



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

**A PREDIÇÃO DE UMA AÇÃO TRANSITIVA É MODULADA PELA VALÊNCIA
EMOCIONAL DO OBJETO**

PRISCILA DA SILVA AZEVEDO

BELÉM – PA

2021

PRISCILA DA SILVA AZEVEDO

**A PREDIÇÃO DE UMA AÇÃO TRANSITIVA É MODULADA PELA VALÊNCIA
EMOCIONAL DO OBJETO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Guamá, como requisito parcial para obtenção do título de mestre, sob orientação do Profº. Dr. Ghislain Saunier e Profª. Anaelli Aparecida Nogueira-Campos.

BELÉM-PA

2021

**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)**

A994p Azevedo, Priscila.

A predição de uma ação transitiva é modulada pela
valência emocional do objeto / Priscila Azevedo. — 2021.

104 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Ghislain Saunier

Coorientação: Prof^a. Dra. Anaelli Aparecida Nogueira
Campos Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Pará,

Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-
Graduação em Ciências do Movimento Humano, Belém,
2021.

1. Emoção. 2. Predição da ação. 3. Interação
percepção- ação. 4. Modelos internos da ação. 5. Sistema
motor. I. Título.

CDD 573.8

PRISCILA DA SILVA AZEVEDO

**A PREDIÇÃO DE UMA AÇÃO TRANSITIVA É MODULADA PELA VALÊNCIA
EMOCIONAL DO OBJETO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Guamá, como requisito parcial para obtenção do título de mestre, sob orientação do Prof^o. Dr. Ghislain Saunier e Prof^a. Anaelli Aparecida Nogueira Campos.

DATA DE APROVAÇÃO: 02/06/2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ghislain Saunier
Orientador – PPGCMH/UFPA

Prof^a. Dr^a. Anaelli Aparecida Nogueira Campos
Orientadora – UFJF

Prof^a. Dr^a Bianca Callegari
Membro interno titular – PPGCMH/UFPA

Prof^a. Dr^a. Claudia Domingues Vargas
Membro externo titular – IBCCF/UFRJ

Prof^a. Dr^a. Mirtes Garcia Pereira
Membro externo suplente - UFF

BELÉM-PA

2021

RESUMO

AZEVEDO, Priscila da Silva. **A predição de uma ação transitiva é modulada pela valência emocional do objeto.** Belém, 2021.

Evidências experimentais recentes demonstram que a observação e a realização de ações dirigidas a objetos (i.e., ação transitiva) recrutam áreas motoras similares. Essa rede de interação percepção-ação estaria envolvida na nossa capacidade de prever as consequências de ações realizadas por outrem. Assim, o objetivo central do presente trabalho foi avaliar o efeito da valência emocional de um objeto sobre o processo de predição da ação. Trinta e oito estudantes de graduação foram convidados a observar vídeos de ações de alcance-preensão dirigidas a objetos agradáveis (AGR), desagradáveis (DES) ou neutros (NEU), apresentados em uma tela de computador. Incluímos duas condições visuais: oclusão da visão (OV), onde um retângulo preto obstruía os 50% finais do movimento, e visão completa (VC). No total foram realizadas 90 repetições (2 condições visuais x 3 valências x 15 repetições). O experimento iniciou sempre com o bloco de oclusão. A tarefa do participante consistia em prever o tempo de contato mão-objeto pressionando a barra de espaço do teclado. Os erros de predição foram calculados com base na diferença temporal (em ms) entre os tempos de contato dos participantes e os tempos de contato apresentados nos vídeos. Uma ANOVA para medidas repetidas (2 condições visuais x 3 valências) foi utilizada para comparar os erros de predição entre as condições. O *post-hoc* de Tukey foi usado para comparar os efeitos significantes ($p < 0,05$). Nossos resultados sugerem que a predição da ação dirigida a um objeto é modulada pela valência emocional desse mesmo objeto. Encontramos um efeito de valência, com maior precisão temporal para a predição da preensão de objetos AGR e NEU quando comparado com os DES. Não houve efeito visual sobre a predição da ação observada. Por fim, observamos que a condição visual modulou a predição da ação dirigida somente aos objetos AGR e NEU. Ao nosso conhecimento, esta é a primeira demonstração comportamental de que a valência emocional dos objetos interfere no processo de predição da ação. Estes resultados podem contribuir no futuro para elaboração de protocolos complementares a reabilitação motora tradicional.

Palavras-chave: emoção; predição da ação; interação percepção-ação; modelos internos da ação; sistema motor, movimento de alcance-preensão.

ABSTRACT

AZEVEDO, Priscila da Silva. **The prediction of a transitive action is modulated by the object's emotional valence.** Belém, 2021.

Recent experimental evidences demonstrate that the action observation and action execution directed to objects (i.e., transitive action) shared similar motor areas. This action-perception network is involved in our ability to predict the sensory consequences of actions performed by others. Thus, the main objective of the present work was to evaluate the effect of an object's emotional valence on to the action prediction process. For this, 38 undergraduate students were recruited to watch reach-to-grasp videos directed of pleasant, unpleasant or neutral objects on a computer screen. Two visual conditions were included: occlusion (a black rectangle occluded the last 50% of the movement) and full vision. In total, 90 repetitions were performed (2 visual conditions x 3 valences x 15 repetitions). The experiment always started with the occlusion block. The participant's task consisted in predict the time-to-contact (TTC) between the hand and the object by pressing the space bar on the keyboard. Prediction errors were calculated based on the temporal difference (ms) between the participants' prediction of TTC and the contact times of our videos. An ANOVA for repeated measures (2 visual conditions x 3 valences) was used to compare the prediction errors. The Tukey *post-hoc* test was used to compare the significant effects ($p < 0.05$). Our results suggest that the prediction of action is modulated by the emotional valence of the object. We found a valence effect with a greater temporal precision for AGR and NEU objects when compared to DES. There was no visual effect on action prediction. Finally, we observed that the visual condition only modulated the prediction of the action directed to AGR and NEU objects. To our knowledge, this is the first behavioral demonstration that the emotional valence of objects interferes within the action prediction process. These results may contribute in the future to the development of complementary protocols to traditional motor rehabilitation.

Keywords: emotion; action prediction; action-perception coupling; internal models of action; motor system; reach-to-grasp movement.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Neurônios-espelho ativados durante a observação e execução das ações.

Figura 2 - Análise de regiões cerebrais envolvidas no processamento visual.

Figura 3 - Esquema do modelo de codificação preditiva da rede de percepção-ação.

Figura 4 - Conectividade anatômica entre os nós centrais da rede de percepção-ação.

Figura 5 - Exemplos de estímulos experimentais do estudo de Urgesi et al. (2010).

Figura 6 - (A) Facilitação muscular durante a observação das diferentes fases da ação implícita. (B) Curso de tempo de ativação muscular durante a execução da ação.

Figura 7 - Registro eletroencefalográfico das áreas pré-motoras e parietais em pacientes e indivíduos saudáveis.

Figura 8 - Média das amplitudes dos potenciais de prontidão anteriores à apreensão dos estímulos AGR, DES e NEU para cada canal analisado (C3, Cz e C4).

Figura 9 - Razões de amplitudes dos PEMs.

Figura 10 - Registro dos PEMs em duas condições experimentais: abertura máxima e contato.

Figura 11 - Média dos 5 objetos por categoria emocional nas dimensões de valência e alerta da escala SAM.

Figura 12 - Desenho experimental.

Figura 13 - Procedimento experimental.

Figura 14 - (A) Histograma da média do erro constante (EC) para a predição do tempo de contato nas condições de oclusão (OV) e visão completa (VC). (B) Histograma da média do erro variável (EV). A condição de oclusão apresentou uma variabilidade maior das estimativas que a condição visão completa ($p < 0,01$).

Figura 15 - (A) Histograma da média do erro constante (EC) para a predição do tempo de contato para as diferentes valências emocionais ($p < 0,001$). (B) Histograma da média do erro variável (EV). Enquanto a variabilidade não diferiu entre as valências AGR e DES ($p = 0,77$), e AGR e NEU ($p = 0,15$), uma diferença entre a condição NEU e DES ($p = 0,034$) foi encontrada. AGR = Agradável; DES = Desagradável e NEU = Neutro.

Figura 16 - Histograma da média do erro constante (EC) para a predição do tempo de contato entre as condições visuais (oclusão e visão completa) e valências emocionais (AGR, DES e NEU). A condição visual interferiu na predição do tempo de contato para objetos AGR ($p < 0,001$) e objetos NEU ($p < 0,001$), mas não interferiu na predição para objetos DES ($p = 0,99$). AGR = Agradável; DES = Desagradável e NEU = Neutro.

Figura 17 - Resultados individuais da estimativa do tempo de contato na condição oclusão da visão para as diferentes valências emocionais (AGR= Agradável; DES= Desagradável e NEU= Neutro).

Figura 18 - Resultados individuais da estimativa do tempo de contato na condição visão completa para as diferentes valências emocionais (AGR= Agradável; DES= Desagradável e NEU= Neutro).

Figura 19 - Correlação positiva moderada ($r= 0,48$; $p= 0,004$) entre condição visual (oclusão da visão= OV e visão completa = VC) e valência agradável.

Figura 20 - Correlação positiva moderada ($r= 0,50$; $p= 0,003$) entre condição visual (oclusão da visão= OV e visão completa = VC) e valência desagradável.

Figura 21 - Correlação positiva moderada ($r= 0,53$; $p= 0,001$) entre condição visual (oclusão da visão= OV e visão completa = VC) e valência desagradável.

Figura 22 - (A) Ausência de correlação ($r= -0,08$; $p= 0,87$) entre os dados comportamentais na condição de oclusão da visão (OV) e pontuações da SAM para os objetos agradáveis. (B) Ausência de correlação ($r= 0,05$; $p= 0,83$) entre os dados comportamentais entre a condição de visão completa (VC) e pontuações da SAM para os objetos agradáveis.

Figura 23 - (A) Ausência de correlação ($r= -0,31$; $p= 0,18$) entre os dados comportamentais entre a condição de oclusão da visão (OV) e pontuações da SAM para os objetos desagradáveis. (B) Ausência de correlação ($r= 0,02$; $p= 0,88$) entre os dados comportamentais entre a condição de visão completa (VC) e pontuações da SAM para os objetos desagradáveis.

Figura 24 - (A) Ausência de correlação ($r= 0,05$; $p= 0,88$) entre os dados comportamentais entre a condição de oclusão da visão (OV) e pontuações da SAM para os objetos neutros. (B) Ausência de correlação ($r= 0,01$; $p= 0,95$) entre os dados comportamentais entre a condição de visão completa (VC) e pontuações da SAM para os objetos neutros.

Figura 25 - Proposta de circuito preditivo de ações dirigidas a objetos com valências emocionais. (A) circuito preditivo para todas as valências emocionais, mas com níveis de atividade diferentes para a categoria desagradável. (B) recrutamento de um circuito específico para os objetos desagradáveis.

Tabela 1 - Pontuações nas escalas de valência e alerta dos objetos selecionados para nosso estudo em cada uma das categorias de valência: agradável, desagradável e neutro.

Tabela 2 - Informação temporal dos vídeos emocionais.

Tabela 3 - Pontuações dos voluntários na escala SAM para os objetos agradáveis, desagradáveis e neutros.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGR	Agradável
DES	Desagradável
EMG	Eletromiografia
EEG	Eletroencefalografia
EMT	Estimulação Magnética Transcraniana
IAPS	International Affective Picture System
IRMf	Imageamento por Ressonância Magnética Funcional
NEU	Neutro
PEMs	Potenciais Evocados Motores
PID	Primeiro interósseo dorsal
PET	Tomografia por Emissão de Pósitrons
PP	Potencial de Prontidão
SAM	<i>Self-Assessment Manikin</i>
SNC	Sistema Nervoso Central
STSp	Sulco Temporal Superior posterior
STS	Sulco temporal superior

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Acoplamento percepção-ação.....	13
2.1.1 Evidências comportamentais da interação percepção-ação.....	14
2.1.2 Evidências neurofisiológicas de uma rede cortical de interação percepção-ação.....	17
2.1.3 Modelos internos da ação: inverso e preditivo.....	22
2.2 Predição da ação.....	24
2.2.1 Evidências comportamentais.....	26
2.2.2 Evidências neurofisiológicas.....	29
2.3 Emoção e ação.....	34
2.3.1 Evidências comportamentais.....	37
2.3.2 Evidências Neurofisiológicas.....	38
3 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE.....	44
4 OBJETIVOS.....	46
4.1 Objetivo geral.....	46
4.2 Objetivos específicos.....	46
5 METODOLOGIA.....	47
5.1 Participantes.....	47
5.2 Seleção dos clipes de vídeo emocional.....	47
5.3 Estímulos.....	49
5.4 Procedimento.....	50
5.5 Análise dos dados.....	52
6 RESULTADOS.....	53
7 DISCUSSÃO.....	56
7.1 Envolvimento da entrada visual e das representações motoras na predição da ação.....	56
7.2 Interferência da valência emocional dos objetos na predição da ação.....	58
7.3 Proposta de circuito preditivo de ações dirigidas a objetos com valência emocional....	62
8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	67
9 RELEVÂNCIA DO ESTUDO PARA A REABILITAÇÃO MOTORA.....	68
10 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	70
REFERÊNCIAS.....	71

APÊNDICE A - Resultados individuais.....	89
APÊNDICE B - Correlação de Pearson (Condição de oclusão e visão completa).....	90
APÊNDICE C - Correlação de Pearson (Condição visuais e Escala SAM).....	92
APÊNDICE D - Anamnese do projeto de pesquisa.....	95
APÊNDICE E - Instruções da pesquisa.....	96
ANEXO A - Handedness Questionnaire.....	97
ANEXO B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.....	99
ANEXO C - Pontuações dos voluntários na Escala SAM para os objetos com valências emocionais.....	100
ANEXO D - Parecer do Comitê de Ética.....	111

1 INTRODUÇÃO

A percepção da ação de *outrem* ativa o sistema motor do próprio observador. Alguns autores sugerem que tal envolvimento apoia-se sobre a existência de representações endógenas da ação, as quais são recrutadas tanto durante tarefas executivas (ação), quanto não executivas, como a observação da ação (JEANNEROD, 1999). Assim, durante a observação de uma ação, o observador simularia implicitamente o movimento observado recrutando áreas corticais dedicadas ao planejamento e à preparação motora. O envolvimento dessas áreas corticais geraria uma representação motora da ação observada, a qual pode ser recrutada durante a observação ou a execução da ação observada (JEANNEROD, 2005). A base neurofisiológica dessa ligação entre observação e execução das ações apoia-se nos neurônios espelho (para uma revisão completa ver RIZZOLATTI e SINIGAGLIA, 2016) descobertos originalmente no córtex pré-motor e parietal posterior de macacos, definindo a existência de um circuito frontoparietal.

Foi observada também a existência de uma rede cortical de percepção-ação em humanos com propriedades similares às aquelas descritas no macaco (FADIGA *et al.*, 1995; BUCCINO *et al.*, 2001), que foi inicialmente sugerida como a base para a compreensão da ação (GALLESE *et al.*, 1996; RIZZOLATTI *et al.*, 1996a; GALLESE, 2000 e 2001; RIZZOLATTI *et al.*, 2001; GALESE, 2003). Posteriormente, emergiu uma proposta de que essa rede cortical serviria à predição da ação (IACOBONI *et al.*, 2001; MIAL, 2003), participando da compreensão da ação através da elaboração de predições sobre as consequências das ações de *outrem* (KILNER *et al.*, 2004; FONTANA *et al.*, 2012; RANGEL *et al.*, 2021).

No presente trabalho optamos por utilizar um paradigma de inferência (capacidade de permanência dos movimentos mesmo na ausência de entrada sensorial) da ação para investigar o efeito da valência emocional de um objeto sobre a capacidade de prever as consequências de uma ação de preensão dirigida a este mesmo objeto. O protocolo experimental deste estudo baseia-se essencialmente na apresentação de vídeos de ações de preensão dirigidas a objetos com valência emocional em duas condições visuais: oclusão parcial e visão completa. A escolha desse protocolo de observação da ação apoiou-se em estudos anteriores de inferência que associam a nossa capacidade de inferir a trajetória de um movimento parcialmente ocluído ao recrutamento de representações sensório-motoras (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008), a fim de compensar a perda de informação sensorial.

Todavia, ressalta-se que a grande maioria dos estudos de interação percepção-ação é desprovida da dimensão emocional. Apenas recentemente, foi proposto que as representações

endógenas incorporaram as intenções motoras que se relacionam com o valor emocional de estímulos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012). A partir disso, estudos investigaram possíveis substratos neurais envolvidos durante uma ação direcionada a objetos com valência emocional e descreveram que esse conteúdo emocional dos objetos pode modular a atividade do sistema motor durante a preparação motora associada a uma ação de preensão (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012, NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014). Um estudo recente mostrou pela primeira vez que as características cinemáticas de uma ação transitiva são dependentes da valência emocional dos estímulos (ESTEVES *et al.*, 2016).

Assim, se a cinemática do movimento executado difere em função da valência emocional do objeto, é possível que a predição da ação difira para cada categoria emocional (agradável, desagradável e neutra). Ao nosso conhecimento não há evidências acerca de como essa modulação da atividade do sistema motor pela valência emocional de um objeto pode afetar o comportamento preditivo do ser humano. A nossa proposta é que a valência emocional dos objetos possa afetar diferentemente a predição de ações dirigidas aos objetos agradáveis, desagradáveis e neutros. Portanto, o objetivo geral do nosso trabalho consiste em investigar o efeito da valência emocional de objetos sobre os processos preditivos durante a observação de uma ação. Esperamos que este trabalho sirva como ponto inicial a uma proposta alternativa aos protocolos de observação da ação empregados na reabilitação de pacientes com déficit de motricidade, introduzindo a predição da ação em vez de uma observação passiva das ações, assim como objetos com conteúdo emocional.

A primeira parte dessa dissertação dedicou-se ao estabelecimento de um quadro teórico descrevendo as principais teorias e evidências experimentais (comportamentais e neurofisiológicas) que apoiam a existência de uma interação contínua entre a percepção e a ação. Em seguida, descrevemos como essa interação percepção-ação participaria dos mecanismos preditivos da ação. Por fim, apresentamos a influência do componente emocional da ação na resposta do sistema motor durante a execução e à observação de ações. A segunda parte dedicou-se a descrição do nosso estudo comportamental e seus resultados. A terceira parte desse manuscrito dedicou-se a discussão e conclusão dos nossos resultados experimentais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Acoplamento percepção-ação

A ideia de que a ação e a percepção estejam intimamente ligadas reporta-se às abordagens ideomotoras desenvolvidas no século XIX por James (1890) e Lotze (1852). Esses autores postulavam que a realização do movimento e a percepção das suas consequências conduziram a uma codificação do padrão motor e das consequências perceptivas associadas a ele (ver também HOMMEL *et al.*, 2001; PRINZ, 1997). Com base nisso, James (1890) propôs que cada representação mental de um movimento evoca em certa medida o movimento real que é o alvo dessa representação. Essa compreensão sugeriu a existência de estruturas neurais comuns à percepção de um movimento e a realização desse mesmo movimento, denominadas de representações endógenas ou motoras da ação (JEANNEROD, 1994 e 1999; PRINZ 1997).

Essa hipótese postulada por James ganhou apoio empírico ao longo dos anos e influenciou outras correntes teóricas, como a teoria da codificação dos eventos ou codificação comum (PRINZ, 1997; HOMMEL *et al.*, 2001). Esta teoria, por sua vez, propôs-se de caracterizar as ligações entre percepção e ação. Para tanto, postulou-se que os eventos percebidos e as ações planejadas compartilham um domínio representacional comum que envolve a existência de um isomorfismo parcial entre aferências sensoriais e eferências motoras, a ponto de criar uma associação entre o padrão motor gerado e os efeitos sensoriais atrelados a ele. Tal associação pode ser utilizada inversamente de maneira que o movimento é induzido pela antecipação ou pela percepção dos seus efeitos sensoriais (HOMMEL *et al.*, 2001).

A partir desses fundamentos, a teoria da simulação surge com a proposta que tem por alvo a percepção das ações realizadas por *outrem* (GOLDMAN, 1989; 2008). Esta teoria apoiou-se sobre a existência de representações motoras da ação (JEANNEROD, 1999; 2001, 2004), as quais são recrutadas tanto durante a execução quanto durante a observação da ação. Essa teoria postula que o sistema motor não é apenas dedicado à realização de ações, mas participa de um processo mais amplo de simulação implícita. Este processo pressupõe que durante a observação de uma ação, o observador simularia o movimento observado recrutando áreas corticais dedicadas ao planejamento e a preparação motora dessa mesma ação (JEANNEROD, 2005).

No entanto, apesar do quadro teórico construído ao longo dos anos nos domínios cognitivos a respeito desse acoplamento percepção-ação, a tese de que as representações da

ação possam ser recrutadas durante a observação e execução do movimento foi dificilmente aceita. Uma das primeiras evidências comportamentais robustas desta interação percepção-ação é proveniente de estudos que demonstraram a existência de leis motoras como, por exemplo, a lei de potência de $2/3$ (ver próxima seção). Viviani e Stucchi (1989, 1992) demonstraram que o invariante cinemático que caracteriza a produção de movimento curvilíneo também influenciava a percepção visual desse mesmo tipo de movimento. Apesar de numerosas evidências indiretas, somente a partir da descoberta de um possível substrato neurofisiológico (ver a seção dedicada a descoberta dos neurônios espelhos) que esta hipótese de interação percepção-ação passou a ganhar força na comunidade científica.

Assim, o texto a seguir iniciará com a apresentação das evidências comportamentais sobre a interação percepção-ação, seguida pelas evidências neurofisiológicas que sustentam a existência de um circuito neural compartilhado pela observação e execução de ações. Além disso, com base na compreensão do substrato neural, será apresentada uma proposta, a partir dos modelos internos da ação, que descreve a capacidade de prever as consequências das ações de *outrem* (para uma revisão ver WOLPERT, 1997). Por fim, será colocado em evidência que o componente emocional pode influenciar a resposta do sistema motor durante a execução (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014; ESTEVES *et al.*, 2016) e observação de ações (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016).

2.1.1 Evidências comportamentais da interação percepção-ação

A influência do repertório motor na percepção visual do movimento humano é um ponto crucial de investigação. Um exemplo robusto da interferência do repertório motor na percepção visual é o da lei de potência de $2/3$. Esta lei motora evidenciou uma relação não linear inversa, durante a realização de um movimento curvilíneo entre a velocidade tangencial e a curvatura de sua trajetória (LACQUANITI *et al.*, 1983). Em outras palavras, a velocidade tangencial é diretamente dependente da curvatura da trajetória do movimento. Isto quer dizer que quanto maior a curvatura, menor a velocidade tangencial do movimento (VIVIANI e TERZUOLO, 1982). Essa lei motora foi formulada pela equação seguinte: $V(t) = K [R(t)/(1+\alpha R(t))]^{1-\beta}$ (LACQUANITI *et al.*, 1983). $V(t)$ representa a velocidade instantânea e $R(t)$ o raio da curvatura ao momento t . K é um ganho de velocidade α entre 0 e 0,1 e, finalmente, o expoente β , uma constante cujo valor é próximo de $2/3$.

Ao longo dos anos, a lei de potência de $2/3$ foi utilizada para estudar extensivamente os movimentos do braço humano para verificar a existência de invariantes motoras que

fornece ao movimento o seu caráter biológico. Por exemplo, Viviani e Terzuolo (1982) analisaram a existência de uma relação entre a velocidade da ponta da caneta e a curvatura das trajetórias durante a realização de movimentos de tracejar. Os resultados demonstram que a velocidade tangencial é diretamente dependente da curvatura. Este achado possibilitou compreender que a produção de gestos gráficos ou de escrita respeita as constantes motoras durante a realização do movimento, as quais são envolvidas no planejamento e preparação motora (ver também VIVIANI, 2002).

Em seguida, investigações interessaram-se na relação entre o repertório motor e a percepção visual do movimento. Viviani e Stucchi (1989) desenvolveram um paradigma experimental que consistia em observar o deslocamento de um ponto luminoso sobre uma tela de computador descrevendo uma trajetória elíptica ou pseudoaleatória. Neste estudo, os participantes ajustavam a valor do expoente β , através de uma tecla do computador, até obter um deslocamento do ponto que os parecesse o mais uniforme possível (i.e., sem variação de velocidade ao longo da trajetória). Os resultados mostram que o valor de β registrado pelos participantes é próximo ao valor de β que caracteriza a lei de Potência $2/3$. Logo, a velocidade de deslocamento do ponto luminoso, que parece uniforme ao olhar do sujeito respeita a lei de potência $2/3$, para a qual a velocidade varia de acordo com os princípios que regem a produção do movimento. Em conclusão, os autores sugerem que a percepção de uma velocidade uniforme corresponde à percepção da velocidade que respeita as leis biológicas de produção desse movimento, como a covariação velocidade-curvatura.

Mais adiante, esses autores realizaram outro experimento, utilizando um paradigma visual semelhante ao estudo previamente descrito, que consistia em observar um ponto luminoso descrevendo uma trajetória elíptica cujo perfil de velocidade também respeitava a lei de potência $2/3$ (VIVIANI e STUCCHI, 1992). Os resultados apontam que somente quando esta trajetória tendia gradualmente a descrever a geometria de um círculo e não mais de uma elipse, mas com o perfil de velocidade respeitando o perfil de velocidade elíptica, os participantes continuavam a perceber uma elipse e não um círculo. Isto confirma a hipótese de que o conhecimento motor implícito pode influenciar diretamente os mecanismos visuais de discriminação e de reconhecimento do movimento. Esta conclusão é a base da teoria motora da percepção proposta em psicologia por Viviani e Stucchi (1992), na qual a motricidade interfere na percepção visual do movimento humano.

Na sequência, um estudo de IRMf (DAYAN et al., 2008) propôs-se a identificar os correlatos neurais da lei de potência $2/3$ a partir do uso do paradigma da elipse. Neste estudo os participantes manipularam a relação entre a velocidade do ponto luminoso e a curvatura da

elipse para gerar três padrões distintos do movimento do alvo: um movimento respeitando a lei de potência $2/3$, um movimento com a velocidade constante e um movimento inverso à potência $2/3$ (onde a velocidade do ponto desacelera nas partes planas e acelera nas partes curvas). Os resultados mostram uma ativação maior nas áreas corticais dedicadas à produção motora durante a observação dos movimentos respeitando a lei de potência $2/3$. Os autores afirmam que as representações motoras são sensíveis a cinemática e aos invariantes geométricos caracterizando as ações biológicas. Tal interpretação somente seria possível pela existência de um código neural comum entre a produção motora e a percepção do movimento (PRINZ, 1997; HOMMEL *et al.*, 2001).

Mais recentemente, um estudo realizado em pacientes com doença de Parkinson investigou se os núcleos da base poderiam ter uma participação na percepção visual de movimentos respeitando a lei de potência de $2/3$ (DAYAN *et al.*, 2012). Neste estudo, os pacientes com doença de Parkinson e controles foram solicitados a observar o movimento de um ponto de luz ao longo de uma trajetória elíptica e a modificar sua velocidade até parecer uniforme. Esses pacientes apresentaram um comportamento mais variável, escolhendo um valor de β inferior ao valor escolhido pelos controles e, conseqüentemente, mais distante do valor de β que caracteriza essa lei motora. Assim, os resultados demonstram uma possível participação de estruturas subcorticais, como os núcleos da base, na percepção visual das regularidades cinemáticas que caracterizam os movimentos curvilíneos. Estes autores sugerem que a disfunção dos gânglios da base pode afetar a percepção do tempo e da velocidade, bem como a capacidade de controlar a velocidade do movimento (ver também MATELL e MECK, 2004; MECK *et al.*, 2008). Alternativamente, essas deficiências na percepção do movimento podem refletir déficits semelhantes na produção motora.

