrador de sinais sensoriais e motores. Este trabalho discutiu os reflexos e demonstrou que a percepção de estímulos sensoriais gera uma resposta automática, servindo como base neurofisiológica para a interação entre os dois processos. Essa concepção foi pioneira ao mostrar que a ação não é apenas uma consequência passiva da percepção, mas que ambos são dinamicamente interdependentes.

Shiffrar e Freyd (1990) aprofundaram o entendimento sobre a percepção do movimento e da ação, investigando como o ser humano é capaz de perceber o movimento com estímulos visuais limitados. Eles utilizaram pares de fotos sequenciais de forma a dar a ilusão de movimento, para explorar essa percepção. Os resultados indicaram que, apesar da escassez de informações visuais, os participantes eram capazes de identificar com precisão o movimento humano biomecanicamente realizável. O estudo também revelou que o sistema perceptual humano é altamente especializado em processar movimentos biológicos, ativando áreas específicas do cérebro, como o sulco temporal superior e o córtex pré-motor. (Saygin, 2007). Avançando assim no entendimento de como a percepção do movimento e da ação é processada.

A pesquisa experimental de Viviani e Stucchi (1989) investigou como a velocidade do movimento influencia a percepção geométrica de um objeto em movimento, e o resultado obtido foi que a forma percebida de uma elipse foi dependente da sua velocidade tangencial. Ou seja, a forma percebida de um objeto em movimento não depende apenas de suas características geométricas estáticas, mas também de sua cinemática, propondo assim a teoria de que o sistema visual não processa forma e movimento de maneira independente, mas sim que a percepção é influenciada por princípios motores.

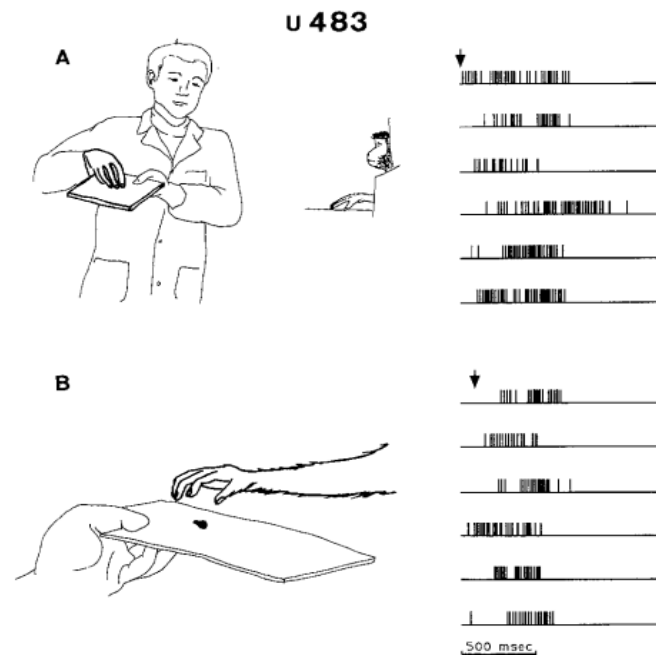
Posteriormente, os mesmos autores conduziram um estudo que expande e complementa esses achados, aprofundando a compreensão da relação entre percepção e movimento. Viviani e Stucchi (1992) utilizaram seis experimentos para investigar como as pessoas percebem o movimento biológico. Eles usaram animações de pontos luminosos que se moviam em trajetórias bidimensionais (2D). Esses pontos seguiam duas condições: o movimento biológico e o movimento de velocidade constante. O resultado foi que os participantes percebiam o movimento biológico como mais uniforme, reforçando a conexão entre sistema motor e percepção, mas também sugerindo que o sistema nervoso processa informações motoras internas e próprias de cada ser humano para interpretar estímulos visuais.

Em 1995, Milner e Goodale propuseram a existência de duas vias de processamento visual, sendo a via ventral responsável pela percepção e a via dorsal focada no controle da ação e na interação com o objeto. Já no estudo de 2008 Milner e Goodale, revisitam a teoria dos dois sistemas visuais, proposta anteriormente por eles, para explicar como o cérebro processa as informações visuais de maneiras distintas. Eles sugerem que existem dois fluxos neurais especializados: o fluxo ventral, que é responsável pela percepção visual e reconhecimento de objetos, e o fluxo dorsal, que coordena as ações motoras necessárias para interagir com esses objetos. Com base em evidências de pacientes com lesões cerebrais, os pesquisadores demonstram que, embora esses sistemas compartilhem informações iniciais, eles operam de forma paralela e independente, com finalidades diferentes. O fluxo ventral permite a identificação do objeto, enquanto o fluxo dorsal facilita a ação sobre ele, como pegar ou manipular. Esse estudo reforça a ideia de que percepção e ação são processadas em diferentes sistemas cerebrais, oferecendo uma compreensão mais precisa sobre como o cérebro coordena esses dois processos e fortalecendo a compreensão do acoplamento percepção-ação.

2.2 Neurônios Espelhos e Acoplamento Percepção-Ação

Um estudo possibilitou o embasamento neurofisiológico das hipóteses que sugeriam uma conexão entre ação e visão. Di Pellegrino *et al.* (1992) realizaram um experimento no qual primatas não humanos executavam ações específicas dirigidas a objetos e, em outro momento, apenas observavam os experimentadores realizando a mesma ação. Os macacos estavam com eletrodos intracranianos implantados na área F5 (córtex pré-motor), registrando os potenciais de ação desses neurônios. Dessa forma, foi possível observar que certos neurônios disparavam durante a execução da ação, mas também durante a observação, dando início às pesquisas sobre os neurônios espelhos (NE).

Figura 1 – Exemplo do experimento



A: O experimentador agarra a comida. B: O macaco agarra a comida. Os traçados verticais representam os potenciais de ação de um neurônio localizado no córtex pré-motor, que dispara tanto na condição de execução quanto na de observação. Cada linha horizontal corresponde a uma repetição do experimento.

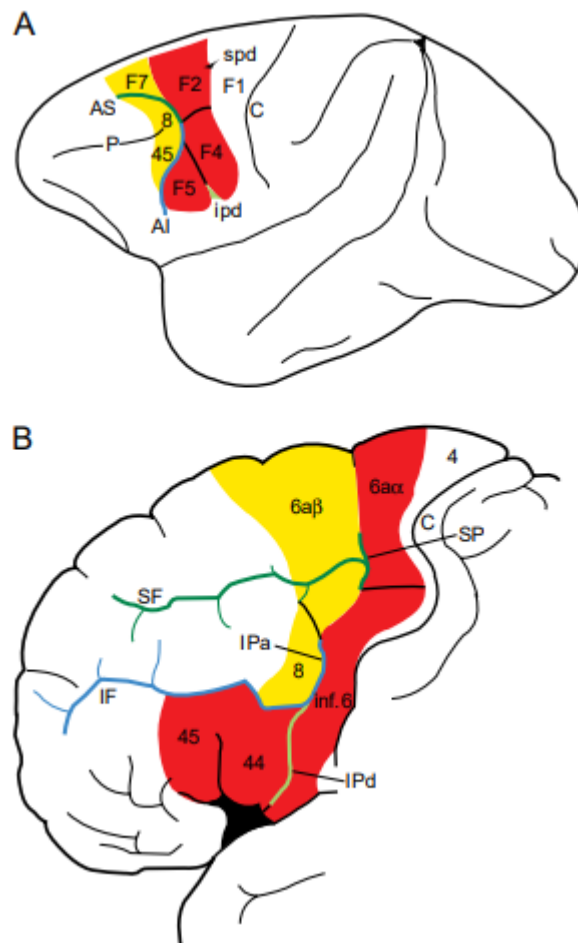
Fonte: Di Pellegrino et al. (1992).

Os neurônios-espelho (NE) foram nomeados assim devido à ideia de que essas células realizavam uma função similar à de um espelho, refletindo no cérebro as ações alheias no próprio sistema do observador (Di Pellegrino *et al.*, 1992). Utilizando a estimulação magnética transcraniana (EMT) e a eletromiografia (EMG), Fadiga *et al.* (1995) exploraram a existência de um sistema semelhante no cérebro humano. Os resultados mostraram que a observação de ações aumentava significativamente a excitabilidade do córtex motor dos observadores em relação às condições de controle (Fadiga *et al.*, 1995). Especificamente, o potencial motor evocado nos músculos da mão aumentava enquanto os participantes assistiam a ações motoras que envolviam musculatura similar. Isso indicou que, mesmo sem executar a ação, o cérebro ativa áreas corticais do sistema motor em uma preparação simulada. Esse estudo foi relevante, pois sugeriu que o sistema motor humano está envolvido não apenas na execução de ações, mas também na compreensão de ações observadas (Rizzolatti e Craighero, 2004).

Posteriormente, além de reafirmar a relação e a importância desses neurônios na linguagem, foi pontuada uma região específica de similaridade: a área de Broca, no córtex humano, comparada à área F5 encontrada no macaco. Uma hipótese teórica baseada em dados

neurofisiológicos e anatômicos comparativos em primatas e humanos sugeriu que o sistema motor evoluiu para formas mais complexas de comunicação, incluindo gestos e fala (Rizzolatti & Arbib, 1998). Essa compreensão se tornou fundamental devido à defesa da ideia de que os NE têm atuação na comunicação e na cognição social humana, além de sugerir a hipótese de um sistema de NE no cérebro humano conforme sugerido na Figura 2.

Figura 2 – Comparação do córtex frontal em macacos (A) e humanos (B)



Legenda: Áreas em amarelo estão ligadas ao comportamento de orientação, enquanto áreas em vermelho estão associadas às interações com o mundo externo, essenciais para o acoplamento percepção-ação.

Fonte: Rizzolatti e Arbib (1998).

Uma proposição para a existência dessa rede é o estudo de Umiltà *et al.* (2001), que realizaram um experimento no qual, os pesquisadores treinaram os macacos para observar as ações de um experimentador em duas condições distintas. Na primeira condição, o macaco via uma mão humana realizando um movimento de preensão em um objeto, enquanto na segunda condição, um anteparo era colocado para ocluir parte da ação, mas o macaco ainda conseguia

perceber que o objeto estava presente. A atividade neuronal foi registrada enquanto os macacos observavam essas ações. Ao comparar a ativação dos NE em diferentes condições experimentais, perceberam que havia disparo mesmo na condição de oclusão, ou seja, concluíram que esses neurônios não apenas reagem ao que é visto diretamente, mas também utilizam informações prévias para inferir o que está acontecendo. Isso sugere que o sistema motor do cérebro não apenas reflete estímulos visuais compreendendo as ações com base no contexto, mas pareciam possuir um sistema de predição da ação.

Corroborando esses achados, uma pesquisa investigou a organização somatotópica do sistema análogo aos neurônios espelhos em humanos, utilizando a ressonância magnética funcional (fMRI). Os resultados indicaram que a ativação neural variava conforme o efector envolvido na ação observada, sugerindo uma representação específica para cada tipo de movimento no cérebro. Além disso, no caso de ações direcionadas a objetos, uma análise adicional relacionada aos objetos é realizada no lobo parietal, como se os sujeitos estivessem de fato utilizando esses objetos, comprovando assim o conceito de APA em uma perspectiva ampla de envolvimento não apenas do córtex pré-motor, mas também de circuitos motores organizados somatotopicamente (buccino *et al.*, 2001).

É fundamental destacar a revisão de literatura de Rizzolatti e Craighero (2004) sobre as evidências neurofisiológicas utilizando ressonância magnética funcional (fMRI) e estimulação magnética transcraniana (EMT). Esses estudos revelaram um padrão de atividade cerebral consistente, reforçando a ideia de APA em humanos e afirmando que o sistema é uma base neural para processos de compreensão de intenções, imitação e empatia. A partir disso, a neurofisiologia, a psicologia e a neurociência computacional sugeriram que a percepção e a execução da ação são acopladas no cérebro humano (Novembre & Keller, 2014). Com a ampliação de estudos sobre o APA, foram acrescentadas evidências de envolvimento de outras regiões além dos córtices pré-motor e parietal como por exemplo o cerebelo, os núcleos da base ou ainda o sulco temporal superior (D'Angelo & Casali, 2013; Doyon & Benali, 2005; Pelphrey & Morris, 2006). Enriquecendo a compreensão das ações realizadas por outros indivíduos e potencialmente auxiliando na criação de predições sensório-motoras referentes a essas ações (Gazzola & Keysers, 2009).

2.3 Predição da ação

Von Helmholtz, H. (1867) sugeriu que o cérebro realiza predições com base em experiências passadas para interpretar os estímulos sensoriais. Essa hipótese, inovadora para a época, tornou-se fundamental para os estudos futuros, que passaram a denominá-la de

antecipação ou predição da ação. No controle motor, essa capacidade cerebral é essencial, pois permite ajustes, correções e a coordenação precisa dos movimentos compensando as latências de condução dos sinais aferentes, contribuindo para o seu aprimoramento contínuo.

Somando a esses conceitos, Merton, P. A (1953) contribuiu com estudos sobre controle preditivo ao propor que o controle do movimento humano poderia ser entendido como um sistema de servo-controle, onde a ação é continuamente ajustada com base no feedback sensorial, ou seja, há sempre uma antecipação para corrigir possíveis erros entre ação planejada e o que realmente foi executado, trazendo assim os conceitos de feedforward e predição.

Jeannerod, (1994) investigou as bases neurais da imagética motora e a relação entre as áreas cerebrais ativadas durante a imaginação e a execução real do movimento. Para isso, utilizou a tomografia por emissão de pósitrons (PET) para monitorar a atividade cerebral em participantes enquanto realizavam dois tipos de tarefas: a imaginação de movimentos motores e a execução efetiva desses movimentos. Os resultados mostraram que áreas do córtex motor e pré-motor foram ativadas em ambas as condições, reforçando a hipótese de uma ligação entre essas regiões no controle motor. Posteriormente, o autor aprofundou e confirmou esses achados, detalhando outras áreas envolvidas e destacando o papel do planejamento e do controle motor durante a imaginação e intenção motora (Jeannerod, 1997). Esse achado se torna relevante pois a existência de um modelo interno sugere que o cérebro simula internamente a ação antes de realizá-la. Esse processo de simulação é essencial para a predição, pois permite antecipar as consequências motoras.

Em 1943, surge a ideia de que o cérebro cria modelos internos do mundo, os quais permitem a antecipação de eventos futuros para guiar ações, impactando diretamente o controle de movimentos e comportamentos (Frazer, 1943). Wolpert e Flanagan (2001) exploraram a utilização pelo ser humano desses modelos internos da ação por meio de hipóteses comportamentais e afirmam que “a predição da ação não é apenas essencial para o controle motor, mas também pode ser fundamental para funções cognitivas de alto nível, incluindo observação e compreensão de ações, prática mental, imitação e cognição social” (Wolpert; Flanagan, 2001).

A Teoria do Esquema Corporal foi proposta por Paul Schilder, que investigou a percepção do corpo e como ela influencia a interação com o mundo (Schilder, 1935). A teoria sugere que o cérebro não armazena cada movimento individual, mas sim esquemas gerais que representam a relação entre variáveis motoras, como força, tempo e amplitude. Esses esquemas

são flexíveis e permitem que o indivíduo execute movimentos eficazes em diferentes contextos, adaptando-se a condições variáveis sem a necessidade de reaprender cada tarefa do zero. A teoria enfatiza a importância do feedback sensorial contínuo, tanto interno quanto externo, no ajuste e refinamento dos movimentos (Schmidt, 1975). Logo, este trabalho corrobora com a ideia de que o cérebro é capaz de antecipar resultados embasando a utilização de modelos internos para prever e ajustar a execução motora.

O cérebro reconhecido como um sistema preditivo é fortalecido pelo princípio da energia livre, revisado por Friston (2010), que propõe a busca de minimização dos gastos de energia do cérebro ao interagir com o ambiente, utilizando modelos internos para prever as informações sensoriais recebidas e garantindo uma adaptação eficaz às mudanças ambientais. A otimização da energia corresponde à diferença entre o que foi previsto e o que foi percebido. Para minimizar essa diferença, o cérebro utiliza a percepção e a ação, atribuindo valor às informações vivenciadas anteriormente ou previstas e priorizando comportamentos que reduzem a discrepância entre ambos (Friston, 2010).

Considerando que um modelo interno é uma representação mental utilizada pelo cérebro, Kilner, Friston e Frith (2007) propõem que, no contexto da ação, o cérebro constrói um modelo interno para antecipar ou predizer o objetivo e a intenção de outrem. Esse processo ocorre em três etapas principais. Primeiro, na fase de predição, ao observar alguém realizando uma ação, o cérebro prevê a próxima etapa do movimento. Em seguida, ocorre a comparação entre a ação observada e a previsão gerada; se houver correspondência, o modelo é confirmado. Caso contrário, inicia-se a terceira etapa, a atualização, na qual o modelo interno é ajustado para melhor representar a realidade. Dessa forma, os autores destacam a importância da predição na observação do movimento biológico.

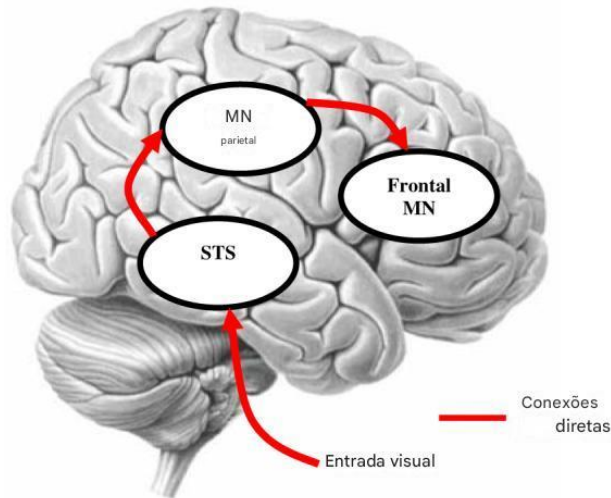
Pozzo *et al.* (2006) investigaram a capacidade humana de prever o fim de uma ação mesmo em condições de oclusão, ou seja, como somos capazes de reconstruir mentalmente a parte oculta da trajetória de um alvo em movimento. Para isso, os participantes estimaram a posição final de um ponto representando um alcance de mão, sendo que a última parte do trajeto foi oculta após a exibição de movimentos biológicos ou não biológicos. O experimento teve como objetivo avaliar se a extrapolação visual seria suficiente para prever a posição final ou se ocorreriam erros quando o movimento observado não correspondesse ao repertório motor dos participantes, conforme a hipótese de ligação visual-motora. Os resultados sugerem que a inferência da trajetória não depende apenas da extrapolação visual, mas também de modelos

internos que armazenam características cinemáticas específicas do movimento do braço. Esses achados foram corroborados posteriormente por Saunier *et al.* (2008), que utilizaram um protocolo similar, investigando também os correlatos neurais desse fenômeno. Eles concluíram que a percepção visual do movimento humano envolve uma simulação interna da ação, propondo um mecanismo preditivo capaz de superar a descontinuidade espaço-temporal característica das situações de oclusão visual" (Saunier *et al.*, 2008).

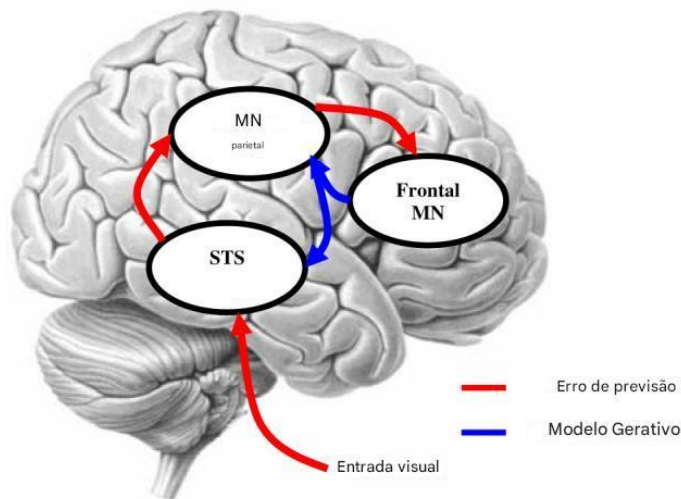
Com base no modelo preditivo proposto por Kilner *et al.* (2007), Fontana *et al.* (2012) ampliaram a investigação ao demonstrar o papel do córtex parietal na geração e ajuste de previsões motoras em tempo real. Para isso, conduziram um estudo experimental utilizando EEG para avaliar sujeitos neurologicamente típicos e pacientes com lesão no córtex pré-motor e lesão no lobo parietal. Os participantes assistiram a vídeos nos quais um ator realizava um movimento de preensão de um objeto, sendo que, dependendo da cor do objeto, os observadores podiam prever se haveria movimento ou não. Foi analisado o Potencial de Prontidão (RP) antes do movimento, e os resultados demonstraram que indivíduos neurologicamente normais e pacientes com lesão pré-motora apresentaram um RP antes da ação observada, sugerindo a ativação antecipatória do sistema motor. Em contrapartida, pacientes com lesão parietal não apresentaram RP, evidenciando um déficit na capacidade de antecipar movimentos observados. Assim, este estudo corrobora a visão de Kilner *et al.* (2007) ao demonstrar, experimentalmente, que a observação da ação não envolve apenas um espelhamento motor, mas um processo ativo de antecipação baseado em aprendizado.

Figura 3 – Modelos de funcionamento do Sistema de Neurônios-Espelho (MNS)

a) O MNS como modelo de reconhecimento *feedforward*



b) O MNS como modelo de codificação preditiva



Legenda: Representação esquemática do funcionamento do MNS segundo dois modelos: (a) modelo *feedforward* de reconhecimento, no qual a informação visual é processada em uma única direção através das conexões avançadas (vermelho); (b) modelo de codificação preditiva, em que há um fluxo bidirecional de informação, com erros de previsão (vermelho) e modelo generativo (azul). As regiões envolvidas incluem o sulco temporal superior (STS), os neurônios-espelho parietais (*Parietal MN*) e os neurônios-espelho frontais (*Frontal MN*).

Fonte: Adaptado de Kilner et al. (2007).

Aglioti *et al.* (2008) conduziram um estudo que fornece evidências expressivas para a predição da ação, utilizando estimulação transcraniana e testes psicofísicos para investigar os correlatos neurais da antecipação em jogadores de basquete. A pesquisa incluiu três grupos de

participantes: jogadores profissionais, jogadores amadores e indivíduos sem experiência esportiva. Os participantes observaram vídeos de arremessos ao cesto realizados por atletas, enquanto sua atividade neural era registrada. Os resultados indicaram que os jogadores profissionais apresentaram maior ativação na área motora durante a observação dos arremessos, evidenciando um efeito mais pronunciado de ressonância motora. Com base nesses achados, os autores sugerem que "o compartilhamento de códigos cognitivos e neurais entre percepção e ação pode ser crucial para atingir a excelência sensório-motora exigida por atletas de elite" (Aglioti *et al.*, 2008).

Os achados de Urgesi *et al.* (2010) complementam essas evidências ao investigarem a antecipação motora por meio da observação de ações. No estudo, os autores apresentaram imagens que representavam a postura inicial, intermediária e final de um movimento de preensão de um objeto utilizando um gesto de pinça. Para analisar a atividade motora, empregaram estimulação magnética transcraniana (TMS) e registraram o potencial evocado motor nos músculos interósseo dorsal e abdutor do dedo mínimo (ADM) da mão direita. Os participantes observaram ações que envolviam alcançar um objeto, realizar a preensão ou apenas tocá-lo. Os resultados demonstraram que a observação dessas ações gerava alterações específicas na excitabilidade do córtex motor, dependendo da intenção subjacente ao movimento. Esses achados sugerem que a região frontal do sistema de correspondência entre observação e execução é ativada de forma predominante durante a simulação antecipatória de fases futuras da ação, desempenhando um papel essencial na codificação preditiva dos comportamentos motores alheios (Urgesi *et al.*, 2010).

A predição da ação não ocorre de forma isolada, mas é modulada por fatores emocionais que influenciam a interpretação e a antecipação dos movimentos alheios. Além do vínculo entre percepção e ação, proposto por modelos como a Teoria do Código Comum (Prinz, 1997). Pesquisas recentes indicam que estados emocionais podem modificar a forma como um observador prevê e responde às ações de outra pessoa. Emoções como medo ou raiva, por exemplo, não apenas afetam a percepção dos gestos, mas também ajustam os processos motores em resposta a esses estímulos. Esse fenômeno sugere um acoplamento entre emoção e ação, no qual a antecipação do comportamento de terceiros envolve tanto mecanismos motores quanto componentes afetivos, sendo essencial para a interação social e a adaptação ao ambiente.

2.4 Acoplamento emoção ação

O estudo de Lang e Bradley (2010) propõe um modelo segundo o qual emoção e ação

estão acopladas, uma vez que as emoções desencadeiam respostas organizadas por circuitos cerebrais. A revisão apresentada pelos autores destaca a existência de dois sistemas motivacionais: o sistema de aproximação, ativado por sinais de recompensa, e o sistema defensivo, ativado por sinais de perigo. Dessa forma, quando um indivíduo é exposto a uma emoção, seja ela de aproximação ou aversiva, ocorre uma resposta fisiológica e motora automática. Além disso, o estudo sugere que estímulos emocionais captam a atenção e preparam o organismo para a ação, um exemplo disso é a ativação da amígdala que terá impacto direto nas áreas visuais demonstrando que os sinais ambientais e memoriais agradáveis ou aversivos influenciam como percebemos e reagimos ao ambiente. (Lang; Bradley, 2010).

Compreendendo a ligação entre ação e emoção, estudos anteriores como o de Duckworth, Bargh, Garcia e Chaiken (2002) utilizaram protocolos experimentais com imagens para investigar o impacto da emoção no sistema motor em diferentes situações. O estudo conduzido por Duckworth, Bargh, Garcia e Chaiken (2002) concluiu que novos estímulos são avaliados automaticamente como positivos ou negativos. Esses resultados evidenciam que o cérebro categoriza e responde aos estímulos com base em associações emocionais pré-estabelecidas. Esse achado reforça a ideia de que a emoção pode ser um processo automático, moldando nossas respostas e ações de maneira rápida e sem controle consciente.

Corroborando com essa ideia, Van Dantzig, Pecher e Zwaan (2008) realizaram um experimento no qual os participantes deveriam categorizar palavras como emocionais ou neutras e, ao identificar palavras emocionais, aproximar o estímulo de si mesmos, enquanto as palavras neutras deveriam ser afastadas. Os resultados mostraram que as respostas a palavras emocionais foram mais rápidas quando o efeito motor (aproximação ou evitação) estava congruente com a valência do estímulo, sugerindo que as ações de aproximação/evitação são, de fato, definidas em termos de seus resultados emocionais (Van Dantzig; Pecher; Zwaan, 2008). Ou seja, esses achados reafirmam a ideia de que emoções de aproximação e evitação não são apenas respostas subjetivas, mas têm efeitos diretos e automáticos no comportamento motor.

Azevedo *et al.* (2005) investigaram como diferentes tipos de imagens, como cenas de mutilação (desagradáveis), objetos (neutras) e cenas de esporte (agradáveis), influenciam as respostas comportamentais. O estudo demonstrou que as imagens de mutilação desencadeiam uma resposta comportamental de congelamento nos indivíduos, associando essa reação a um mecanismo emocional de medo ou ameaça. A postura de congelamento observada foi

considerada uma resposta adaptativa, com o objetivo de minimizar a visibilidade do indivíduo diante de uma ameaça, reduzindo a probabilidade de ser detectado por um predador. Esse comportamento foi classificado como instintivo e automático, evidenciando que a emoção (neste caso, o medo) influencia diretamente as respostas motoras.

Por outro lado, Facchinetti *et al.* (2006) também investigaram o comportamento motor, mas, ao contrário do estudo de Azevedo *et al.* (2005), não se limitaram a uma resposta de congelamento. Este estudo utilizou estímulos com valências emocionais para analisar o impacto da aproximação a estímulos positivos e evitação de estímulos negativos no comportamento motor. Os resultados mostraram que ambas as respostas (aproximação e evitação) ocorreram de forma automática, destacando que as emoções, sejam positivas ou negativas, têm uma influência significativa no comportamento motor. Ambos os estudos defendem a ideia de que as emoções modulam as respostas motoras, sendo essa influência fundamental para a adaptação do organismo em situações de perigo ou recompensa.

Também em 2006, Pereira *et al.* utilizaram imagens com valências emocionais retiradas do *International Affective Picture System* (IAPS) para investigar os impactos desses estímulos no desempenho de uma tarefa motora simples. Os resultados indicaram que a exposição a imagens emocionais, tanto positivas quanto negativas, acelerou as respostas motoras em comparação com imagens neutras. Além disso, enquanto os efeitos eram mais intensos logo após a visualização, estímulos negativos mantiveram a influência sobre o desempenho por um período mais prolongado. Esses resultados evidenciam que, além da conexão entre ação e emoção, há também uma relação entre ação e preparação para o movimento.

Os estudos apresentados anteriormente empregavam protocolos poucos ecológicos, utilizando imagens de diferentes valências emocionais (agradáveis, desagradáveis e neutras) para verificar seu impacto sobre o sistema motor. A partir de 2010, houve uma mudança nesses protocolos, com a introdução de experimentos que permitiam observar o efeito da valência emocional de um objeto diretamente na interação motora.

Um exemplo disso é o estudo de De Oliveira *et al.* (2012), que, além de registrar a atividade neural por meio de EEG e a atividade muscular por meio de EMG, solicitou que os participantes interagissem fisicamente com objetos de diferentes valências emocionais, conforme ilustrado na Figura 4. Durante a tarefa, o participante segurava um cilindro com a mão esquerda, trazia-o para perto do peito, depois o recolocava no encaixe da bandeja e

retornava a mão à posição inicial. Ao final do movimento, o experimentador substituía o cilindro por um novo estímulo.

Figura 4 – Tarefa experimental realizada para avaliar a influência da valência emocional na execução motora



Fonte: De Oliveira et al. (2012, p. 5).

Dessa forma, o objetivo do estudo era avaliar se a valência emocional dos objetos influenciava a preparação e execução do movimento, analisando o tempo de reação, a força aplicada e os padrões de ativação neural antes do início da ação. Além da inclusão de um protocolo ecológico os autores observaram que a resposta do cérebro a estímulos emocionais varia conforme a valência do estímulo. Para estímulos agradáveis, as respostas motoras são mais automáticas e rápidas, devido ao uso de repertórios motores predefinidos. Em contrapartida, estímulos desagradáveis geram uma preparação maior do sistema motor, pois o cérebro precisa lidar com a discrepância entre a ação necessária e o desconforto que o estímulo provoca. (De oliveira *et al.*, 2012).

Confirmando esse achado, destaca-se o estudo de Nogueira-Campos *et al.* (2014), que investigou se a excitação corticospinal (CSE) é influenciada pela valência emocional de um estímulo. O procedimento experimental compartilha semelhanças com o de De Oliveira *et al.* (2012), mas apresenta um controle mais rigoroso das condições. Adicionalmente, foi utilizada a estimulação transcraniana magnética (EMT) para medir a excitabilidade corticospinal antes da execução da ação. Em consonância com os achados de De Oliveira *et al.* (2012), os resultados indicaram que a excitabilidade corticospinal aumentava consideravelmente antes da

interação com estímulos emocionais negativos, sugerindo uma ativação mais intensa do sistema motor, o que prepara o corpo para uma resposta rápida e potencialmente defensiva.

É importante ressaltar também o estudo de Esteves *et al.* (2016), nesse estudo, os participantes interagiram diretamente com estímulos de três valências emocionais, sendo relevante notar que a fonte da emoção estava vinculada ao objetivo da ação, reforçando a ideia de que a emoção impacta diretamente o planejamento motor. Os resultados obtidos sugeriram que a valência emocional dos estímulos influencia as características cinemáticas temporais, mas não espaciais, durante a execução de movimentos direcionados a um objetivo. Especificamente, os estímulos agradáveis resultaram em um aumento no tempo necessário para atingir o pico de velocidade ao trazer os estímulos em direção ao corpo, sugerindo maior facilidade na execução dessa tarefa em comparação com estímulos neutros e desagradáveis. Por outro lado, os estímulos desagradáveis prolongaram o tempo de movimento, embora o tempo para atingir o pico de velocidade fosse semelhante ao observado com estímulos neutros. Além disso, não foram observadas variações no comprimento da trajetória entre as diferentes valências emocionais. Esses resultados indicam que, enquanto a valência emocional afeta a dinâmica temporal dos movimentos, ela não altera suas características espaciais.

Com base nos estudos anteriores sobre a emoção e sua influência na ação e no planejamento motor, Nogueira-Campos *et al.* (2016) expandem a pesquisa, direcionando a investigação para os efeitos da valência emocional sobre o acoplamento percepção-ação. Neste estudo, foi utilizado um protocolo de observação da ação de preensão de objetos classificados como desagradáveis, neutros e agradáveis. Os resultados mostraram que a excitabilidade corticospinal (CSE) foi maior ao observar a ação de preensão voltada para objetos desagradáveis, em comparação com os objetos agradáveis. Essas constatações sugerem que a valência emocional do objeto observado modula de maneira específica o sistema motor durante a visualização da ação de preensão. Para finalizar, os autores destacam que "a influência privilegiada da valência sobre a excitação corticospinal (CSE) pode refletir a capacidade do sistema motor de prever as consequências de ações em contextos interativos emocionais" (Nogueira-campos et al., 2016, p. 8).

Essa citação reforça a ideia de que a valência emocional não apenas influencia a execução da ação, mas também está profundamente conectada à predição da ação, antecipando as respostas motoras conforme o contexto emocional do estímulo observado. Nesse sentido, Saunier *et al.* (2023) investigaram como objetos emocionais afetam o processamento da

predição de ação. Os participantes do estudo observavam uma ação de apreensão de diferentes objetos e, em seguida, eram solicitados a estimar o momento do contato entre a mão e o objeto, pressionando a barra de espaço. Para a análise dos resultados, foram comparadas as estimativas do tempo de contato mão-objeto, e os dados indicaram que os participantes anteciparam significativamente o toque em objetos de valência negativa, em comparação com os objetos de valência positiva e neutra. Isso sugere que a valência emocional exerce um efeito modulador na predição da ação. Contudo, essas evidências são de natureza comportamental, o que torna necessário a existência de estudos neurofisiológicos para compreender melhor a dinâmica temporal da predição da ação em um contexto emocional.

3 JUSTIFICATIVA E HIPOTÉSES

Estudos anteriores têm demonstrado que a valência emocional atribuída a objetos exerce um efeito modulador sobre o sistema motor, tanto durante a execução quanto na observação de ações dirigidas a esses objetos (De oliveira *et al.*, 2012; Nogueira-campos *et al.*, 2014; Esteves *et al.*, 2016; Nogueira-campos *et al.*, 2016). Evidências mais recentes sugerem que esse efeito se estende também aos mecanismos preditivos, responsáveis por antecipar as consequências sensoriais das ações observadas (Saunier *et al.*, 2023). Apesar desses avanços, ainda são escassas as investigações que examinam de forma direta a influência da valência emocional dos objetos sobre a predição da ação a partir de medidas neurofisiológicas. A utilização de registros de EEG permite acessar com alta resolução temporal os correlatos neurais associados à representação e antecipação da ação, representando uma ferramenta promissora para aprofundar a compreensão dos processos envolvidos.

Diante disso, este estudo propõe a realização de um experimento utilizando estímulos por meios de vídeos de ações dirigidas a objetos com diferentes valências emocionais (agradável, neutra e desagradável), buscando avaliar como essas valências modulam as representações motoras durante uma tarefa de predição da ação. Os participantes observaram vídeos de ações e realizaram uma tarefa preditiva a partir da observação de movimentos dirigidos aos objetos emocionais, enquanto seus sinais eletroencefalográficos eram registrados. A hipótese central deste estudo é que a valência emocional dos objetos modula diferentemente os potenciais eletroencefalográficos relacionados à predição da ação. Espera-se que objetos com valência agradável, neutra ou desagradável eliciem padrões distintos de atividade neural durante a tarefa preditiva. A hipótese nula considera que não haverá modulação significativa nos potenciais eletroencefalográficos em função da valência dos objetos. A confirmação da

hipótese alternativa poderá contribuir para o avanço dos modelos teóricos sobre percepção, predição e ação, bem como fundamentar aplicações em contextos clínicos e de reabilitação.

3.1 Problema

Como a valência de objetos emocionais modula a predição de ações dirigidas a esses objetos?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

- Investigar o efeito da valência emocional de objetos sobre a predição da ação.
- Comparar as respostas comportamentais (erro constante e erro variável) entre tarefas de predição da ação e de tempo de reação simples, em função da valência emocional dos objetos.
- Analisar os correlatos eletroencefalográficos (RMS, slope e análise temporal por bins) associados à predição da ação, verificando sua modulação pela valência emocional dos objetos.
- Verificar as diferenças entre regiões corticais (centrais e parietais) na atividade electrocortical durante a predição da ação dirigida a objetos emocionais.

5. METODOLOGIA

5.1 Delineamento do estudo

A pesquisa é do tipo transversal, observacional e descritiva, com análise quantitativa. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFPA - Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará, sob o número CAAE: 76371023.3.0000.0018 e número de parecer 6.630.687.

5.2 Participantes

A amostra foi composta por 11 participantes adultos, com média de idade de 26,89 anos ($\pm 2,64$). Contudo, apenas 9 participantes compuseram a amostra final, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Um dos voluntários foi excluído por ter realizado o experimento em período de teste, ocasião em que a tarefa ainda não continha a pergunta de

atenção utilizada como controle. Outro participante foi excluído devido à perda de sinal durante a aquisição eletroencefalográfica, o que inviabilizou a análise dos seus dados.

Estabelecemos os seguintes critérios de inclusão dos participantes: ter visão normal ou corrigida; não apresentar comprometimentos neurológicos; ser destro, conforme o *Handedness Questionnaire* (Oldfield, 1971 – Anexo III); e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – Anexo II). A ausência de comprometimentos neurológicos foi verificada por meio de um questionário de triagem preenchido previamente de forma remota pelos participantes, no qual relataram não possuir histórico de doenças neurológicas, uso de medicações psicoativas, episódios significativos como convulsões ou traumatismo craniano, além de informações sobre visão, qualidade do sono e consumo recente de substâncias. Adicionalmente, foi realizada uma breve entrevista antes do início do experimento para confirmar essas informações.

Os critérios de não inclusão foram: uso atual de medicações que afetam o sistema nervoso central; histórico de doenças neurológicas ou psiquiátricas; e noites de sono insuficientes (< 6 horas) na véspera do experimento.

5.3 Local de pesquisa

A coleta de dados foi realizada no laboratório de neurologia tropical localizado no Núcleo de Medicina Tropical (NMT) da Universidade Federal do Pará (Av. Generalíssimo Deodoro, 01 - Umarizal, Belém - PA, 66050-160).

5.4 Seleção dos Vídeos emocionais e estímulos

A seleção dos vídeos, objetos e categorias emocionais foi baseada nos resultados do estudo de Azevedo *et al.* (2021) e Saunier *et al.*, (2023). As categorias foram divididas em objetos agradáveis, desagradáveis e neutros e foram selecionados cinco vídeos de objetos diferentes em cada valência. Após a finalização do experimento, cada participante preencheu a escala SAM (Figura 5), utilizada para avaliar a valência e alerta dos objetos apresentados.

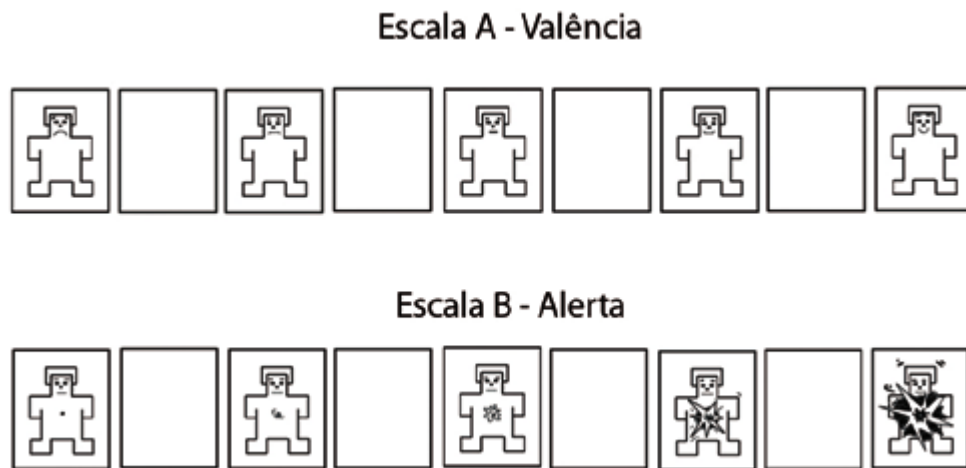
Tabela 1 – Objetos apresentados nos vídeos do experimento, classificados por valência emocional

Objetos	Agradável	Desagradável	Neutro
1	Bolo	Banana podre	Caneta

2	Brigadeiro	Bombril	Caixa
3	Cartão	Pão com mosca	Cotonete
4	Dinheiro	Pé de galinha	Esparadrapo
5	Prestígio	Rato	Cubo

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 5 – Escalas SAM para avaliação de valência (escala A) e alerta (escala B)



Fonte: Adaptado de Azevedo *et al.* (2021).