Outro estudo neuropsicológico teve como objetivo investigar essa relação entre o déficit de motricidade de pacientes hemiplégicos após uma lesão do sistema nervoso central (SNC) e uma possível deficiência na percepção da ação (SERINO *et al.*, 2009). Neste estudo, um grupo de pacientes sofreu lesões no circuito frontoparietal, gânglios da base e/ou fibras corticoespinhais da cápsula interna. E o outro grupo de pacientes não sofreu lesão no sistema motor, apresentando acidentes vasculares cerebrais em uma divisão mais posterior da artéria central medial. Os pacientes hemiplégicos visualizaram vídeos de movimentos do membro superior antes de nomear as ações observadas. Para criar os estímulos dinâmicos, os pacientes realizaram individualmente gestos simples com o braço não afetado durante uma filmagem. Os vídeos foram convertidos em animações de pontos luminosos, caracterizando a trajetória das articulações envolvidas. Cada ação foi apresentada conforme sua execução (i. e., como

produzida pelo braço não afetado do observador) e em seu espelho (i. e., como se fosse produzida pelo braço hemiplégico do observador). Os resultados apontam uma diminuição do reconhecimento de ações realizadas pelo membro correspondendo ao membro hemiplégico do paciente. Esses resultados sugerem que o comprometimento do córtex motor diminui a sensibilidade visual à ação humana quando essa ação é realizada pelo membro correspondente ao membro acometido no paciente.

Além disso, Orliaguet *et al.* (1997) demonstraram que a influência da lei de potência $2/3$ não se restringia unicamente a percepção do movimento, mas as capacidades antecipatórias do ser humano. Por exemplo, um estudo utilizou um paradigma de escrita cursiva, no qual os participantes deviam antecipar a letra que seguia o aparecimento de um *l* na tela do computador. Essa letra podia ser um *l*, *n* ou *e*. Os resultados mostram que os participantes são capazes de prever, acima do nível de chance, a letra que segue a produção motora do primeiro *l* (i.e., *l*, *n* ou *e*) (KANDEL *et al.*, 2000a; ORLIAGUET *et al.*, 1997). De fato, a cinemática do primeiro *l* é a consequência da letra seguinte e difere em função dela (*l*, *n* ou *e*). Assim, o participante seria capaz de usar este conhecimento motor implícito para elaborar uma predição sobre a identidade da letra por vir.

Num estudo complementar, Kandel *et al.* (2000b) propôs-se de identificar o componente cinemático usado pelo sujeito durante este processo preditivo. Os autores utilizaram uma metodologia semelhante ao do estudo descrito anteriormente (KANDEL *et al.*, 2000a), porém com a diferença de que a duração dos movimentos do primeiro *l* foi idêntica em todas as condições e somente os perfis de velocidade mantiveram as suas diferenças. Os resultados psicofísicos demonstram que nesta condição experimental a predição da letra seguida pelo *l* é realizada corretamente, sugerindo que o estabelecimento da predição se baseou nos índices motores, ou seja, na diferença entre os perfis de velocidade e não em uma inferência temporal (i.e., duração do movimento). Em conjunto, estes estudos apontam que o sistema visual é sensível aos invariantes cinemáticos do movimento. Além disso, apresentam como essas regras cinemáticas podem influenciar a capacidade de reconhecimento ou de antecipação do movimento. Na próxima seção serão apresentadas evidências neurofisiológicas dessa interação entre percepção-ação com base na existência de um substrato neural.

2.1.2 Evidências neurofisiológicas de uma rede cortical de interação percepção-ação

Conforme discutido na seção anterior, as evidências comportamentais sugerem que a motricidade pode interferir na percepção visual do movimento. Tal hipótese ganhou

embasamento neurofisiológico a partir da descoberta de células particulares, localizadas no córtex pré-motor, no início dos anos 90. Esses neurônios têm como particularidade disparar quando um primata não humano realiza uma ação de preensão ou quando ele observa a mesma ação (DI PELLEGRINO *et al.*, 1992; FABBRI-DESTRO e RIZZOLATTI, 2008). Esses neurônios bimodais, visuomotores, foram chamados de espelho pelo fato de uma célula está ativa ao mesmo tempo no cérebro do ator e do observador (figura 1 A e B). Este achado sustenta a ideia de que a entrada visual de uma ação é mapeada sobre a sua representação motora correspondente (RIZZOLATTI *et al.*, 2001a; RIZZOLATTI e CRAIGHERO 2004).

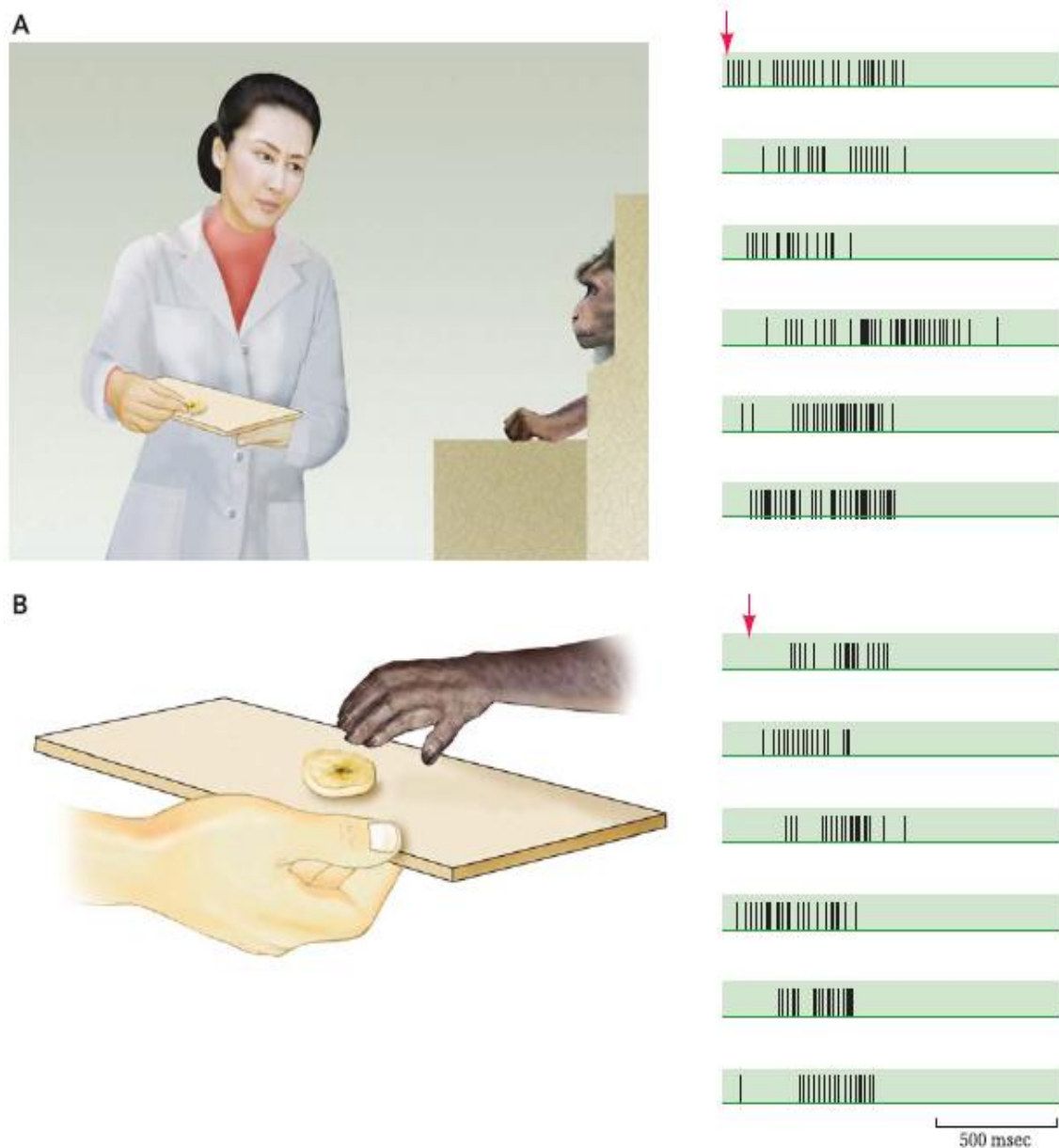


Figura 1. O neurônio dispara durante a observação de um movimento de preensão realizado pelo experimentador (A) e pelo macaco (B). Extraído de Fabbri-destro e Rizzolatti, 2008.

O sistema espelho foi primeiramente descrito em estudos eletrofisiológicos após registrar a atividade de neurônios localizados no córtex pré-motor de primatas não humanos (DI PELLEGRINO *et al.*, 1992; GALLESE *et al.*, 1996). Posteriormente, foi observado uma classe similar de neurônios no córtex parietal posterior (FOGASSI *et al.*, 2005), definindo assim, a existência de um circuito frontoparietal envolvido no acoplamento percepção-ação. Estas descobertas propuseram a existência de redes neurais específicas, devotadas ao processamento cortical subjacente a execução de ações, que são recrutadas também durante a observação das mesmas ações (para uma revisão completa ver RIZZOLATTI e CRAIGHERO, 2004; RIZZOLATTI *et al.*, 2014). Uma proposta para a existência dessa rede neural seria a relevância para a compreensão das ações de outros (UMILTÀ *et al.*, 2001; IACOBINI *et al.*, 2005), além de ser considerada como essencial para predição da ação, como será descrito nas próximas seções (KILNER *et al.*, 2004; AGLIOTI *et al.*, 2008).

Vários estudos sugerem que essa rede neural, incluindo o córtex pré-motor e parietal inferior (GALLESE *et al.*, 1996; RIZZOLATTI *et al.*, 1996a; GALLESE, 2000, 2001; RIZZOLATTI *et al.*, 2001; GALLESE, 2003), é a base da compreensão da ação (UMILTÀ *et al.*, 2001). Umiltà *et al.* (2001), por exemplo, registraram a atividade dos neurônios de F5 do córtex pré-motor do macaco e verificaram que as respostas neurais não eram afetadas pela ausência de visão da porção final do movimento de preensão quando o macaco tinha conhecimento prévio da presença do objeto antes da sua oclusão. Este estudo sugere que os neurônios espelho codificam o objetivo da ação e, conseqüentemente, participam da compreensão dessa ação.

Em seguida, Nelissen e colaboradores (2005) utilizaram Imageamento por Ressonância Magnética Funcional (IRMf) para definir as áreas ativas durante a observação das ações de preensão em macacos. O foco deste estudo foi as áreas do lobo frontal. Eles descobriram que um vídeo mostrando uma mão segurando um objeto ativavam as áreas pré-motoras F5a e F5c e as áreas pré-frontais 45B. Em seguida, os mesmos autores examinaram as ativações na região do sulco temporal superior posterior (STSp) do macaco e no lobo parietal posterior durante a observação das ações de preensão (NELISSEN *et al.*, 2011). Estes autores observaram ativações nas áreas encontradas nas profundidades e nas margens inferior e superior do STS, área posterior do giro supramarginal e área intraparietal anterior. Esses resultados de neuroimagem confirmam a existência do recrutamento de uma rede frontoparietal a qual pode ser adicionado o STS durante a observação da ação.

Em humanos, as evidências resultantes de estudos de IRMf e estimulação magnética transcraniana (EMT) confirmam que áreas ativadas durante a execução do movimento são

ativadas durante a observação de ações realizadas por outrem (FADIGA *et al.*, 1995; GRÈZES e DECETY 2001; BUCCINO *et al.*, 2001). Fadiga *et al.* (1995) foram os primeiros a fornecer uma evidência neurofisiológica da existência de um sistema espelho no ser humano. Eles utilizaram a EMT e registraram os potenciais evocados motores (PEMs) durante a observação de movimentos transitivos e intransitivos. Como resultado, estes autores encontraram um aumento da amplitude dos PEMs durante a observação de ações de preensão, sugerindo um padrão motor de facilitação induzida por uma excitabilidade maior da representação dos músculos da mão no córtex motor primário. Este padrão motor de facilitação revelado pelo emprego da EMT durante a observação de um movimento é similar ao padrão registrado durante a execução desse mesmo movimento (para uma revisão ver FADIGA *et al.*, 2005). Esses resultados evocam a existência no ser humano de um sistema análogo ao sistema previamente descrito no primata não humano.

Outra evidência que corrobora com a existência de um sistema espelho humano é proveniente de um estudo de IRMf realizado por Buccino *et al.* (2001). Esses autores pediram a estudantes para observar com atenção vídeos de um ator executando ações transitivas. Buccino *et al.* (2001) mostram que o padrão de ativação do circuito frontoparietal induzido pela observação de ações realizadas com a mão, o pé ou a boca, seguiam a organização somatotópica relacionada ao efector com o qual a ação era realizada. Estes resultados sugerem que durante a observação da ação há recrutamento das representações motoras próprias ao efector envolvido na realização da ação observada.

Várias meta-análises (CASPERs *et al.*, 2010, GROSBRAs *et al.*, 2012, MOLENBERGHS *et al.*, 2012) demonstram um padrão surpreendentemente consistente de atividade cortical evocado pela observação das ações de outros, sobrepondo-se à rede cortical que é recrutada durante a execução da ação. Essas meta-análises confirmam os primeiros estudos de Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e IRMf (KALASKA e CRAMMOND, 1995; RIZZOLATTI *et al.*, 1996; GRAFTON *et al.*, 1996; IACOBONI *et al.*, 1999; CRAMMOND e KALASKA, 2000; BUCCINO *et al.*, 2001; IACOBONI *et al.*, 2001; PERANI, 2001; KOSKI *et al.*, 2002, KOSKI *et al.*, 2003; MANTHEY *et al.*, 2003; GRAZIANO, 2006), ao evidenciar que a observação ou execução dos movimentos de preensão direcionados a um objetivo são codificados em um circuito formado pelo lobo parietal inferior, córtex pré-motor ventral e a parte caudal do giro frontal inferior. Ademais, além deste circuito frontoparietal clássico, estes estudos sugerem que outras regiões, como o córtex pré-motor dorsal, cíngulo médio, córtex somatossensorial, lobo parietal superior e córtex temporal médio, podem estar ativas durante a observação da ação.

Recentemente, Urgen e Saygin (2020) identificou as regiões cerebrais envolvidas no processamento visual das ações. Esses autores analisaram o contraste entre a observação das ações de agentes (humano, androide e robô) e a condição de fixação. Este contraste revelou a ativação no córtex visual inicial estendendo-se dorsalmente ao córtex occipital lateral e ventralmente ao córtex temporal inferior, bem como as áreas centrais para a rede de percepção-ação, ou seja, STSp, regiões parietais e córtex pré-motor (Figura 2). Em outros estudos, também foi relatado que áreas diferentes das mencionadas anteriormente parecem integrar-se a esse sistema de interação percepção-ação, como a área motora suplementar (HARI *et al.*, 1998), os núcleos da base (MARCEGLIA *et al.*, 2009; ALEGRE *et al.*, 2010), o cerebelo (CALIGIORE *et al.*, 2013), áreas visuais (LINGNAU e DOWNING 2015), córtex occipito-temporal lateral (LINGNAU e DOWNING 2015) e a ínsula (DI CESARE *et al.*, 2018).

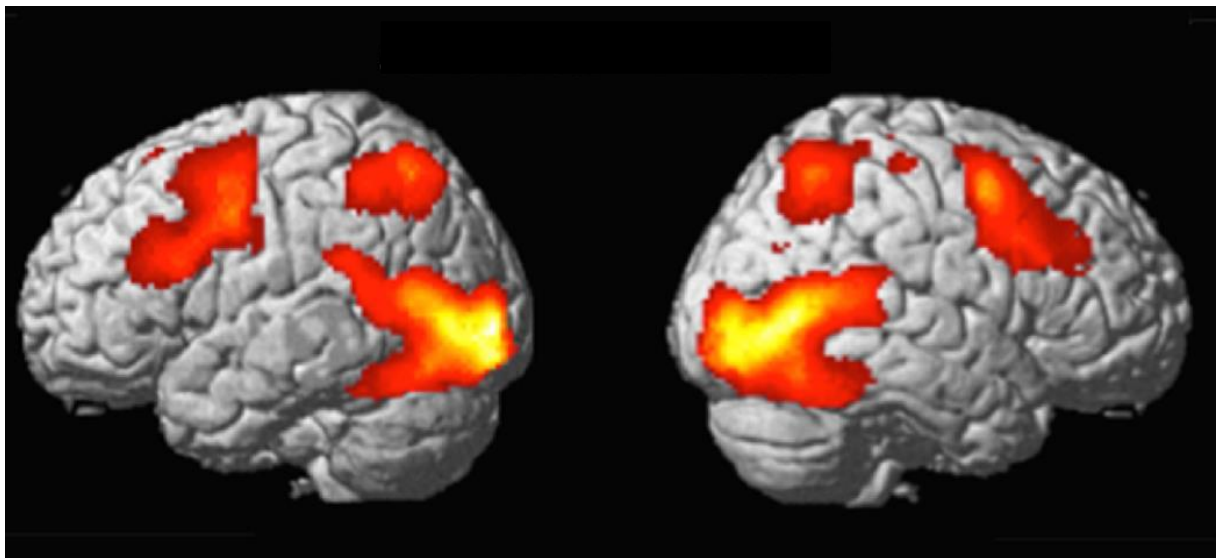


Figura 2. Análise de regiões cerebrais com o contraste envolvidas no processamento visual das ações. O contraste revelou ativação em áreas visuais iniciais estendendo-se dorsalmente ao córtex occipital lateral (LOC) e ventralmente ao córtex temporal inferior, STSp, córtex parietal e córtex pré-motor dorsal e ventralmente em ambos os hemisférios. Extraído de Urgen e Saygin (2020).

Essas ativações enriqueceriam as informações sobre as ações de outros indivíduos participando, possivelmente, na elaboração das previsões sensório-motoras de tais ações (GAZZOLA e KEYSERS, 2009). Foi sugerido que a observação de uma ação consiste em uma simulação implícita das ações observadas baseada no recrutamento das representações motoras necessárias à execução dessas mesmas ações (JEANNEROD, 2001; GALLESE e GOLDMAN 1998). Assim, as ações possuem uma representação motoras ou modelos internos de ações (MIALL, 2003; KILNER *et al.*, 2007), que são recrutados durante a execução de uma ação e durante a sua observação (JEANNEROD 1994; PRINZ 1990; KILNER *et al.*, 2007).

2.1.3 Modelos internos da ação: inverso e preditivo

Quando observamos ações realizadas por outras pessoas, somos capazes de inferir o objetivo da ação observada. Uma proposta para descrever essa capacidade de prever as consequências das ações de outrem é que utilizaríamos os modelos internos da ação (para uma revisão ver MCNAMEE e WOLPERT, 2019). Uma definição amplamente aceita sobre esses modelos internos da ação refere-se ao conjunto dos conhecimentos implícitos que temos do nosso corpo (cinemáticas e dinâmicas), do mundo físico e das suas interações (KAWATO *et al.*, 1987; WOLPERT e GHAMRAMANI, 2000). Estes modelos internos consistiriam em uma modelização da interação dos sistemas sensório-motores com o mundo físico, iniciada pelo cérebro. A partir desse conceito, foi proposto que os movimentos respondem a um objetivo ou um estado de recompensa (SHADMEHR e KRAKAUER, 2008; WOLPERT e GHAMRAMANI, 2000). Esta implicação permite que simultaneamente a geração de comandos motores seja criada uma estimativa das consequências sensoriais do movimento a partir dos sistemas de retroalimentação (TODOROV e JORDAN, 2002), em que a localização de uma parte do corpo é estimada com base em ambos os sinais aferentes e eferentes (DESMURGET e GRAFTON, 2000). O principal objetivo deste mecanismo é manter a estabilidade do sistema motor (para uma revisão ver WOLPERT, 1997; DESMURGET e GRAFTON, 2000).

Com base nisso, esses modelos internos foram propostos como um mecanismo capaz de prever as consequências dos nossos próprios movimentos, apoiando-se sobre o conhecimento do estado inicial do sistema, junto ao uso de uma cópia do comando motor ou cópia de eferência (VON HOLST 1954; KELSO 1977). Assim, os modelos internos seriam representações neurais que codificam as aferências e eferências de uma habilidade motora, simulando o comportamento dinâmico do corpo em relação ao meio (KAWATO, 1999; WOLPERT *et al.*, 1995). A literatura menciona dois tipos de modelos internos: o modelo interno inverso (ou controlador), que determina o comando motor adaptado ao estado atual do sistema e ao objetivo da ação; e um modelo interno preditivo ou direto, que, a partir de uma cópia de eferência, é capaz de elaborar uma estimativa das consequências sensoriais desse comando motor (KAWATO, 1999; WOLPERT e FLANAGAN, 2001; WOLPERT e GHAMRAMANI, 2000). O fato deste comando motor ser gerado internamente é indispensável à elaboração da predição das consequências sensoriais dos movimentos planejados. Consequentemente, o sistema nervoso central recorreria a esses dois modelos internos da ação para controlar a realização dos movimentos.

Na sequência foi proposto que esses modelos internos da ação poderiam ser empregados também durante a observação da ação (MIALL, 2003). Interessantemente, os autores propõem uma ligação do conceito de modelos internos da ação com as áreas corticais e subcorticais pertencendo a uma rede cortical de interação percepção-ação (IACOBONI *et al.*, 2001; IACOBONI e WILSON, 2006) previamente descrita. Por exemplo, Iacoboni *et al.* (2001) sugerem que o córtex pré-motor seja uma interface crítica que permitiria a passagem de um modelo interno inverso a um modelo interno preditivo, em um esquema de rede neural composta pelo córtex pré-motor, o lóbulo parietal inferior e o sulco temporal superior (STS). O fluxo da informação necessária para a gênese de um modelo interno inverso incluiria o STS, cujo córtex parietal receberia as aferências, antes de atingir a área pré-motora (KEYSERS e PERRETT, 2004; CATANI *et al.*, 2005; NELISSEN *et al.*, 2006; BORRA *et al.*, 2008).

Neste esquema, o STS forneceria uma descrição visual de alta ordem da ação observada (PUCE e PERRETT, 2003), e o circuito frontoparietal converteria a entrada visual em vocabulário motor. Essas conexões entre essas áreas permitiriam também a gênese de um modelo interno preditivo, o qual seria capaz de prever as consequências sensoriais da ação percebida usando a cópia de eferência proveniente do modelo interno inverso (MIALL, 2003; KILNER *et al.*, 2007). Foi com base nessas conexões da rede de interação percepção-ação que vários estudos comportamentais discutiram seus resultados para defender a participação de representações motoras endógenas no processo de inferência do movimento humano (POZZO *et al.*, 2006, SAUNIER *et al.*, 2008; SAUNIER *et al.*, 2015; SAUNIER *et al.*, 2021). Nesses estudos, foi solicitado aos participantes para estimar a posição final de um movimento cuja trajetória final era ocluída. Os autores observaram que os voluntários apresentavam uma melhor precisão e uma menor variabilidade das estimativas quando os movimentos respeitavam as leis motoras de produção do movimento. Foi proposto que a interação entre um modelo interno inverso e preditivo podia explicar os resultados observados durante essa tarefa preditiva.

Nesse contexto, muitos autores concordam sobre a existência de modelos internos da ação dentro dos quais as áreas corticais pertencendo a rede de percepção-ação permitiria a tradução de entradas sensoriais em um vocabulário motor (RIZZOLATTI, CRAIGHERO 2004; RIZZOLATTI *et al.*, 2014). Consequentemente, essa rede de percepção-ação atesta seu papel crucial na predição da ação (KILNER *et al.*, 2004; AGLIOTI *et al.*, 2008; FONTANA *et al.*, 2012) através dos modelos internos da ação, inverso e preditivo. Há evidências consistentes do uso das representações endógenas da ação para antecipar, prever e processar o significado implícito em tais ações (UMILTÀ *et al.*, 2001; URGESI *et al.*, 2010; CRAIGHERO *et al.*, 2015). Assim, a próxima seção abordará a predição da ação a partir dos modelos internos.

2.2 Predição da ação

Alguns autores propõem que o papel do sistema percepção-ação em inferir os objetivos das ações observadas é melhor compreendido dentro de uma estrutura de codificação preditiva (FRISTON *et al.*, 2003 e 2005). Kilner *et al.* (2007) propõem uma modelização da interação dos sistemas sensório-motores a partir dos modelos internos da ação. Nesse esquema, a informação é processada em toda a rede de observação da ação por meio de conexões *feedforward* (de cima para baixo e de baixo para cima). Assim, o processo preditivo durante a observação de uma ação envolveria, primeiramente, a expectativa do objetivo da ação observada, para então, tornar possível a predição da cinemática da ação com base no repertório motor e, posteriormente, realizaria a comparação da cinemática prevista com a cinemática esperada para produzir um erro de predição. Esse erro de predição seria então utilizado para ajustar as representações motoras do observador (KILNER *et al.*, 2011, ver figura 3).

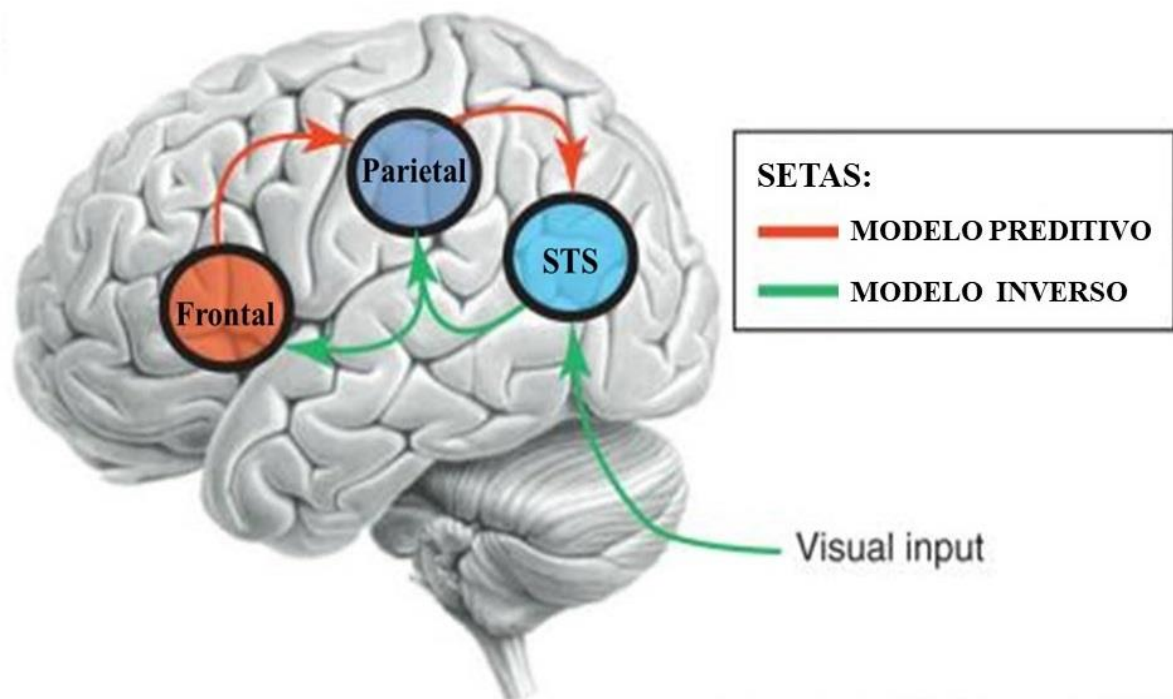


Figura 3. Esquema do modelo de codificação preditiva da rede de percepção-ação. A codificação preditiva é baseada na minimização do erro de previsão por meio de interações recorrentes ou recíprocas entre os diferentes níveis da hierarquia cortical. Na estrutura de codificação preditiva, cada nível da hierarquia cortical emprega um modelo generativo para prever representações no nível abaixo. Este modelo generativo usa conexões reversas para transmitir a previsão para o nível inferior, onde é comparada à representação neste nível subordinado para produzir um erro de previsão. Esse erro de predição é então enviado de volta para o nível superior, por meio de conexões diretas, para ajustar a representação neuronal das causas sensoriais, que por sua vez muda a predição. Adaptado de Kilner *et al.* (2011).