Os estímulos consistiam em vídeos de um movimento de alcance e apreensão (mão direita) dirigido a objetos agradáveis (AGR), desagradáveis (DES) ou neutros (NEU) em vista sagital, exibidos na tela do computador (19"; 1920 x 1080; 60Hz) ou vídeo da mão parada e do objeto emocional. Utilizando o software livre Shotcut, foi inserida uma cruz de fixação em cada vídeo, podendo ser vermelha ou verde. A cruz vermelha indicava ao participante que não haveria movimento de alcance e apreensão do objeto naquele vídeo. Por outro lado, a cruz verde sinalizava que haveria a ação de alcance e apreensão do objeto.

Ao final do experimento, foi realizada a avaliação subjetiva da valência e do nível de alerta dos objetos apresentados. Para isso, utilizou-se um script desenvolvido no software PsychoPy, no qual o participante avaliava cada objeto utilizando a escala SAM (Self-Assessment Manikin), atribuindo notas de 1 a 9 para duas dimensões: valência emocional e nível de alerta.

5.5 Procedimento

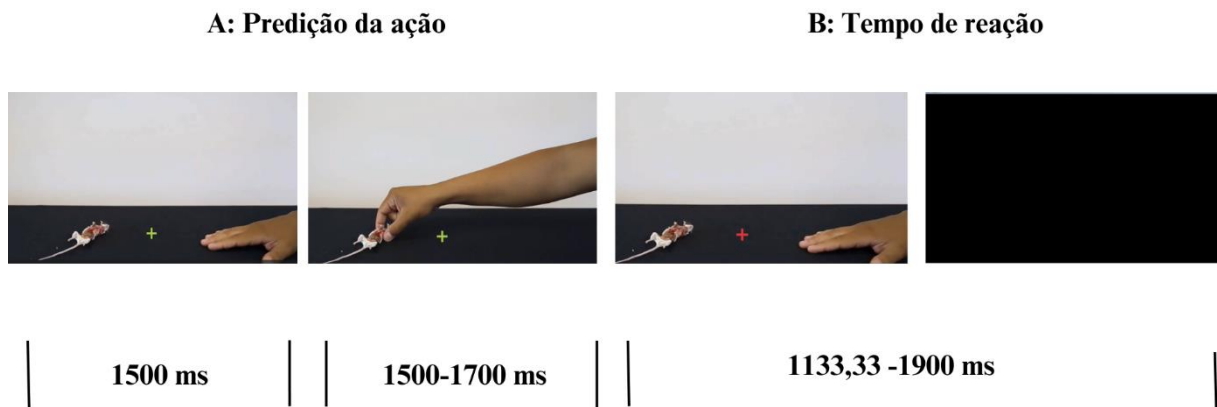
O participante foi acomodado confortavelmente em uma sala com baixa iluminação, posicionado a aproximadamente 70 cm de distância de uma tela de computador (19"; 1920 × 1080; 60 Hz). Os eletrodos do eletroencefalograma foram acoplados ao couro cabeludo seguindo o sistema internacional 10-10. Em seguida, o participante foi instruído a observar atentamente os vídeos e responder as duas tarefas propostas: 1. Na tarefa de predição, o participante previa o tempo de entre a mão e o objeto, pressionando a barra de espaço do teclado; 2. Na tarefa de tempo de reação simples, apertar a barra de espaço após o aparecimento de uma tela preta.

Cinco vídeos foram apresentados randomicamente 10 vezes em cada valência (agradável, desagradável e neutro) e em duas condições: Predição (vídeo de alcance-preensão do objeto) e tempo de reação simples (vídeo da mão estática com o objeto, antecedendo o aparecimento de uma tela preta). Cada repetição iniciou com uma cruz de fixação no centro da tela por uma duração de 1000 ms antes do vídeo. Em seguida, o vídeo iniciou com a mão e objeto estáticos por um período de 1000 ms com uma cruz de fixação de cor verde ou vermelha.

Quando a cor da cruz de fixação era verde, indicava ao participante que após um período curto observaria o início do movimento dirigido ao objeto, esse intervalo de tempo foi de 1500 ms e em seguida era realizado o movimento de alcance-preensão do objeto com uma duração aproximada de 1500-1700 ms como exemplificado na Figura 6. No caso da cruz de fixação de cor vermelha, isso indicava para o participante que não haveria movimento de alcance-preensão do objeto mas teria a manutenção da mão estática na cena visual até o aparecimento de uma tela preta. O aparecimento da tela preta foi randomizado e podia ocorrer dentro de um intervalo temporal indo de 1133,33 ms até 1900 ms. Essa randomização impede a possibilidade de prever o momento do aparecimento da tela preta.

Na condição de predição, o participante devia prever o momento de contato entre a mão e o objeto, pressionando a barra de espaço para registrar sua resposta. Já na condição de tempo de reação simples, o participante devia pressionar a barra de espaço o mais rapidamente possível após o desaparecimento da cena visual e o aparecimento de uma tela preta, como exemplificado na Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de vídeo com objeto de valência desagradável (rato)



Legenda: (A) A cruz verde sinaliza o início do movimento, que ocorre após 1500 ms e se estende até 1900 ms, correspondendo à tarefa de predição da ação. (B) A cruz vermelha indica que não haverá movimento; o participante deve pressionar a tecla assim que a cena desaparecer, correspondendo à tarefa de tempo de reação.

Fonte: Elaboração própria.

Com intuito de verificar a atenção do participante, foi introduzido uma pergunta no decorrer de cada bloco durante a realização da tarefa. A pergunta consistia em nomear o objeto após visualização do vídeo (Que objeto apareceu no vídeo anterior?).

O experimento iniciou com uma sessão de treinamento, na qual os participantes assistiram a vídeos que não serão utilizados na sessão experimental, com o objetivo de familiarizá-los com a tarefa. Em seguida, os participantes realizarão três blocos experimentais, cada um contendo 100 tentativas (50 de predição e 50 de tempo de reação simples). Os blocos foram classificados de acordo com a valência dos estímulos apresentados, podendo ser agradável, neutra ou desagradável. A ordem de apresentação dos blocos foi randomizada entre os participantes para evitar efeitos de ordem. A apresentação dos vídeos na tela do computador foi controlada pelo *Psychopy* (*Open Science Tools Ltd.*). A duração total do experimento com a colocação e retirada dos eletrodos foi de aproximadamente 120 minutos.

Após o registro eletroencefalográfico, foi aplicada a escala SAM para avaliar a resposta emocional dos participantes. Para isso, utilizou-se o software *Psychopy*, foi apresentada uma imagem da mão estática antes de interagir com o objeto emocional, e os participantes deveriam indicar a valência emocional percebida, atribuindo um valor de 1 a 9, conforme exemplificado na Figura 5.

5.6 Análise de dados Comportamentais

Os dados comportamentais foram extraídos por meio do software PsychoPy, com o objetivo de investigar a precisão da predição da ação e do tempo de reação simples em função de diferentes valências emocionais de objetos diferentes condições experimentais.

Foram extraídas duas medidas principais: o erro de predição, definido como a diferença, em milissegundos, entre o tempo de resposta do participante e o tempo real de contato entre a mão e o objeto; e o tempo de reação simples, calculado como o intervalo entre o aparecimento da tela preta e a resposta emitida. Esses dados foram organizados por tipo de tarefa e por categoria de valência emocional dos objetos (agradável, neutro e desagradável), a fim de possibilitar comparações dentro dos mesmos sujeitos ao longo das diferentes condições. Calculamos o erro constante que corresponde a média dos erros de predição dos participantes assim como o erro variável que corresponde a média dos desvios-padrões dos participantes.

As respostas às perguntas de controle atencional, apresentadas ao final de cada bloco experimental, foram organizadas em uma planilha no Excel, em que cada tentativa foi classificada como correta (valor 1) ou incorreta (valor 0), conforme gabarito previamente definido. A partir dessas respostas, foi calculada a porcentagem de acertos por participante. Com base em estudos que sugerem uma taxa aceitável de erro atencional de até 15% (Curran, 2016; Oppenheimer; Meyvis; Davidson, 2009), foram incluídos na análise apenas os participantes que apresentaram pelo menos 85% de acertos nas perguntas de controle.

Já análise da escala SAM utilizou os mesmos objetos que foram apresentados a todos os participantes, e os escores atribuídos, variando de 1 (extremamente desagradável) a 9 (extremamente agradável), foram organizados conforme a categoria de estímulo (agradável, neutro e desagradável). Esses dados foram utilizados para verificar se a manipulação da valência emocional dos objetos foi percebida de maneira consistente entre os participantes.

5.7 Registro, processamento e análise do sinal eletroencefalográfico

5.7.1 Registro eletroencefalográfico

A atividade do EEG foi registrada utilizando um amplificador de 32 canais (Brainamp – Brain Products) com eletrodos ativos do tipo Ag-AgCl (actiCAP, Brain Products, Munique, Alemanha), posicionados de acordo com o sistema internacional 10-10. Os dados foram adquiridos a uma frequência de 500 Hz com o eletrodo FCz como referência. As impedâncias

dos eletrodos foram mantidas abaixo de 15 k Ω . Os sinais foram armazenados para ser processados *off-line* no ambiente MATLAB (MathWorks, Natick, MA) com a rotina EEGLab (Delorme e Makeig, 2004). Os estímulos foram sincronizados aos registros EEG por meio de três *triggers* enviados pelo software de apresentação experimental. O primeiro trigger marcava o aparecimento da pista visual (cruz verde: tarefa de predição ou cruz vermelha: tarefa de tempo de reação simples), o segundo trigger marcava o início do vídeo enquanto o terceiro trigger marcava a resposta do participante após apertar a tecla de espaço.

5.7.2 Processamento do sinal EEG

O processamento do sinal EEG foi realizado em etapas sucessivas. Inicialmente, aplicou-se um filtro *notch* entre 58 Hz e 62 Hz para remoção de ruído da rede elétrica. Em seguida, os sinais foram submetidos a filtragem passa-faixa entre 1 Hz e 30 Hz. Foi então realizada a inspeção visual e automática do sinal com exclusão dos canais ruidosos ou com má condutividade. Em seguida, os dados foram re-referenciados a partir da média dos eletrodos do couro cabeludo.

A seguir, aplicou-se uma Análise de Componentes Independentes (ICA) para identificação e remoção de artefatos fisiológicos, como movimentos oculares e atividade muscular. Posteriormente, os dados foram segmentados conforme as condições experimentais: Condição de antecipação: extraiu-se uma janela temporal de -200 ms a 1000 ms a partir do momento em que o estímulo (cruz verde ou cruz vermelha) era apresentado, sendo aplicada a correção de *baseline* com o intervalo de -200 a 0 ms; Condição de resposta: extraiu-se uma janela de -800 ms a +200 ms após a resposta do participante (pressão da barra de espaço), com *baseline* ajustado entre -800 e -600 ms.

Ao final do processamento, os eletrodos previamente excluídos foram interpolados para preservar a topografia espacial dos dados.

5.7.3 Análise do sinal

Após a realização do experimento, foram aplicados critérios específicos para a inclusão dos dados na análise. Foram considerados apenas os registros que apresentaram boa qualidade de sinal, com impedâncias abaixo de 15 k Ω em todos os eletrodos durante a aquisição. Além disso, apenas os segmentos isentos de contaminação por artefatos fisiológicos, como movimentos oculares, contrações musculares e ruído elétrico foram mantidos após o pré-processamento. Registros com falhas técnicas, excesso de artefatos ou inconsistências na

execução da tarefa foram excluídos da análise final.

A análise dos potenciais evocados foi restrita a duas regiões de interesse, central e parietal, por refletirem a atividade do sistema sensório-motor e da rede cortical percepção-ação. Para os eletrodos C3, Cz, C4, P3, Pz e P4, nas diferentes condições experimentais, utilizou-se uma rotina própria desenvolvida no software MATLAB com o objetivo de extrair os valores de amplitude do sinal, por meio da medida *Root Mean Square* (RMS), bem como os valores de regressões lineares do sinal em intervalos temporais previamente definidos. Na condição de antecipação, considerou-se o intervalo entre 300 ms e 900 ms após o aparecimento da pista visual; na condição de resposta, adotou-se o intervalo de -500 ms a -150 ms antes da resposta do participante. Adicionalmente, uma segunda rotina foi utilizada para comparar, em janelas temporais (bins) de 20 ms, os potenciais evocados associados aos objetos agradáveis e desagradáveis durante os períodos de antecipação e de resposta.

5.8 Análise estatística

5.8.1 Dados comportamentais

Para as diferentes análises estatísticas, recorreremos ao software livre JASP. Para os dados das escalas SAM (valência e alerta), utilizemos uma ANOVA com o fator de valência: agradável, desagradável e neutro. O nível de significância foi fixado a $p < 0,05$ e um post-hoc de Tukey foi utilizado em caso de significância.

As medidas de erro de predição e tempo de reação simples foram submetidas a uma ANOVA de medidas repetidas com os fatores seguintes: condição (predição e tempo de reação) e valência (agradável, desagradável e neutro). O nível de significância foi fixado a $p < 0,05$ e um post-hoc de Holm foi utilizado em caso de significância. As respostas de controle atencional foram convertidas em proporções de acertos por participante e analisadas de forma descritiva, sendo utilizadas apenas como critério de inclusão e não submetidas a testes inferenciais.

5.8.2 Dados de EEG

Para a análise estatística dos dados de RMS e de regressão linear, foi empregada uma ANOVA de medidas repetidas com os seguintes fatores: condição (antecipação e resposta); valência (agradável, desagradável e neutro); pista visual (predição e tempo de reação simples); região cortical (central e parietal) e eletrodos (3, z e 4). A fim de controlar o erro do tipo I devido à realização de múltiplas comparações entre os seis eletrodos, os valores de p foram

corrigidos dentro do próprio JASP. O nível de significância foi fixado a $p < 0,05$ e um post-hoc de Holm foi utilizado em caso de significância.

Para a análise de bins temporais de 20 ms, utilizemos um teste-t comparando as curvas dos potenciais evocados para os contrastes seguintes: agradável predição vs. Desagradável predição; agradável predição vs. Agradável tempo de reação; agradável tempo de reação vs. Desagradável tempo de reação; desagradável predição vs. Desagradável tempo de reação. Realizemos essa análise para a condição antecipação e para a condição resposta. Quando 10 pontos sucessivos (os quais correspondem a um bin temporal de 20 ms com uma frequência de aquisição de 500 Hz) das curvas dos dois potenciais evocados apresentam diferenças significantes ($p < 0,05$) então esses bins temporais são considerados como diferentes. Essa análise complementar permitiu investigar a dinâmica temporal dos potenciais evocados relacionados à valência emocional dos estímulos e à natureza da tarefa observada, oferecendo um mapeamento mais refinado dos efeitos dinâmicos envolvidos na predição e execução de ações dirigidas a objetos emocionais.

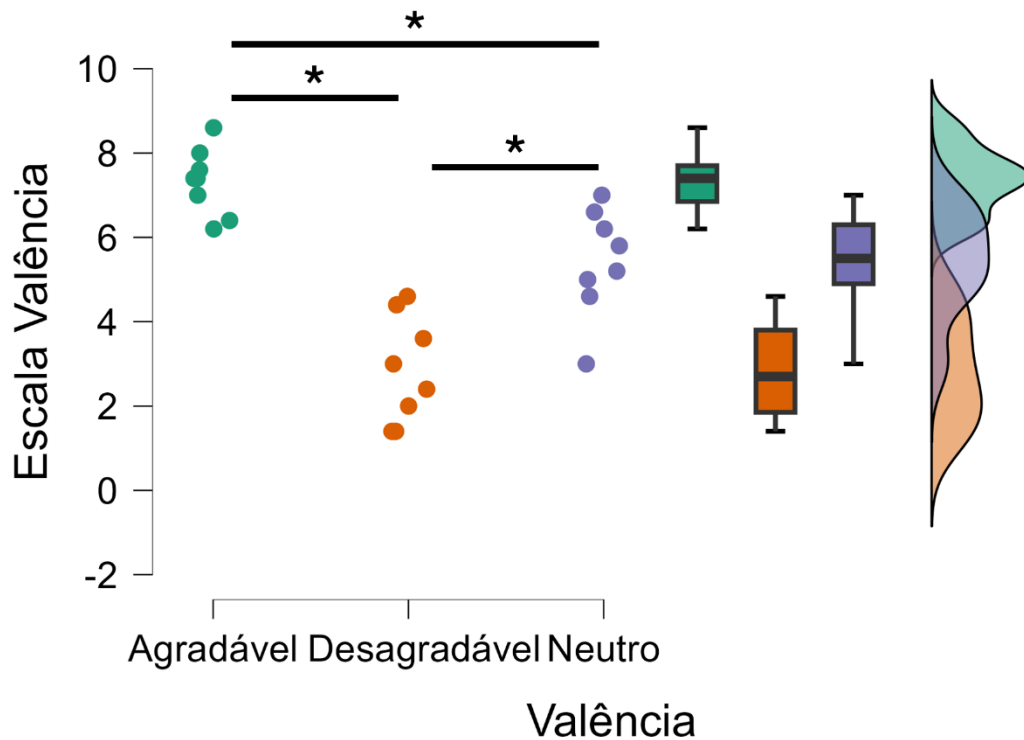
6. RESULTADOS

6.1 Resultados comportamentais

6.1.1 Escala

A análise da dimensão valência revelou uma diferença significativa entre as diferentes valências ($F(2, 21) = 31,42$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,750$), indicando que os participantes diferenciaram consistentemente os estímulos quanto à carga afetiva atribuída. A média dos escores foi maior para os estímulos classificados como agradáveis ($M = 7,33 \pm 0,79$), seguidos pelos neutros ($M = 5,43 \pm 1,28$), e menores para os desagradáveis ($M = 2,85 \pm 1,26$). Os testes post-hoc de Tukey confirmaram que todas as comparações entre as condições foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$). Como evidenciado na Figura 7.

Figura 7 – Distribuição dos escores de valência emocional atribuídos aos estímulos

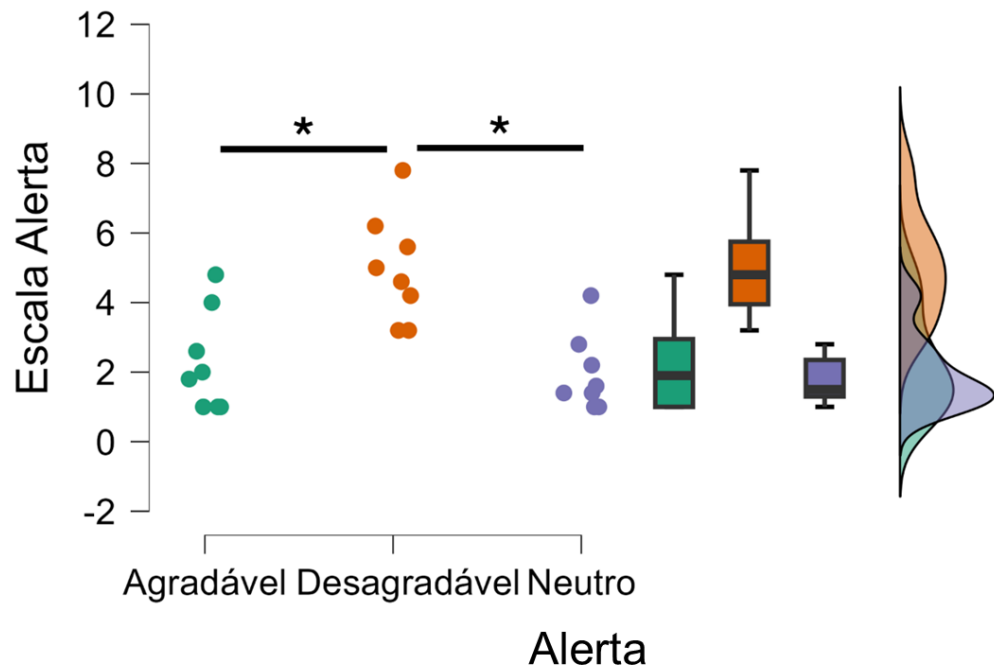


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Raincloud plot representando as avaliações dos participantes quanto à valência dos estímulos (agradável, neutro e desagradável). O eixo Y indica os escores individuais de valência, variando de 1 (muito desagradável) a 9 (muito agradável). As caixas indicam os quartis, os pontos representam os escores individuais e as curvas de densidade expressam a distribuição dos dados.

Quanto à dimensão alerta, também foi identificado um efeito principal significativo da valência emocional ($F(2, 21) = 11,603$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,581$). Os estímulos desagradáveis foram os que evocaram maior nível de alerta percebido ($M = 6,95 \pm 1,27$), quando comparado aos objetos agradáveis ($M = 5,66 \pm 1,57$; $p = 0,002$) e neutros ($M = 4,33 \pm 1,34$; $p < 0,001$). Não foi observado diferenças no nível de alerta evocado pelos objetos agradáveis e neutros ($p = 0,885$). Pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Distribuição dos escores de ativação (nível de alerta) atribuídos aos estímulos.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Raincloud plot apresentando as avaliações dos participantes quanto ao nível de alerta para os estímulos agradáveis, neutros e desagradáveis. O eixo Y indica os escores individuais de ativação, variando de 1 (baixa ativação) a 9 (alta ativação). Observam-se as distribuições individuais e medidas de tendência central.

Esses resultados demonstram que os estímulos foram eficazes na indução de diferentes estados emocionais e atencionais, com distinções consistentes nas avaliações de valência e alerta. Tal validação é fundamental para assegurar que os efeitos eletrofisiológicos observados ao longo do experimento estejam de fato associados às características emocionais manipuladas.

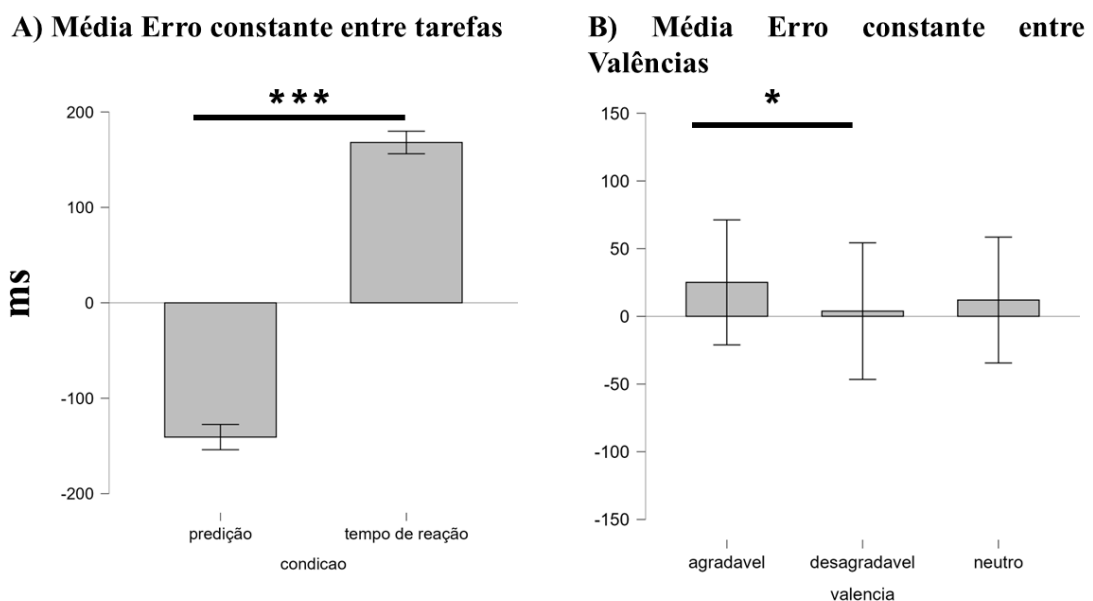
6.1.2 Erro de predição e tempo de reação simples

Todos os participantes incluídos na análise final atingiram o critério mínimo de 85% de acertos nas perguntas de controle atencional, as quais foram apresentadas de forma randomizada no meio de cada bloco experimental. Dessa forma, nenhum participante foi excluído com base nesse critério.

6.1.2.1 Erro constante

Como esperado, a ANOVA aplicada ao erro constante revelou um efeito significativo da condição experimental ($F(1, 8) = 112,648$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,934$). Os participantes anteciparam o tempo de contato mão-objeto durante a tarefa de predição da ação ($-140,74 \pm 79,97$ ms) em comparação à tarefa de tempo de reação simples ($168,06 \pm 47,16$ ms), conforme evidenciado na Figura 9A. Além disso, houve um efeito significativo da valência dos objetos ($F(2, 16) = 5,28$, $p = 0,017$, $\eta^2_p = 0,398$), sendo observadas respostas mais antecipadas para objetos desagradáveis ($25,08 \pm 54,41$ ms) do que para objetos agradáveis ($3,88 \pm 51,66$ ms) e dos neutros ($12,03 \pm 38,42$) como ilustrado na Figura 9B. Também foi observada uma tendência de interação entre condição e valência ($F(2, 16) = 3,476$, $p = 0,056$, $\eta^2_p = 0,303$).

Figura 9 – Médias do erro constante (ms) nas condições de predição da ação e tempo de reação simples (A) e por valência emocional dos objetos (B)



Legenda: No gráfico B, os valores representam a média geral entre as duas tarefas. Valores negativos indicam antecipação da ação. Barras de erro representam o erro padrão da média.

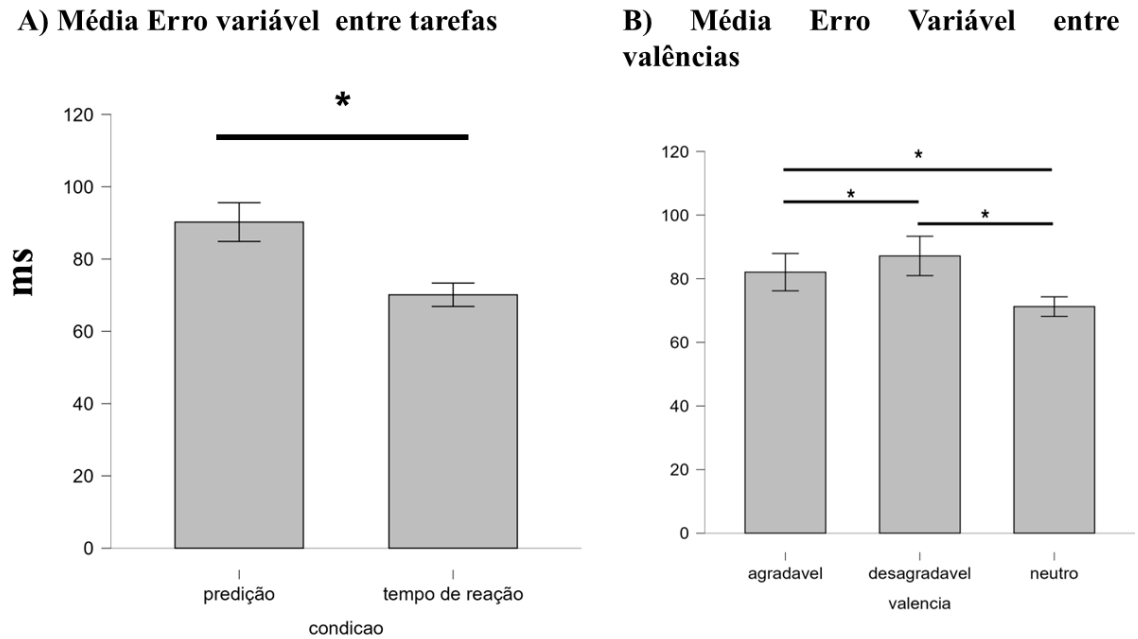
Fonte: Dados da pesquisa

6.1.2.2 Erro variável

Quanto ao erro variável, os participantes apresentaram um efeito significativo da tarefa sobre a variabilidade das respostas ($F(1, 8) = 8,671$, $p = 0,019$, $\eta^2_p = 0,520$). De fato, a variabilidade aumentou durante a predição da ação ($93,45 \pm 17,71$ ms) quando comparada ao tempo de reação simples ($70,11 \pm 13,64$ ms). A valência dos objetos também interferiu na variabilidade das respostas ($F(2, 16) = 12,069$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,601$). Os voluntários apresentaram menor variabilidade para os objetos neutros ($71,24 \pm 11,87$ ms) quando comparados aos objetos agradáveis ($82,08 \pm 17,45$ ms; $p = 0,033$) e desagradáveis ($87,17 \pm 13,45$ ms; $p = 0,010$). Conforme ilustrado na Figura 10. Observou-se ainda uma interação entre a tarefa e a valência ($F(2, 16) = 5,768$, $p = 0,013$, $\eta^2_p = 0,419$), conforme ilustrado na Figura 11.

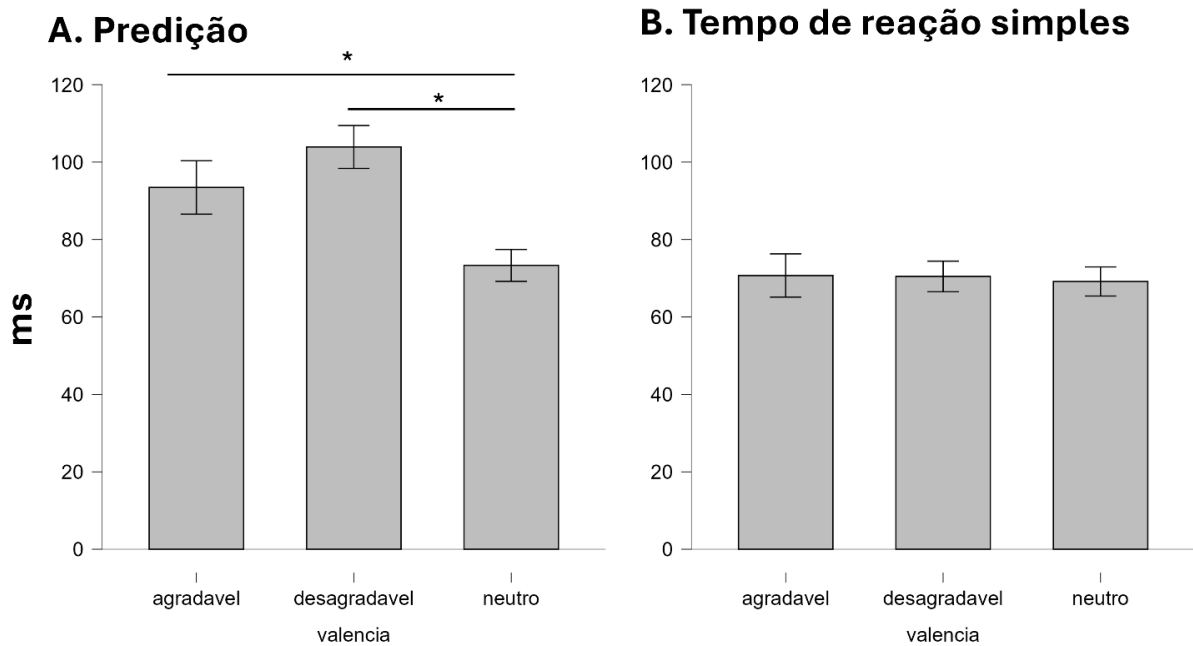
Na condição de predição da ação, os voluntários apresentaram menor variabilidade para os objetos neutros ($73,32 \pm 11,15$ ms) em comparação aos objetos agradáveis ($93,45 \pm 17,71$ ms; $p = 0,041$) e desagradáveis ($103,90 \pm 15,58$ ms; $p = 0,011$). Além disso, houve aumento da variabilidade na predição da ação em comparação ao tempo de reação simples especificamente para os objetos desagradáveis ($p = 0,003$). Por fim, a variabilidade do tempo de reação simples não diferiu em função da valência ($p > 0,05$).

Figura 10 – Médias do erro variável nas condições de predição e tempo de reação. (A) Comparação entre tarefas. (B) Comparação entre valências emocionais. Barras de erro representam o erro padrão.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 11 – Médias da variabilidade das respostas (erro variável em ms) nas tarefas de predição (à esquerda) tempo de reação (à direita), conforme a valência emocional dos objetos. Asteriscos indicam diferenças estatisticamente significativas.



Fonte: Dados da pesquisa

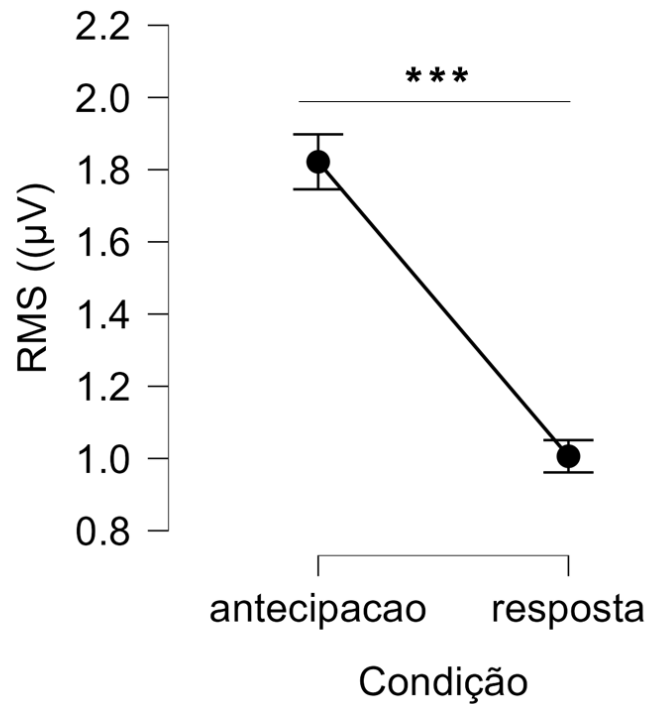
6.3 Resultados EEG

6.3.1 Amplitude (RMS)

A amplitude média do sinal (RMS) foi investigada através de uma ANOVA de medidas repetidas com os seguintes fatores: condição (antecipação e resposta), valência emocional dos objetos (agradável, desagradável, neutro), da pista visual (predição da ação: Go e tempo de reação simples: NoGo), das regiões corticais (central e parietal) e dos eletrodos (3, z e 4).

A análise revelou um efeito principal significativo da condição, ou seja, tipos de tarefas ($F(1,7) = 16.45$, $p = 0.005$, $\eta^2 = 0.701$). Em que o período antecedendo o início do vídeo apresentou valores de RMS maiores ($M = 1,82 \pm 0,77 \mu V$) em comparação com a resposta ($M = 1,01 \pm 0,35 \mu V$). Este efeito está ilustrado na Figura 12, que apresenta os valores médios de RMS por condição.

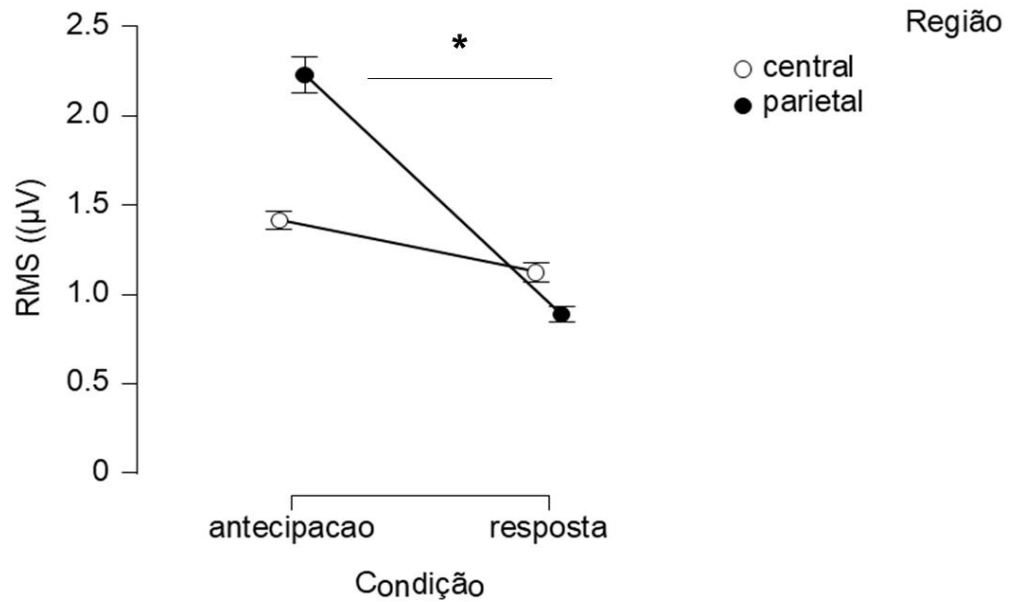
Figura 12 – Valores médios de RMS por condição experimental, colapsados por eletrodo e região. Observa-se maior valor de RMS na fase de antecipação em comparação à de resposta ($p = 0.005$, $\eta^2 = 0.701$).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Outro destaque foi na interação entre condição e região cortical ($F(1,7) = 11,34$, $p = 0,012$, $\eta^2_p = 0,618$). Observamos que, para a região parietal, os valores de RMS foram significativamente maiores durante o período de antecipação em comparação à condição de resposta (diferença média = $1,34 \mu V$; $p = 0,022$). Essa diferença não ocorreu na região central (diferença média = $0,29 \mu V$; $p = 0,248$), sugerindo uma participação preponderante do córtex parietal no período de antecipação (Figura 13).

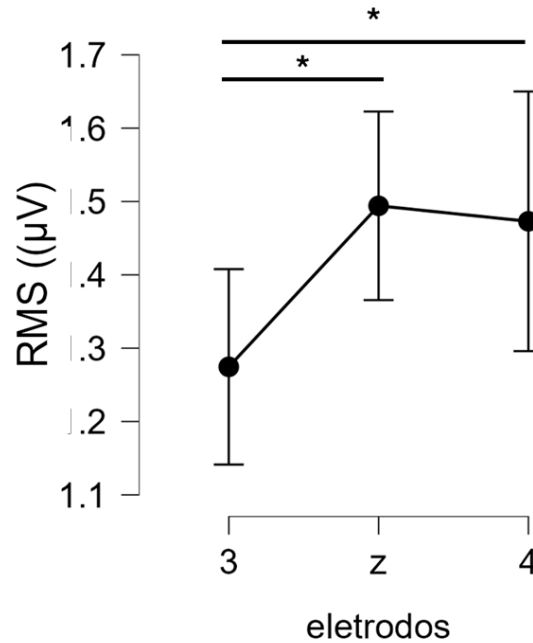
Figura 13 – Valores médios de RMS por condição experimental e região cortical (central e parietal).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Um efeito de eletrodos sobre os valores de RMS ($F(2,14) = 8,74$, $p = 0,003$, $\eta_p^2 = 0,555$) foi observado. Os valores médios de RMS foram mais elevados nos eletrodos centrais (linha média, $z: 1,49 \pm 0,19 \mu V$) e nos eletrodos do hemisfério direito (4: $1,47 \pm 0,20 \mu V$) quando comparado aos valores de RMS do hemisfério esquerdo (3: $1,27 \pm 0,18 \mu V$).

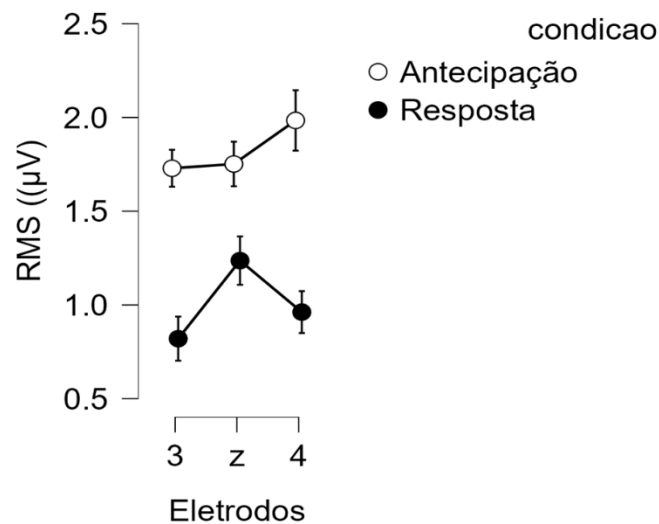
Figura 14 – RMS médio (μV) por eletrodo (3, z, 4). Pontos = média; barras = EP. RMS maior em z e 4 vs. 3 ($p < 0,05$).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A interação entre condição e eletrodo também foi significativa ($F(2,14) = 8,32$, $p = 0,004$, $\eta^2_p = 0,543$). A fase de antecipação apresentou valores de RMS maiores nos hemisférios esquerdo (eletrodos 3: $1,73 \pm 0,26 \mu\text{V}$) e direito (eletrodos 4: $1,98 \pm 0,31 \mu\text{V}$) quando comparado aos valores de RMS na fase de resposta. (3: $0,82 \pm 0,12 \mu\text{V}$; 4: $0,96 \pm 0,10 \mu\text{V}$). Essa diferença entre fase e valor de RMS não ocorreu na região central (eletrodos z: $1,75 \pm 0,26 \mu\text{V}$ vs. $1,24 \pm 0,17 \mu\text{V}$).