Em outras palavras, o sistema utilizaria o erro de previsão do observador para gerar as atualizações, a fim de fornecer uma inferência mais alinhada à ação observada (KILNER *et al.*, 2011). Esta inferência é realizada com base nos modelos internos da ação (MIALL, 2003), os quais compartilham a ideia de que o sistema motor atua de forma preditiva, estimando as consequências sensório-motoras (WOLPERT, 2014) durante a observação de uma ação (KILNER *et al.*, 2004; URGESI *et al.*, 2010; DORANUMMA *et al.*, 2017). Admite-se que representações motoras ativadas por ações observadas possam permitir a antecipação e previsão das consequências das ações de *outrem* (UMILTÀ *et al.*, 2001 ; URGESI *et al.*, 2010).

Entretanto, é importante ressaltar que Kilner *et al.* (2007) fornece uma explicação neuromecânica da percepção da ação ao seguir os princípios da codificação preditiva (FRISTON, 2010). Um modelo recente de Urgan e Saygin (2020) propõe que a informação é processada em toda rede de observação da ação por meio de conexões *forward* (para frente) e *backward* (para trás), em contraste com a proposta de Kilner *et al.* (2007), que trata a percepção da ação estritamente como um processo *feedforward* (GIESE e POGGIO, 2003). Mais especificamente, o nó intermediário da rede, o nó parietal, possui conexões recíprocas entre o nó occipitotemporal (o nó inferior na hierarquia) e o nó pré-motor (o nó superior na hierarquia), o que hipoteticamente permite o encaminhamento e conexões anteriores dentro do sistema (ver figura 4).

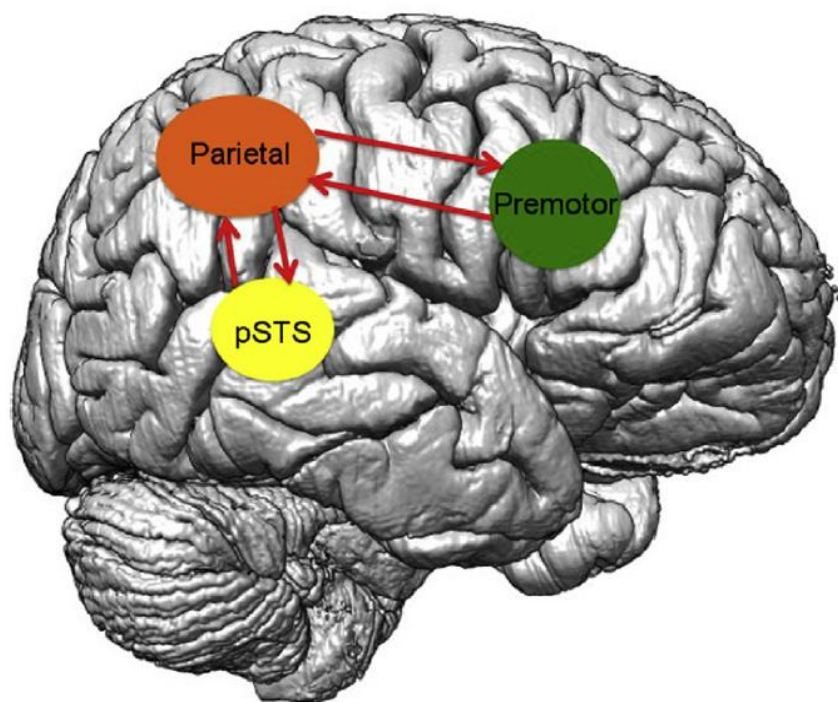


Figura 4. Conectividade anatômica entre os nós centrais da rede de observação da ação durante a previsão da ação. Extraído de Urgan e Saygin (2020).

A ideia proposta por Urgen e Saygin (2020) parece apropriada para explicar as conexões da rede de percepção-ação durante a predição da ação. No entanto, não há um consenso entre os autores sobre o papel desenvolvido por cada uma dessas áreas corticais durante a predição da ação. Em outras palavras, a funcionalidade permanece confusa na literatura, pois enquanto alguns autores defendem o STS como uma região crucial para a predição da ação (KILNER *et al.*, 2007), outros autores defendem o córtex parietal (FONTANA *et al.*, 2012) e o pré-motor (URGESI *et al.*, 2010). Além disso, esses dois modelos de conexões de rede propostos não envolvem estruturas subcorticais, como o cerebelo, que poderiam participar da elaboração da predição da ação (SAUNIER *et al.*, 2021).

Com base nisso, vários protocolos são largamente empregados para investigar as habilidades preditivas e conexões nessa rede cortical, inclusive àqueles que utilizam paradigmas de oclusão transitória de movimento (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008; SAUNIER *et al.*, 2013; STADLER *et al.*, 2012). Além desses protocolos, várias técnicas de neurofisiologia são empregadas (GANGITANO *et al.*, 2004; STADLER *et al.*, 2012; CROSS *et al.*, 2013) para ajudar a compreender o envolvimento do sistema motor na predição de ações de *outrem*. Assim, as próximas seções serão dedicadas à apresentação de evidências comportamentais e neurofisiológicas que atestam a capacidade preditiva do sistema motor a partir do conhecimento motor dos observadores.

2.2.1 Evidências comportamentais

Estudos psicofísicos propuseram o recrutamento da rede de percepção-ação durante ações observadas para reconstruir a parte oculta de uma trajetória de um movimento biológico (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008) ou para estimar se uma postura estática combinava com a postura esperada após uma breve oclusão (GRAF *et al.*, 2007). Estes estudos explicaram tal recrutamento com base nos modelos internos da ação (WOLPERT, 1997), capaz de elaborar, com uma maior acurácia, a predição da posição final do movimento oculto, quando a temporalidade deste movimento respeitava as leis motoras (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008). Esses resultados sugerem que o recrutamento do sistema motor, através de um conhecimento implícito de leis motoras, estaria envolvido na nossa capacidade de predição da ação (ver também KNOBLICH e FLASH, 2001).

O recrutamento das informações motoras durante a reconstrução da trajetória ocluída (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008; KNOBLICH e FLACH, 2001; PRINZ, 1997; HOMMEL *et al.*, 2001) é crucial para compensar a perda de informação visual. Pozzo *et al.*

(2006) investigaram os mecanismos de extrapolação da posição final da trajetória da mão desaparecendo atrás de um oclisor. Saunier *et al.* (2008), por sua vez, investigaram se este mecanismo de inferência podia ser generalizado aos movimentos humanos complexos e intransitivos. Os resultados desses estudos mostram que mesmo através de um único ponto luminoso os indivíduos são capazes de reconhecer implicitamente e extrair a cinemática observada para inferir a parte final do movimento simples (POZZO *et al.*, 2006) ou complexo (SAUNIER *et al.*, 2008). Esse achado sugere que o processo de inferência não está apenas ligado à informação visual, mas implicaria também uma simulação motora implícita dessa mesma ação. Esses autores concluíram que a observação de movimento transitivo ou intransitivo, mesmo sem o alvo final da ação observada, seria suficiente para recrutar as representações motoras (GALLESE e GOLDMAN, 1998; JEANNEROD, 2001) ou modelos internos da ação (MIALL, 2003; KILNER *et al.*, 2007; URGEN e SAYGIN, 2020) para inferir a parte final do movimento observado.

Evidências comportamentais sugerem que o recrutamento desses modelos internos pode ser influenciado pelas características do movimento observado. Craighero *et al.* (2008) apontam que a postura utilizada durante a apreensão de um objeto pode interferir na predição do contato entre a mão e objeto. Esses autores realizaram um experimento que consistia em prever o contato da mão com um objeto. Eles utilizaram como parâmetro a diferença temporal entre o contato real mão-objeto e a estimativa deste tempo pelos voluntários. Os resultados revelam que a estimativa temporal do contato mão-objeto era inferior a uma tarefa simples de tempo de reação. Este resultado indica a compatibilidade da estimativa temporal dos participantes com a estimativa temporal de uma tarefa de predição. Além disso, esses autores observaram que a postura preênsil adotada para a apreensão do objeto afetava esse mecanismo de predição. Esses dados sugerem que a predição do contato mão-objeto se apoia sobre o uso de informações relacionada a relação mão-objeto, como o conhecimento do tipo de pinça a ser adotada para interagir com os objetos.

Saygin e Stadler (2012) sugerem, também, que a predição de ação pode ser influenciada pela aparência do agente observado. Para investigar isso, esses autores orientaram os participantes a observarem vídeos de ações familiares realizadas por três agentes: humano, androide e robô. Os dois primeiros compartilham uma aparência humana enquanto os dois últimos apresentam uma cinemática não humana (i.e., não biológica). Os participantes foram solicitados a avaliar se a continuação de uma ação estava coerente no tempo após um breve período de oclusão do vídeo. Os resultados mostram uma maior precisão para os vídeos de ações humanas e menor precisão para os vídeos de ações de robôs. As condições do androide e

do homem diferiam da condição do robô, pois as duas primeiras condições tinham uma aparência biológica. Dado que as condições do robô e do androide tinham a mesma cinemática, os autores concluíram que a aparência do ator parece afetar a predição da ação.

Recentemente, Chagas *et al.* (2021) apontaram que a seleção desses modelos internos depende da condição biológica e não biológica do movimento. Os participantes observavam um vídeo de uma ação biológica ou não biológica. Após essa etapa, apareciam 4 imagens extraídas do vídeo colocadas em posição randomizada na tela do computador. A tarefa consistia em colocar as imagens na sequência correta de acordo com a instrução: cronológica (do início ao final da ação) ou inversa (do final ao início da ação). Nesta configuração foram propostas duas condições experimentais: (I) A preensão iniciou-se com a mão do ator em posição de repouso sobre a mesa e (II) iniciou-se com a mão em contato com o objeto. Os resultados mostraram que no primeiro experimento, os participantes apresentaram menor precisão no rearranjo da condição biológica em ordem cronológica. Enquanto que no segundo experimento a precisão foi menor na ordem inversa. Em conjunto, esses resultados apoiam a hipótese de que a expectativa implícita dos participantes sobre a ação observada em curso interfere especificamente na reconstrução da ação biológica.

Além das áreas corticais classicamente descritas como constituintes da rede de interação percepção-ação (URGEN e SAYGIN, 2020), poucos estudos investigaram a participação de estruturas subcorticais nesse processo de simulação implícita. Recentemente, Saunier *et al.* (2021) avaliaram o papel do cerebelo nos mecanismos de predição desencadeados durante o processo de inferência de uma trajetória de corpo inteiro ocluída na sua parte final (65% da trajetória foi exibida). Neste estudo pacientes cerebelares e indivíduos controle foram solicitados a estimar a posição final das trajetórias do ombro em condições de movimento de *Sit-to-Stand* ou *Back-to-Sit* representado pelo movimento de um ponto luminoso configurando a trajetória do ombro. O deslocamento deste ponto luminoso podia ou não respeitar as leis cinemáticas do movimento. Os resultados mostram que, ao contrário dos indivíduos controles, a predição da posição final do movimento em pacientes cerebelares não era dependente da sua cinemática biológica. Em contraste com os resultados encontrados para a estimativa do ponto final, o dano cerebelar não afetou a capacidade de estimar a posição de desaparecimento deste mesmo ponto luminoso, comportando-se de forma semelhante ao grupo controle. Tomados em conjunto, esses resultados sugerem que essa estrutura pode integrar a rede cortical envolvida na predição da ação.

De modo geral, esses estudos comportamentais sugerem que a predição da ação dirigida a objetos é dependente do repertório motor do observador. Além disso, fornecem um

relato intuitivo de como a predição das ações pode ser fundamentada nas próprias experiências motoras e na percepção das ações cotidianas dirigidas a um objeto. Assim, no próximo tópico apresentaremos evidências neurofisiológicas da predição de ação.

2.2.2 Evidências neurofisiológicas

As evidências neurofisiológicas corroboram que uma função importante da rede de percepção-ação é a elaboração de predições específicas sobre o resultado das ações de *outrem* (UMILTÀ *et al.*, 2001; URGESI *et al.*, 2010). Por exemplo, foi evidenciada uma participação do sistema motor de modo preditivo durante a observação de um movimento de preensão dirigido a um objeto (GANGITANO *et al.*, 2004). Gangitano e colaboradores (2001 e 2004) coletaram os PEM do córtex pré-motor dos observadores em diferentes intervalos temporais durante a observação passiva de movimentos de alcance-preensão. Os autores notaram que durante a abertura máxima da pinça havia maior amplitude do PEM. Contudo, nessa fase da execução do movimento há uma participação mínima dos músculos flexores registrados. Eles deduziram desse resultado que o sistema espelho está envolvido na codificação dos aspectos cinemáticos da realização do movimento (GANGITANO *et al.*, 2001), sugerindo uma antecipação do fechamento da pinça. É importante ressaltar que outros autores não estão de acordo com essa proposta e sugerem uma relação estreita do PEM entre execução e observação das ações (GUEUGNEAU *et al.*, 2015; MC CABE *et al.*, 2015). Assim, apesar de vários estudos apontarem a natureza preditiva da atividade motora durante a observação da ação (AGLIOTI *et al.*, 2008; CROSS *et al.*, 2013), existe ainda um debate sobre este tema (MC CABE *et al.*, 2015; GUEUGNEAU *et al.*, 2015).

Uma investigação de Aglioti *et al.* (2008) fornece um exemplo robusto que suporta a natureza preditiva da ativação do sistema motor durante a observação da ação. Estes autores combinaram um estudo de psicofísica com EMT para investigar a dinâmica da antecipação da ação e seus correlatos neurais subjacentes na área motora primária em jogadores profissionais de basquete. Os atletas profissionais conseguiram prever o sucesso de arremessos livres em uma cesta mais cedo e com maior precisão do que indivíduos com uma experiência visual comparável (treinadores ou jornalistas esportivos) e iniciante. Este resultado sugere, portanto, que a experiência motora do atleta profissional, e não visual, estava envolvida na elaboração da predição do resultado de um arremesso realizados por *outrem* (AGLIOTI *et al.*, 2008). Além disso, eles observaram que tanto os especialistas visuomotores quanto os visuais mostram um aumento seletivo dos PEM durante a observação de arremessos de basquete. Entretanto, apenas

os atletas mostram uma ativação motora específica do tempo durante a observação de arremessos errôneos de cesta. Os resultados sugerem que alcançar a excelência nos esportes pode estar relacionado ao ajuste fino de mecanismos de antecipação específicos que conferem aos cérebros dos atletas de elite a capacidade de prever as ações dos outros antes de sua realização completa.

Um estudo subsequente de Urgesi *et al.* (2010) complementa esses achados anteriores. Esses autores utilizaram imagens estáticas que representam as posturas inicial, intermediária e final, para duas condições de observação: agarrar uma bola e tocar rapidamente uma bola com o dedo indicador (Figura 5). Eles utilizaram a estimulação magnética transcraniana (EMT) para avaliar a excitabilidade corticoespinal da área motora primária. Além disso, registraram potenciais evocados motores (PEMs) simultaneamente nos músculos primeiro interósseo dorsal (PID) e abdutor digital mínimo (ADM) da mão direita. Ressalto que o músculo PID está fortemente envolvido na execução das ações de preensão.

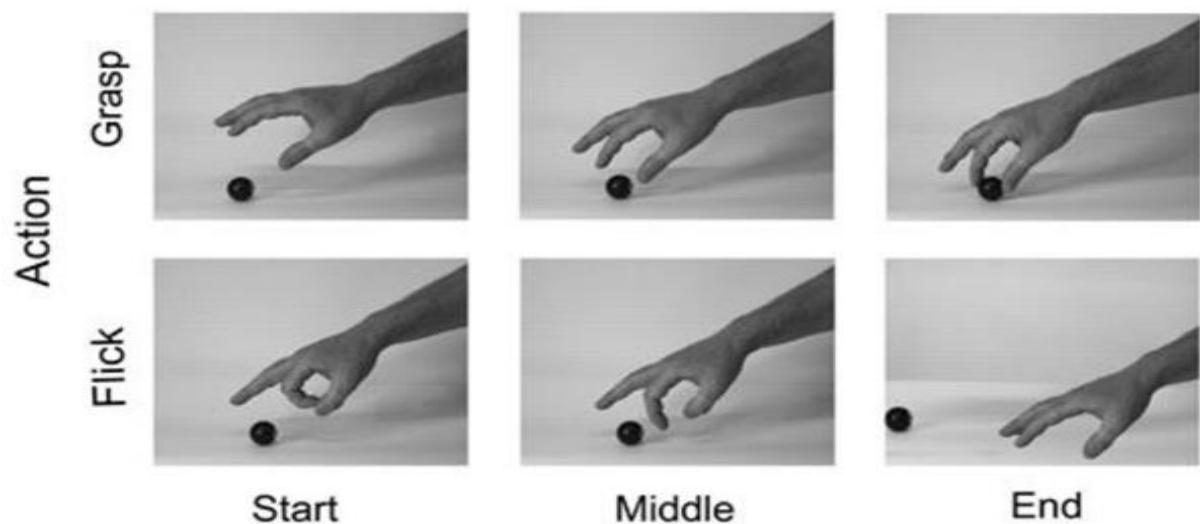


Figura 5. Figura 1. Exemplos de estímulos experimentais. Os participantes observaram fotos coloridas que descrevem as fases inicial (Start), intermediária (Middle) e final (End) de 2 ações: agarrar uma bola (Grasp) e tocar rápido uma bola (Flick). Extraído de Urgesi *et al.* (2010).

Como resultado, eles mostraram que a excitabilidade do primeiro interósseo dorsal (PID) foi mais facilitada durante a observação da ação nas posturas iniciais quando comparado às posturas finais, sugerindo que mesmo na ausência de informações dinâmicas os indivíduos conseguem prever o final da ação antes mesmo da última imagem estática aparecer para o voluntário (Figura 6 A). Enquanto na execução do movimento a atividade eletromiográfica do PID foi elevada na fase final do movimento, ou seja, correspondente à imagem final de flexão

de preensão e extensão do dedo indicador, sugerindo um curso temporal semelhante de ativação muscular durante a execução dos dois movimentos (Figura 6 B). Esta assincronia temporal entre a excitabilidade corticoespinal durante a observação e a atividade eletromiográfica durante a execução do movimento confirma o caráter preditivo do envolvimento do sistema motor durante a observação da ação.

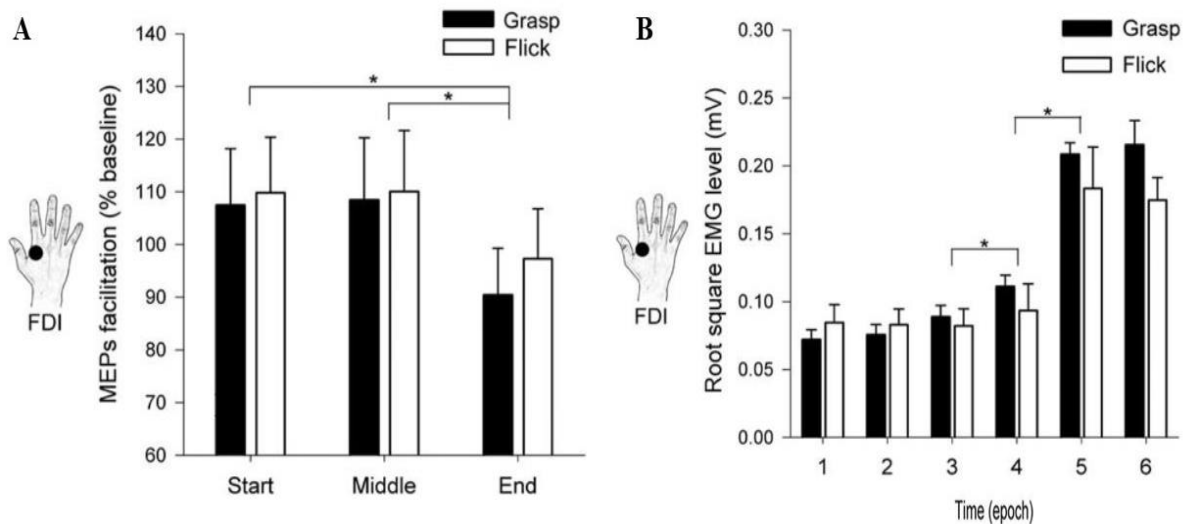


Figura 6. (A) Facilitação muscular durante a observação das diferentes fases da ação implícita. Amplitudes de PEM registradas nos músculos FDI (primeiro interósseo dorsal, do inglês first dorsal interosseus) durante as 6 condições de observação. A facilitação foi maior durante a observação das fases de início e meio das 2 ações no que diz respeito às suas posturas finais. Barras de erro indicam SEM. * $P < 0,05$. **(B)** Curso de tempo de ativação muscular durante a execução da ação. Sinais EMG registrados a partir dos músculos FDI (a) durante a execução das ações de preensão e movimento. Os resultados foram agrupados em 6 épocas, cada uma com duração de 200 ms. As primeiras 3 épocas cobriram o componente de alcance, enquanto as épocas 4 e 5 cobriram os componentes de agarrar ou tocar dos movimentos, correspondendo às fases inicial e intermediária dos estímulos visuais. A última época correspondeu à fase final dos estímulos visuais. Barras de erro indicam SEM. * $P < 0,05$. Extraído de Urgesi et al. (2010).

Ademais, um número considerável de estudos investigou o envolvimento de outras áreas corticais da rede de percepção-ação na predição das ações (CHAMINADE *et al.*, 2001; FONTANA *et al.*, 2012; STADLER *et al.*, 2012; BRICH *et al.*, 2018). Esses estudos demonstraram que o envolvimento das estruturas cerebrais motoras durante uma tarefa de antecipação perceptiva dependia de uma sensibilidade do sistema visual às regras cinemáticas do movimento. Stadler *et al.* (2012) testaram a influência da cinemática do movimento na precisão da predição do curso temporal de ações através de um paradigma de oclusão temporal em uma condição de predição e em outra de observação. Os estímulos visuais consistiam em vídeos de pontos luminosos descrevendo movimentos humanos e não humanos, que foram brevemente ocluídos. Os resultados apontam que a predição, em contraste com a observação,

induziu especificamente a ativação do córtex pré-motor direito, enquanto a observação ativou fortemente o córtex pré-motor esquerdo. Resultados similares foram encontrados em um estudo recente, o qual sugeriu o córtex pré-motor direito como uma área chave para os mecanismos cerebrais subjacentes à predição da ação observada (BRICH *et al.*, 2018).

Na tentativa de entender o papel dos córtices pré-motor e parietal na predição da ação, Fontana *et al.* (2012) investigou como a lesão no parietal e no pré-motor afeta este circuito preditivo. Esses autores utilizaram vídeos cujo os participantes sabiam que iria ocorrer: observação do movimento, na qual a mão do ator agarraria o objeto; e observação sem movimento, onde a mão permanecia estacionária em relação ao objeto. Além dessas condições, uma terceira foi realizada, a condição de ação, onde os participantes deveriam pressionar um botão após ver um objeto verde na tela. A partir dessa configuração, eles registraram o potencial de prontidão nos eletrodos C3 e C4, o qual é descrito como um marcador de preparação motora que antecede a preparação do movimento. Como resultado esses autores mostraram que em indivíduos saudáveis e pacientes com lesão no córtex pré-motor o potencial de prontidão foi presente na condição de ação e observação do movimento (Figura 7 A e B). Enquanto que em pacientes com lesão no parietal o potencial de prontidão estava presente apenas na condição de execução do movimento, o que sugere que eles não estão antecipando ou prevendo a ação a ser observada (Figura 7 C). De modo geral, esse estudo sugere que a atividade do córtex parietal, e não do pré-motor, parece ser crucial na predição da ação, e consequentemente, no circuito da rede de observação da ação.

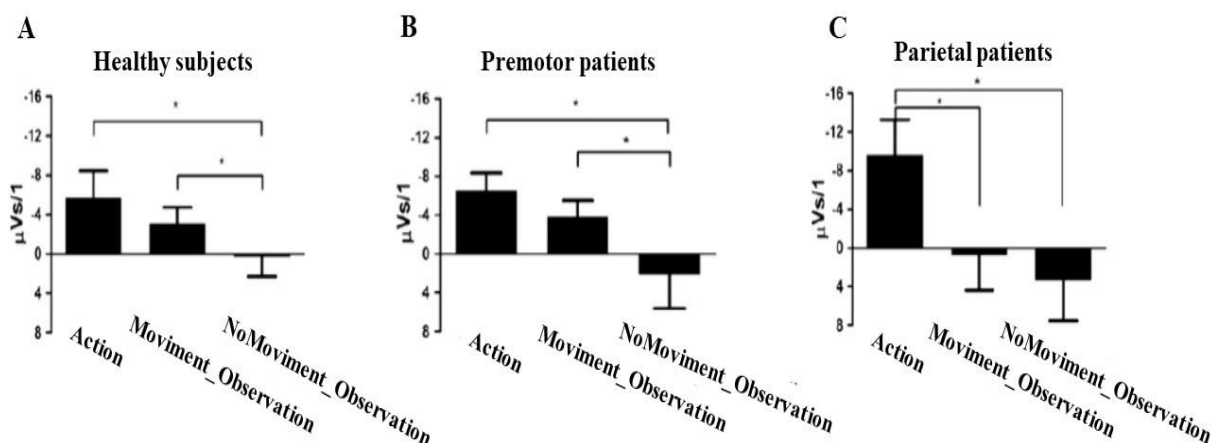


Figura 7. (A) Indivíduos neurologicamente normais (Healthy subjects). (B) Pacientes pré-motor (Premotor patients). (C) Pacientes parietal (Parietal patients). Em todos os gráficos, as barras de erro mostram as diferenças significativas entre as condições de ação (Action), observação do movimento (Moviment_Observation) e não observação do movimento (NoMoviment_Observation), $p < 0,05$. Extraído de Fontana et al. (2012).

Saunier *et al.* (2013) se interessaram a investigar os substratos neurais da permanência do movimento biológico, o qual desaparecia gradualmente atrás de um oclisor antes de reaparecer. Os autores observaram uma modulação da atividade eletroencefalografia nas regiões centro-parietal e occipito-temporal direita durante a fase de oclusão para o movimento biológico quando comparado a um movimento de pontos embaralhados. Este resultado sugere o recrutamento das representações sensório-motoras que permitiria de compensar a perda de informação visual. Além disso, quando o período de oclusão ocorria sempre no mesmo tempo, podia observar-se um aumento da atividade sensório-motora antes da oclusão, sugerindo a presença de um mecanismo de predição da perda de informação visual. De modo geral, esses autores concluíram que essas representações sensório-motoras participam do processamento da permanência do movimento biológico, compensando a perda de informação sensorial.

Em conjunto, esses achados sugerem o envolvimento de áreas que formam o núcleo da rede de interação percepção-ação, como o STS, o lóbulo parietal e a área pré-motora, as quais podemos adicionar o cerebelo, na implementação dos mecanismos de predição das ações. Estas áreas são as mesmas que gerenciam os modelos internos da ação (MIALL, 2003; KILNER *et al.*, 2007; URGEN e SAYGIN, 2020) e explicam a influência dos mecanismos preditivos na resposta do sistema motor.