Figura 15 – Valores médios da amplitude do sinal (RMS) nos eletrodos centrais e parietais nas condições de antecipação e resposta

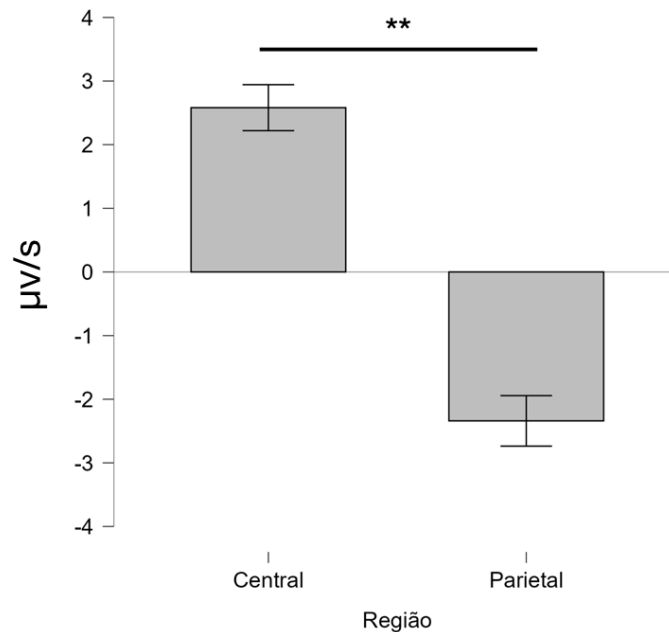


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

6.3.2 Rampa (SLOPE)

A análise da inclinação do sinal revelou um efeito principal significativo de região ($F(1,7)=19,54$, $p=0,003$, $\eta^2_p=0,736$). Observamos uma rampa positiva na região central ($+2,58$ $\mu\text{V/s}$; $\text{SE} = 0,65$) e negativa na parietal ($-2,34$ $\mu\text{V/s}$; $\text{SE} = 1,02$) (Figura 16). O post hoc (Holm) confirmou Central > Parietal (diferença média = $4,92$ $\mu\text{V/s}$, $\text{SE} = 1,11$ $\mu\text{V/s}$, $t(7)=4,42$, $p(\text{holm})=0,003$, $d=1,38$).

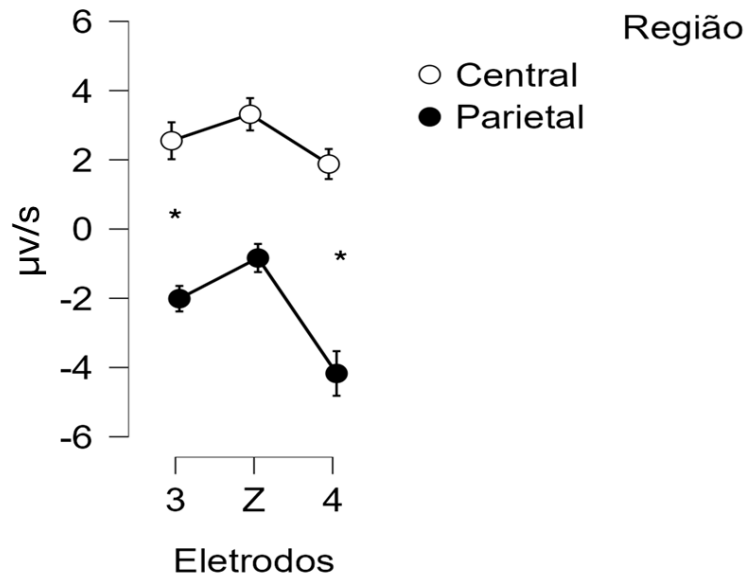
Figura 16 – Médias marginais do *slope* ($\mu\text{V/s}$) por região, colapsadas sobre condição, valência e eletrodos: Central = $+2,58$ (SE $0,65$); Parietal = $-2,34$ (SE $1,02$). ** indica Central > Parietal ($p_{\text{holm}} = 0,003$).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Além disso uma interação entre eletrodo e região obteve significância ($F(2,14)=6,718$, $p=0,009$, $\eta^2_p=0,490$). Observamos que os eletrodos parietais, P3 e P4, apresentaram uma negatividade pronunciada (P3: $-2,01 \pm 2,16 \mu\text{V/s}$; P4: $-4,17 \pm 4,26 \mu\text{V/s}$), enquanto os eletrodos centrais, C3 e C4 respectivamente, apresentaram uma positividade (C3: $+2,55 \pm 2,41 \mu\text{V/s}$; C4: $+1,88 \pm 1,85 \mu\text{V/s}$). Essa diferença na inclinação da rampa não ocorreu na região central entre o eletrodo Pz e o eletrodo Cz (Pz: $-0,84 \pm 3,20 \mu\text{V/s}$; Cz: $+3,32 \pm 2,43 \mu\text{V/s}$).

Figura 17 – *Slope* ($\mu\text{V/s}$) por eletrodo/região; barras = média, traços = DP. Pares laterais significativos: C3 > P3 ($p=0,043$), C4 > P4 ($p=0,034$); Cz vs. Pz n.s. ($p=0,057$).



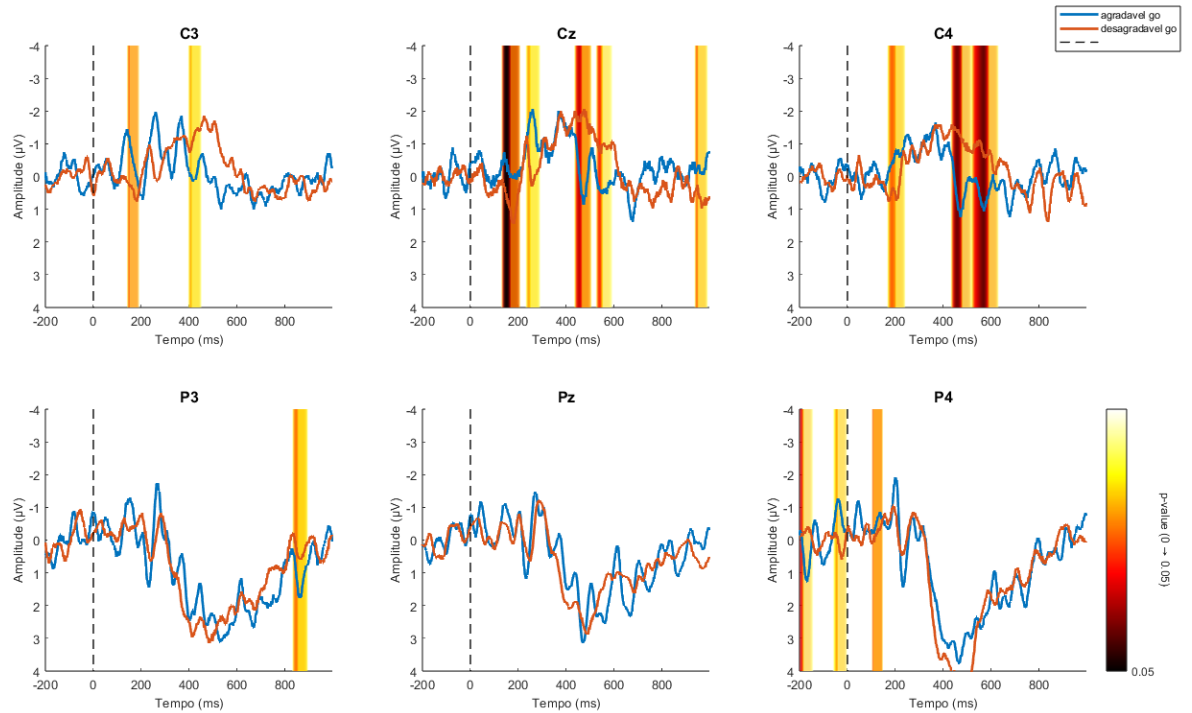
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

6.3.3 Análise Bins temporais

6.3.3.1 Antecipação

A análise temporal dos potenciais evocados nos eletrodos C3, Cz, C4, P3, Pz e P4 entre a valência agradável e a valência desagradável na condição de predição do tempo de contato mão-objeto por bins temporais de 20 ms revelou diferenças significantes ($p < 0,05$). Observaram-se diferenças significantes principalmente nos eletrodos centrais no intervalo de tempo de 400 ms até 600 ms com uma negatividade maior para a valência desagradável (Figura 18).

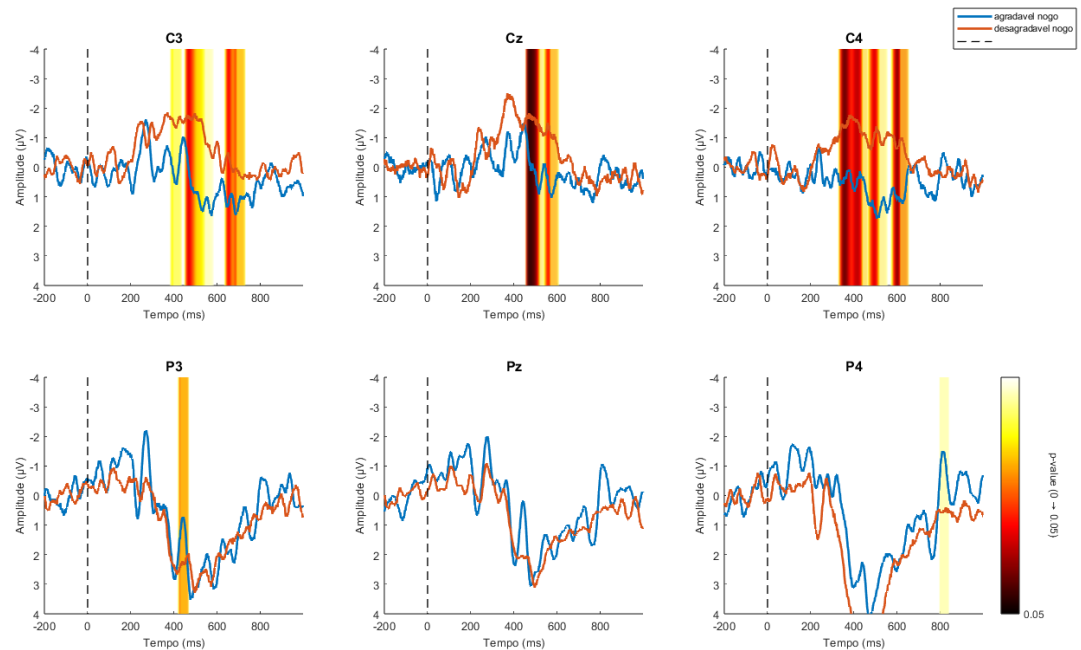
Figura 18– Diferença entre estímulos agradáveis desagradáveis na condição de predição da ação. Áreas coloridas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A mesma análise realizada para o contraste entre agradável e desagradável quando os voluntários se preparam para realizar a tarefa de tempo de reação simples apresentou resultados similares com uma negatividade maior nos eletrodos centrais para os objetos desagradáveis (Figura. 19). Esses resultados sugerem que a valência emocional do objeto observado modula diferentemente a atividade dos eletrodos centrais num intervalo de tempo de 400 ms até 600 ms.

Figura 19 – Contraste entre agradável e desagradável quando os voluntários se preparam para realizar a tarefa de tempo de reação simples. Áreas coloridas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do tempo.

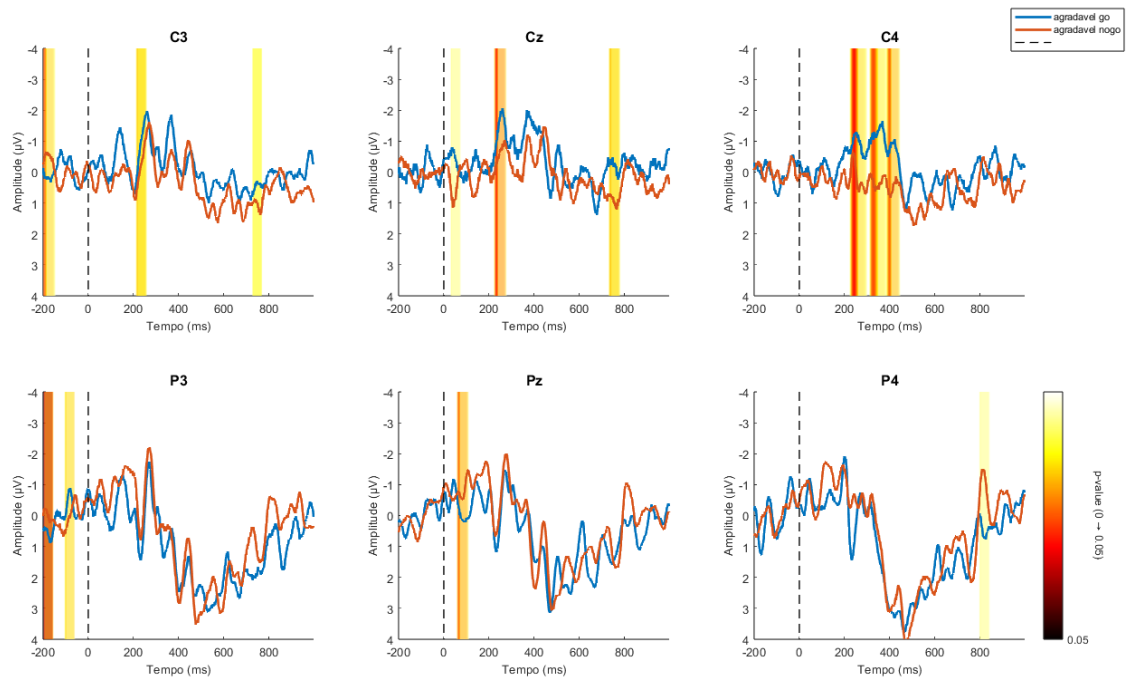


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Analizamos também o efeito da tarefa (predição e tempo de reação simples) sobre os potenciais evocados para uma mesma valência emocional. Assim, o contraste entre o agradável para predição da ação e agradável para tempo de reação simples mostrou uma diferença significativa novamente nos eletrodos centrais num intervalo de tempo de 200 ms até 400 ms com uma negatividade maior para a condição de predição da ação (Figura 18).

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

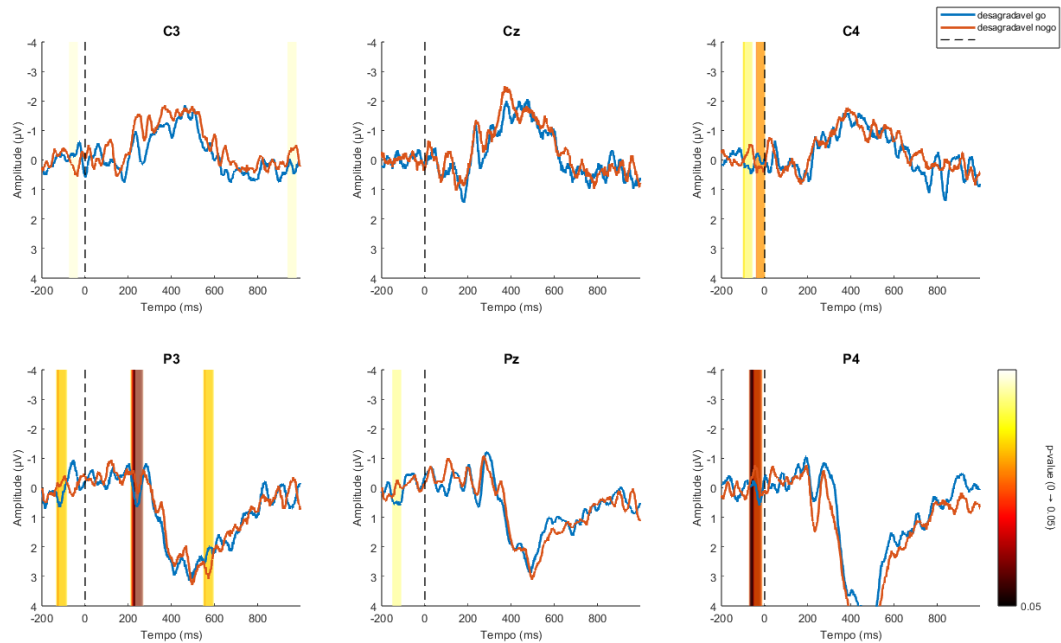
Figura 18– Diferença entre os estímulos agradáveis na tarefa de predição e agradáveis durante a tarefa de reação simples. Áreas coloridas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Para os estímulos de valência agradável, não foram observadas diferenças significativas entre as condições de predição da ação e de tempo de reação simples nos intervalos de tempo analisados. De forma semelhante, o contraste entre essas duas condições para os estímulos de valência desagradável também não revelou modulações significativas da atividade eletrocortical (Figura 16).

Figura 19– Diferença entre os estímulos desagradáveis com a tarefa de predição e desagradáveis durante a tarefa de reação simples. Áreas coloridas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do tempo.

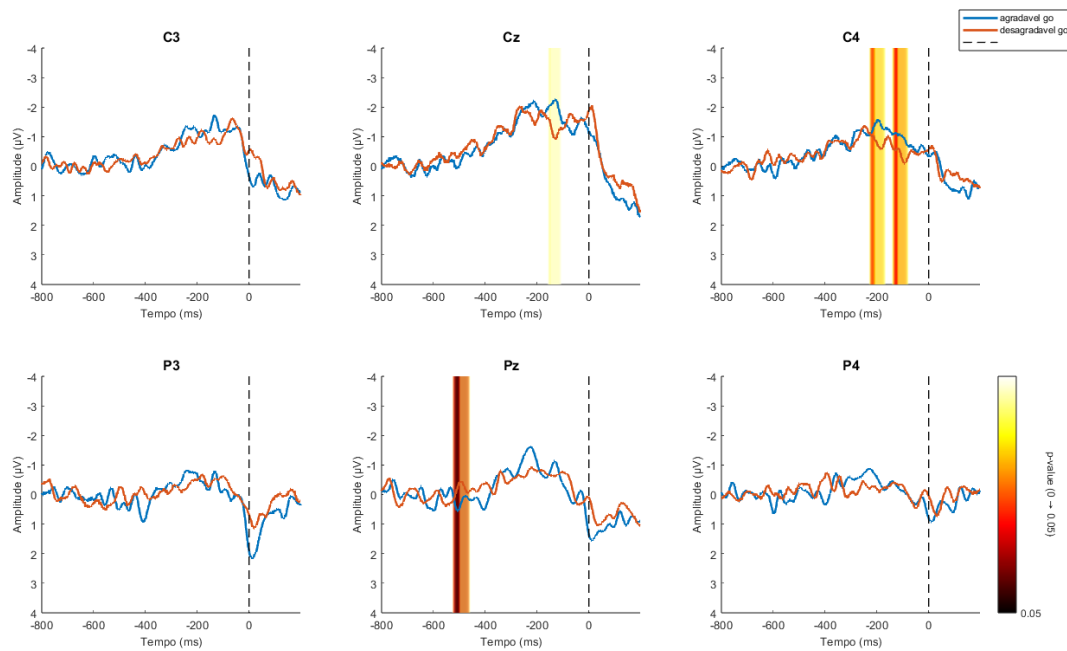


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

6.3.3.2 Condição Resposta

A comparação entre os estímulos agradáveis e desagradáveis durante a tarefa de predição do tempo de contato mão-objeto revelou diferenças significativas em janelas temporais específicas. No eletrodo C4 (região central direita), foram identificadas diferenças entre -304 e -268 ms, -248 e -228 ms e -180 e -156 ms, com maior negatividade associada aos estímulos agradáveis. No eletrodo Pz (região parietal medial), foi observado um efeito significativo entre -616 e -552 ms, também com maior negatividade para estímulos desagradáveis. Esses achados sugerem que a valência emocional do objeto modula diferentemente o potencial de preparação envolvido na predição do tempo de contato mão-objeto em regiões centrais (Cz e C4) (Figura 20).