Como a predição não envolve somente a ação em si acredita-se que outros fatores possam estar associados a este processo. Evidências recentes, por exemplo, indicam que a emoção também pode influenciar a resposta do sistema motor durante a preparação e execução da ação (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014; ESTEVES *et al.*, 2016), além da observação de ações (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016). O próximo capítulo será dedicado à influência do conteúdo emocional das ações e objetos sobre a atividade do sistema motor.

2.3 Emoção e ação

Os primeiros estudos acerca da temática da interação emoção-ação concentraram suas investigações nas respostas fisiológicas e no efeito da expressão de emoções (TAMieto e DE GELDER, 2008; TAMiETTO *et al.*, 2009) na preparação do organismo para agir de uma forma adaptada ao contexto (DE GELDER, *et al.*, 2004; revisão em TAMiETTO e DE GELDER, 2010). Vários estudos de neuroimagem funcional de modulação emocional de áreas cerebrais relacionadas ao controle motor fornecem suporte para tal interação entre emoção-ação, avaliando as respostas fisiológicas e o efeito da expressão de emoções (DE GELDER *et al.*, 2004; GRÈZES *et al.*, 2007; TAMiETTO e DE GELDER, 2008, PICHON *et al.*, 2008; PICHON *et al.*, 2009; TAMiETTO *et al.*, 2009; AHS *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010; PICHON *et al.*, 2012; KVERAGA *et al.*, 2015; KOLESAR *et al.*, 2017; MEYER *et al.*, 2019). Esses estudos sugerem que o reconhecimento de expressões corporais com significado emocional constitui um componente fundamental na percepção de ações e, conseqüentemente, na preparação do organismo para agir de uma forma adaptada ao contexto (DE GELDER *et al.*, 2004; revisão em TAMiETTO e DE GELDER, 2010).

É amplamente aceito na literatura que estímulos emocionais apresentam um processamento cortical privilegiado (BRADLEY *et al.*, 2003; MOURAO-MIRANDA *et al.*, 2003; VOLCHAN *et al.*, 2003), permitindo assim que a informação emocional aumente a atenção e prepare o organismo para a ação (para uma revisão ver LANG e BRADLEY, 2010). Uma série de estudos utilizaram paradigmas experimentais variados para investigar estados motivacionais de aproximação (*approach*) ou de esquiva (*avoidance*) por meio da medida do tempo de resposta para movimentos específicos durante a apresentação de palavras ou figuras emocionais (BAMFORD e WARD, 2008; CHEN e BARGH, 1999; DUCKWORTH *et al.*, 2002; EDER e ROTHERMUND, 2008; ELLIOT, 2008; PUCA *et al.*, 2006; VAN DANTZIG *et al.*, 2008; WENTURA *et al.*, 2000). Os autores evidenciaram que os estímulos avaliados como positivos eram associados a comportamentos de aproximação; e os avaliados negativamente eram associados a comportamentos de esquiva.

Através do IAPS (International Affective Picture System; Center for the Study of Emotion and Attention, LANG *et al.*, 1988), um catálogo de imagens emocionais amplamente empregado no estudo das emoções em humanos (AZEVEDO *et al.*, 2005; FACCHINETTI *et al.*, 2006), estudos investigaram o efeito da emoção sobre o controle postural (AZEVEDO *et al.*, 2005; FACCHINETTI *et al.*, 2006). Esses estudos utilizaram a plataforma de força para registrar o deslocamento do centro de pressão corporal durante a observação de fotos

emocionais. Azevedo *et al.* (2005) empregaram fotos agradáveis (cenas de esporte), desagradáveis (corpos mutilados) e neutras (cenas de objetos e utensílios). De modo semelhante, Facchinetti *et al.* (2006) também empregou fotos desagradáveis (corpos mutilados), agradáveis (cenas de interação familiar) e os neutros (cenas de pessoas com expressões neutras). No geral, ambos os estudos observaram uma redução da área de oscilação corporal associada com uma bradicardia durante a exposição das fotos de desagradáveis, associada a uma resposta de congelamento (*freezing*) frequente num contexto aversivo (AZEVEDO *et al.*, 2005; FACCHINETTI *et al.*, 2006). Este achado parece revelar uma dificuldade para interagir com estímulos desagradáveis quando comparado as demais categorias emocionais.

Além disso, uma variedade de estudos investigou o efeito da emoção sobre o sistema motor mediante a técnica de EMT durante a observação passiva de estímulos emocionais (BAUMGARTNER *et al.*, 2007; COELHO *et al.*, 2010; HAJCAK *et al.*, 2007). Hajcak *et al.* (2007) registraram a excitabilidade corticoespinal da área motora primária em participantes saudáveis durante a observação de figuras emocionais (agradáveis, desagradáveis e neutras) do IAPS, enquanto que os PEMs eram registrados no músculo abdutor curto do polegar. Os autores observaram que tanto a observação de figuras agradáveis e desagradáveis causou uma maior atividade corticoespinal relacionada às áreas motoras quando comparadas com as neutras. Um estudo similar de EMT sobre o córtex motor primário de Coelho *et al.* (2010), também utilizando figuras emocionais (agradáveis, desagradáveis e neutras) do IAPS, demonstraram que a amplitude dos PEMs do músculo primeiro interósseo dorsal da mão tinham amplitudes maiores durante a observação de figuras desagradáveis quando comparado com as figuras agradáveis e neutras. Esse estudo foi o primeiro a observar um aumento da excitabilidade corticoespinal do PID durante a observação de figuras emocionais, em especial, para a categoria desagradável. Esta é uma evidência de como o contexto emocional pode interferir na excitabilidade do sistema motor.

Apenas recentemente, estudos interessaram-se em investigar o efeito da valência emocional durante a preparação motora a partir de paradigmas experimentais mais realistas, no qual os participantes deveriam apreender estímulos com valência emocional (OLIVEIRA *et al.*, 2012; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014; ESTEVES *et al.*, 2016). Tais descobertas revelaram que o conteúdo emocional de objetos modula a atividade do sistema motor tanto durante a preparação de uma ação de preensão (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014) quanto durante a observação (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016) e execução (ESTEVES *et al.*, 2016) de uma ação dirigida a objetos com valor emocional. Essa informação

é crucial para a proposta do presente estudo, pois sugere o envolvimento do córtex motor na codificação do conteúdo emocional dos objetos durante a execução e observação da ação.

Embora esses estudos não relatem um possível circuito neural ou o envolvimento de outras áreas corticais durante a codificação do conteúdo emocional de ações dirigidas a objetos, eles corroboram com a ideia de que os centros emocionais podem participar de alguma forma da codificação da ação somado ao circuito motor que forma a rede de interação percepção-ação, em virtude da propriedade espelho que ambos apresentam (para uma revisão ver RIZZOLATTI *et al.*, 2016; COOMBES *et al.*, 2012). Foi proposto que o mecanismo espelho descrito na rede percepção-ação opera, também, no domínio da emoção desempenhando um papel fundamental no processamento e compreensão das emoções dos outros. Rizzolatti *et al.* (2016) sugerem que os centros emocionais, como a ínsula e o córtex cingulado, são dotados de mecanismo espelho (CALDER *et al.*, 2003; GALESSE *et al.*, 2004; NIEDENTHAL, 2007; CARUANA *et al.*, 2018). Em virtude dessa particularidade, é sugerido que esses centros emocionais compartilham uma base neuronal comum às experiências das próprias ações e emoções, já que ambas as experiências são moldadas pelas mesmas representações motoras (para uma revisão completa ver RIZZOLATTI *et al.*, 2016).

Há evidências que demonstram que o setor dorso-central e anterior da ínsula é dotado de um mecanismo espelho semelhante ao descrito no circuito frontoparietal (DI CESARI *et al.*, 2015; RIZZOLATTI e SINIGAGLIA, 2016). Outros estudos também apontam o córtex cingulado médio como um nó central de interação emoção-ação, principalmente, quando se trata da modulação de estímulos desagradáveis sobre a produção motora (PEREIRA *et al.*, 2010; PORTUGAL *et al.*, 2020). Considerando tais evidências sugerimos que esses centros emocionais podem modular a atividade do circuito frontoparietal da rede de percepção-ação e, conseqüentemente, podem participar de mecanismos preditivos.

Essa perspectiva preditiva que concebe as interações emoções-ações a partir de modelos internos é recente. Oliveira *et al.* (2012) sugerem que os modelos internos da ação podem incorporar a valência emocional do estímulo para elaborar o comando motor assim como estimar as conseqüências sensoriais desse comando durante a preparação de uma ação dirigida a objetos emocionais (BLAKEMORE *et al.*, 2002; DESMURGET e GRAFTON, 2000; WOLPERT e FLANAGAN, 2001). Conseqüentemente, sabendo da existência de uma rede de interação percepção-ação, propomos que durante a observação da ação, a valência emocional dos objetos possa modular as representações motoras do observador de forma preditiva.

A seguir, apresentaremos evidências comportamentais e neurofisiológicas sobre a modulação que as emoções exercem sobre a atividade do sistema motor. Tais evidências fornecem indícios da habilidade do sistema motor em prever as consequências das ações em contextos emocionais interativos.

2.3.1 Evidências comportamentais

Diversos estudos comportamentais investigaram o efeito da emoção no sistema motor por meio da medida do tempo de resposta para movimentos específicos durante a apresentação de palavras ou figuras emocionais (BAMFORD e WARD, 2008; CHEN e BARGH, 1999; DUCKWORTH *et al.*, 2002; EDER e ROTHERMUND, 2008; ELLIOT, 2008; PUCA *et al.*, 2006; VAN DANTZIG *et al.*, 2008; WENTURA *et al.*, 2000). A proposta desses autores buscou categorizar as emoções apresentadas pelos indivíduos de acordo com os sistemas motivacionais que geram comportamentos de aproximação (apetitivos) ou de esquiva (aversivo) no contexto de uma ação (BRADLEY e LANG, 2001; BRADLEY e LANG, 2000). Os autores sugerem que os estímulos avaliados como positivos eram associados a comportamentos de aproximação (manter o estímulo próximo) enquanto que os avaliados negativamente eram associados a comportamentos de esquiva (manter o estímulo afastado).

Nesse sentido, Chen e Bargh (1999) realizaram um experimento em que os participantes eram solicitados a mover uma alavanca puxando-a (flexão do braço) ou empurrando-a (extensão do braço) em resposta à apresentação de palavras de valência emocional positiva ou negativa. Esses autores encontraram respostas mais rápidas para as condições congruentes a movimento de flexão instruído de palavras positivas ou movimento de extensão instruído de palavras negativas, sugerindo que a avaliação de estímulos emocionais resulta em predisposições a comportamentos específicos. Outro estudo de Pereira *et al.* (2006) avaliou o efeito da observação de fotos emocionais (agradáveis, desagradáveis e neutras) sobre o desempenho dos voluntários durante uma tarefa de tempo de reação. Os resultados desses autores revelaram que o tempo de reação era mais lento após a apresentação das fotos desagradáveis e mais rápido após a apresentação das fotos agradáveis quando comparado às fotos neutras (PEREIRA *et al.*, 2006).

Resultados similares foram encontrados em um estudo pioneiro sobre o efeito da valência emocional dos objetos nas características cinemáticas de uma ação direcionada a eles (ESTEVES *et al.*, 2016). Neste estudo, Esteves e colaboradores (2016) instruíram os participantes apreender estímulos emocionais (i.e.; copos contendo objetos emocionais) e trazê-

los em direção a seus corpos enquanto a cinemática do movimento do punho era registrada. Os autores avaliaram os seguintes parâmetros cinemáticos: tempo de movimento (intervalo de tempo entre o início e o deslocamento de cada fase), velocidade de pico (velocidade máxima atingida em cada fase), tempo até o pico de velocidade (representa a proporção entre a duração da aceleração e da desaceleração) e comprimento da trajetória de movimento (distância percorrida em cada fase) para alcançar, apreender e aproximar o objeto emocional do corpo. Os resultados mostram que o tempo necessário para atingir o pico de velocidade é maior para trazer estímulos agradáveis próximo ao corpo em relação aos desagradáveis e neutros. Isto quer dizer que o participante passa menos tempo desacelerando até o alvo e indicando maior facilidade na realização da tarefa com estímulos agradáveis. Este estudo concluiu que a cinemática do punho durante a realização de uma tarefa de alcance-preensão e aproximação do objeto ao corpo é afetada pela valência emocional do estímulo com o qual se interage.

De maneira geral, os resultados descritos anteriormente estão de acordo com a ideia de que o valor emocional que os objetos apresentam para os voluntários seja incorporado nos processos de planejamento e preparação das ações dirigidas a estes mesmos objetos. Esta compreensão se respalda nos possíveis substratos neurais envolvidos durante uma ação direcionada a objetos com valência emocional (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012, NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014). Considerando a relevância desses substratos neurais para a compreensão do efeito de valência emocional sobre o sistema motor, a seguir serão descritos estudos que utilizaram técnicas neurofisiológicas, como eletroencefalografia (EEG) e EMT.

2.3.2 Evidências Neurofisiológicas

Evidências neurofisiológicas sugerem que a emoção influencia a resposta do sistema motor. Grande parte das evidências que apoiam essa afirmação advém de estudos que investigaram os efeitos induzidos pela observação de imagens emocionais sobre o sistema motor (OLIVERI *et al.*, 2003; BAUMGARTNER *et al.*, 2007; HAJCAK *et al.*, 2007; SCHUTTER *et al.*, 2008; COELHO *et al.*, 2010). Por exemplo, um estudo avaliou a excitabilidade corticoespinhal da área motora primária em participantes saudáveis durante uma tarefa de observação de figuras do IAPS, as quais podiam ser agradáveis, neutras e desagradáveis (HAJCAK *et al.*, 2007). Os resultados desse estudo revelaram que tanto a observação de figuras agradáveis quanto de figuras desagradáveis causou uma maior atividade corticoespinhal relacionada às áreas motoras quando comparadas com as neutras. Na sequência, o estudo de Coelho *et al.* (2010) utilizou uma metodologia similar e encontrou um efeito

dissociado entre as valências agradável e desagradável sobre a excitabilidade corticoespinhal. No entanto, como não observou diferença estatística entre a categoria agradável e a neutra, foi insuficiente para afirmar a existência do efeito de valência sobre excitabilidade corticoespinhal. Apesar disso, este estudo contribuiu com a temática investigada ao sugerir que este efeito de valência poderia decorrer da avaliação passiva do sistema motor, já que nenhuma tarefa motora foi empregada no paradigma experimental deste estudo. Com base na evidência anterior é possível sugerir que a avaliação emocional de um determinado estímulo poderia influenciar as representações motoras do indivíduo para executar um movimento subsequente.

Um estudo de neuroimagem de Pereira e colaboradores (2010) avaliou se a interferência comportamental observada durante a apresentação de fotos desagradáveis, quando comparadas com as neutras, poderia resultar da ativação diferencial de áreas corticais motoras. Os resultados revelaram que a execução da tarefa de detecção do alvo no contexto emocional desagradável ocasionou um aumento na atividade em várias áreas corticais envolvidas no controle de movimentos, como o córtex motor primário, putâmen e o córtex cingulado médio (PEREIRA *et al.*, 2010). Um estudo subsequente desses mesmo grupo de pesquisa investigou o papel da auto-relevância durante a visualização de imagens em contextos emocionais desagradáveis e neutros (PORTUGAL *et al.*, 2020). Os resultados comportamentais mostram uma tendência menor de tempo de reação após a visualização de imagens de ameaças direcionadas ao participante quando comparada as neutras. Além disso, revela um maior padrão de ativação cortical no giro temporal médio, área motora suplementar, giro pré-central e ínsula anterior durante as condições de ameaça em relação às neutras. Uma interação entre valência e contexto também foi observada no córtex cingulado médio (CCM) onde verificou-se uma correlação entre a atividade hemodinâmica dessa região e o tempo de reação dos voluntários. Em conjunto, esse estudo revela o envolvimento sensível ao contexto de áreas relacionadas ao sistema motor durante a percepção emocional.

Grecucci *et al.* (2009) também estudaram o efeito da observação de estímulos desagradáveis na atividade cortical relacionada ao sistema motor. Eles exibiram vídeos contendo fotos desagradáveis e neutras de uma mão (direita ou esquerda) que iniciava na postura estática e terminava com a mão em uma de duas posturas do dedo indicador: levantado ou como se estivesse tecendo. Após a visualização do vídeo, a tarefa consistia em apertar uma tecla de acordo com a condição congruente ou incongruente da mão observada. Para fins de análise, o tempo de reação e o potencial de prontidão tardio foram medidos. Os resultados mostraram que os participantes eram mais rápidos em responder quando o movimento da mão era congruente para os estímulos desagradáveis em relação aos neutros. Quanto a amplitude do

potencial de prontidão tardio, este foi maior apenas para o movimento congruente precedido pela apresentação de figuras desagradáveis, sugerindo um efeito do contexto desagradável sobre os mecanismos de preparação do movimento (GRECUCCI *et al.*, 2009). Assim, o contexto desagradável modula diferentemente o sistema motor em relação a um contexto neutro.

Nessa mesma linha de pesquisa, Coombes e colaboradores (COOMBES *et al.*, 2009; COOMBES *et al.*, 2012) também empregaram um paradigma experimental no qual os participantes deviam observar figuras agradáveis, neutras ou desagradáveis, e a partir de um sinal sonoro deveriam realizar uma extensão isométrica do punho e dedos. Para avaliar o efeito da estimulação visual sobre a excitabilidade da área motora primária, foram aplicados pulsos únicos de EMT sobre esta área cortical, de forma simultânea à apresentação da pista sonora. Os resultados mostraram que a amplitude dos PEMs coletados no músculo extensor dos dedos era maior quando os participantes observavam fotos desagradáveis em comparação às neutras (COOMBES *et al.*, 2009). Assim, os autores mostram um aumento da excitabilidade corticoespinhal do córtex motor associado a uma estimulação visual desagradável. Em um estudo posterior, o mesmo grupo de pesquisa avaliou o envolvimento de regiões cerebrais durante a execução de uma tarefa de força entre os dedos indicador e polegar, após a apresentação de figuras agradáveis, desagradáveis e neutras. Eles mostraram uma maior atividade e uma interação funcional dos córtices pré-frontal ventromedial e pré-motor ventral quando a produção de força era realizada no contexto emocional (agradável e desagradável) em relação ao neutro (COOMBES *et al.*, 2012).

No entanto, embora esses estudos revelem uma interação entre emoção e ação, nenhum deles mediu a atividade do sistema motor durante uma ação em tempo real direcionada a um estímulo emocional. Apenas recentemente, pesquisadores elaboraram um conjunto de experimentos em que a atividade do sistema motor era avaliada por meio de um paradigma experimental realista em que os participantes tinham que apreender um estímulo com valência emocional (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014; 2016).

Assim, De Oliveira *et al.* (2012) realizaram um experimento que consistia em apreender copos contendo objetos com valência emocional com a mão esquerda e aproximá-los do corpo. Os autores registraram a atividade eletroencefalográfica (EEG), especificamente o potencial de prontidão em três regiões sensório-motoras C3, Cz e C4. Os resultados demonstram que a valência emocional dos objetos (agradável, desagradável, neutro) modula este potencial de preparação motora (i.e., potencial de prontidão) antes de iniciar o movimento dirigido a esses objetos emocionais. Foi observada uma menor amplitude do potencial de

prontidão precedendo a interação com estímulos agradáveis, sugerindo uma facilitação ao interagir com esses objetos. Diferentemente do resultado observado para os objetos agradáveis, foi constatado uma maior amplitude do potencial de prontidão para os estímulos desagradáveis (Figura 8). Os autores sugerem que isto poderia expressar o conflito entre a ação requerida pela tarefa experimental e o seu conteúdo emocional, afetando a preparação do movimento voluntário.

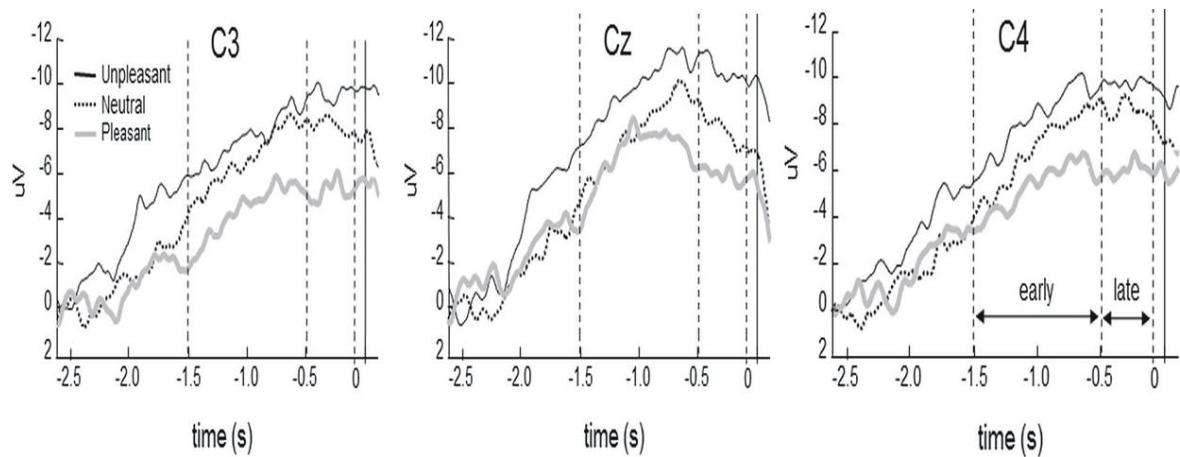


Figura 8. Média das amplitudes dos potenciais de prontidão anteriores à apreensão dos estímulos agradáveis, desagradáveis e neutros para cada canal analisado (C3, Cz e C4). A amplitude média do potencial de prontidão encontrada para estímulos desagradáveis foi maior quando comparado aos estímulos neutros, e menor para estímulos agradáveis. Unpleasant = desagradável, Pleasant = agradável e Neutral = neutro (* $p < 0,05$). Extraído e adaptado de Oliveira et al. (2012).

Um segundo estudo do mesmo grupo de pesquisa examinou se a excitabilidade corticoespinal é modulada pela valência emocional de um estímulo a ser apreendido. Isso foi realizado a partir do registro de PEMs elicitados por EMT e registrados no músculo primeiro interósseo dorsal (PID) durante a apresentação de estímulos (agradáveis, desagradáveis e neutro). Os participantes foram orientados a apreender o objeto (condição AÇÃO) a partir de um sinal de luz vermelha ou apenas observar este mesmo objeto (condição NÃO AÇÃO). Os resultados mostraram um efeito de valência divergente na condição AÇÃO, onde a excitabilidade corticoespinal foi maior durante o preparo para apreensão de estímulos desagradáveis em comparação com estímulos agradáveis. Além disso, a excitabilidade foi menor para estímulos agradáveis durante a condição AÇÃO em comparação com a condição NÃO-AÇÃO (Figura 9). Tais resultados indicam que a preparação motora é modulada seletivamente pela valência do estímulo a ser apreendido (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014) complementando o resultado do estudo anterior (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Além disso, foi questionado se este efeito de valência emocional poderia também afetar a rede de percepção-ação, descrita como sendo envolvida durante a observação da ação. Por isso, Nogueira-Campos *et al.* (2016) pediram aos participantes para observar vídeos de apreensão de objetos agradáveis e desagradáveis em uma tela de computador. No total foram dois blocos de apresentação separados por 5 minutos de repouso. Durante a observação desses vídeos, os autores registraram os PEMs em duas condições experimentais: abertura máxima da pinça e contato mão-objeto. Eles observaram que os objetos desagradáveis induziram um aumento da excitabilidade do córtex motor quando comparado aos objetos agradáveis (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016, ver figura 10A). Esse resultado sugere que a valência de um objeto é capaz de modular a excitabilidade do córtex motor durante a observação de uma ação dirigida a este mesmo. Em uma segunda análise, os autores demonstraram que a excitabilidade corticoespinal foi maior para a condição de abertura máxima da pinça do que para o momento do contato mão-objeto (Figura 10B). Tal resultado sugere a participação de representações motoras na codificação da ação e do conteúdo emocional da ação observada. Além disso, o fato da excitabilidade corticoespinal ser maior para a observação da pinça que do contato mão-objeto sugere que o sistema motor atua de maneira preditiva, antecipando as consequências do contato mão-objeto.

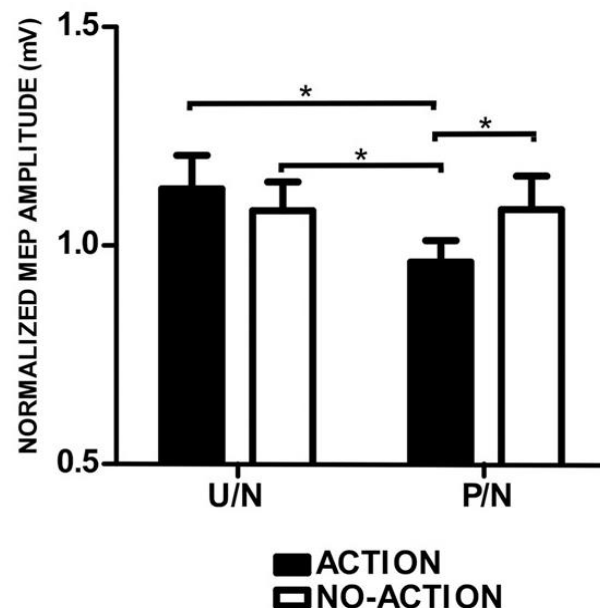


Figura 9. Razões de amplitude do potencial evocado motor. Na condição ação (ACTION - barras pretas), a razão de amplitude da PMEmáx foi maior durante a preparação para apreender os estímulos desagradáveis em comparação com os estímulos agradáveis. No entanto, não houve efeito de valência para a condição não-ação (NO-ACTION - barras brancas). Além disso, a proporção da amplitude do PEM (MEP) para os estímulos agradáveis na condição de ação foi menor do que a proporção dos estímulos agradáveis e desagradáveis na condição não-ação. ACTION = Ação, NO-ACTION = Não-ação. U/N = desagradável / neutro e P/N = agradável / neutro (* $p < 0,05$). Extraído de Nogueira-Campos *et al.* (2014).

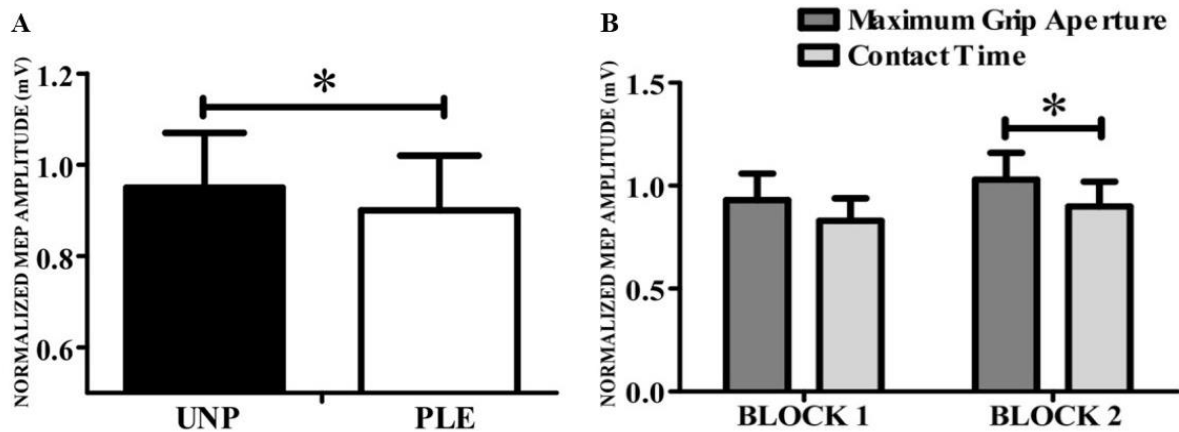


Figura 10. (A) A excitabilidade corticoespinal foi maior durante a observação do movimento de preensão direcionada a objetos desagradáveis (barras pretas) em comparação com objetos agradáveis (barras brancas). (B) Excitabilidade corticoespinal foi maior para o momento abertura manual máxima do que para tempo de contato. UNP, desagradável; PLE, agradável (* $p < 0,05$). Extraído de Nogueira-Campos et al. (2016).