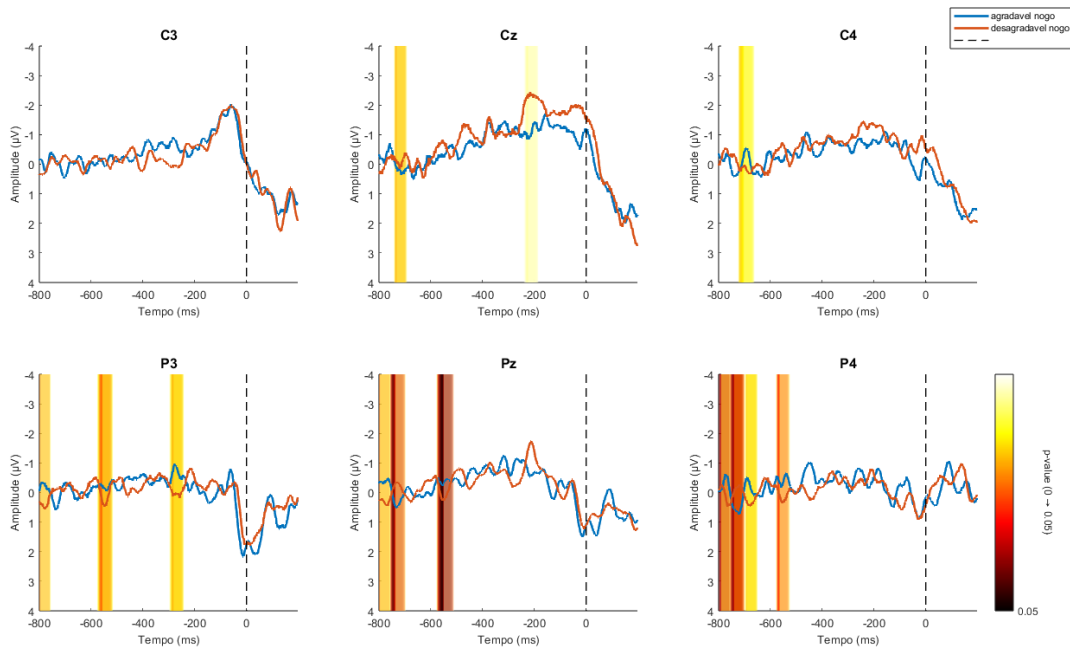
Figura 20– Diferenças ponto a ponto na atividade eletrocortical entre as condições agradável go e desagradável go durante a fase de resposta. As curvas representam a média dos potenciais evocados em cada condição nos eletrodos C3, Cz, C4, P3, Pz e P4. As áreas coloridas indicam janelas temporais com diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na condição de tempo de reação, o contraste entre estímulos agradáveis e desagradáveis revelou diferenças significativas em diversas regiões corticais. No eletrodo Cz, foi observada maior negatividade para os estímulos desagradáveis entre aproximadamente -250 ms e -150 ms. O eletrodo P3 apresentou diferenças entre -650 ms e -580 ms, enquanto Pz e P4 revelaram janelas de tempo com significância estendida, especialmente no P4, com destaque para o intervalo entre -700 ms e -580 ms, esses achados sugerem uma modulação mais acentuada da atividade elétrica cortical em resposta aos estímulos emocionalmente negativos durante a preparação para a tarefa de reação simples particularmente no eletrodo Cz. (Figura 21)

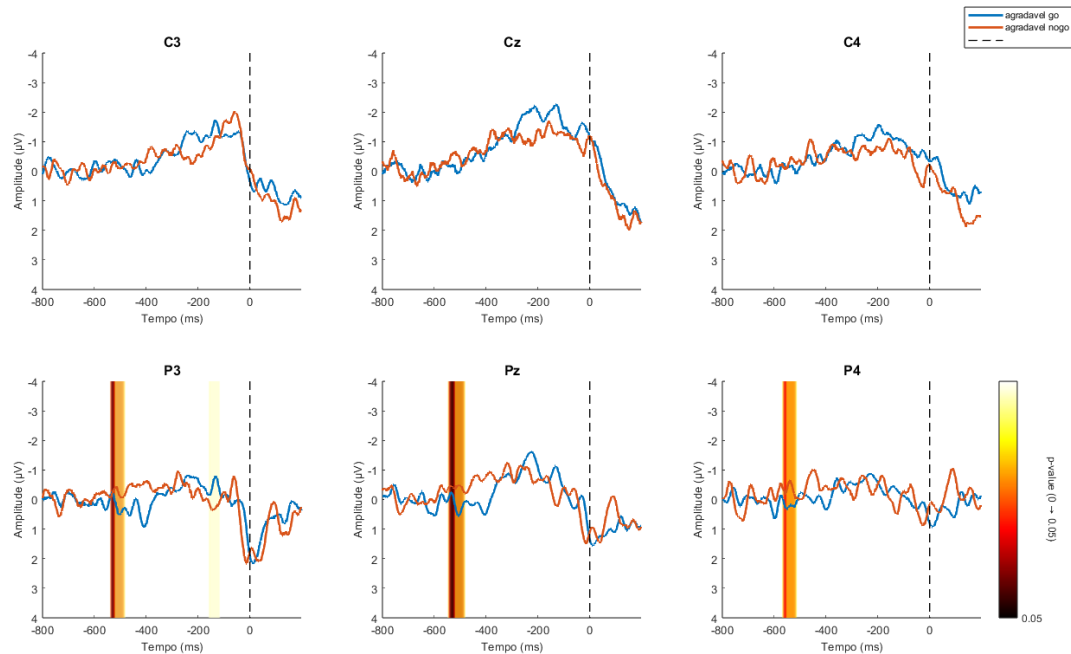
Figura 21– Comparação da atividade eletrocortical entre estímulos agradáveis e desagradáveis durante a condição de tempo de reação. Curvas médias por eletrodo (C3, Cz, C4, P3, Pz e P4), com destaque para janelas de 20 ms com diferenças significativas ($p < 0,05$).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na condição de resposta, a comparação entre a tarefa de predição (go) e a tarefa de reação simples (nogo) com estímulos agradáveis revelou janelas temporais com diferenças significativas. Não encontramos diferenças significantes nos eletrodos centrais. O eletrodo P3 apresentou maior negatividade para a tarefa de predição no intervalo entre -660 e -580 ms ($p < 0,05$) e entre -120 e -60 ms. No eletrodo Pz, foi observada uma diferença significativa entre -660 e -600 ms com maior negatividade para a condição go. Por fim, no eletrodo P4, houve diferença significativa entre -660 e -600 ms ($p < 0,05$), também com maior negatividade para a tarefa de predição.

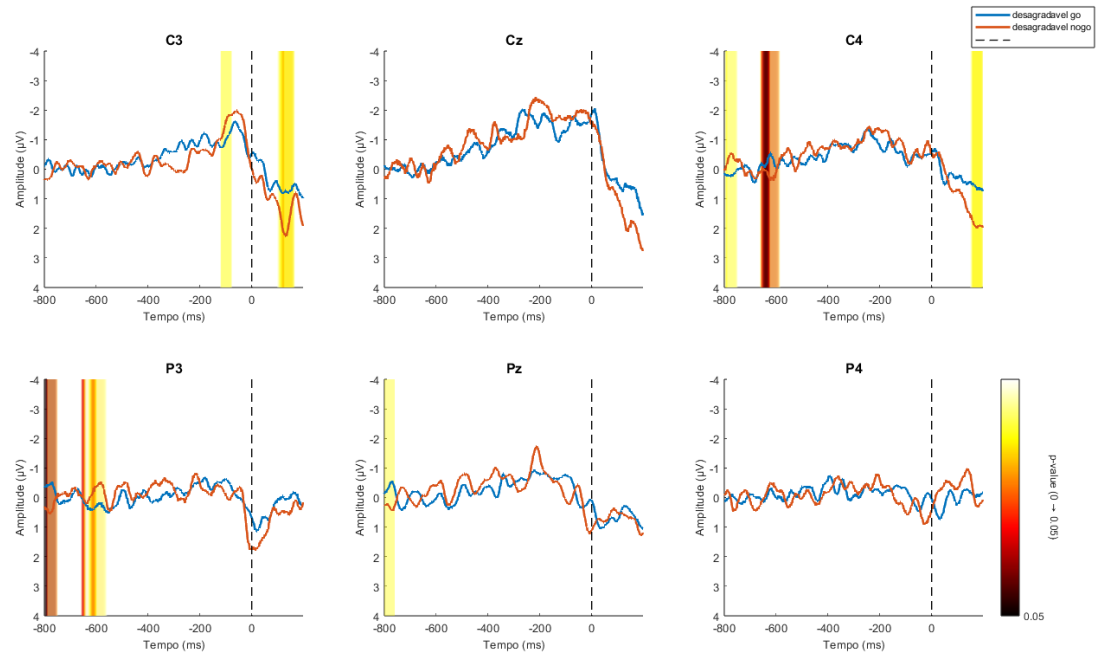
Figura 22 – Diferença entre os potenciais evocados para a tarefa de predição e a tarefa de reação simples com estímulos agradáveis, na condição de resposta. As áreas coloridas indicam janelas temporais com diferenças significativas ($p < 0,05$).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Durante a fase de resposta, o efeito entre as condições de tempo de reação simples e predição da ação para estímulos de valência desagradável revelou diferenças significativas nos eletrodos C4 (central direito), C3 (central esquerdo) e P3 (parietal esquerdo). No eletrodo C4, a condição de tempo de reação simples apresentou maior negatividade em relação à de predição entre -640 ms e -560 ms. No eletrodo C3, essa diferença foi observada entre -120 ms e o momento do estímulo (0 ms), também favorecendo a condição de tempo de reação simples. Já na região P3, a condição de tempo de reação simples apresentou maior negatividade entre -680 ms e -600 ms. Esses impactos temporais indicam uma maior modulação cortical durante a tarefa de tempo de reação simples, particularmente nas regiões centrais e parietais esquerdas, diante de estímulos desagradáveis. (Figura 23)

Figura 23 – Comparação entre as condições de predição (desagradável go – linha azul) e tempo de reação simples (desagradável nogo – linha vermelha) durante a fase de resposta, nas regiões centrais (C3, Cz, C4) e parietais (P3, Pz, P4).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

7. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito da valência emocional de objetos sobre a predição da ação, por meio de registros de EEG. Durante o experimento, os eletrodos de EEG foram acoplados ao couro cabeludo dos participantes, os quais realizaram duas tarefas principais: (1) prever o momento de contato entre a mão e o objeto emocional (agradável, desagradável ou neutro); e (2) pressionar uma tecla o mais rapidamente possível após o desaparecimento da imagem da mão parada, em uma tarefa de tempo de reação simples. Do ponto de vista comportamental, observou-se que os participantes anteciparam significativamente o tempo de contato mão-objeto durante a tarefa de predição em comparação à tarefa de tempo de reação simples, sugerindo a execução correta das tarefas propostas pelos participantes (predição vs. Tempo de reação simples). Além disso, dentro da tarefa de predição, a valência emocional dos objetos modulou a resposta dos participantes: objetos desagradáveis resultaram em uma antecipação maior do que objetos agradáveis, indicando uma influência da carga afetiva negativa sobre o tempo estimado para o contato manual. No nível

neurofisiológico, observou-se uma modulação mais intensa da atividade cortical nas regiões parietais, especialmente nos eletrodos Pz e P4, durante a fase de antecipação da ação. Esse padrão foi mais evidente nas tarefas de predição, sugerindo o engajamento dessas áreas no monitoramento temporal e no planejamento motor antecipado. Além disso, os dados indicaram que essa atividade parietal foi sensível à valência emocional dos estímulos, com maior ativação associada a objetos desagradáveis, o que sugere que o conteúdo afetivo dos estímulos pode potencializar o recrutamento de regiões envolvidas na preparação da ação. Tais achados reforçam o papel das regiões parietais na integração entre informação emocional e processos preditivos, especialmente em contextos de antecipação motora.

Na primeira seção da discussão, será abordado o efeito do período temporal, considerando as diferenças entre os momentos de antecipação e resposta. Em seguida, a segunda seção tratará das diferenças entre as tarefas realizadas, especificamente entre a predição da ação e o tempo de reação simples. A terceira seção será dedicada à análise da modulação promovida pela valência emocional dos estímulos (agradável, desagradável e neutro). Por fim, a quarta seção discutirá as possíveis interações entre os fatores tempo, tarefa e valência, considerando suas implicações nos dados comportamentais e eletrofisiológicos observados.

7.1 Efeitos do período temporal

O período temporal mostrou-se um aspecto central para compreender os processos envolvidos na predição e execução da ação. Ao distinguir o momento que antecede a resposta motora (fase de antecipação) daquele em que ela ocorre (fase de resposta), é possível observar com mais precisão o funcionamento das redes corticais que sustentam o planejamento da ação. O parâmetro slope apresentou um efeito de região com rampas positivas nos eletrodos centrais e negativas nos eletrodos parietais. A negatividade apresentada principalmente pelos eletrodos P3 e P4 reforçam a importância do córtex parietal no processo de preparação motora independentemente da tarefa a ser realizada: predição ou tempo de reação simples. No que se refere aos valores de RMS, foram mais elevados durante a antecipação, indicando maior ativação cortical nesse intervalo. Essa diferença foi mais evidente na região parietal (Pz, P4). A análise temporal adicional indicou que estímulos desagradáveis intensificaram essa ativação. Sugerindo um papel mais expressivo dessas áreas na preparação motora, sobretudo quando os estímulos possuíam valência desagradável. Esse achado está alinhado à revisão de Di Russo *et al.* (2017), que aponta que, antes da execução de uma ação, ocorrem processos como

planejamento, avaliação emocional e antecipação de consequências, e que o córtex parietal pode ser ativado inclusive antes das áreas motoras propriamente ditas. De acordo com os autores, essa ativação precoce estaria relacionada à representação do objetivo da ação e à integração entre percepção e intenção.

Além disso, Bozzacchi *et al.* (2017) mostraram que, mesmo em tarefas motoras simples, há engajamento antecipado de regiões posteriores, incluindo o eletrodo Pz. No estudo, essa ativação foi interpretada como reflexo da representação cognitiva da ação antes de sua execução. Embora o trabalho não tenha avaliado diretamente estímulos com valência emocional, seus resultados contribuem para reforçar a hipótese de que o córtex parietal participa de maneira ativa da preparação para a ação. No presente estudo, acrescenta-se que esse envolvimento parece ser maior diante de estímulos emocionalmente carregados, o que pode indicar um efeito modulador da valência emocional sobre a atividade preparatória.

Ainda dentro da perspectiva temporal, a análise em janelas temporais (bins) durante a fase de antecipação evidenciou diferenças significantes entre objetos agradáveis e desagradáveis principalmente na região central, com maior negatividade para os estímulos desagradáveis nos eletrodos C3, Cz e C4, especialmente entre 400 e 600 ms. Esses achados indicam que, antes da ação, a valência desagradável intensifica o engajamento cortical central na preparação motora.

Além disso, os achados da presente pesquisa corroboram os resultados de de Oliveira *et al.* (2012), que demonstraram, por meio do registro do readiness potential (RP), uma modulação significativa da preparação motora por estímulos emocionais. Especificamente, os autores observaram maior amplitude do RP para objetos de valência desagradável, sobretudo nos eletrodos centrais (C3, Cz e C4), sugerindo que estímulos aversivos exigem maior mobilização cortical, possivelmente pela incongruência entre a intenção motora e o conteúdo emocional do objeto.

Segundo Jeannerod (2001), ao observarmos uma ação, ocorre uma simulação implícita dela, ainda que sem sua efetiva execução. Esse processo é denominado simulação da ação, e caracteriza-se pelo recrutamento de representações motoras endógenas que preparam o sistema motor para uma possível execução. Tal mecanismo explica os maiores níveis de ativação cortical observados durante a fase de antecipação no presente estudo.

No experimento conduzido por Kilner *et al.* (2004), os autores demonstraram que a presença de pistas visuais preditivas sobre o movimento observado levava à ativação antecipada

do sistema motor, mesmo antes do início da ação. Essa ativação não ocorria em condições imprevisíveis, reforçando a ideia de que a predição da ação mobiliza recursos motores de forma antecipada. De forma análoga, no presente estudo, a presença da cruz verde como pista visual informando que um movimento ocorreria exigiu dos participantes a antecipação do momento do contato mão-objeto, o que se refletiu em maior ativação cortical durante a fase de antecipação, especialmente para os estímulos agradáveis. Tal efeito foi evidenciado por negatividades mais acentuadas nos eletrodos centrais entre 200 e 400 ms quando comparadas as condições de predição da ação e tempo de reação simples para estímulos agradáveis, indicando que a combinação entre uma pista visual preditiva e a valência afetiva positiva potencializou o engajamento precoce do sistema motor. Esses achados reforçam a sensibilidade do cérebro preditivo a sinais contextuais visuais e emocionais durante a preparação da ação.

No que se refere à modulação por objetos com valência emocional, Nogueira-Campos *et al.* (2016) utilizaram estímulos agradáveis, desagradáveis e neutros, e empregaram a estimulação magnética transcraniana (TMS) associada ao registro de EMG para mensurar os potenciais motores evocados na musculatura intrínseca da mão durante o planejamento de ações dirigidas a esses objetos. Os resultados indicaram que os objetos desagradáveis pareciam antecipar e intensificar a preparação motora, o que está em consonância com os achados do presente estudo, que propôs uma tarefa de predição com condições comparativas entre valências.

Corroborando essa interpretação, Saunier *et al.* (2023) demonstraram, por meio de um experimento comportamental de predição temporal, que objetos desagradáveis influenciam o planejamento da ação. Os participantes apresentaram respostas antecipatórias para estímulos aversivos, sugerindo que a valência emocional desagradável interfere nos processos de simulação e preparação motora. Esses achados são compatíveis com os resultados aqui observados, que indicam uma modulação da antecipação tanto nas respostas comportamentais quanto nos marcadores eletrofisiológicos, especialmente diante de objetos desagradáveis.

De modo geral, os resultados do presente trabalho se alinham à literatura que aponta o envolvimento de mecanismos de simulação interna na predição da ação. Conforme proposto por Jeannerod (2001), a ativação de representações corticais pode ocorrer mesmo na ausência da execução motora, como parte do processo de simulação. De forma complementar, Kilner *et al.* (2004) demonstraram que pistas visuais que permitem a antecipação de uma ação são suficientes para gerar ativação antecipada nas áreas motoras. No que se refere aos estudos de Nogueira-Campos *et al.* (2016) e Saunier *et al.* (2023), observa-se convergência com os

resultados do presente estudo no sentido de que objetos desagradáveis modulam a atividade cortical durante a predição da ação, intensificando a preparação motora.

7.2 Diferenças entre tarefas

A comparação entre as tarefas de predição temporal e de tempo de reação simples revelou diferenças relevantes tanto nos dados eletrofisiológicos quanto comportamentais. Enquanto a tarefa de predição exigia que os participantes antecipassem o momento do contato entre a mão e o objeto com base em uma pista visual, a tarefa de tempo de reação simples consistia apenas em responder a um estímulo visual (i.e., aparecimento de uma tela preta) com uma resposta motora imediata. Essa distinção entre as tarefas se refletiu nos dados de RMS, que apresentaram valores mais elevados na tarefa de predição, indicando maior ativação cortical anterior à execução da ação. Do ponto de vista comportamental, o erro constante apontou uma antecipação do tempo de contato mão-objeto, isto é, os participantes pressionaram a tecla antes do momento exato em que a mão tocava o objeto no vídeo. Já na tarefa de tempo de reação simples, os valores de erro constante foram positivos e compatíveis com os tempos de resposta esperados para esse tipo de tarefa, conforme descrito na literatura (Saunier *et al.*, 2023; Silverman, 2010), reforçando a validade do paradigma utilizado no presente estudo.

Estudos clássicos como o de Craik (1943) e investigações mais recentes, como as de Wolpert e Flanagan (2001), demonstram, por meio de abordagens comportamentais, que a predição da ação desempenha um papel fundamental tanto no controle motor quanto em funções cognitivas de alto nível. De acordo com Friston (2010), o cérebro opera de forma preditiva por meio de modelos internos que antecipam informações sensoriais, otimizando nossa interação com o meio ao redor. Nesse contexto, o estudo de Saunier *et al.* (2023) investigou, com base em dados comportamentais, como a simulação interna da ação é modulada por pistas visuais e pela valência emocional dos objetos, encontrando efeitos significativos sobre o tempo de predição da ação. Esses resultados sustentam a noção de que o cérebro antecipa e representa internamente ações observadas, o que se alinha aos efeitos comportamentais observados no presente estudo.

Diferentemente da tarefa de predição motora, a tarefa de reação simples exigia que os participantes executassem uma resposta motora apenas após o aparecimento de um estímulo visual (i.e., uma tela preta), caracterizando-se como uma atividade reativa e automatizada. Essa distinção foi refletida nos dados eletrofisiológicos e comportamentais. Os valores de RMS foram menores nessa condição, especialmente nos eletrodos Pz e P4, sugerindo um

envolvimento reduzido de regiões associadas à antecipação e à simulação da ação. Na análise por janelas temporais (bins), as diferenças entre as condições também ocorreram antes da resposta, mas com menor intensidade. Do ponto de vista comportamental, os valores de erro constante foram positivos e próximos de +200 ms, o que indica que os participantes pressionaram a tecla após o aparecimento do estímulo, como esperado em tarefas de tempo de reação simples.