De modo geral, os resultados dos estudos mencionados anteriormente mostraram que a valência do estímulo observado modula as representações motoras, sendo que a preparação para interagir com estímulos desagradáveis aumenta a atividade do sistema motor em comparação aos agradáveis. Isto sugere que um estímulo desagradável desencadeia circuitos do tipo aversivo no cérebro, dificultando a implementação de uma ação de aproximação desse estímulo, enquanto um estímulo agradável facilitaria tal implementação (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012 ; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014). Interessantemente, este mecanismo parece atuar também durante a observação de ações dirigidas aos objetos com valências emocionais (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016). Além disso, na condição de observação da ação, a influência da valência desses objetos sobre a excitabilidade corticoespinal pode refletir a capacidade do sistema motor de prever as consequências das ações em contextos emocionais (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016).

Os estudos descritos anteriormente são evidências consistentes de que o conteúdo emocional das ações ou dos objetos com as quais se interage influencia a resposta do sistema motor. Além disso, fornecem subsídios para especularmos que ao interagir com estímulos emocionais o valor incorporado no objetivo da ação pode ser estimado por meio do recrutamento das representações motoras de forma preditiva em conformidade com a preparação motora do observador. Nesse sentido, uma questão que permeia o seguinte estudo é: a valência emocional do objeto modula os mecanismos preditivos de uma ação transitiva? Os achados neste capítulo fornecem suporte para investigar a atividade do sistema motor sobre o comportamento preditivo de participantes em relação a capacidade de prever uma ação de preensão em tempo real dirigido a um objeto com valência emocional.

3 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESES

As evidências apresentadas ao longo do quadro teórico sugerem a existência de um substrato neural envolvido numa rede de interação percepção-ação capaz de participar da compreensão as ações realizadas por *outrem* (RIZZOLATTI *et al.*, 2014) e prever as consequências sensoriais destas ações observadas (KNOBLICH e FLASH, 2001). Essa rede conta com o envolvimento das seguintes áreas corticais: córtex pré-motor, lobo parietal e sulco temporal superior (IACOBONI *et al.*, 2001; CATANI *et al.*, 2005; NELISSEN *et al.*, 2006; KILNER *et al.*, 2007; KILNER *et al.*, 2011). Essas três áreas corticais formam o núcleo dessa rede cortical, mas há evidências do envolvimento de outras estruturas corticais e subcorticais como: o cerebelo (BUCCINO *et al.*, 2004; RIZZOLATTI e SINIGAGLIA, 2008), gânglios da base (ALEGRE *et al.*, 2010; MARCEGLIA *et al.*, 2009) e o córtex frontal e temporal médio (MUKAMEL *et al.*, 2010; KILNER *et al.*, 2011). No entanto, há uma dificuldade em determinar as interações dessas estruturas com o núcleo da rede de interação percepção-ação.

Além da compreensão das ações, emergiu uma proposta de que a funcionalidade dessa rede cortical seria a predição da ação (IACOBONI *et al.*, 2001; MIAL, 2003). A ativação do sistema motor durante a observação da ação permitiria a geração de uma cópia de eferência através de um modelo interno inverso da ação (WOLPERT e MIAL, 1996). Essa cópia de eferência seria utilizada por um modelo interno preditivo capaz de prever as consequências sensoriais das ações de *outrem* (WOLPERT *et al.*, 2003; MIAL, 2003; KILNER *et al.*, 2007). Todavia, é importante ressaltar que a grande maioria dos estudos investigando essa interação percepção-ação é desprovida da dimensão emocional (para uma revisão completa ver RIZZOLATTI *et al.*, 2014). Apenas recentemente, estudos apontaram que o conteúdo emocional de objetos pode modular a atividade do sistema motor durante a preparação de uma ação de preensão, assim como, durante a observação de uma ação dirigida a esses objetos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014, 2016; ESTEVES *et al.*, 2016). A novidade no presente estudo é que a emoção possa modular também o processo preditivo humano durante ações dirigidas a objetos com valência emocional.

Entretanto, não há evidências de como essa valência emocional de um objeto pode afetar o comportamento preditivo humano. Há poucas evidências de que os modelos internos da ação parecem incorporar a valência emocional do estímulo com o qual se interage (OLIVEIRA *et al.*, 2012; ESTEVES *et al.*, 2016; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014). Assim, o interesse principal do presente estudo é investigar o efeito da valência emocional de um objeto sobre o processo preditivo durante a observação de uma ação dirigida a objetos emocionais.

Consequentemente, este estudo optou em desenvolver um experimento comportamental por meio de vídeos de ações de alcance-preensão direcionados a objetos com valências emocionais (agradáveis, desagradáveis e neutro). O experimento apresentou duas condições visuais: *oclusão da visão* e *visão completa* do movimento, a fim de avaliar se um conhecimento motor implícito acompanha a reconstrução dessas ações de alcance-preensão cuja parte final é ocluída. Os participantes, apertando a barra de espaço do teclado, estimavam o tempo de contato da mão com o objeto a fim de avaliar a predição da ação dirigida aos objetos agradáveis, desagradáveis e neutros. Nossa hipótese é que a predição da ação seja modulada pela valência emocional dos objetos. Espera-se que na presença de diferenças comportamentais a valência emocional dos objetos interfira na tarefa preditiva. Uma hipótese alternativa é que na ausência de diferenças comportamentais a valência emocional dos objetos não interfira na tarefa preditiva. Além disso, espera-se que a condição visual não interfira na predição do tempo de contato de objetos com valência emocional, e ainda, que ocorra uma interação entre as condições visuais (*oclusão da visão* e *visão completa*) e valências emocionais.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral:

- Investigar se a valência emocional do objeto modula a predição de uma ação dirigida a partir de sua observação.

4.2 Objetivos específicos:

- Identificar as estimativas temporais caracterizando a predição de ação dirigida aos objetos com valências emocionais;
- Verificar o efeito da valência quando a parte final da trajetória de uma ação de alcance e apreensão de objetos é ocluída.

5 METODOLOGIA

5.1 Participantes

Trinta e oito voluntários, estudantes universitários, sendo 25 mulheres (idade média $23,36 \pm 21,84$ anos), participaram do presente estudo. Todos tinham visão normal ou corrigida para a normal e não apresentavam comprometimentos neurológicos. Eles eram destros de acordo com o Handedness Questionnaire (OLDFIELD, 1971, ANEXO A). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO B). A coleta de dados foi realizada em dois locais: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) (CAAE: 64960417.8.0000.5147) e Universidade Federal do Pará (UFPA). Todos procedimentos foram conduzidos de acordo com os princípios expressos na Declaração de Helsinki (WMA, 2013).

5.2 Seleção de vídeos emocionais

A seleção dos objetos com diferentes valências emocionais foi realizada com base em um estudo prévio (AZEVEDO *et al.*; 2021) que utilizou a escala Self-Assessment-Manikin (SAM; BRADLEY; LANG, 2000; LANG *et al.*, 2008). Os autores categorizaram 123 objetos em suas dimensões de valência e alerta (BRADLEY e LANG, 2000; HORSLEN e CARPENTER, 2011), classificando-os dentro de três categorias: agradável, desagradável e neutro de acordo com estudos anteriores (BACKS *et al.*, 2005; NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016; PAES *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017). Com base nos resultados de Azevedo *et al.* (2021), selecionamos cinco objetos de cada categoria (*agradável, desagradável e neutro*) para o nosso estudo, os quais estão descritos na tabela 1.

Conforme a tabela 1, os 5 objetos de cada categoria (*agradável, desagradável e neutro*) desse estudo prévio apresentam pontuações individuais na escala SAM nas dimensões de valência e alerta. É importante lembrar que na dimensão de valência esta escala avalia a reação de uma pessoa em resposta a um objeto desde desagradável (1) até agradável, (9), enquanto que na dimensão de alerta avalia desde inerte (1) até ativado (9). A seguir, a figura 11 ilustra a média desses 5 objetos por categoria emocional nas dimensões de alerta e valência da escala SAM. É importante ressaltar que em outro estudo prévio de Nogueira-Campos *et al.* (2016) também foi utilizada a escala SAM para categorizar vídeos de objetos com valência emocional. Nessa escala de avaliação afetiva, cada videoclipe foi classificado em suas dimensões de valência e excitação. Quando um videoclipe foi classificado entre 4,5 e 5,5 para dimensão de valência

com baixo nível de excitação (1–3) foi classificado como neutro. Os vídeos com valor de valência inferior e superior em relação ao conjunto neutro foram categorizados como vídeos desagradáveis e agradáveis, respectivamente. Para este estudo, no entanto, não foi realizada uma comparação entre a observação de imagens emocionais e observação dos vídeos de ações dirigidas a objetos emocionais.

Agradável			Desagradável			Neutro		
Objetos	Valência	Alerta	Objetos	Valência	Alerta	Objetos	Valência	Alerta
Brigadeiro	8,05	5,56	Banana podre	3,30	3,40	Caixa de canetas	5,65	2,13
Chocolate Prestígio	7,13	5,24	Lã de aço suja	3,21	3,90	Cotonetes	5,60	2,14
Bolo	6,60	4,92	Pé de galinha	2,90	4,57	Caixa de clips	5,24	1,98
Chave de carro	6,56	4,27	Rato aberto	2,41	5,97	Bateria	5,11	2,46
Cartão de crédito	6,46	4,52	Bolo com cabelo	2,21	5,71	Cubo amarelo	5,08	2,17
Média	6,96	4,90	Média	2,80	4,71	Média	5,36	2,17
DP	0,62	0,52	DP	0,48	1,15	DP	0,27	0,17

Tabela 1. Pontuações nas escalas de valência e alerta dos objetos selecionados para nosso estudo em cada uma das categorias de valência: agradável, desagradável e neutro. Esses dados foram extraídos de Azevedo et al. (2021).

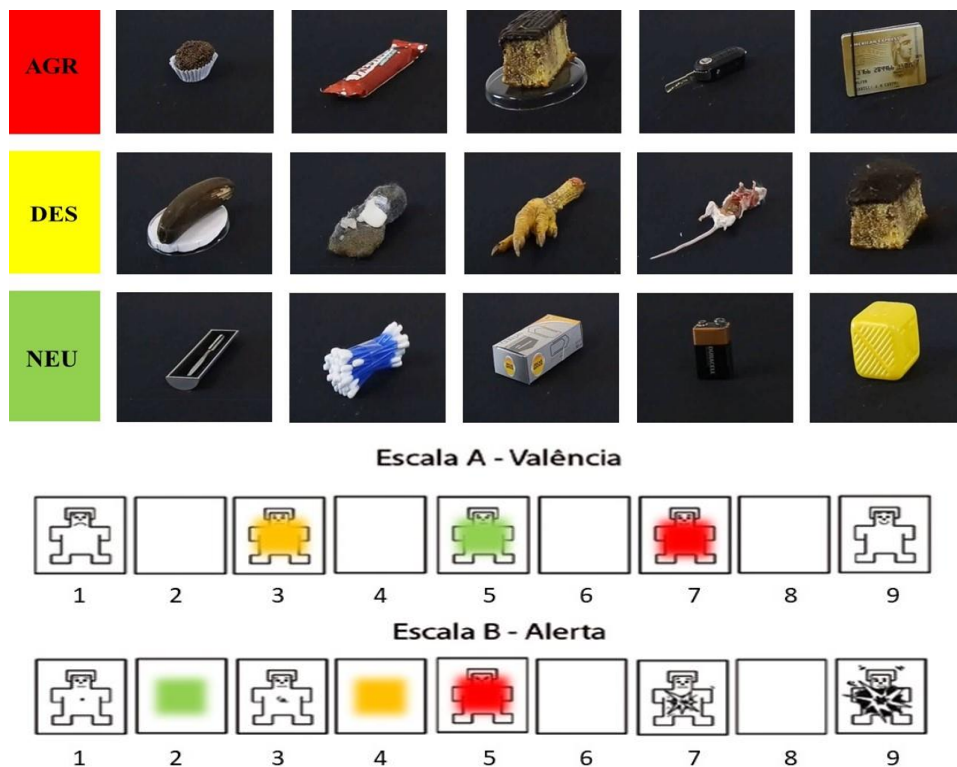


Figura 11. Média dos 5 objetos por categoria emocional (agradável, desagradável e neutro) nas dimensões de valência e alerta da escala SAM.

De acordo com os resultados expressos na figura 11, Azevedo *et al.* (2021) mostraram que na dimensão de valência as pontuações foram aproximadamente 7 para os objetos agradáveis, 3 para os desagradáveis e 5 para os neutros. Na dimensão de alerta, as pontuações foram aproximadamente 5 para objetos agradáveis, 4 para os desagradáveis e 2 para os neutros. Assim, na dimensão de valência os objetos agradáveis apresentaram alta pontuação enquanto os objetos desagradáveis apresentaram baixa pontuação neste requisito. É importante ressaltar que ambas as categorias (ou seja, *agradável* e *desagradável*) apresentaram uma pontuação semelhante na dimensão alerta. Quanto aos objetos neutros, eles apresentaram uma pontuação intermediária na dimensão valência e uma pontuação baixa na dimensão alerta.

5.3 Estímulos

Os estímulos consistiram em vídeos de um movimento de preensão dirigido a objetos *agradáveis* (AGR), *desagradáveis* (DES) ou *neutros* (NEU) exibidos na tela do computador (19"; 1920 x 1080; 60Hz). O experimento incluiu duas condições visuais: *oclusão da visão* (OV), na qual um retângulo preto obstruiu os últimos 50% da trajetória do movimento e *visão completa* (VC), na qual a totalidade do movimento permanecia visível (Figura 12).

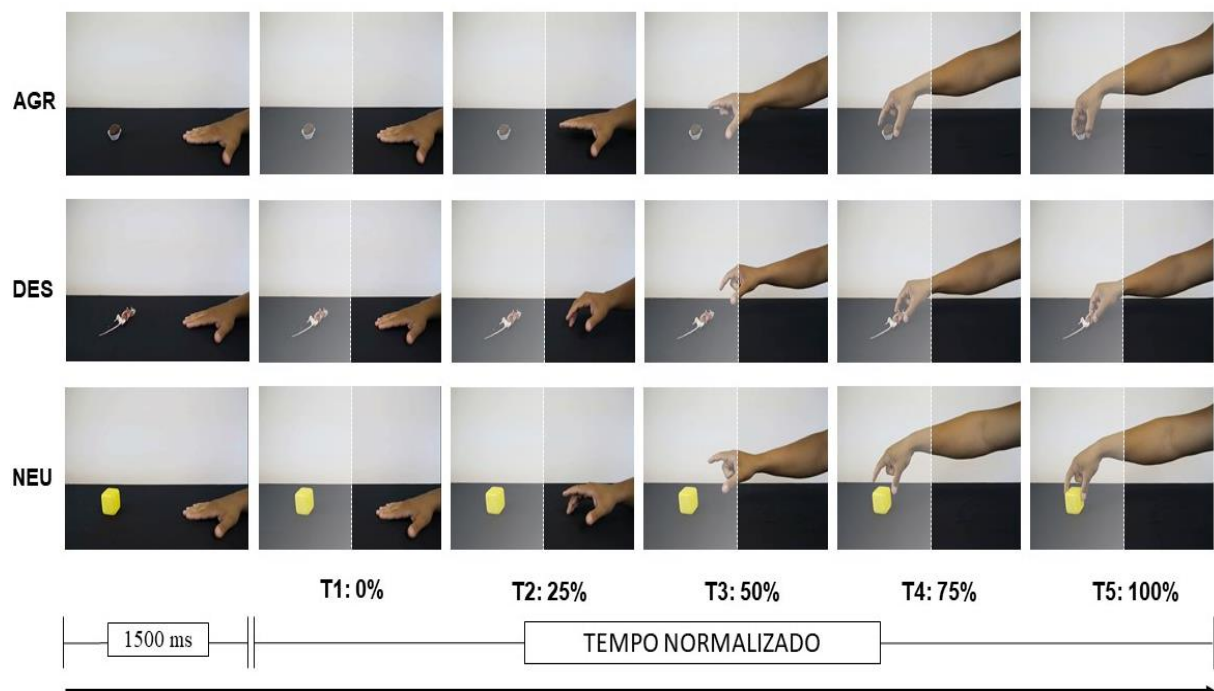


Figura 12. Desenho experimental. Sequências de vídeos para cada categoria emocional - agradável (AGR), desagradável (DES) e neutro (NEU) para as condições visuais (oclusão e visão completa). A condição de oclusão está representada pelos retângulos transparentes entre T1 e T5 (tempo normalizado). No entanto, no experimento, um retângulo preto foi usado para promover uma oclusão completa.

Videos – Agradável		Videos - Desagradável		Videos – Neutro	
Objetos	Duração (ms)	Objetos	Duração (ms)	Objetos	Duração (ms)
Brigadeiro	1533,33	Banana podre	1566,67	Caixa de canetas	1466,67
Chocolate Prestígio	1500,00	Lã de aço suja	1600,00	Cotonetes	1500,00
Bolo	1600,00	Pé de galinha	1566,67	Caixa de clips	1466,67
Chave de carro	1466,67	Rato aberto	1633,33	Pilha	1433,33
Cartão de crédito	1566,67	Bolo com cabelo	1733,33	Cubo amarelo	1400,00

Tabela 2. Informação temporal dos vídeos emocionais. Durações médias de vídeos agradáveis, desagradáveis e neutros foram 1533.33 ± 52.7 ms, 1620 ± 69.12 ms e 1453.33 ± 38.0 ms, respectivamente. Significância estatística apenas entre os vídeos desagradáveis e neutros ($p = 0,001$).

Os estímulos foram criados usando o software *Adobe Premiere Pro*, ver tabela 2. As durações médias de vídeos agradáveis, desagradáveis e neutros foram 1533.33 ± 52.7 ms, 1620 ± 69.12 ms e 1453.33 ± 38.0 ms, respectivamente ($F(2,12) = 11,58$; $p = 0,002$; $\eta^2: 0,65$). Observamos que o tempo dos vídeos desagradáveis diferiam dos vídeos neutros ($p = 0,001$).

5.4 Procedimento

Os participantes sentaram-se confortavelmente em uma sala pouco iluminada a ≈ 70 cm de uma tela de computador (19"; 1920 x 1080; 60Hz). A tarefa do participante consistiu em prever o tempo de contato entre a mão (i.e., a pinça formada pelo polegar e o indicador) e o objeto pressionando a barra de espaço do teclado. Em todos os vídeos os objetos eram manipulados com uma pinça fina, formada pelos dedos polegar e indicador (figura 13). Para cada valência (*agradável*, *desagradável* e *neutro*), cinco vídeos pseudo-randomizados foram apresentados três vezes em cada bloco (ou seja, *visão completa* e *oclusão da visão*). O experimento começou com uma sessão de treinamento com vídeos que não foram utilizados durante a sessão experimental, sempre iniciando com o bloco de oclusão seguido pelo bloco de visão completa.

Escolhemos começar sempre com o bloco de oclusão para evitar uma possível interferência da visão completa da trajetória (efeito visual) sobre os resultados na condição oclusão. Entre os blocos tinha um intervalo de 5 min. Cada repetição começou com uma cruz de fixação no centro da tela por 1000 ms antes do vídeo. O vídeo começou com uma imagem estática da mão e do objeto (≈ 1500 ms) antes do início do vídeo da ação de alcance-preensão do objeto. Uma nova repetição iniciava após o fim do vídeo. Introduzimos uma pergunta ao

decorrer de cada bloco para avaliar a atenção durante a realização da tarefa. A pergunta incluía o nome do objeto que aparecia no vídeo ("Que objeto apareceu no vídeo anterior?"). O participante respondia oralmente e o experimentador anotava a resposta. A sessão experimental consistiu em dois blocos (*oclusão da visão e visão completa*) de quinze tentativas (5 objetos x 3 repetições) para cada valência (*agradável, desagradável e neutra*), para um total de noventa tentativas (2 blocos x 3 valências x 15 tentativas). A apresentação dos vídeos na tela do computador foi controlada pelo *Presentation* (Neurobehavioral Systems). A duração do experimento foi de aproximadamente trinta minutos.

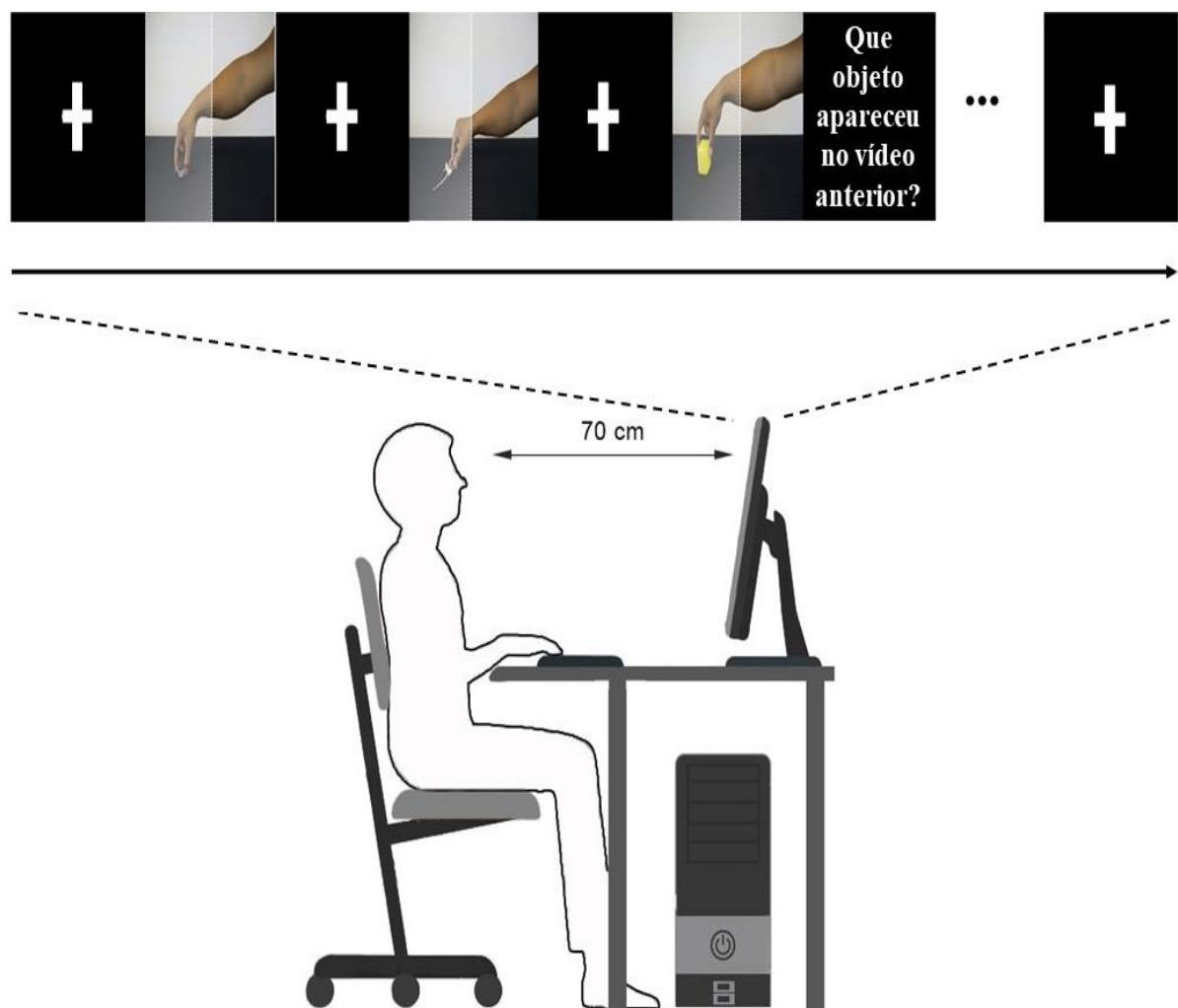


Figura 13. Os participantes sentaram-se em uma cadeira confortável a ≈ 70 cm de uma tela de computador. A tarefa do participante consistia em prever o tempo de contato entre o objeto e a mão, pressionando a tecla de espaço. No topo da imagem são exibidos os vídeos agradáveis, desagradáveis e neutros pseudo-randomizados em dois blocos: oclusão e visão completa. A sessão experimental consistiu em dois blocos (*oclusão da visão e visão completa*) de quinze tentativas (5 vídeos x 3 repetições) para cada valência (*agradável, desagradável e neutra*), para um total de noventa tentativas (2 blocos x 3 valências x 15 tentativas). Entre essas tentativas, uma pergunta de atenção foi inserida e repetida 5 vezes. O participante respondia oralmente e o experimentador anotava.

5.5 Análise dos dados

O erro de predição do tempo de contato, em milissegundos (ms), foi calculado como a diferença entre a resposta do participante (aperto da barra de espaço do teclado) e o tempo real do primeiro contato entre o objeto e a pinça fina do ator no vídeo. Essa diferença é definida como sendo o erro constante (EC) do participante. Além disso, calculamos a variabilidade das respostas dos participantes, que definimos como a média dos desvios-padrões das respostas para cada valência. Este último parâmetro define o erro variável (EV). As respostas dos participantes para cada valência e bloco seguiram a distribuição normal (teste de Kolmogorov-Smirnov, $p > 0.20$). Foram excluídas as repetições nas quais a predição do tempo de contato excedeu dois desvios padrões acima ou abaixo da média do grupo para cada valência. Assim, excluímos 6% das repetições para os objetos agradáveis (oclusão: 6%; Visão completa: 6%), 5,5 % para os objetos desagradáveis (oclusão: 5%; Visão completa: 6%) e 6,5% para os objetos neutros (oclusão: 5%; Visão completa: 8%).

Além disso, os participantes que tiveram mais de 30% das suas repetições descartadas em, pelo menos, uma das valências foram excluídos da análise final. Assim, quatro participantes (S8, S14, S16, S25) foram excluídos da análise estatística. Em seguida, comparamos as respostas dos participantes usando uma ANOVA para medidas repetidas com os seguintes fatores: condições visuais (*oclusão da visão* vs. *visão completa*) e valência emocional (*agradável* vs. *desagradável* vs. *neutro*). O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Incluímos as medidas parcial eta-squared (η^2) e observed power (α). O *post-hoc* de Tukey foi aplicado quando efeitos significantes foram observados. Por fim, comparamos a percentagem das respostas atencionais corretas entre os blocos oclusão e visão completa utilizando um teste-t. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os dois blocos (teste $t = 1,36$, $df = 33$, $p = 0,18$), com percentagens de respostas corretas próximos e elevados ($90,6 \pm 14.13\%$ e $92,4 \pm 12,1\%$ para o bloco oclusão e visão completa, respectivamente).

Para complementar a análise dos resultados anteriores, calculamos, para cada valência, as correlações (Pearson) entre as estimativas do tempo de contato entre a condição de oclusão e de visão completa. Além disso, vinte voluntários avaliaram as valências dos objetos utilizando a escala SAM (ANEXO C) após a realização do experimento. Assim, para esses vinte voluntários, repetimos o mesmo procedimento para averiguar também a existência de correlações (Pearson) entre esses dados temporais de estimativa e os valores de escala de valência.