Com base nos resultados do presente estudo, propõe-se que a tarefa de predição da ação promove um maior recrutamento do sistema sensoriomotor (Grafton et al., 1992; Requin e Riehle, 1995; Friston, 2010), com destaque para as regiões parietais, quando comparada à tarefa de reação simples. Isso sugere que, ao antecipar o momento de contato com o objeto, o cérebro ativa circuitos responsáveis por simular internamente a ação, enquanto na tarefa de reação simples predomina uma resposta com menor engajamento dessas redes.

7.3 Modulação pela valência emocional

A valência emocional dos objetos teve impacto na predição da ação, conforme demonstrado pelos resultados do estudo. Os dados de RMS indicaram uma maior amplitude do sinal a fase de antecipação em comparação à fase de resposta, especialmente nos eletrodos parietais (Pz e P4). A análise de janelas temporais (bins) revelou momentos específicos de maior negatividade para objetos desagradáveis, com destaque para os eletrodos C4 e P3, sugerindo um envolvimento antecipatório mais pronunciado para estímulos de valência negativa. Do ponto de vista comportamental, os participantes apresentaram uma maior antecipação do tempo de contato mão-objeto diante de estímulos desagradáveis quando comparado aos objetos agradáveis.

A natureza biológica dos estímulos desagradáveis, isto é, seu potencial evolutivo para sinalizar perigo ou ameaça, pode exercer um impacto direto sobre a antecipação motora. De acordo com Lang, Bradley e Cuthbert (1997), os sistemas motivacionais aversivos evoluíram para garantir a sobrevivência, ativando respostas de defesa rápidas e automáticas frente a estímulos potencialmente ameaçadores. Esse tipo de resposta pode ser interpretado como um reflexo adaptativo, voltado à proteção do organismo. Nesse sentido, o aumento da atividade cortical observado durante a antecipação de ações voltadas a objetos desagradáveis é coerente com os achados de Azevedo *et al.* (2021) e Van Loon *et al.* (2010), que demonstraram que a simples observação de estímulos afetivos já é capaz de alterar o estado de prontidão motora, mesmo na ausência de execução da ação.

Foram observadas diferenças em regiões centrais e parietais, incluindo C4 (direita), sugerindo possível envolvimento lateralizado, embora também tenham surgido efeitos em eletrodos esquerdos”. Esse achado sugere que estímulos de valência desagradável mobilizam de forma mais intensa as regiões corticais direitas, especialmente aquelas associadas ao planejamento motor e à simulação da ação. Em consonância com essa hipótese, Davidson (1992) propôs a dominância do hemisfério direito para o processamento de emoções negativas. Já Nogueira-Campos *et al.* (2016), utilizando estimulação magnética transcraniana (TMS) aplicada sobre o hemisfério esquerdo, observaram aumento da excitabilidade corticomotora durante a observação de objetos desagradáveis, sugerindo que estímulos aversivos intensificam a preparação para a ação, embora sem avaliar diretamente a lateralização hemisférica.

De forma geral, os achados do presente estudo indicam que objetos com valência negativa desempenham um papel singular na preparação motora, modulando a antecipação da ação tanto em nível neurofisiológico quanto comportamental. A ausência de efeitos semelhantes para objetos neutros ou agradáveis reforça a especificidade da valência negativa como moduladora da simulação interna da ação. Esses resultados estão em consonância com os modelos teóricos que propõem a existência de mecanismos preditivos sensíveis à relevância afetiva dos estímulos, favorecendo respostas adaptativas rápidas diante de possíveis ameaças (Saunier *et al.*, 2023).

7.4 Interações entre valência, tarefa e tempo

Embora os efeitos isolados da valência emocional, do tipo de tarefa e do período temporal tenham sido discutidos separadamente, a análise das interações entre esses fatores é essencial para compreender como diferentes aspectos da experiência sensório-motora e afetiva se integram no processo de predição da ação.

Do ponto de vista eletrofisiológico, os efeitos combinados entre tempo, tarefa e valência foram evidenciados por interações significativas nas análises de RMS e nas janelas temporais (bins). Especificamente, observou-se maior ativação cortical durante a fase de antecipação em relação à fase de resposta, sendo esse efeito especialmente acentuado na tarefa de predição com estímulos de valência desagradável. Esse padrão foi particularmente evidente nos eletrodos parietais (Pz e P4), sugerindo um recrutamento mais intenso dessas regiões quando os participantes antecipavam ações direcionadas a objetos emocionalmente aversivos. Tal achado dialoga com a revisão de Di Russo *et al.* (2017), que destaca o envolvimento precoce do córtex parietal na preparação motora. Além disso, Azevedo *et al.* (2021) demonstraram que

objetos com valência negativa são capazes de amplificar a atividade neural mesmo na ausência de movimento, reforçando a hipótese de que o conteúdo afetivo influencia os mecanismos de antecipação motora.

Nas comparações ponto a ponto, a análise de bins revelou momentos específicos de maior negatividade para a combinação entre fase de antecipação, tarefa de predição e estímulos desagradáveis. Esses efeitos foram localizados principalmente nos eletrodos centrais (Cz e C4) e parietais (P4), especialmente entre 400 e 600 ms, indicando um engajamento cortical mais robusto diante da necessidade de simular ações voltadas a objetos potencialmente ameaçadores. Esses achados sugerem que o cérebro funciona como um sistema preditivo hierárquico que integra sinais temporais, afetivos e sensório-motores para minimizar a incerteza e preparar ações adaptativas (Friston, 2010).

Nos dados comportamentais, as interações entre tempo, tarefa e valência também revelaram padrões relevantes. Durante a fase de predição, os participantes responderam antes do momento exato de contato mão-objeto, evidenciando uma antecipação acentuada. Esse efeito foi mais pronunciado para estímulos desagradáveis, indicando que a carga emocional negativa potencializou os mecanismos preditivos. Isso está em consonância com o modelo de simulação da ação de Jeannerod (2001), no qual a observação de uma ação ativa representações motoras internas, especialmente quando o estímulo observado é relevante ou exige uma resposta preparatória.

Por outro lado, nas tarefas de tempo de reação simples, especialmente diante de objetos agradáveis ou neutros, os participantes simplesmente reagiram ao aparecimento de um estímulo visual, sem necessidade de estimar o momento do contato mão-objeto. Consequentemente, observa-se um funcionamento mais reativo do que proativo do sistema motor, o que também se reflete na menor ativação cortical registrada nesses contextos.

A interação entre valência desagradável, antecipação e tarefa de predição pode ser interpretada como reflexo de um mecanismo adaptativo: diante de estímulos potencialmente aversivos, o sistema nervoso mobiliza recursos de forma mais intensa para prever e preparar uma resposta eficaz. A valência negativa intensifica o estado de prontidão motora mesmo na ausência de movimento real, refletindo um sistema de defesa cortical preparado para ação (Van Loon et al., 2010).

Dessa forma, a análise conjunta dos dados comportamentais e eletrofisiológicos

evidência que a predição da ação não é um processo isolado, mas sim o resultado da integração dinâmica entre fatores temporais, afetivos e contextuais. A interação entre o tipo de tarefa, a fase do processamento e a valência dos estímulos modula de forma significativa tanto o tempo de resposta quanto a atividade cortical associada à antecipação e simulação da ação. Esses achados reforçam a ideia de que o sistema sensorio-motor é altamente sensível às características emocionais do ambiente, ajustando suas respostas com base na relevância e no valor afetivo dos estímulos.

8. CONCLUSÃO

No âmbito comportamental, identificou-se uma tendência à antecipação do tempo de contato mão-objeto durante a tarefa de predição, bem como efeitos relacionados à valência emocional, com respostas mais precoces para objetos desagradáveis em comparação aos objetos agradáveis. Do ponto de vista neurofisiológico, as análises de RMS e das comparações ponto a ponto sugerem modulações temporais e regionais entre as condições experimentais, indicando um possível envolvimento diferencial das regiões centrais e parietais em função da tarefa e da valência atribuída aos estímulos.

Tais padrões sugerem que a predição da ação pode ser modulada pela valência emocional dos objetos, em consonância com estudos prévios que apontam o envolvimento da região parietal posterior no comportamento preditivo, mesmo na ausência de execução motora (Kilner *et al.*, 2004; Avenanti *et al.*, 2013). Essa região integra informações sensoriais relevantes à ação e participa ativamente do acoplamento percepção-ação.

Embora preliminares, os resultados contribuem para a compreensão desse acoplamento e levantam hipóteses sobre seu potencial de aplicação na reabilitação motora, especialmente considerando que o treino por observação da ação tem sido explorado como estratégia terapêutica complementar (Ertelt *et al.*, 2007; Buccino, 2014; Stefan *et al.*, 2005), e que a predição representa um componente-chave na preparação e refinamento do movimento.

Entre as limitações do estudo, destaca-se o tamanho amostral reduzido, que restringe a generalização dos achados. Adicionalmente, um dos participantes realizou o experimento antes da inclusão das perguntas de verificação atencional, e o número limitado de canais de EEG analisados comprometeu uma análise mais abrangente das redes neurais envolvidas. Também houve uma intercorrência técnica durante a coleta, em decorrência de falha no equipamento de EEG, que exigiu a substituição do cabo de aterramento (ground), impactando

o cronograma de aquisição dos dados.

Como perspectivas futuras, propõe-se a ampliação da amostra e a adoção de técnicas de estimulação cerebral não invasiva, como a estimulação magnética transcraniana (EMT) ou a estimulação por corrente contínua transcraniana (tDCS), com o objetivo de investigar a modulação causal da predição em regiões motoras e parietais, conferindo ao estudo maior robustez metodológica e sensibilidade a aspectos neurofisiológicos complexos.

9. RELEVÂNCIA DO ESTUDO PARA A REABILITAÇÃO MOTORA

Abordagens baseadas na repetição de tarefas orientadas à função são amplamente empregadas na prática clínica e demonstram resultados consistentes quando aplicadas precocemente e de forma intensiva (Langhorne; Bernhardt; Kwakkel, 2011). No entanto, as estratégias tradicionais ainda são limitadas em sua capacidade de engajar circuitos neurais de maneira significativa, o que tem impulsionado o desenvolvimento de protocolos terapêuticos fundamentados nos avanços da neurociência. Nesse cenário, tem ganhado destaque a integração de processos cognitivos e sensório-motores, como a observação e, especialmente, a predição da ação, com potencial para enriquecer os efeitos das intervenções clínicas convencionais.

Estudos têm evidenciado efeitos positivos de terapias complementares, como a imagética motora e a Terapia por Observação da Ação (AOT), que integram princípios de organização do sistema motor à prática clínica (Decety; Grezes, 2006; Ertelt *et al.*, 2007; Caligiore *et al.*, 2017). Essas estratégias têm mostrado benefícios no treinamento funcional de pacientes com dor, limitações motoras e baixa mobilidade, incluindo indivíduos com paralisia cerebral, acidente vascular encefálico (AVE), transtorno do desenvolvimento da coordenação e doença de Parkinson (Paravlic, 2023; Borges *et al.*, 2022; Zhang; LI; Wang, 2021). Embora compartilhem algumas bases neurais com a predição da ação, essas abordagens diferem em sua natureza: enquanto a observação da ação foca na simulação de atos observados, a predição exige que o indivíduo antecipe ativamente eventos motores futuros, envolvendo processos temporais e atencionais específicos.

Cabe destacar que, até o momento, a valência emocional dos objetos e a predição da ação ainda não foram exploradas diretamente em protocolos de reabilitação motora. No entanto, os resultados do presente estudo sugerem que esses fatores podem modular a atividade do sistema motor, mesmo na ausência de movimento efetivo, indicando um caminho promissor para a criação de intervenções mais engajantes e eficazes. Ainda que a observação passiva de ações seja eficaz, a predição da ação poderia oferecer uma forma mais ativa de envolvimento terapêutico, por exigir que o paciente estime o desfecho motor antes de sua realização, o que pode estimular o engajamento cognitivo e motor. Além disso, a inclusão de objetos com valência emocional, conforme sugerem os dados eletrofisiológicos e comportamentais do presente estudo, pode ampliar a ativação de redes motoras, promovendo respostas mais rápidas e adaptativas, especialmente quando os objetos são percebidos como desagradáveis ou ameaçadores.

Assim, considera-se promissor o desenvolvimento de protocolos terapêuticos inovadores, que combinem observação e predição da ação com estímulos emocionalmente relevantes. Tais abordagens podem não apenas potencializar o engajamento dos pacientes, mas também favorecer a reorganização cortical por meio de mecanismos de simulação motora, mesmo na ausência de movimento voluntário. Dessa forma, os achados deste estudo contribuem para o fortalecimento de uma ponte entre a neurociência básica e a prática clínica, incentivando novas estratégias para reabilitação sensório-motora.

REFERÊNCIAS

- AGLIOTI, S. M.; CESARI, P.; ROMANI, M.; URSINO, C. Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature Neuroscience*, v. 11, n. 9, p. 1109–1116, 2008.
- AVENANTI, A. *et al.* Compensatory plasticity in the action observation network: virtual lesion of left frontal areas modulates visuomotor processing and empathy for pain. *Cerebral Cortex*, v. 23, n. 3, p. 570–580, 2013.
- AZEVEDO, I. L. *et al.* Emotional categorization of objects: A novel clustering approach and the effect of depression. *Behavioural Brain Research*, v. 406, n. 21, maio 2021.
- AZEVEDO, T. M. *et al.* A freezing-like posture to pictures of mutilation. *Psychophysiology*, v. 42, p. 255–260, 2005.
- BERNHARDT, J.; LANGHORNE, P.; KWAKKEL, G. Stroke rehabilitation. *The Lancet*, v. 377, n. 9778, p. 1693–1702, 2011.
- BOZZACCHI, C. *et al.* Cognitive and sensorimotor preparation in children: A developmental ERP study. *Frontiers in Psychology*, v. 8, p. 1550, 2017.
- BOZZACCHI, C. *et al.* Motor simulation during action observation modulates the readiness potential. *Neuropsychologia*, v. 50, n. 9, p. 1901–1908, 2012.
- BORGES, L. R. *et al.* Motor imagery and action observation in children with developmental coordination disorder: an updated review. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 26, n. 6, p. 100399, 2022.
- BUCCINO, G. *et al.* Action observation treatment improves upper limb motor functions in children with cerebral palsy: a combined clinical and brain imaging study. *Neural Plasticity*, v. 2012, p. 1–10, 2012.
- BUCCINO, G. *et al.* Action observation treatment improves upper limb motor functions in patients with stroke: a pilot study. *Stroke*, v. 42, n. 3, p. 789–794, 2011.

BUCCINO, G. *et al.* Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 369, n. 1644, p. 20130185, 2014.

CARDOZO, A. S.; PRIOLI, A. C.; BARELA, J. A. Atividade física e acoplamento entre percepção e ação no controle postural de idosos. *Motricidade*, v. 2, n. 3, p. 178–191, 2006.

CALIGIORE, Daniele *et al.* Action observation and motor imagery for rehabilitation in Parkinson's disease: A systematic review and an integrative hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 72, p. 210–222, 2017.

CONTY, L. *et al.* Early binding of gaze, gesture, and emotion: Neural time course and correlates. *Cortex*, v. 48, n. 6, p. 771–785, 2012.

CRAIK, K. J. W. *The nature of explanation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1943.

CURRAN, P. G. Methods for the detection of careless responses in survey data. *Journal of Experimental Social Psychology*, v. 66, p. 4–19, 2016.

DAVIDSON, R. J. Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, v. 20, n. 1, p. 125–151, 1992.

DELORME, A.; MAKEIG, S. EEGLAB: an open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 134, n. 1, p. 9–21, 2004.

DECETY, Jean; GREZES, Julie. The power of simulation: Imagining one's own and other's behavior. *Brain Research*, v. 1079, n. 1, p. 4–14, 2006.

DEMAREE, H. A. *et al.* Brain lateralization of emotional processing: historical roots and a future incorporating “dominance”. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, v. 4, n. 1, p. 3–20, 2005.

DE OLIVEIRA, L. A. S. *et al.* Preparing to grasp emotionally laden stimuli. *PloS One*, v. 7,

n. 9, p. e45235, 2012.

DI PELLEGRINO, G. *et al.* Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, v. 91, n. 1, p. 176–180, 1992.

DI RUSSO, F. *et al.* Beyond the “Bereitschaftspotential”: Action preparation behind cognitive functions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 78, p. 57–81, 2017. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2017.04.019.

DOYON, J.; BENALI, H. Reorganization and plasticity in the adult brain while learning motor skills. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 15, n. 2, p. 161–167, 2005.

DUCKWORTH, K. L. *et al.* The automatic evaluation of novel stimuli. *Psychological Science*, v. 13, n. 6, p. 513–519, 2002.

ERTELT, D. *et al.* Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *NeuroImage*, v. 36, p. T164–T173, 2007.

ESTEVEZ, P. O. *et al.* Motor planning of goal-directed action is tuned by the emotional valence of the stimulus: a kinematic study. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, 2016.

FACCHINETTI, L. D. *et al.* Postural modulation induced by pictures depicting prosocial or dangerous contexts. *Neuroscience Letters*, v. 410, p. 52–56, 2006.

FADIGA, L. *et al.* Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *Journal of Neurophysiology*, v. 73, n. 6, p. 2608–2611, 1995.

FONTANA, A. P. *et al.* Role of the parietal cortex in predicting incoming actions. *NeuroImage*, v. 59, n. 1, p. 556–564, 2012.

FRISTON, K. The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, v. 11, n. 2, p. 127–138, 2010.

GAZZOLA, V.; KEYSERS, C. The observation and execution of actions share motor and

somatosensory voxels in all tested subjects: single-subject analyses of unsmoothed fMRI data. *Cerebral Cortex*, v. 19, n. 6, p. 1239–1255, 2009.

GIBSON, J. J. *The ecological approach to visual perception*. [S. l.], 1979.

GRAFTON, S. T.; MAZZIOTTA, J. C.; PRETTY, D. Functional anatomy of human procedural learning determined with regional cerebral blood flow and PET. *Journal of Neuroscience*, v. 12, n. 7, p. 2542–2548, 1992.

GRUSH, R. The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 27, p. 377–442, 2004.

HELMHOLTZ, H. von. *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: L. Voss, 1867.

IACOBONI, M. et al. Cortical mechanisms of human imitation. *Science*, v. 286, n. 5449, p. 2526–2528, 1999.

IACOBONI, M. et al. Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, v. 98, p. 13995–13999, 2001.

JEANNEROD, M. *The cognitive neuroscience of action*. Malden: Blackwell Publishing, 1997.

JEANNEROD, M. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 17, n. 2, p. 187–202, 1994.

JEANNEROD, M. To act or not to act: perspectives on the representation of actions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 52A, n. 1, p. 1–29, 1999.

JEANNEROD, M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, v. 14, p. 103–109, 2001.

KAPRELI, E.; ATHANASOPOULOS, S. The effect of chronic low back pain on trunk muscle activity and proprioception during performance of functional tasks. *Journal of Back*

and *Musculoskeletal Rehabilitation*, v. 19, n. 2-3, p. 119–127, 2006. Apud PARAVLIC, A. H., 2023.

KILNER, J. M.; FRISTON, K. J.; FRITH, C. D. Predictive coding: an account of the mirror neuron system. *Cognitive Processing*, v. 8, n. 3, p. 159–166, 2007.

KILNER, J. M.; PAULIG, M. A.; FRITH, C. D. Modulation of the mirror system by social relevance. *NeuroImage*, v. 21, n. 3, p. 1167–1173, 2004.

LANG, P. J.; BRADLEY, M. M. Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, v. 84, p. 437–450, 2010.

LANG, P. J.; BRADLEY, M. M.; CUTHBERT, B. N. Motivated attention: Affect, activation, and action. In: LANG, P. J.; SIMONS, R. F.; BALABAN, M. (Org.). *Attention and orienting: Sensory and motivational processes*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1997. p. 97–135.

LANGHORNE, P.; BERNHARDT, J.; KWAKKEL, G. Stroke rehabilitation. *The Lancet*, v. 377, n. 9778, p. 1693–1702, 2011.

MERTON, R. K. The role of the intellectual in public life. *American Sociological Review*, v. 18, n. 3, p. 384–391, 1953.

MILNER, A. D.; GOODALE, M. A. The visual brain in action. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 1, n. 1, p. 28–35, 1995.

MILNER, A. D.; GOODALE, M. A. Two visual systems and the brain's role in action and perception. *Neuropsychologia*, v. 46, n. 3, p. 774–781, 2008.

NOGUEIRA-CAMPOS, A. A. et al. Corticospinal excitability preceding the grasping of emotion-laden stimuli. *PloS ONE*, v. 9, p. e94824, 2014.

NOGUEIRA-CAMPOS, A. A. et al. Observing grasping actions directed to emotion laden objects: effects upon corticospinal excitability. *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 10, p. 1–10, 2016.

NOVEMBRE, G.; KELLER, P. E. A conceptual review on action-perception coupling in the musicians' brain: What is it good for? *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 8, p. 603, 2014.

OPPENHEIMER, D. M.; MEYVIS, T.; DAVIDSON, J. Instructional manipulation checks: Detecting satisficing to increase statistical power. *Journal of Experimental Social Psychology*, v. 45, n. 4, p. 867–872, 2009.

PARAVLIC, A. H. Motor imagery and action observation in rehabilitation: current insights and future perspectives. *Frontiers in Psychology*, v. 14, p. 1192347, 2023.

PELPHREY, K. A.; MORRIS, J. P. Action understanding in the brain: insights from the superior temporal sulcus. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 10, n. 9, p. 401–409, 2006.

PEREIRA, M. G. et al. Emotion affects action: midbrain activity during motor encoding of angry facial expressions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, v. 1, n. 2, p. 111–118, 2006.

POZZO, T. et al. Predicting the future of an occluded movement: evidence from an experimental study of the ability to anticipate the final position of an object in motion. *Neuropsychologia*, v. 44, n. 6, p. 1207–1215, 2006.

PRINZ, W. Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, v. 9, n. 2, p. 129–154, 1997.

RAZA, H.; CHOWDHURY, M. E. H.; BHATTACHARYYA, S. Deep learning based prediction of EEG motor imagery for stroke patients' neuro-rehabilitation. In: *42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 2020. p. 1638–1641.

REQUIN, J.; RIEHLE, A. Neural correlates of partial transmission of sensorimotor information in the cerebral cortex. *Acta Psychologica*, v. 90, p. 81–95, 1995.

RIZZOLATTI, G.; ARBIB, M. A. Language within our grasp. *Trends in Neurosciences*, v. 21, n. 5, p. 188–194, 1998.

RIZZOLATTI, G.; CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, v. 27, p. 169–192, 2004.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L.; GALLESE, V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 2, n. 9, p. 661–670, 2001a.

RYAN, D. *et al.* Efeito da terapia de observação de ação na reabilitação de condições neurológicas e musculoesqueléticas: uma revisão sistemática. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*, v. 3, n. 1, p. 100106, 2021.

SAUNIER, G. *et al.* Visual perception of human movement: a model for simulating a predictive process. *Neuroscience Letters*, v. 434, n. 3, p. 225–230, 2008.

SAUNIER, G.; AZEVEDO, P. da S.; PINTO, V. L.; NOGUEIRA-CAMPOS, A. A. The pleasantness and unpleasantness of an object distinctively drives its grasping prediction: behavioral evidence. *Experimental Brain Research*, 2023.

SAYGIN, A. P. Superior temporal and premotor brain areas necessary for biological motion perception. *Brain*, v. 130, n. 9, p. 2452–2461, 2007.

SANTOS, R. F. dos *et al.* Emotionality norms for the Brazilian version of the Deese-Roediger-McDermott (DRM) paradigm. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 25, p. 387–394, 2009.

SCHILDER, P. *The image and appearance of the human body*. 2. ed. New York: International Universities Press, 1935.

SCHURGER, Aaron; HU, Pengbo ‘Ben’; PAK, Joanna; ROSKIES, Adina L. What is the readiness potential? *Trends in Cognitive Sciences*, London, v. 25, n. 7, p. 558-570, 2021.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, v. 82, n. 6, p. 225–260, 1975.

SHERRINGTON, C. S. *The integrative action of the nervous system*. New Haven: Yale University Press, 1906.

SHIFFRAR, M.; FREYD, J. J. Apparent motion of the human body. *Psychological Science*, v. 1, n. 4, p. 257–264, 1990.

SILVERMAN, I. W. Simple reaction time: It is not what it used to be. *The American Journal of Psychology*, v. 123, n. 1, p. 39–50, 2010.

STEENBERGEN, B. Motor planning in children with developmental coordination disorder: experimental and clinical perspectives. *Current Developmental Disorders Reports*, v. 3, n. 2, p. 108–115, 2016.

STEFAN, K. *et al.* Formation of a motor memory by action observation. *Journal of Neuroscience*, v. 25, n. 41, p. 9339–9346, 2005.

UMILTÀ, M. A. *et al.* I know what you are doing: a neurophysiological study. *Journal of Neurophysiology*, v. 86, n. 1, p. 129–135, 2001.

URGESI, C. *et al.* Understanding others' actions and emotions: a meta-analysis of the contribution of the mirror and mentalizing systems. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 35, n. 3, p. 903–911, 2010.

VALERIANI, M. *et al.* Cortical responses to electric stimulation of posterior tibial nerve in chronic low back pain. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, v. 100, p. 88–95, 1996.

VAN DANTZIG, S.; PECHER, D.; ZWAAN, R. A. Approach–avoidance and the body: testing the functional relevance of affective congruency. *Cognition & Emotion*, v. 22, n. 1, p. 122–138, 2008.

VAN LOON, A. M. *et al.* Emotion and the motor cortex: anterior cingulate cortex activation and motor readiness. *Psychophysiology*, v. 47, n. 2, p. 213–222, 2010.

VARGAS, C. D. *et al.* Emotional modulation of grasping movement: evidence from an arousal-based model. *Experimental Brain Research*, v. 169, p. 415–420, 2006.

VARGAS, C. D. *et al.* Action preparation modulates the perception of emotional facial expressions: A behavioral study. *Neuroscience Letters*, v. 384, p. 202–206, 2005.

VARGAS, C. D. *et al.* Anticipating the sensory consequences of action: the role of perception-action coupling in emotional processing. *Psychological Science*, v. 26, p. 1317–1325, 2015.

VIVIANI, P.; STUCCHI, N. The perception of apparent motion. *Perception*, v. 18, n. 5, p. 603–617, 1989.

VIVIANI, P.; STUCCHI, N. Biological movements look uniform: evidence of motor-perceptual interactions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 18, n. 3, p. 603–623, 1992.

WARREN, W. H. The perception-action coupling. In: JELENKO III, J. (ed.). *Tutorials in motor behavior II*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1990. p. 339–380.

WOLPERT, D. M.; FLANAGAN, J. R. Motor prediction. *Current Biology*, v. 11, n. 18, p. R729–R732, 2001.

WOLPERT, D. M.; GHAHRAMANI, Z.; KAWATO, M. Internal models in the cerebellum. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 2, n. 9, p. 338–347, 1998.

ZHANG, J.; LI, Z.; WANG, Y. Action observation therapy for motor recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Neural Plasticity*, v. 2021, p. 1–15, 2021.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE TRIAGEM

Questionário de triagem

Nome completo: _____**Data de nascimento:** // _____**Idade:** _____ anos**Gênero:** ☐ Feminino ☐ Masculino ☐ Outro ☐ Prefiro não dizer**Você é estudante atualmente?**

- ☐ Sim, estudante de graduação
- ☐ Sim, estudante de pós-graduação
- ☐ Sim, estudante do ensino médio
- ☐ Não sou estudante atualmente

Curso/Instituição (caso aplicável): _____**Nível de escolaridade atual (marque o mais alto concluído):**

- ☐ Ensino médio completo
- ☐ Ensino técnico
- ☐ Ensino superior (graduação) incompleto
- ☐ Ensino superior (graduação) completo
- ☐ Pós-graduação (especialização, mestrado ou doutorado)

E-mail para contato: _____**Telefone (WhatsApp):** ☐ - _____

♦ Triagem de Elegibilidade para Participação**1. Você possui visão normal ou corrigida (óculos ou lentes)?**

- ☐ Sim
- ☐ Não

2. Você apresenta alguma condição visual que não pode ser corrigida (ex: cegueira parcial, daltonismo severo)?

- ☐ Sim

- ☐ Não

3. Qual a sua mão dominante?

- ☐ Direita
- ☐ Esquerda
- ☐ Ambas

Nota: Será aplicado posteriormente o Handedness Questionnaire (Oldfield, 1971) para confirmação.

4. Você possui alguma condição neurológica diagnosticada (ex: epilepsia, traumatismo craniano, esclerose múltipla)?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- Se sim, qual? _____

5. Você já foi diagnosticado com algum transtorno psiquiátrico (ex: depressão, ansiedade, esquizofrenia)?

- ☐ Sim
- ☐ Não

6. Você faz uso regular de medicação que afeta o sistema nervoso central (ex: anticonvulsivantes, ansiolíticos, antidepressivos)?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- Se sim, qual(is)? _____

7. Você já teve convulsões, episódios de desmaio frequente ou perda de consciência?

- ☐ Sim
- ☐ Não

8. Você dormiu pelo menos 6 horas na última noite?

- ☐ Sim
- ☐ Não

9. Nas últimas 48 horas, você consumiu alguma substância psicoativa? (ex: álcool, cannabis, energéticos em excesso)

- ☐ Sim
- ☐ Não
- Se sim, qual? _____

10. Você possui algum implante ou material metálico na cabeça ou orelhas que possa interferir com o EEG?

- ☐ Sim
- ☐ Não

11. Você compreendeu as informações sobre a pesquisa e concorda em participar voluntariamente?

- ☐ Sim
- ☐ Não

12. Você está disposto(a) a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)?

- ☐ Sim
- ☐ Não

 Declaração

Declaro que todas as informações fornecidas acima são verdadeiras e que estou ciente dos critérios de participação nesta pesquisa.

Nome **completo:** _____

Data: _____ //

ANEXO A – TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Baseado na Resolução Nº 466 de 12/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde)

Título do Projeto: **PREDIÇÃO DA AÇÃO DIRECIONADA A OBJETOS COM VALÊNCIA EMOCIONAL: UM ESTUDO ELETROENCEFALOGRAFICO PRELIMINAR**

Pesquisadora: Luiza Beatriz Fonseca da Silva

Orientador: Ghislain Saunier

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa citado acima. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. O participante da pesquisa fica ciente que:

A pesquisa tem como objetivo investigar o efeito da valência emocional de objetos sobre as representações motoras com um estudo eletroencefalográfico. Os critérios de inclusão no estudo são: Ter visão normal ou corrigida, ser destro de acordo com o *Handedness Questionnaire* (OLDFIELD, 1971), não ter comprometimento neurológico e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Os critérios de exclusão são: Não serem destros, Déficit visual sem correção, não assinar o TCLE.

O participante da pesquisa tem a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação, sem penalização nenhuma e sem prejuízo a sua saúde ou bem-estar físico e em caso de dúvidas pode entrar em contato com a pesquisadora Luiza fonseca por meio do e-mail: luiza.f.fisio@gmail.com.

O participante não receberá remuneração e nenhum tipo de recompensa nesta pesquisa, sendo sua participação voluntária;

Direito a Indenização: Qualquer dano causado pela pesquisa ao voluntário, ele pode recorrer aos seus direitos contidos no Item 2.21 da Res. 466/12;

Garantia de Ressarcimento: Item 2.21 da Res. 466/12 – compensação material, exclusivamente de despesas do participante e seus acompanhantes, quando necessário, tais

como transportes e alimentação;

Benefícios:

- Incluem a contribuição na sociedade e com a comunidade científica após a publicação dos resultados.

Riscos:

- Desconforto na colocação e retirada dos eletrodos de registro, para minimizar esse risco a equipe terá treinamento para otimizar esse procedimento.
- Quebra o sigilo e confidencialidade dos dados pessoais e ansiedade ou constrangimento com a dificuldade de realização do experimento.

Procedimento: A sessão experimental terá a duração de aproximadamente 45 minutos e não representa nenhum risco potencial para o participante. Será colocado os eletrodos do EEG posicionados no couro cabeludo para que haja registro gráfico do cérebro. A primeira etapa consiste em assistir um vídeo que mostrará, inicialmente, uma tela preta com uma cruz branca localizada no centro. Você deverá pressionar a tecla Espaço para iniciar um vídeo que poderá mostrar a mão de uma pessoa se deslocando em direção a um objeto. Ressalta-se que você deverá prestar atenção nos objetos que aparecerão durante os vídeos. O experimento será realizado em 2 blocos: condição de oclusão da visão, em que um anteparo preto bloqueia a visão do objeto; e condição de visão completa, na qual você poderá ver a localização tanto do objeto quanto da mão. Em ambas as condições, sua tarefa é estimar o tempo de contato entre mão e objeto pressionando a “tecla Espaço” quando achar que a mão da pessoa entrará em contato com o objeto. As informações a serem obtidas durante o estudo ficarão restritas a fins científicos, tendo garantido minha privacidade.

Confidencialidade: os dados coletados ficarão sob poder dos pesquisadores, sendo incinerados após três anos; sendo utilizados apenas para defesa de artigo e não expondo qualquer dado pessoal do voluntário;

Este documento deve conter duas vias iguais (assinadas e rubricadas em todas as páginas), sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante de pesquisa.

O voluntário ou participante da pesquisa está ciente de tudo que vai acontecer na

pesquisa. Eu, _____, residente e domiciliado na _____, portador da Cédula de identidade, RG _____, e inscrito no CPF _____ nascido (a) em ____/____/____, abaixo assinado, declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras sobre as dúvidas por mim apresentadas a propósito da minha participação (direta ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, de livre e espontânea vontade, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento utilizem as minhas informações para fins de pesquisa científica/ educacional, podendo ainda, publicá-las em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma.

Belém, _____ de _____ de 2024.

Prof. Dr. Ghislain Saunier

(Orientador)

Luiza Beatriz Fonseca da Silva

(Pesquisadora)

(Voluntário)

ANEXO B - PARECER CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DA VALÊNCIA DE OBJETOS SOBRE AS REPRESENTAÇÕES MOTORAS: UM ESTUDO ELETROENCEFALOGRAFICO

Pesquisador: Ghislain Jean Andre SAUNIER

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 76371023.3.0000.0018

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.630.687

Apresentação do Projeto:

A literatura aponta que os mecanismos corticais ativados durante a ação são recrutados também quando há uma observação de outrem (JEANNEROD, 1999). A pesquisa de Nogueira-Campos et al. (2016) trouxe o questionamento acerca da modulação da excitabilidade do sistema motor durante a observação de objetos com valência emocional e obteve como resultado que a observação de uma ação dirigida a um objeto desagradável acompanha-se de um aumento da excitabilidade cortical do sistema motor (Nogueira-Campos et al., 2016). Além disso, Esteves et al. (2016) afirma que a cinemática do movimento de alcance também é modulada pela valência do objeto. Sabendo que existe a modulação, o que ainda necessita de investigação diz respeito a como ocorre essa modulação. Uma hipótese relevante é que os mesmos mecanismos corticais estão envolvidos também na predição das consequências das ações de outrem.

Objetivo da Pesquisa:

Investigar os correlatos eletroencefalográficos da predição de ação durante a observação da ação dirigida aos objetos com valências emocionais.
Descrever a dinâmica temporal das redes neurais envolvidas na predição da ação de outrem.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Benefícios:

- Incluem a contribuição na sociedade e com a comunidade científica após a publicação dos

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.		
Bairro: Guamá	CEP: 66.075-110	
UF: PA	Município: BELEM	
Telefone: (91)3201-7735	Fax: (91)3201-8028	E-mail: cepccs@ufpa.br

Continuação do Parecer: 6.630.687

resultados.

Riscos:

- Desconforto na colocação e retirada dos eletrodos de registro, para minimizar esse risco a equipe terá treinamento para otimizar esse procedimento.
- Quebra o sigilo e confidencialidade dos dados pessoais e ansiedade ou constrangimento com a dificuldade de realização do experimento

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa com temática relevante e fomentada pela literatura.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentação apresentada de acordo com a legislação.

Recomendações:

Projeto de acordo com a legislação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP:

Recomenda-se a implementação do projeto.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2209974.pdf	01/12/2023 01:45:12		Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_pesquisador.pdf	01/12/2023 01:43:45	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Pre_projeto_Luiza_silva_gs.pdf	01/12/2023 01:27:37	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
Outros	carta_encaminhamento_ao_cep.pdf	01/12/2023 01:20:19	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
Outros	declaracao_de_isencao_onus_financeiroassinado.pdf	01/12/2023 01:19:41	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
Outros	Termo_de_aceite_Orientadorassinado.pdf	01/12/2023 01:18:54	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_instituicao.pdf	01/12/2023 01:16:06	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepocs@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ**



Continuação do Parecer: 6.630.687

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_COMPROMISSO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_.pdf	01/12/2023 01:14:59	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2209974.pdf	03/11/2023 11:02:09		Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	03/11/2023 11:00:43	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	03/11/2023 11:00:26	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Recusado
Outros	carta_encaminhamento_ao_cep.pdf	03/11/2023 10:57:39	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Recusado
Outros	declaracao_de_isencao_onus_financieiro_.pdf	03/11/2023 10:57:12	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Recusado
Declaração de concordância	Termo_de_aceite_Orientador.pdf	03/11/2023 10:56:35	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Recusado
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	termo_de_compromisso_do_pesquisador.pdf	03/11/2023 10:56:00	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Recusado
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Luiza_silva_gs_PDF.pdf	03/11/2023 10:55:08	LUIZA BEATRIZ FONSECA DA SILVA	Recusado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELEM, 31 de Janeiro de 2024

Assinado por:

**Wallace Raimundo Araujo dos Santos
(Coordenador(a))**

ANEXO C - HANDEDNESS QUESTIONNAIRE

HANDEDNESS QUESTIONNAIRE

<http://www.brainmapping.org/shared/Edinburgh.php>

COM QUE MÃO VOCÊ PREFERE USAR?				
	Left (Esquerda)	No pref (sem preferência)	Right (Direita)	Do you ever use the other hand? (Você já usou a outra mão?)
Writing (escrever)				
Drawing (Desenhar)				
Throwing (Jogar)				
Using Scissors (Usar tesoura)				
Using a Knife without a fork (usando uma faca sem garfo)				
Using a Spoon (usando uma colher)				
Using a Broom – upper hand (usando uma vassoura – lado superior)				
Striking a Match (Riscando um fósforo)				
Opening a Box – holding the lid (abrindo uma caixa – segurando a tampa)				

ITENS A SEGUIR NÃO ESTÃO NA NORMA DO INVENTÁRIO				
Holding a computer mouse (Segurando um mouse de computador)				
Using a Key to unlock a door (usando uma chave para abrir a porta)				
Holding a Hammer (Segurando um martelo)				
Holding a brush or comb (segurando uma escova ou pente)				
Holding a cup while drinking (segurando uma xícara enquanto bebe)				

ÍNDICE DE LATERALIDADE: ____ DECILE: ____

<u>LATERALITY INDEX (LI)</u>	<u>DECILE</u>
<u>LI = -100</u>	<u>10^t</u> <u>^h left</u>
<u>-100 ≤ LI < -92</u>	<u>9th</u> <u>Left</u>
<u>-92 ≤ LI < -90</u>	<u>8th</u> <u>Left</u>
<u>-90 ≤ LI < -87</u>	<u>7th</u> <u>Left</u>
<u>-87 ≤ LI < -83</u>	<u>6th</u>

	<u>Left</u>
<u>$-83 \leq LI < -76$</u>	<u>5th</u> <u>Left</u>
<u>$-76 \leq LI < -66$</u>	<u>4th</u> <u>Left</u>
<u>$-66 \leq LI < -54$</u>	<u>3d</u> <u>Left</u>
<u>$-54 \leq LI < -42$</u>	<u>2d</u> <u>Left</u>
<u>$-42 \leq LI < -28$</u>	<u>1st</u> <u>Left</u>
<u>$-28 \leq LI < 48$</u>	<u>Mi</u> <u>Ddle</u>
<u>$48 \leq LI < 60$</u>	<u>1st</u> <u>Right</u>
<u>$60 \leq LI < 68$</u>	<u>2d</u> <u>Right</u>
<u>$68 \leq LI < 74$</u>	<u>3d</u> <u>Right</u>
<u>$74 \leq LI < 80$</u>	<u>4th</u> <u>Right</u>
<u>$80 \leq LI < 84$</u>	<u>5th</u> <u>right</u>
<u>$84 \leq LI < 88$</u>	<u>6th</u> <u>right</u>
<u>$88 \leq LI < 92$</u>	<u>7th</u> <u>right</u>
<u>$92 \leq LI < 95$</u>	<u>8th</u> <u>right</u>
<u>$95 \leq LI < 100$</u>	<u>9th</u> <u>right</u>

<u>LI = 100</u>	<u>10^t</u> <u>^h right</u>
-----------------	--