6 RESULTADOS

Não foi observado efeito principal da condição visual para o EC na predição do tempo de contato ($F(1,33) = 1,6$; $p = 0,21$; $\eta^2: 0,04$; $\alpha: 0,23$). De fato, a predição do tempo de contato para a condição de oclusão foi de $-17,79 \pm 156,31$ ms, enquanto que para a condição de visão completa foi de $-44,12 \pm 107,66$ ms) (Figura 14A). Diferentemente do EC, houve um efeito de condição visual para o EV ($F(1,33) = 61,35$; $p < 0,01$; $\eta^2: 0,65$; $\alpha: 1,0$). Observamos que a variabilidade foi maior na condição oclusão ($157,30 \pm 36,64$ ms) que na visão completa ($111,46 \pm 23,68$ ms) (Figura 14B).

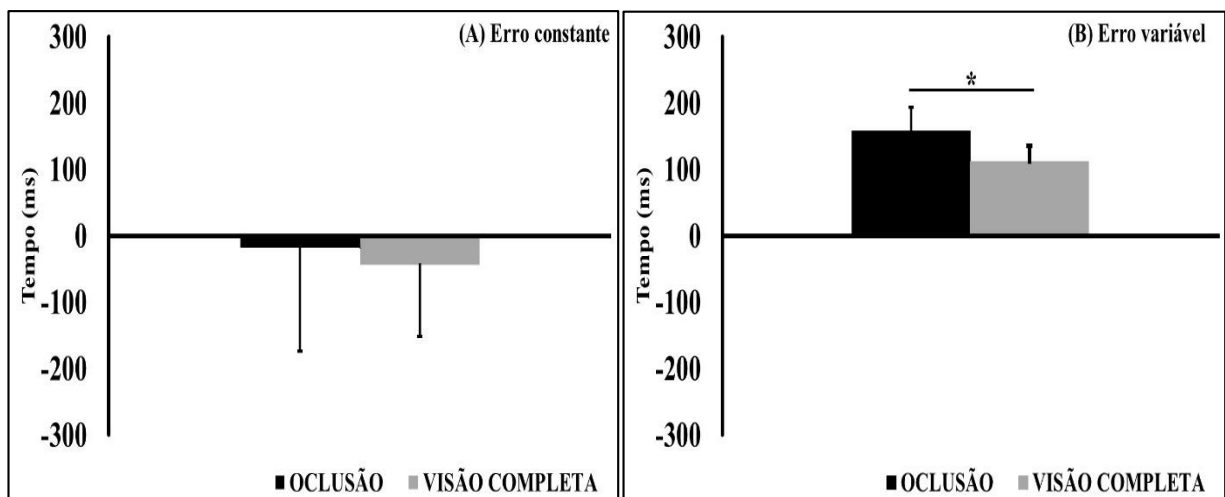


Figura 14. (A) Histograma da média do erro constante (EC) para a predição do tempo de contato nas condições de oclusão (OV) e visão completa (VC). (B) Histograma da média do erro variável (EV). A condição de oclusão apresentou uma variabilidade maior das estimativas que a condição visão completa ($p < 0,01$).

Além disso, observamos um efeito principal da valência emocional ($F(2,66) = 232,10$; $p < 0,001$; $\eta^2: 0,87$; $\alpha: 1,00$). Os participantes apresentaram maior acurácia com relação ao julgamento do tempo de contato mão-objeto quando a ação era direcionada ao objeto agradável comparado ao desagradável e neutro respectivamente ($EC = -30,95 \pm 117,56$ ms; $EC = -99,46 \pm 130,87$ ms; $EC = 37,52 \pm 119,86$ ms, $p = 0,0001$) (Figura 15A). O EV também apresentou também um efeito de valência ($F(2,66) = 3,48$; $p < 0,03$; $\eta^2: 0,09$; $\alpha: 0,63$). Enquanto a variabilidade não diferiu entre as valências agradável e desagradável ($p = 0,77$), e agradável e neutro ($p = 0,15$), encontramos uma diferença significativa de variabilidade entre a condição neutra e desagradável ($p = 0,034$) (Figura 15B).

Encontramos, também, uma interação entre a condição visual e a valência emocional para o EC ($F(2,66) = 12,34$, $p < 0,001$; $\eta^2: 0,27$; $\alpha: 0,99$) (Figura 16). A condição visual (OV vs. VC, respectivamente) interferiu na predição do tempo de contato para objetos agradáveis

(EC = $-12,79 \pm 137,47$ ms vs. $-49,11 \pm 92,09$ ms, $p < 0,001$) e objetos neutros (EC = $60,28 \pm 141,31$ ms vs. $14,76 \pm 90,18$ ms, $p < 0,001$). No entanto, esse efeito da condição visual na predição do tempo de contato não foi observado para objetos desagradáveis (EC = $-100,9 \pm 150,00$ ms vs. $-98,03 \pm 110,77$ ms; $p = 0,99$ na condição OV e na condição VC, respectivamente). Nenhuma interação entre condição visual e valência foi encontrada para o EV ($F(2,66) = 0,214$, $p = 0,8$; $\eta^2: 0,006$; $\alpha: 0,08$).

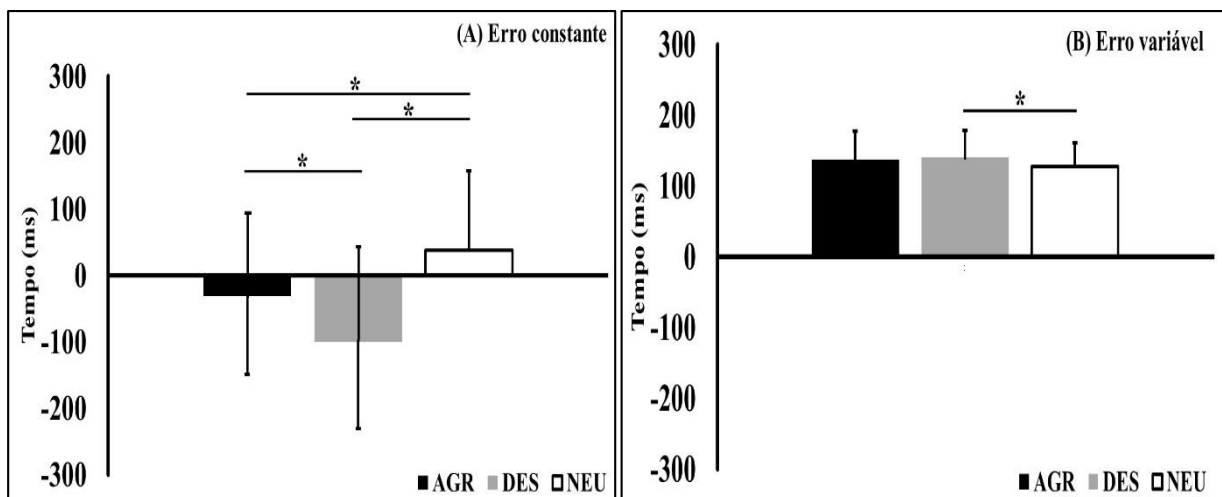


Figura 15. (A) Histograma da média do erro constante (EC) para a predição do tempo de contato para as diferentes valências emocionais ($p < 0,001$). **(B)** Histograma da média do erro variável (EV). Enquanto a variabilidade não diferiu entre as valências AGR e DES ($p = 0,77$), e AGR e NEU ($p = 0,15$), uma diferença entre a condição NEU e DES ($p = 0,034$) foi encontrada. AGR = Agradável; DES = Desagradável e NEU = Neutro.

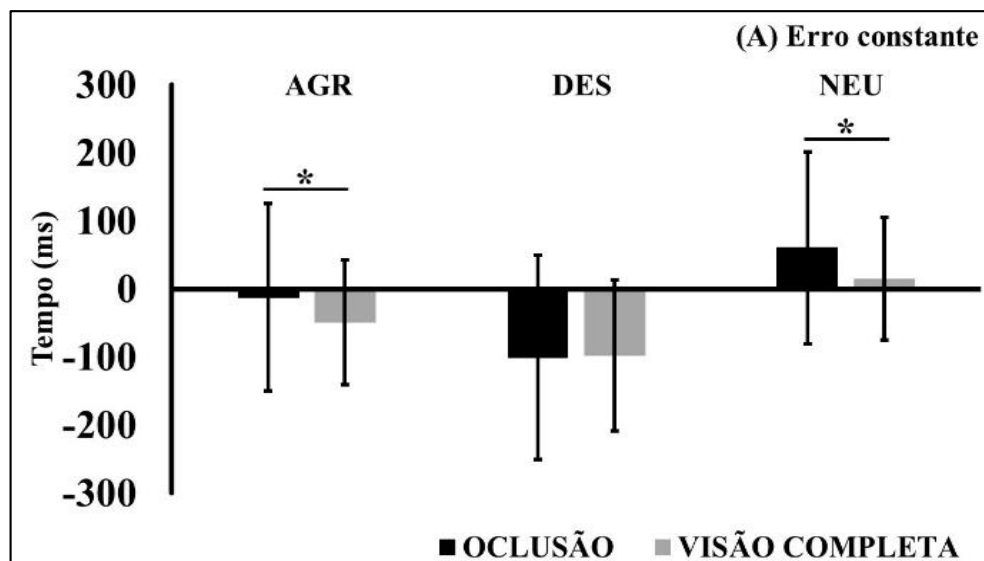


Figura 16. Histograma da média do erro constante (EC) para a predição do tempo de contato entre as condições visuais (oclusão e visão completa) e valências emocionais (AGR, DES e NEU). A condição visual interferiu na predição do tempo de contato para objetos AGR ($p < 0,001$) e objetos NEU ($p < 0,001$), mas não interferiu na predição para objetos DES ($p = 0,99$). AGR = Agradável; DES = Desagradável e NEU = Neutro.

Os resultados individuais sugerem um padrão de resposta dependendo das valências no qual a estimativa temporal para os objetos AGR encontra-se em ponto intermediário em relação as estimativas para os objetos DES e NEU (APÊNDICE A, figura 17 e 18).

Além disso, observamos um efeito principal da valência emocional nas pontuações da Escala SAM ($F(2,57) = 76,87$; $p < 0,001$; $\eta^2: 0,73$; $\alpha: 0,71$; ANEXO C). Os participantes apresentaram maior pontuação da valência para os objetos agradáveis ($6,83 \pm 1,16$) quando comparado aos objetos desagradáveis ($2,71 \pm 0,98$) e neutros ($5,05 \pm 1,00$). Por fim, encontramos uma correlação positiva entre as condições de OV e VC para objetos AGR ($r = 0,48$; $p = 0,004$; APÊNDICE B, figura 19), DES ($r = 0,50$; $p = 0,003$; APÊNDICE B, figura 20) e NEU ($r = 0,53$; $p = 0,001$; APÊNDICE B, figura 21). Todavia, não encontramos correlações entre as pontuações da escala SAM e a estimativa temporal do tempo de contato para o AGR (APÊNDICE C, figura 22), DES (APÊNDICE C, figura 23) e NEU (APÊNDICE C, figura 24).

7 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar se e como a valência emocional pode afetar a predição temporal associada à detecção de um movimento de preensão direcionada aos objetos com valência emocional. Para isso, um conjunto de objetos emocionais foi selecionado (AZEVEDO *et al.*, 2021) e vídeos de alcance-preensão dirigidos a esses objetos foram preparados. A tarefa dos participantes consistia em prever o tempo de contato entre objetos com diferentes valências emocionais (agradáveis, desagradáveis ou neutros) e a pinça de precisão formada pelo indicador e o polegar em duas condições: (1) oclusão, na qual os 50% finais da trajetória do movimento estavam ocluídos; e (2) visão completa. Encontramos um efeito de valência, com maior precisão temporal associada à predição da preensão dirigida a objetos agradáveis e neutros quando comparado aos desagradáveis. Por fim, observamos que a condição visual modulou a predição de ação dirigida aos objetos agradáveis e neutros. No entanto, não observamos um efeito da condição visual sobre a predição do tempo de contato quando o movimento era direcionado a objetos desagradáveis. Ao nosso conhecimento, esta é a primeira demonstração comportamental de que a valência emocional dos objetos interfere no processo de predição da ação.

Na primeira seção discutiremos o envolvimento da entrada visual e das representações motoras na predição da ação. Sugerimos que a habilidade de prever uma ação em curso real e com parte da trajetória ocluída envolveria o recrutamento de informações endógenas como as representações motoras. Na segunda seção discutiremos o efeito da valência emocional dos objetos na predição da ação. Por fim, na terceira seção discutiremos um possível circuito preditivo envolvido na predição de ações dirigidas a objetos com valência emocional, baseada nas evidências descritas na literatura sobre as redes de percepção-ação, predição da ação e emoção-ação.

7.1 Envolvimento da entrada visual e das representações motoras na predição da ação

Constatamos que a condição visual de oclusão ou de visão completa da ação não interferiu na predição de uma ação dirigida a objetos com valência emocional. De fato, independentemente da condição visual os voluntários conseguiram prever o tempo de contato mão-objeto, apesar da condição de oclusão apresentar uma variabilidade maior. O aumento da variabilidade pode estar associado à ausência de informação visual no momento do contato mão-objeto. Desse modo, sugerimos que o processo de inferência do movimento humano não

está vinculado apenas à informação visual, mas implicaria também uma simulação motora implícita, recrutando as estruturas corticais e subcorticais envolvidas na realização dessa mesma ação. O fato de encontrar, para cada valência, uma correlação positiva entre as estimativas do tempo de contato mão-objeto na condição oclusão e visão completa reforça essa proposta.

Uma explicação ao recrutamento de representações motoras na ausência de informação visual é a existência de um código neural comum entre a produção motora e a percepção do movimento humano (PRINZ, 1997; HOMMEL *et al.*, 2001). Essa conexão entre percepção-ação permite que a entrada visual seja mapeada sobre a sua representação motora correspondente (RIZZOLATTI *et al.*, 2001a, RIZZOLATTI e CRAIGHERO, 2004). O recrutamento das informações motoras durante a reconstrução da trajetória ocluída (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008; KNOBLICH e FLACH, 2001; PRINZ, 1997; HOMMEL *et al.*, 2001) é crucial para compensar a perda de informação visual e prever o tempo de contato mão-objeto. Esse achado não é novo e confirma resultados comportamentais prévios (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008, 2021).

O grupo de Wolfgang Prinz foi um dos primeiros a relatar a possibilidade de recrutamento de representações motoras a partir da observação de invariantes cinemáticos que caracterizam um movimento biológico (PRINZ, 1997; HOMMEL *et al.*, 2001). De fato, estudos psicofísicos mostraram que os indivíduos são capazes de extrair implicitamente a cinemática observada para inferir a parte final de movimentos simples (POZZO, *et al.*, 2006) ou complexo (SAUNIER *et al.*, 2008, 2021). De maneira geral, esses estudos propõem que a observação do movimento transitivo ou intransitivo seria suficiente para recrutar as representações motoras (GALLESE e GOLDMAN, 1998; JEANNEROD, 2001) ou modelos internos da ação (MIALL, 2003; KILNER *et al.*, 2007; URGEN e SAYGIN, 2020) para inferir a parte final do movimento observado.

Em nosso experimento utilizamos vídeos de alcance-preensão de um objeto com duas condições visuais: oclusão da visão, em que um anteparo preto bloqueia a visão do objeto; e visão completa, na qual é possível ver a localização tanto do objeto quanto da mão. O fato de projetar ações recorrentes (i.e., pertencendo ao repertório motor dos participantes) facilitaria o recrutamento desses modelos internos da ação. Vários autores propõem a utilização de modelos internos da ação, inverso e preditivo, durante a percepção da ação. Nesta configuração, o modelo inverso elabora uma cópia de eferência dos movimentos observados (SAYGIN e STADLER, 2012; STADLER, 2012; CROSS *et al.*, 2013; URGEN e SAYGIN, 2020). A partir deste modelo inverso, é possível que o modelo preditivo utilize esta cópia de eferência para

elaborar uma estimativa das consequências sensoriais do comando motor (KAWATO, 1999; WOLPERT e GHARAMANI, 2000; WOLPERT e FLANAGAN, 2001). A compreensão disso nos permite sugerir que o conhecimento da tarefa facilita a utilização desses modelos internos da ação para estimar a parte final do movimento ocluído e o tempo de contato mão-objeto.

Além disso, acreditamos que nosso protocolo experimental, caracterizado pela previsibilidade da perda de informação visual, favorece o envolvimento do córtex sensório-motor, permitindo a permanência da representação da ação mesmo na ausência de entrada visual. Saunier *et al.* (2013) demonstraram a importância dessa previsibilidade temporal da oclusão transitória do movimento para recrutar o sistema sensório-motor. Os autores observaram uma modulação da atividade eletroencefalográfica das regiões centro-parietal e occipito-temporal direita durante a fase de oclusão, quando o desaparecimento do movimento biológico estava ocluído no tempo (i.e., previsível). Este achado reflete possivelmente o recrutamento das representações sensório-motoras do movimento temporariamente ocluído. Essas representações participariam da permanência do movimento na ausência de entrada visual durante a oclusão. Quando o aparecimento do ocluidor era imprevisível, não havia recrutamento dessas regiões corticais durante a oclusão, indicando que a predição temporal da ocorrência visual (i.e., oclusão) é relevante para o processamento da permanência do movimento biológico.

Classicamente, a área pré-motora, o lóbulo parietal e o STS compõem a rede de percepção de ação (RIZZOLATTI e SINIGAGLIA, 2008; URGEN E SAYGIN 2020), sugerindo que a entrada visual está implicitamente mapeada sobre o vocabulário motor correspondente (RIZZOLATTI e CRAIGHERO, 2004). Propomos em nosso estudo que a ausência de informação visual induza uma simulação motora implícita do movimento observado, a qual permitiria a elaboração de previsões temporais, através dessa rede de percepção-ação. Estudos psicofísicos já propuseram o recrutamento de tal rede de ação-percepção para reconstruir a parte oculta de uma trajetória de movimento biológico (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008, 2021). Assim, propomos que a rede de interação percepção-ação participa do processo de predição do contato mão-objeto na ausência de informação visual.

7.2 Interferência da valência emocional dos objetos na predição da ação

Observamos que a predição temporal do contato mão-objeto é dependente da valência emocional do objeto. Em particular, notamos uma melhor estimativa temporal do contato mão-objeto quando a ação era direcionada ao objeto AGR em relação aos objetos DES e NEU. Além

disso, de maneira intrigante, não observamos nenhuma correlação entre os valores da escala SAM e o dado comportamental. Sugerimos que a utilização da informação visual relacionada ao objeto ocorre nas duas vias visuais: ventral e dorsal (UNGERLEIDER e MISHKIN, 1982; MILNER e GOODALE, 1995; JACOB e JEANNEROD, 2007). Propomos o envolvimento da via ventral na elaboração explícita de uma atribuição de valência ao objeto observado. No caso da elaboração de uma estimativa do tempo de contato mão-objeto, esta informação visual seria utilizada implicitamente pela via dorsal. Assim, a tarefa de predição e de julgamento de valência envolveria dois tratamentos distintos da informação visual. Essa diferença poderia explicar a ausência de correlação entre os resultados de predição da ação e de valência. Uma hipótese alternativa poderia ser relacionada ao tempo de estimulação visual e a apresentação dos objetos que diferiam entre a tarefa preditiva e de julgamento de valência. De fato, na tarefa de predição da ação, o objeto junto com outros distratores (como a presença da mão na cena visual, por exemplo) permanecia visível durante 1500 ms. No caso do julgamento de valência, somente o objeto aparecia na cena visual e por uma duração de 5000 ms. Pensamos que essas diferenças poderiam interferir também nessa ausência de correlação entre os valores da escala SAM e as estimativas temporais dos participantes. Uma última possibilidade seria o julgamento da valência a partir da foto do objeto diferir do vídeo de apreensão deste mesmo objeto.

É bem aceito que conseguimos extrair implicitamente a cinemática proveniente da entrada visual e comparar essa cinemática em curso real com o conhecimento implícito que temos da cinemática do movimento observado e suas consequências (POZZO *et al.*, 2006; SAUNIER *et al.*, 2008, 2021). Então, compreende-se que a predição da posição final de um movimento parcialmente ocluído é dependente do tratamento dessas diferenças cinemáticas. Interessantemente, Esteves *et al.* (2016) demonstraram que a cinemática do movimento dirigido aos objetos emocionais difere em função da valência emocional desses mesmos. Esses autores mostraram que o tempo necessário para atingir o pico de velocidade era maior quando os voluntários realizaram a aproximação dos estímulos agradáveis ao corpo. Apesar desse protocolo experimental diferir do nosso estudo, reforça que as características cinemáticas durante uma tarefa de alcance-preensão são afetadas pela valência emocional do estímulo com o qual se interage. Consequentemente, se a cinemática do movimento de alcance-preensão difere de acordo com a valência emocional dos objetos, é possível que a predição seja diferente para cada categoria emocional (agradável, desagradável e neutra).

Além disso, observamos que a valência emocional dos objetos afeta diferentemente a predição de ações dirigidas a esses mesmos objetos. Esta ideia de que a emoção modula as representações sensório-motoras durante a preparação da ação (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012;

NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2014) ou observação de ação (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016) dirigidas a objetos com valências emocionais não é nova. Oliveira *et al.* (2012) mostram que a valência emocional dos objetos modula a negatividade do potencial de prontidão (PP). Esses autores observaram que há uma diminuição do PP precedendo a interação com objetos AGR e uma aumento do PP para os objetos DES. Por conseguinte, Nogueira-Campos *et al.* (2014) apontam que a excitabilidade corticoespinal é modulada pela valência emocional de um estímulo a ser apreendido. Eles realçam uma maior excitabilidade durante a preparação de uma ação dirigida aos objetos desagradáveis quando comparado aos objetos agradáveis. Um estudo posterior desses autores revela que a valência emocional dos objetos modula o mecanismo de ressonância motora durante a observação da ação. Eles mostram que os objetos desagradáveis induziram um aumento da excitabilidade do córtex motor quando comparado aos objetos agradáveis. Em conjunto, esses estudos sugerem a existência de uma facilitação para interagir com objetos agradáveis e uma dificuldade para interagir com objetos desagradáveis.

A novidade no presente estudo é que a emoção possa modular também a predição de ações dirigidas a objetos com valência emocional. Recentemente, Nogueira-Campos *et al.* (2016) demonstraram que a observação de um objeto agradável ou desagradável modulava diferentemente a excitabilidade corticoespinal durante a observação do seu alcance e da sua apreensão. Interessantemente, os autores observaram um aumento da amplitude do PEM na fase de maior abertura da pinça do que para o contato mão-objeto durante o segundo bloco do experimento. Isso parece significar que durante a observação da ação ocorre um processo preditivo no lugar de uma simulação on-line. De fato, se a observação da ação fosse uma simulação on-line deveríamos encontrar amplitude máxima de PEM no contato mão-objeto (caracterizado pela contração da musculatura do PID) e não para abertura máxima da pinça (momento no qual a contração do PID é menor que no momento do contato mão-objeto). Tal resultado sugere a participação de representações motoras na codificação da ação e do conteúdo emocional por trás da ação observada. Essa compreensão nos permite sugerir que os modelos internos da ação parecem incorporar a valência emocional do estímulo com o qual se interage, para então predizer as consequências das ações em contextos emocionais.

Além disso, os nossos resultados apontaram um maior erro de predição quando a ação foi direcionada ao objeto desagradável em relação ao agradável e neutro. De fato, notamos uma antecipação importante, aproximadamente 100 ms, na estimativa do tempo de contato da mão com os objetos desagradáveis. Essa antecipação é semelhante independentemente da informação visual disponível para elaborar esta estimativa, a saber a oclusão do contato mão-objeto ou sua visão completa. Neste contexto, ressaltamos que Craighero *et al.* (2008),

encontrou uma estimativa temporal de contato mão-objetos neutros inferior a uma tarefa simples de tempo de reação (i. e., estimativa temporal compatível com uma tarefa de predição). Os resultados desses autores corroboram com os achados encontrados para os objetos neutros em nosso estudo. Recentemente, Portugal *et al.* (2020) encontrou tempos de reação mais rápidos para estímulos negativos/desagradáveis. Nesse estudo, os participantes que exibiram menor tempo de resposta para ameaças também exibiram um aumento de atividade das áreas cerebrais relacionadas à ameaça. Apesar do protocolo experimental e da tarefa diferir do que foi proposto em nosso estudo, tal achado (PORTUGAL *et al.*, 2020) reforça os resultados para a categoria desagradável, já que encontramos uma antecipação maior para os tais estímulos.

Propomos que os estímulos desagradáveis apresentam uma maior relevância para poder apresentar um risco para a integridade do indivíduo. Isso poderia explicar essa antecipação observada na estimativa do tempo de contato entre a mão e um objeto desagradável. De fato, essa antecipação permitiria um maior tempo para organizar uma resposta adaptada num contexto aversivo. Evidências apontam que ver estímulos desagradáveis gera reações defensivas (AZEVEDO *et al.*, 2005; BRADLEY *et al.*, 2001), que são processadas de forma priorizada pelo sistema motor (PEREIRA *et al.*, 2010; PORTUGAL *et al.*, 2020). Pereira *et al.* (2010) mostraram que tal processamento para o desagradável acontece no Córtex Cingulado Médio (CCM), uma área chave para a integração de informações motoras e valenciadas negativamente. Esses autores observaram que o CCM foi recrutado de forma robusta apenas quando os participantes realizaram uma tarefa motora em um contexto desagradável, reforçando o processamento priorizado desta categoria emocional. Conforme a importância de tais estímulos, esperamos que o sistema motor antecipe as consequências dos eventos desagradáveis (i.e., no nosso estudo, o contato mão-objeto) para organizar uma resposta adaptada e prevenir uma reação aversiva. Uma explicação alternativa para os nossos resultados poderia estar associada à tentativa de reduzir o tempo de estimulação visual (i. e. interromper o tempo de exposição aos vídeos) para os objetos desagradáveis apertando a tecla de espaço antecipadamente. Isso parece pouco provável porque o acionamento da tecla de espaço não acompanhava de uma mudança de vídeo. Essa mudança de vídeo ocorreria somente após o fim dele e não após o aperto da tecla de espaço. No entanto, não eliminamos a hipótese de o participante acionar a tecla para finalizar o envolvimento com a tarefa, ou seja, não continuar engajado com a percepção de fazer a preensão de um objeto negativo. Apesar do tempo de estimulação visual ser similar entre as diferentes categorias de valência, consideramos pouco provável esta hipótese para explicar a antecipação pronunciada observada especificamente para os objetos desagradáveis.

Por fim, os nossos resultados também apontam para uma interação entre a condição visual e a valência emocional dos objetos. Constatamos que a condição visual interferiu na previsão do tempo de contato para os objetos agradáveis e neutros, porém não interferiu para os objetos desagradáveis. Assim, sugerimos uma particularidade da predição de ação dirigida aos objetos desagradáveis, uma vez que os mecanismos preditivos não são afetados pela oclusão ou não da ação. A nossa proposta é que essa especificidade para os objetos desagradáveis seja decorrente de um circuito aversivo no cérebro (OLIVEIRA *et al.*, 2012), envolvendo o CCM (PEREIRA *et al.*, 2010; PORTUGAL *et al.*, 2020), uma área atrelada à modulação de estímulos negativos ou ameaçadores (PEREIRA *et al.*, 2010; PORTUGAL *et al.*, 2020) e a estados de atenção, alerta ou desejo de agir durante tarefas cognitivas com estímulos negativos/desagradáveis (CARUANA *et al.*, 2018; DI CESARI *et al.*, 2019).

7.3 Proposta de circuito preditivo de ações dirigidas à objetos com valência emocional

No presente estudo sugerimos que a predição da ação seja modulada pela valência emocional de um objeto. De fato, observamos um efeito das valências emocionais (agradáveis, desagradáveis e neutras) atribuídas a um objeto sobre os mecanismos preditivos envolvidos na elaboração da estimativa do tempo de contato mão-objeto a partir da observação de um vídeo de alcance-preensão. Além disso, constatamos a existência de um tratamento particular da predição da ação dirigida aos objetos desagradáveis. Uma proposta especulativa de circuito envolvido na predição da ação dirigida a objetos emocionais apoia-se nas evidências já descritas na literatura sobre rede de percepção-ação, predição da ação e emoção-ação. Este circuito preditivo envolveria os córtices pré-motor e parietal, além do STS e cerebelo; assim como áreas emocionais: ínsula e córtex cingulado.

A literatura sobre a interação percepção-ação sugere a existência de uma rede neural formada, essencialmente, pelas seguintes áreas corticais: córtices pré-motor e parietal, STS (URGEN e SAYGIN, 2020); além da ínsula (RIZZOLATTI e SINIGAGLIA, 2016) e áreas subcorticais: cerebelo (BUCCINO *et al.*, 2004; RIZZOLATTI e SINIGAGLIA, 2008) e gânglios da base (ALEGRE *et al.*, 2010; MARCEGLIA *et al.*, 2009). Essa rede de percepção-ação atuaria na predição da ação de *outrem* (IACOBONI *et al.*, 2001; MIAL, 2003). Recentemente um estudo de IRMf e modelagem causal dinâmica estabeleceu as conectividades efetivas desta rede de percepção-ação para a predição da ação (URGEN E SAYGIN 2020). Urgen e Saygin (2020) sugere que o córtex parietal seja uma região crucial no estabelecimento de conexões recíprocas entre o córtex pré-motor e STS. Este achado confirma o papel do córtex

parietal na predição da ação e complementa um estudo neuropsicológico de Fontana *et al.* (2012). Neste estudo, Fontana *et al.* (2012) avaliaram o PP gerado em pacientes com lesões focais no córtex parietal ou pré-motor durante a observação de uma ação previsível. Os autores descobriram que a geração do PP ocorria nos pacientes pré-motores, mas estava abolida nos pacientes parietais. Este resultado sugere que a integridade do córtex parietal é importante para o ser humano estimar a ocorrência de ações futuras realizadas por *outrem*. Enquanto o papel dos diferentes constituintes desse circuito de predição da ação não está completamente estabelecido, a literatura está de acordo para envolver as seguintes regiões corticais e subcorticais: o STS (KILNER *et al.*, 2007), uma rede frontoparietal (URGESI *et al.*, 2010; FONTANA *et al.*, 2012; RANGEL *et al.*, 2021), assim como, o cerebelo (MIALL, 2003; BLAKEMORE e SIRIGU, 2003; CROSS *et al.*, 2013; SAUNIER *et al.*, 2021). No entanto, essa literatura é desprovida da dimensão emocional dentro da qual ocorre a realização de ações.

Recentemente, Rizzolatti e Sinigaglia (2016) sugeriram que estruturas emocionais podem compartilhar uma base neuronal comum às experiências das próprias ações e emoções. Nesse contexto, estudos recentes de IRMf (DI CESARI *et al.*, 2015; DI CESARI *et al.*, 2019) mostram que o setor dorso-central da ínsula é dotado de característica espelho semelhante ao descrito no circuito frontoparietal (RIZZOLATTI E SINIGAGLIA, 2016). Di Cesari *et al.* (2015) demonstram que a ínsula dorso-central se encontra ativada durante a observação, imaginação ou execução da forma de vitalidade (i.e., forma com o qual as ações motoras são realizadas, por exemplo: rude, gentil, etc.). Isso significa que a observação do estado emocional de *outrem* pode ativar as mesmas estruturas responsáveis pelo processamento emocional. Além disso, outros estudos apresentam a ínsula central (IC) como uma região que pode servir para monitorar o estado emocional interno contínuo do organismo e para integrar informações sensoriais com relevância motivacional, a fim de orientar as respostas comportamentais (PEREIRA *et al.*, 2010; CRAIG, 2009 ; DAMASIO, 1999). Então, sugerimos que ínsula central também possa estar envolvida durante a observação de ações com valências emocionais.

Outra região importante é o CCM, o qual foi considerado recentemente como um nó central de interação emoção-ação a serviço de respostas adaptativas a estímulos negativos ou ameaças (PEREIRA *et al.*, 2010; SHACKMAN *et al.*, 2011; PORTUGAL *et al.*, 2020). Pereira *et al.* (2010), sugere que o CCM foi recrutado de forma robusta apenas quando os participantes realizaram uma tarefa em contextos negativos. Esses autores observaram que a atividade no CCM durante uma tarefa de detecção de alvo foi paralela à modulação comportamental associada a estímulos negativos, de forma que o aumento da atividade foi sustentado e correlacionado com a magnitude da modulação comportamental. Portugal *et al.* (2020), por sua

vez, encontrou uma correlação entre a atividade do CCM e o comportamento durante o contexto de ameaça, em que tempos de reação mais rápidos para estímulos de ameaça (vs. neutro) foram associados ao aumento da atividade no CCM (ameaça vs. seguro). Em outras palavras, os participantes que exibiram maior aceleração no tempo de resposta para ameaças também exibiram respostas cerebrais aumentadas relacionadas à ameaça. Esses autores consideram como provável que os participantes com maior recrutamento do CCM apresentem uma implementação aprimorada de respostas defensivas ativas (PEREIRA *et al.*, 2010; SHACKMAN *et al.*, 2011). Isso está de acordo com a proposta de Straube *et al.*, (2009) que considera a ativação no CCM relevante quando as funções executivas são altamente necessárias, como nas condições de alta vigilância e alerta de ação. Em nosso estudo, também encontramos uma antecipação importante para a categoria desagradável. Então, propomos o envolvimento do CCM esteja na predição de ações desta categoria emocional.

Além disso, Portugal *et al.* (2020) observaram uma correlação do comportamento do cérebro análoga à encontrada para o CCM na área motora suplementar, giro pré-central e ínsula anterior (IA). Uma série de estudos relata que IA apresenta uma especificidade para o processamento de estímulos repulsivos (para uma revisão ver RIZZOLATTI e SINIGLAGLIA, 2016). Neste contexto, conjecturamos que o CCM, por ser um nó central de emoção-ação, receba projeções da IA, e por conseguinte, encaminhe projeções para outras áreas relacionadas ao controle motor, incluindo o córtex pré-motor e área motora suplementar (PICARD e STRICK, 1996, SHACKMAN *et al.*, 2011) durante a visualização de estímulos negativos ou ameaçadores (PEREIRA *et al.*, 2010; PORTUGAL *et al.*, 2020). Vários estudos consideram o CCM como uma região especializada nos processos emocionais e cognitivos (BUSH *et al.*, 2000; SHACKMAN *et al.*, 2011; MISRA e COOMBES, 2015; VOGT, 2016), desempenhando um papel central e integrativo na regulação da emoção (KOHN *et al.*, 2014), e autocontrole nos domínios da emoção e da ação (LANGNER *et al.*, 2018). Além disso, Langner *et al.* (2018) sugerem que além do CCM, as regiões pré-motoras mediais e a IA são essenciais para implementar o autocontrole através da emoção e da ação.

Diante disso, as descobertas mencionadas anteriormente sugerem que as estruturas emocionais do cérebro, como a ínsula (central e anterior) e o CCM, compartilham com a rede de percepção-ação uma base neuronal comum às experiências das próprias ações e emoções. Tais evidências, portanto, nos permitem especular a existência de um circuito neural que estabeleça conexões entre a rede de percepção-ação, formada pelas áreas frontoparietais, STS e o cerebelo, além das áreas emocionais durante a predição de ações dirigidas a objetos com valências emocionais.

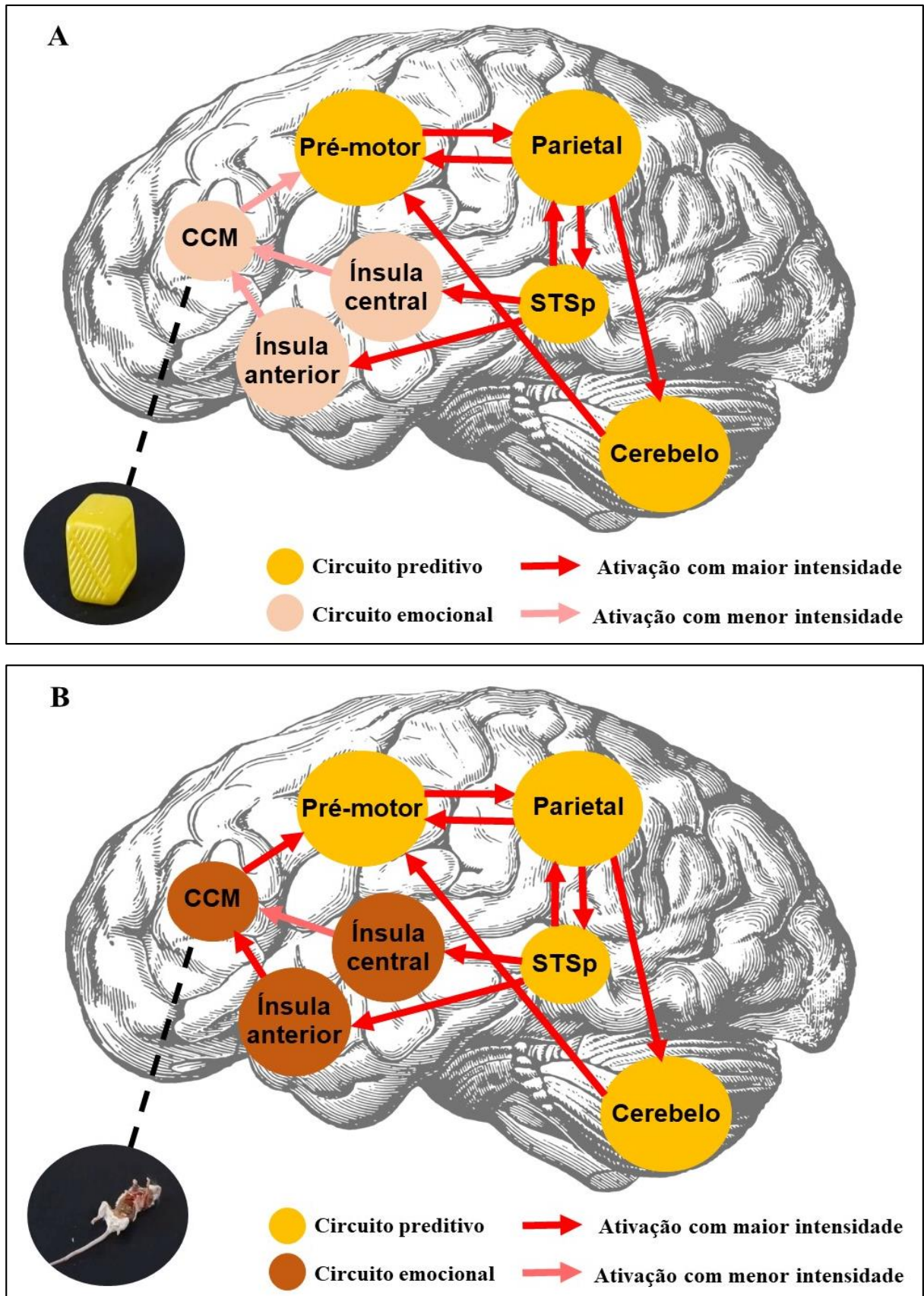


Figura 25. Proposta de circuito preditivo de ações dirigidas à objetos com valências emocionais. **(A)** circuito preditivo para todas as valências emocionais, mas com níveis de atividade ou latências diferentes para e a categoria desagradável. **(B)** recrutamento de um circuito específico para estes objetos desagradáveis em comparação com objetos agradáveis e neutros. STSp= sulco temporal superior posterior e CCM= córtex cingulado médio.

Consideramos, com base no estudo de Urgen e Saygin (2020), que o córtex parietal seria uma região crucial na computação de predição da ação e estabeleceria conexões diretas com o córtex pré-motor e STS, além do cerebelo (MIALL *et al.*, 2003; SAUNIER *et al.*, 2021). Nesta configuração de rede, é relevante destacar que a ínsula recebe projeções proveniente do STS (SELTZER e PANDYA, 1991; BERNARROCH, 2019; EVRARD, 2019; FRANK e GREENLEE, 2008; MESULAM e MUFSON, 1982) e por sua vez, a insula projeta para o CCM, o qual é uma área que recebe informações provenientes de regiões cerebrais relacionadas à emoção (PAUS, 2001). Essa relação do STS e da insula poderia ser a entrada da informação sensorial (no presente caso, a informação visual) para a circuitaria emocional. Além disso, o CCM é descrito como sendo um nó central de interação emocional e motora (PEREIRA *et al.*, 2010; PORTUGAL *et al.*, 2020). Por conseguinte, o CCM encaminharia projeções para o cortex pré-motor, o qual pertence a rede de percepção-ação (MORECRAFT *et al.*, 1997; PICARD e STRICK, 1996; SHACKMAN *et al.*, 2011, PORTUGAL *et al.*, 2020). Entretanto, o nível de atividade dessa circuitaria emocional diferiria em função das valências emocionais, interferindo consequentemente sobre a atividade do circuito classicamente descrito como envolvido na predição da ação.

A literatura é bem clara quanto aos níveis de atividades dessas áreas envolvidas no processamento do estímulo negativo/desagradável (PEREIRA *et al.*, 2010). Entretanto, o processamento dos estímulos agradáveis não está resolvido. Neste cenário, a nossa proposta especulativa sugere, primeiramente, um circuito para os objetos neutros, no qual existiriam ativações robustas da rede de percepção-ação com ativações de menor intensidade nos circuitos emocionais durante a observação dessa categoria de estímulos (Figura 25 A). Posteriormente, propomos o recrutamento do circuito emocional e preditivo durante a observação de estímulos desagradáveis. Nesta proposta, sugerimos que ocorra ativações robustas na rede de percepção-ação, bem como, nas seguintes estruturas emocionais: CCM e IA, conforme observado em estudos anteriores (PEREIRA *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2020). Em relação à IC, as ativações seriam de menor intensidade, já que consiste em uma área de monitoramento e integração de informações sensoriais com relevância emocional. Assim, supõe-se que para a categoria desagradável ocorra uma modulação entre as estruturas emocionais e as regiões motoras que constituem a rede de percepção-ação (Figura 25 B). Quanto aos estímulos agradáveis, tendo em vista o comportamento semelhante aos estímulos neutros na estimativa do tempo de contato mão-objeto, propomos que essa categoria emocional possa apresentar atividades similares ao que foi proposto para os objetos neutros (figura 25 A).

8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O presente estudo teve como objetivo verificar se e como a valência emocional atribuída a um objeto pode afetar a predição da sua apreensão. Com base nos nossos resultados, sugerimos que a valência emocional atribuída a objetos manipuláveis modula a atividade da rede de interação percepção-ação envolvido no mecanismo de predição da ação. Além disso, sugerimos que a predição da ação dirigida aos objetos desagradáveis difere da predição da ação dirigida aos objetos agradáveis e neutros. De fato, os participantes antecipam o tempo de contato mão-objeto para os objetos desagradáveis e não há incidência da condição visual sobre a estimativa deste tempo de contato. Ao nosso conhecimento, é a primeira demonstração comportamental de que a valência emocional de um objeto afeta diferentemente a predição da ação. Assim, propomos um circuito preditivo de ações dirigidas a objetos com valência emocional envolvendo a rede de percepção-ação e centros emocionais, tais como: a ínsula dorso-central e o córtex cingulado médio.

Uma limitação do presente estudo é não ter os dados da escala SAM para todos os voluntários assim como uma análise cinemática precisa do movimento. Uma segunda limitação concerne a ausência de dados neurofisiológicos para complementar nossos resultados comportamentais. Como perspectivas futuras, desejamos complementar nossos resultados comportamentais com dados neurofisiológicos empregando, por exemplo, a EEG, EMT ou a IRMf para averiguar a temporalidade, assim como, a espacialidade dessa rede envolvida neste processo preditivo. Isto permitirá de averiguar nossa proposta de circuito envolvendo áreas corticais e subcorticais neste processo de predição da ação dirigida a objetos com valência emocional. Além disso, pretendemos desenvolver um protocolo complementar a reabilitação tradicional com pacientes apresentando um déficit de motricidade. Este protocolo complementar seria baseado em tarefas preditivas envolvendo diferentes ações transitivas dirigidas aos objetos com valências emocionais. Nossa proposta difere das descritas na literatura sobre a temática, propondo uma tarefa preditiva com paradigmas de oclusão e introdução de objetos emocionais. Acreditamos que a oclusão da visão e a introdução de objetos emocionais podem facilitar o recrutamento das representações internas da ação, assim como ter um acompanhamento do desempenho dos participantes ao longo da terapia.

9 RELEVÂNCIA DO ESTUDO PARA A REABILITAÇÃO MOTORA

A aplicação clínica dos preceitos ligados a rede de interação percepção-ação tem evidenciado uma melhora funcional substancial de pacientes (para uma revisão ver Buccino *et al.*, 2014). Estes avanços funcionais podem ser alcançados pela intervenção tradicional clínica na reabilitação ambulatorial bem conduzida (CHEN *et al.*, 2014; JAKALA e JOLKKONEN, 2012) e, mais recentemente, pelo uso coadjuvante de procedimentos complementares à intervenção tradicional tanto na Fisioterapia quanto na Terapia Ocupacional (TERRANOVA *et al.*, 2012). Essas evidências recentes são necessárias a fim de aperfeiçoar a prática clínica e a prática baseada em evidência, bem como dar continuidade ao conhecimento científico (CRUZ, 2010).

Há uma diversidade de intervenções na reabilitação motora, no entanto, a maioria dessas abordagens não considera o enorme avanço do conhecimento sobre a organização do sistema motor. Existem algumas exceções de abordagens ou intervenções que visam reparar os circuitos neurais subjacentes a funções específicas através de uma restauração direta ou indireta, como a terapia de movimento induzida pela restrição (SHIN *et al.*, 2011; NUDO, 2006), terapia espelho (RAMACHADRAN e ALTSCHULER, 2009), além de abordagens que envolvem preceitos ligados a imagética motora (BUTLER e PAGE, 2006; TAMIR *et al.*, 2007) e observação da ação (ERTELT *et al.*, 2007; BUCCINO *et al.*, 2011, BUCCINO *et al.*, 2012; BELLELLI *et al.*, 2010), fundamentado na função dos neurônios espelhos (DE VRIES e MULDER, 2007; MALOUIN e RICHARDS, 2010; SALE e FRANCESCHINI, 2012; SMALL *et al.*, 2012).

A existência de um sistema espelho é a base neurofisiológica da rede de interação percepção-ação em humanos (FADIGA *et al.*, 1995; BUCCINO *et al.*, 2001) e, portanto, sustenta o conceito da observação da ação passiva e ao que ela busca ofertar como tratamento. Hoje, a observação da ação passiva é uma nova abordagem de reabilitação que explora este mecanismo espelho e seu papel potencial na aprendizagem motora para recuperação funcional dos pacientes (BUCCINO *et al.*, 2014). Os trabalhos baseados na observação da ação passiva têm apontado resultados promissores no auxílio da estratégia de reabilitação clássica apesar da dificuldade de controlar a atenção dos pacientes nesta condição.

Dentro desse contexto, estudos recentes demonstraram um efeito benéfico da observação da ação durante a reabilitação motora (para uma revisão ver BUCCINO *et al.*, 2014). Foi demonstrado que a observação da ação facilita a aprendizagem motora, assim como a construção de um traço de memória motora em adultos normais e em grupos de pacientes com

acidente vascular cerebral (STEFAN *et al.*, 2005; ERTELT *et al.*, 2007; CELNIK *et al.*, 2008), doença de Parkinson (BUCCINO *et al.*, 2011), paralisia cerebral, (BUCCINO *et al.*, 2012), além de pacientes não neurológicos submetidos a cirurgia ortopédica do quadril ou joelho (BELLELLI *et al.*, 2010). No geral, estes estudos fortalecem a utilização da observação da ação passiva como terapia complementar à reabilitação motora.

Com base no que foi descrito acima, considera-se extremamente relevante o desenvolvimento de novas terapias que possam ajudar a melhorar significativamente o desempenho motor de indivíduos submetidos à reabilitação motora. Uma possibilidade é o desenvolvimento de protocolos de reabilitação inovadores, baseados sobre o progresso da nossa compreensão do funcionamento do sistema motor e sua interação com os sistemas perceptuais visando a transferência de conhecimento proveniente da neurociência básica para a prática clínica. Nosso estudo se inscreve nessa problemática, propondo desenvolver, baseado nos nossos resultados, uma abordagem complementar que se apoia sobre o uso de tarefas preditivas. Além disso, vimos que a valência emocional dos objetos com o qual interagimos afetam a atividade do sistema motor (NOGUEIRA-CAMPOS *et al.*, 2016). Consequentemente, a introdução de tais objetos emocionais pode ser uma alternativa interessante a ser testada nesses protocolos complementares.

10 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ATIVIDADES	ANO _2019_ X											
	ANO _2020_ X											
	ANO _2021_ X											
	MESES											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Grupos de estudos: Seminários e discussão de artigos									X	X	X	X
Treinamento do protocolo experimental											X	X
Início da Coleta de Dados	X	X	X		X	X	X					
Análise dos dados				X	X	X	X					
Redação do texto de dissertação						X	X	X	X	X		
Qualificação da dissertação											X	
Discussão dos resultados	X	X	X	X								
Submissão do manuscrito em revista indexada			X									
Defesa da dissertação						X						

REFERÊNCIAS

- AGLIOTI, S.M.; CESARI P.; ROMANI M.; URGESI, C. Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. **Nat Neurosci.**, v. 11, n. 9, p.1109-16, sep. 2008.
- AHS, F.; PISSIOTA, A.; MICHELGÅRD, A.; FRANS, O.; FURMARK, T.; APPEL, L.; FREDRIKSON, M. Disentangling the web of fear: amygdala reactivity and functional connectivity in spider and snake phobia. **Psychiatry Res.**; v. 172, n. 2, May 2009.
- ALEGRE, M.; RODRIGUEZ-OROZ, M.C.; VALENCIA, M.; PEREZ-ALCAZAR, M.; GURIDI, J.; IRIARTE, J.; OBESO, J.A.; ARTIEDA, J. Changes in subthalamic activity during movement observation in Parkinson's disease: is the mirror system mirrored in the basal ganglia? **Clin Neurophysiol** v. 121, p. 414–425, 2010.
- AZEVEDO, T.M., VOLCHAN, E., IMBIRIBA, L.A., RODRIGUES, E.C., OLIVEIRA, J.M., OLIVEIRA, L.F., LUTTERBACH, L.G., VARGAS, C.D. A freezing-like posture to pictures of mutilation. **Psychophysiology**, v. 42, p: 255-260, 2005.
- AZEVEDO, I. L.; KENISTON, L.; ROCHA, H. R.; IMBIRIBA, L. A.; SAUNIER, G.; NOGUEIRA-CAMPOS, A. A. Emotional categorization of objects: A novel clustering approach and the effect of depression. , n. 21, May 2021.
- BACKS, R. W.; DA SILVA, S. P.; HAN, K. A comparison of younger and older adults' self-assessment manikin ratings of affective pictures. **Experimental Aging Research**, v. 31, n. 4, p. 421–440, 2005.
- BAMFORD, S.; WARD, R. Predispositions to approach and avoid are contextually sensitive and goal dependent. **Emotion**, v. 8, p. 174-183, 2008.
- BASTOS, A. F.; VIEIRA, A. S.; OLIVEIRA, J. M.; OLIVEIRA, L.; PEREIRA, M. G.; FIGUEIRA, I.; ERTHAL, F. S.; VOLCHAN, E. Stop or move: defensive strategies in humans. **Behav. Brain Res.**, v. 302, pp. 252-262, 2016.
- BATTELLI, L.; CAVANAGH, P.; THORNTON, I. M. Perception of biological motion in parietal patients. **Neuropsychologia**, v. 41, 2003.
- BAUMGARTNER, T.; WILLI, M.; JANCKE, L. Modulation of corticospinal activity by strong emotions evoked by pictures and classical music: a transcranial magnetic stimulation study. **Neuroreport**, v. 18, p. 261-265, 2007.
- BUSH, G.; LUU, P.; POSNER, M. I. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. **Trends Cognit. Sci.**, v. 4, pp. 215-222, 2000.
- BLAKE, R.; SHIFFRAR, M. Perception of human motion. **Annu Rev Psychol**, p. 58:47–73, 2007.
- BLAKEMORE SJ, SIRIGU A. Action prediction in the cerebellum and in the parietal lobe. **Exp Brain Res**, v. 153, n. 2, p. 239-45, Nov 2003.

BRADLEY, M.M., SABATINELLI, D., LANG, P.J., FITZSIMMONS, J.R., KING, W., DESAI, P. Activation of the visual cortex in motivated attention. **Behav. Neurosci.**, v. 117, p:369-380, 2003.

BELLELLI, G.; BUCCINO, G.; BERNARDINI, B.; PADOVANI, A.; TRABUCCHI, M. Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patients: evidence for a top-down effect? **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 91, p. 1489–1494, 2010.

BENARROCH, E. E. Insular cortex: Functional complexity and clinical correlations. **Neurology**, v. 93, n. 21, p: 932-938, 2019.

BONDA, E.; PETRIDES, M.; OSTRY, D.; EVANS, A. Specific involvement of human parietal systems and the amygdala in the perception of biological motion. **J Neurosci**, v.16, p. 3737–3744, 1996.

BORRA, E.; BELMALITH, A.; CALZAVARA, R.; GERBELLA, M.; MURATA, A.; ROZZI, S.; LUPPINO, G. Cortical connections of the macaque anterior intraparietal (AIP) area. **Cereb Cortex**, v. 18, n. 5, p. 1094–1111, 2008.

BRADLEY, M. M.; LANG, P. J. Affective reactions to acoustic stimuli. **Psychophysiology**, v. 37, n. 2, p. 204–215, 2000.

BRADLEY, M.M., LANG, O.J. Measuring emotion: Behavior, Feeling and physiology. In: **Cognitive Neuroscience of Emotion**. R.D. Lane, L. Nadel (eds.), p. 242-276, 2001.

BRADLEY, M.M.; SABATINELLI, D.; LANG, P.J.; FITZSIMMONS, J.R.; KING, W.; DESAI, P. Activation of the visual cortex in motivated attention. **Behav. Neurosci.**, v. 117, p. 369-380, 2003.

BRICH, L.; BÄCHLE, C.; HERMSDÖRFER, J.; STADLER, W. Real-Time Prediction of Observed Action Requires Integrity of the Dorsal Premotor Cortex: Evidence From Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation. **Front Hum Neurosci.**, v. 12, p. 101., Mar. 2018.

BUCCINO, G.; BINKOFSKI, F.; FINK, G.R.; FADIGA, L.; FOGASSI, L.; GALLESE, V.; SEITZ, R.; ZILLES, K.; RIZZOLATTI, G.; FREUND, H. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. **Eur J Neurosci.**, v. 13, p. 400–404, 2001.

BUCCINO, G.; BINKOFSKI, F.; RIGGIO, L. The mirror neuron system and action recognition. **Brain Lang**, v. 89, p. 370–376, 2004.

BUCCINO, G.; GATTI, R.; GIUSTI, M.C.; NEGROTTI, A.; ROSSI, A.; CALZETTI, S.; CAPPA, S.F. Action observation treatment improves autonomy in daily activities in Parkinson's disease patients: results from a pilot study. **Mov. Disord.**, v. 26, p. 1963–1964, 2011.

BUCCINO, G.; ARISI, D.; GOUGH, P.; APRILE, D.; FERRI, C.; SEROTTI, L.; TIBERTI, A.; FAZZI, E. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy. **Dev. Med. Child Neurol.**, v. 54, p. 822–828, 2012.

BUCCINO, G. Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.**, v. 369, n. 1644, p. 20130185, Apr. 2014.

BUTLER, A.J.; PAGE, S.J. Mental practice with motor imagery: evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 87, n. 12, p. 2–11, 2006.

CALIGIORE, D.; PEZZULO, G.; MIAL, R. C.; BALDASSARREA, G. The contribution of brain sub-cortical loops in the expression and acquisition of action understanding abilities. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 37, p. 2504-2515, 2013.

CALDER, A. J., KEANE, J., MANES, F., ANTOUN, N.; YOUNG, A. W. Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. **Nat. Neurosci.**, v. 3, p: 1077–1078, 2000.

CALDER, A. J.; KEANE, J.; MANLY, T.; SPRENGELMEYER, R.; SCOTT, S.; NIMMO-SMITH, I.; YOUNG, A. W. Facial expression recognition across the adult life span. **Neuropsychologia**, v. 41, n. 2, p. 195–202, 2003.

CARUANA, F., GERBELLA, M., AVANZINI, P., GOZZO, F., PELLICCIA, V., MAI, R., ABDOLLAHI, R.O., CARDINALE, F., SARTORI, I., LO RUSSO, G., RIZZOLATTI, G. Motor and emotional behaviours elicited by electrical stimulation of the human cingulate cortex. **Brain**, v. 141, n .10, p. 3035–3051, 2018.

CASPERS, S.; ZILLES, K.; LAIRD, A.R.; EICKHOFF, S.B. ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. **Neuroimage**, v. 50, p. 1148–1167, 2010.

CATANI, M.; JONES, D.K.; FFYTCH, D.H. Perisylvian language networks of the human brain. **Ann Neurol**, v. 57, n. 1, p. 8–16, 2005.

CELNIK P, WEBSTER B, GLASSER DM, COHEN LG. Effects of action observation on physical training after stroke. **Stroke**, v. 39, p. 1814–1820, 2008.

CHAMINADE T, MEARY D, ORLIAGUET JP, DECETY J. Is perceptual anticipation a motor simulation? A PET study. **Neuroreport**, v. 12, p. 3669–3674, 2001.

CHEN, M.J.; BARGH, A. Nonconscious approach and avoidance behavioral consequences of the autonomic evaluation effect. **Personal Social Psychology Bulletin**, v. 25, p. 215-224, 1999.

CHEN, M.; BARGH, J. A. Immediate behavioral predispositions to approach or avoid the stimulus. **Pers. Soc. Psychol. Bull.**, v. 25, p. 215-224, 1999.

CHEN, J.; VENKAT, P.; ZACHAREK, A.; CHOPP, M. Neurorestorative therapy for stroke. **Fronte Hum Neurisci**, v. 8, p. 382, 2014.

COELHO, C.M.; LIPP, O.V.; MARINOVIC, W.; WALLIS, G.; RIEK, S. Increased corticospinal excitability induced by unpleasant visual stimuli. **Neurosci. Lett.**, v. 481, p. 135-138, 2010.

COOMBES, S.A., TANDONNET, C., FUJIYAMA, H., JANELLE, C.M., CAURAUGH, J.H., SUMMERS, J.J. Emotion and motor preparation: A transcranial magnetic stimulation study of corticospinal motor tract excitability. **Cogn Affect. Behav. Neurosci.**, 9: 380-388, 2009.

COOMBES, S.A.; CORCOS, D.M.; PAVULURI, M.N. Maintaining force control despite changes in emotional context engages dorsomedial prefrontal and premotor cortex. **Cereb Cortex**, v. 22, p. 616–627, 2012.

CRAIG, A. D. How do you feel--now? The anterior insula and human awareness. **Nature Review Neuroscience**, v. 10, p: 59–70, 2009.

CRAIGHERO, L.; BONETTI, F.; MASSARENTI, L.; CANTO, R.; FABBRI DESTRO, M.; FADIGA, L. Temporal prediction of touch instant during observation of human and robot grasping. **Brain Res Bull**, v. 75, n. 6, p. 770–774, 2008.

CRAIGHERO, L.; ZORZI, V.; CANTO, R.; FRANCA, M. Same kinematics but different objects during action observation: Detection times and motor evoked potentials. **Visual Cognition**, v. 22, n.5, p. 653-671, 2014.

CRAMMOND, D.J; KALASKA, J.F. Prior information in motor and premotor cortex: activity during the delay period and effect on pre-movement activity. **J Neurophysiol**, v. 84, p. 986–1005, 2000.

CROSS, E.; STADLER, W.; PARKINSON, J.; SCHÜTZ-BOSBACH, S.; PRINZ, W. The influence of visual training on predicting complex action sequences. **Human brain mapping.**, v. 34, n. 2, p. 467-86, Fev. 2013.

CRUZ, D. Preditores de independência funcional nas atividades de vida diária pós-Acidente Vascular Encefálico. **Cad Ter Ocup UFSCar**, São Carlos –SP, v. 18, n. 3, p. 275-286, 2010.

DAMASIO, A. The feelings of what happens: Body and emotion in the making of consciousness. 1 ed. New York: Harcourt Brace; 1999.

DAYAN, E.; INZELBERG, R.; FLASH, T. Altered perceptual sensitivity to kinematic invariants in Parkinson's disease. **PLoS One**. 2012; v. 7, n. 2, p. e30369, 2012.

DE GELDER, B., SNYDER, J., GREVE, D., GERARD, G., HADJIKHANI, N. Fear fosters flight: a mechanism for fear contagion when perceiving emotion expressed by a whole body. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A**, v. 101, p: 16701-16706, 2004.

DE OLIVEIRA, L.A.S.; IMBIRIBA, L.A.; RUSSO, M.M.; NOGUEIRA-CAMPOS, A.A.; RODRIGUES, E.C.; PEREIRA, M.G.; VOLCHAN, E.; VARGAS, C.D. Preparing to grasp emotionally laden stimuli. **PLoS One**, v. 7, n. 9, p. e45235, 2012.

DESMURGET, M., GRAFTON, S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. **Trends Cogn Sci.**, v. 4, p. 423-431, 2000.

DE VRIES, S.; MULDER, T. Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. **J Rehabil Med**, v. 39, n. 1, p. 5-13, Jan, 2007

DI CESARE, G.; DI DIO, C.; MARCHI, M.; RIZZOLATTI, G. Expressing our internal states and understanding those of others. **Proc. Natl. Acad. Sci., USA**, v. 112, p. 10331–10335, 2015.

DI CESARE, G.; MARCHI, M.; ERRANTE, A.; FASANO, F.; RIZZOLATTI, G. Mirroring the Social Aspects of Speech and Actions: The Role of the Insula. **Cerebral Cortex**, v. 28, n. 4, p. 1348-1357, 2018.

DI CESARE, G., MARCHI, M., PINARDI, C.; RIZZOLATTI, G. Understanding the attitude of others by hearing action sounds: the role of the insula. **Sci Rep**, v. 9, p. 14430, 2019.

DI PELLEGRINO, G.; FADIGA, L.; FOGASSI, L.; GALLESE, V.; RIZZOLATTI, G. Understanding motor events: a neurophysiological study. **Exp Brain Res**, v. 91, p. 176–180, 1992.

DONNARUMMA, F.; COSTANTINI, M.; AMBROSINI, E.; FRISTON, K.; PEZZULO, G. Action perception as hypothesis testing. **Cortex**, v. 89, p. 45-60, 2017.

DUCKWORTH, K.L.; BARGH, J.A.; GARCIA, M.; CHAIKEN, S. The automatic evaluation of novel stimuli. **Psychol. Sci.**, v. 13, p. 513-519, 2002.

EDER, A.B.; ROTHERMUND, K. When do motor behaviors (mis) match affective stimuli? An evaluative coding view of approach and avoidance reactions. **J. Exp. Psychol. Gen.**, v. 137, p. 262-281, 2008.

ELLIOT, J.A. Approach and Avoidance Motivation. In: Handbook of Approach and Avoidance Motivation, p. 3-14, 2008.

ENTICOTT, P.G.; HARRISON, B.A.; ARNOLD, S.L.; NIBALDI, K.; SEGRAVE, R.A.; FITZGIBBON, B.M.; KENNEDY, H.A.; LAU, K.; FITZGERALD, P.B. Emotional valence modulates putative mirror neuron activity. **Neurosci Lett.**, v. 508, n. 1, p. 56-9, Feb. 2012.

ERTELT, D.; SMALL, S.; SOLODKIN, A.; DETTMERS, C.; MCNAMARA, A.; BINKOFSKI, F.; BUCCINO, G. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. **Neuroimage**, v. 36, n. 2, p. 164–173, 2007.

ESTEVEZ, P. O.; OLIVEIRA, L. A. S.; NOGUEIRA-CAMPOS, A. A.; SAUNIER, G.; POZZO, T.; OLIVEIRA, J. M.; RODRIGUES E. C.; VOLCHAN E.; VARGAS, C. D. 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.

EVARD, H. C. The Organization of the Primate Insular Cortex. *Frontiers in neuroanatomy*, **Front. Neuroanat.**, 08 May 2019.

FABBRI-DESTRO, M.; RIZZOLATTI, G. Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. **Physiology**, v. 23, p.171–179, 2008.

FACCHINETTI, L.D., IMBIRIBA, L.A., AZEVEDO, T.M., VARGAS, C.D., VOLCHAN, E. Postural modulation induced by pictures depicting prosocial or dangerous contexts. **Neurosci. Lett.**, v. 410, p: 52-56, 2006.

FADIGA, L.; FOGASSI, L.; PAVESI, G.; RIZZOLATTI, G. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. **J Neurophysiol**, v. 73, p. 2608–2611, 1995.

FADIGA, L.; CRAIGHERO, L.; OLIVIER, E. Human motor cortex excitability during the perception of others' action. **Curr Opin Neurobiol**, v. 15, p. 213–218, 2005.

FERNANDES JR., O.; PORTUGAL, L. C.; ALVES, R. C.; CAMPAGNOLI, R. R.; MOCAIBER, I.; DAVID, I. P. A.; ERTHAL, F. C. S.; VOLCHAN, E.; DE OLIVEIR, L.; PEREIRA, M. G. How you perceive threat determines your behavior. **Front. Hum. Neurosci.**, v. 7, p. 632, 2013.

FOGASSI, L.; FERRARI, P.F.; GESIERICH, B.; ROZZI, S.; CHERSI, F.; RIZZOLATTI, G. Parietal lobe: from action organization to intention understanding. **Science**, v. 308, p. 662–667, 2005.

FONTANA, A.P.; KILNER, J.M.; RODRIGUES, E.C.; JOFFILY, M.; NIGHOGHOSSIAN, N.; VARGAS, C.D.; SIRIGU, A. Role of the parietal cortex in predicting incoming actions. **Neuroimage.**, v. 59, n. 1, p. 556-64, Jan. 2012.

FRANK, S. M.; GREENLEE, M. W. The parieto-insular vestibular cortex in humans: more than a single area? **J Neurophysiol.**, v. 120, v. 3, p :1438-1450, 2018.

FRISTON, K. J. Learning and inference in the brain. **Neural Network**, v. 16, p. 1325–1352, 2003.

FRISTON, K. J. A. theory of cortical responses. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 360, p. 815–836, 2005.

FRISTON, K. J. The free-energy principle: A unified brain theory? **Nature Reviews Neuroscience**, 11, 127e138, 2010.

GALLESE, V.; FADIGA, L.; FOGASSI, L.; RIZZOLATTI, G. Action recognition in the premotor cortex. **Brain**, v. 119, p.593–609, 1996.

GALLESE, V.; GOLDMAN, A.I. Mirror neurons and the simulation theory of mindreading. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 2, n. 12, p. 493–501, 1998.

GALLESE, V. The inner sense of action: agency and motor representations. **Journal of Consciousness Studies**, v. 7, p. 23–40, 2000.

GALLESE, V. The “Shared Manifold” hypothesis: from mirror neurons to empathy. **Journal of Consciousness Studies**, v. 8, n. 5-7, p. 33–50, 2001.

GALLESE, V. A neuroscientific grasp of concepts: from control to representation. **Phil Trans Royal Soc London**, v. 358, p. 517–528, 2003.

GALLESE, V.; KEYSERS, C.; RIZZOLATTI, G. A unifying view of the basis of social cognition. **Trends Cogn. Sci.**, v. 8, p: 396–403, 2004.

GANGITANO, M.; MOTTAGHY, F.M.; PASCUAL-LEONE, A. Phase-specific modulation of cortical motor output during movement observation. **Neuroreport**, v. 12, p. 1489–1492, 2001.

GANGITANO, M.; MOTTAGHY, F.M.; PASCUAL-LEONE, A. Modulation of premotor mirror neuron activity during observation of unpredictable grasping movements. **Eur J Neurosci**, v. 20, p. 2193–2202, 2004.

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. **Cereb Cortex**, v. 19, p. 1239–1255, 2009.

GIESE, M., POGGIO, T. Neural mechanisms for the recognition of biological movements. *Nature Reviews*, 4, 179-192, 2003.

GOLDMAN, A.I. Interpretation psychologized. **Mind and Language**, v. 4, p. 161–185, 1989.

GOLDMAN, A.I. Mirroring, Mindreading and Simulation. In *Mirror Neuron System: the role of mirroring processes in social cognition*. In J. Pineda (Ed.), 2008.

GRAF, M.; REITZNER, B.; CORVES, C.; CASILE, A.; GIESE, M.; PRINZ, W. Predicting point light actions in real-time. **Neuroimage**, v. 36, p.22–32, 2007.

GRAFTON, S.T.; ARBIB, M.A.; FADIGA, L.; RIZZOLATTI, G. Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. 2. Observation compared with imagination. **Exp Brain Res**, v. 112, p. 103–111, 1996.

GRAZIANO, M. The organization of behavioral repertoire in motor cortex. **Annu Rev Neurosci**, v. 29, p. 105–134, 2006.

GRECUCCI, A., BALABAN, E., BUIATTI, T., BUDAI, R., RUMIATI, R.I. The emotional control of action: ERP evidence. **Arch. Ital. Biol.**, 147: 37-49, 2009.

GRÈZES, J.; DECETY, J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation and verb generation of actions: a meta-analysis. **Human Brain Mapp**, v. 12, n. 1, p.1–19, 2001.

GRÈZES, J.; PICHON, S.; DE GELDER, B. Perceiving fear in dynamic body expressions. **Neuroimage**, v. 35, n. 2, p:959-67, Apr 2007.

GROSBAS, M.H.; PAUS, T. Brain networks involved in view ingangry hands or faces. **Cereb. Cortex**, v. 16, p. 1087–1096, 2006.

GROSBAS, M.H.; BEATON, S.; EICKHOFF, S.B. Brain regions involved in human movement perception: a quantitative voxel-based meta-analysis. **Hum Brain Mapp**, v. 33, p. 431–454, 2012.

GUEUGNEAU, N.; MC CABE S.I.; VILLALTA, J.I.; GRAFTON, S. O mapeamento direto, em vez da predição motora, favorece a modulação da excitabilidade corticoespinal durante a observação das ações em tempo real . **J. Neurophysiol.**, v. 113, p. 3700–3707, 2015.

HAJCAK, G.; MOLNAR, C.; GEORGE, M.S.; BOLGER, K.; KOOLA, J.; NAHAS, Z. Emotion facilitates action: a transcranial magnetic stimulation study of motor cortex excitability during picture viewing. **Psychophysiology**, v. 44, p. 91-97, 2007.

HARI, R.; FORSS, N.; AVIKAINEN, S.; KIRVESKARI, E.; SALENIUS, S.; RIZZOLATTI, G. Activation of human primary motor cortex during action observation: a neuromagnetic study. **Proc Natl Acad Sci, USA**, v. 95, p. 15061–15065, 1998.

HENNENLOTTER, A.; SCHROEDER, U. Partly dissociable neural substrates for recognizing basic emotions: a critical review. **Prog. Brain Res.**, v. 156, p: 443–456, 2006.

HOMMEL, B.; MÜSSELER, J.; ASCHERSLEBEN, G.; PRINZ, W. The Theory of Event Coding (TEC): a framework for perception and action planning. **Behav Brain Sci**, v. 24, n. 5, p. 849–878, 2001.

HORSLEN, B. C.; CARPENTER, M. G. Arousal, valence and their relative effects on postural control. **Experimental Brain Research**, v. 215, n. 1, p. 27–34, 2011.

IACOBONI, M.; WOODS, R.P.; BRASS, M.; BEKKERING, H.; MAZZIOTTA, J.C.; RIZZOLATTI, G. Cortical mechanisms of human imitation. **Science**, v. 286, p. 2526–2528, 1999.

IACOBONI, M.; KOSKI, L.M.; BRASS, M.; BEKKERING, H.; WOODS, R.P.; DUBEAU, M.C.; MAZZIOTTA, J.C.; RIZZOLATTI, G. Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex. **Proc Natl Acad Sci, USA**, v. 98, p. 13995–13999, 2001.

IACOBONI, M. Neural mechanisms of imitation. **Curr Opin Neurobiol**, v. 15, p. 632– 637, 2005.

IACOBONI, M.; WILSON, S.M. Beyond a single area: motor area and language within a neural architecture encompassing Broca's area. **Cortex**, v. 42, n. 4, p. 503–506, 2006.

JACOB, P.; JEANNEROD, M. 'Ways of Seeing, The Scope and Limits of Visual Cognition. v. 46, n. 2, p: 335-340, 2007.

JAKALA, P.; JOLKKONEN, J. Time for a neurorestorative therapy in stroke. **Expert Opin Biol Ther**, v. 12, n. 3, p. 267-270, Mar, 2012.

JAMES, W. Principles of psychology. Holt, New York, 1890.

JEANNEROD, M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. **Behav Brain Sci**, v. 17, p. 187–245, 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.

JEANNEROD, M. Actions from within. **Int Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 2, p. 376–402, 2004.

JEANNEROD, M. Is motor cortex only an executive area? Its role in motor cognition. In A. Riehle and E. Vaadia (Eds), *Motor cortex in voluntary movements. A distributed system for distributed functions* (241–256). Boca Raton, CRC Press, 2005.

KALASKA, J.F.; CRAMMOND, D.J. Deciding not to GO: neuronal correlates of response selection in a GO/NOGO task in primate premotor and parietal cortex. **Cereb Cortex**, v. 5, p. 410–428, 1995.

KANDEL, S.; ORLIAGUET, J.P; BOË, L.J. Detecting anticipatory events in handwriting movements. **Perception**, v. 29, n. 8, p.953–964, 2000a.

KANDEL, S.; ORLIAGUET, J.P; VIVIANI, P. Perceptual anticipation in handwriting: the role of implicit motor competence. **Percept Psychophys**, v. 62, n. 4, p.706–716, 2000b.

KAWATO, M.; FURUKAWA, K.; SUZUKI, R. A hierarchical neural-network model for control and learning of voluntary movement. **Biol Cybern**, v. 57, n. 3, p. 169-185, 1987.

KAWATO, M. Internal models for motor control and trajectory planning. **Curr. Opin. Neurobiol.**, v. 9, p. 718-727, 1999.

KELSO, J.A. Motor control mechanisms underlying human movement reproduction. **J Exp Psychol Hum Percept Perform**, v. 3, n. 4, p. 529-543, 1977.

KEYSERS, C.; PERRETT, D.I. The neural correlates of social perception: a Hebbian network perspective. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 8, n. 11, p. 501-507, 2004.

KILNER, J. M.; VARGAS, C.; DUVAL, S.; BLAKEMORE, S. J.; SIRIGU, A. Motor activation prior to observation of a predicted movement. **Nature Neuroscience**, v. 7, n. 12, p. 1299-1301, 2004.

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

KILNER, J.M. More than one pathway to action understanding. **Trends Cogn Sci.**, v. 15, n. 8, p.352-7. Aug. 2011.

KNOBLICH, G.; FLACH, R. Predicting the effects of actions: interactions of perception and action. **Psychol Sci**, v. 12, p. 467–472, 2001.

KOLESAR, T.A.; KORNELSEN, J.; SMITH, S. D. Separating neural activity associated with emotion and implied motion: An fMRI study. **Emotion.**, v. 17, n. 1, p:131-140, Feb 2017.

KOHN, N.; EICKHOFF, S. B.; SCHELLER, M.; LAIRD, A. R.; FOX, P. T.; HABEL, U. Neural network of cognitive emotion regulation--an ALE meta-analysis and MACM analysis **Neuroimage**, v. 87, pp: 345-355, 2014.

KOSKI, L.; WOHLSCHLAGER, A.; BEKKERING, H.; WOODS, R.P.; DUBEAU, M.C.; MAZZIOTTA, J.C.; IACOBONI, M. Modulation of motor and premotor activity during imitation of target-directed actions. **Cereb Cortex**, v. 12, p. 847–855, 2002.

KOSKI, L.; IACOBONI, M.; DUBEAU, M.C.; WOODS, R.P.; MAZZIOTTA, J.C. Modulation of cortical activity during different imitative behaviors. **J Neurophysiol**, v. 89, p. 460–471, 2003.

KRIEGLMEYER, R.; DEUTSCH, R. Comparing measures of approach-avoidance behaviour: the manikin task vs. two versions of the joystick task. **Cognit. Emot.**, v. 24, p. 810-828, 2010.

KROLAK-SALMON P, HÉNAFF MA, ISNARD J, TALLON-BAUDRY C, GUÉNOT M, VIGHETTO A, BERTRAND O, MAUGUIÈRE F. An attention modulated response to disgust in human ventral anterior insula. **Ann. Neurol.**, v. 53, p: 446–453, 2003.

KVERAGA, K.; BOSHYAN, J.; ADAMS, R. B JR; MOTE, J.; BETZ, N.; WARD, N.; HADJIKHANI, N.; BAR, M.; BARRETT, L. F. If it bleeds, it leads: separating threat from mere negativity. **Soc Cogn Affect Neurosci.**, v. 10, n. 1, p:28-35, Jan 2015.

LACQUANITI, F.; TERZUOLO, C.; VIVIANI, P. The law relating kinematic and figural aspects of drawing movements. **Acta Psychologica**, v. 54, p.115–130, 1983.

LANG, P.J., OHMAN, A., VAITL, B.N. The International affective picture system (IAPS). The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida, Gainesville, FL, 1988a

LANG, P.J., GREENWALD, M.K., BRADLEY, M.M., HAMM, A.O. 1993. Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. **Psychophysiology**, v. 30, p: 261-273, 1993.

LANG, P. J.; BRADLEY, M. M.; CUTHBERT, B. N. International affective picture system (IAPS): affective ratings of pictures and instruction manual. technical report a-8. University of Florida, Gainesville, 2008.

LANG, P.J., BRADLEY, M.M. Emotion and the motivational brain. **Biol. Psychol.**, v. 84, p: 437-450, 2010.

LANGNER, R.; LEIBERG, S.; HOFFSTAEDTER, F.; EICKHOFF, S. B. Towards a human self-regulation system: common and distinct neural signatures of emotional and behavioural control. **Neurosci. Biobehav. Rev.**, v. 90, pp. 400-410, 2018.

LINGNAU, A.; DOWNING, P. E. The lateral occipitotemporal cortex in action. **CellPress**, v. 19, n. 5, 2015.

LOTZE, R.H. Medizinische Psychologie oder Physiologie der Seele (287–325). Leipzig, Germany: Weidmann sche Buchhandlung, 1852.

MALOUIN, F.; RICHARDS, C. L. Mental practice for relearning locomotor skills. **Phys Ther**, v. 90, n. 2, p. 240-251, Feb, 2010.

MANTHEY, S.; SCHUBOTZ, R.I.; VON CRAMON D.Y. Premotor cortex in observing erroneous action: an fMRI study. **Brain Res Cogn Brain Res**, v. 15, p. 296–307, 2003.

MARCEGLIA, S.; FIORIO, M.; FOFFANI, G.; MRAKIC-SPOSTA, S.; TIRITICCO, M.; LOCATELLI, M.; CAPUTO, E.; TINAZZI, M.; PRIORI, A. Modulation of beta oscillations

in the subthalamic area during action observation in Parkinson's disease. **Neuroscience**, v. 161, p. 1027–1036, 2009.

MATELL, M.S.; MECK, W.H. Cortico-striatal circuits and interval timing: coincidence detection of oscillatory processes. **Brain Res Cogn Brain Res**, v. 21, p.139–170, 2004.

MECK, W.H.; PENNEY, T.B.; POUTHAS, V. Cortico-striatal representation of time in animals and humans. **Curr Opin Neurobiol**, v. 18, p. 145–152, 2008.

MEYER, C.; PADMALA, S.; PESSOA, L. Dynamic Threat Processing. **J Cogn Neurosci.**, v. 31, n. 4, p:522-542, Apr 2019.

MESULAM, M. M.; MUFSON, E. J. Insula of the old world monkey. III: Efferent cortical output and comments on function. **J Comp Neurol.**, 1982; v. 212, n. 1, p: 38-52, 1982.

MC CABE, S.I.; VILLALTA, J.I.; SAUNIER, G.; GRAFTON, S.T.; DELLA-MAGGIORE, V. A influência relativa do objetivo e da cinemática na excitabilidade corticoespinhal depende da informação fornecida ao observador. **Cerebr. Cortex**, v. 25, p. 2229–2237, 2015.

MCNAMEE, D.; WOLPERT, D. M. Internal Models in Biological Control. **Annu Rev Control Robot Auton Syst**, v. 2, p. 339–364, 2019.

MIALL, R. C. Connecting mirror neurons and forward models. **Neuroreport**, v. 14, n. 17, p. 2135–2137, 2003.

MILNER, A. D; GOODALE, M. A. O cérebro visual em ação. Oxford: Oxford University Press, 1995.

MISRA, G.; COOMBES, S. A. Neuroimaging evidence of motor control and pain processing in the human midcingulate cortex **Cerebr. Cortex**, v. 25, pp: 1906-1919, 2015.

MOLENBERGHS, P.; CUNNINGTON, R.; MATTINGLEY, J.B. Brain regions with mirror properties: a meta-analysis of 125 human fMRI studies. **Neurosci Biobehav Rev**, v. 36, p. 341–349, 2012.

MOLENBERGHS, P.; HAYWARD, L.; MATTINGLEY, J.B.; CUNNINGTON, R. Activation patterns during action observation are modulated by context in mirror system areas. **Neuroimage**, v. 59, p. 608–615, 2012.

MORECRAFT RJ, LOUIE JL, SCHROEDER CM, AVRAMOV K. Segregated parallel inputs to the brachial spinal cord from the cingulate motor cortex in the monkey. **Neuroreport.**, v. 8, p:3933–3938, 1997.

MOURAO-MIRANDA, J.; VOLCHAN, E.; MOLL, J.; DE OLIVEIRA-SOUZA, R.; OLIVEIRA, L.; BRAMATI, I.; GATTASS, R.; PESSOA, L. Contributions of stimulus valence and arousal to visual activation during emotional perception. **Neuroimage.**, v. 20, p. 1955-1963, 2003.

MUKAMEL, R.; EKSTROM, A.D.; KAPLAN J.; IACOBONI, M.; FRIED, I. Respostas de um único neurônio em humanos durante a execução e observação de ações . **Curr. Biol.**, v. 20, p. 750–756, 2010.

NELISSEN, K.; VANDUFFEL, W.; ORBAN, G.A. Charting the lower superior temporal area, a new-motion sensitive region in monkey superior temporal sulcus. **J Neurosci**, v. 26, n. 22, p. 5929–5947, 2006.

NELISSEN, K.; BORRA, E.; GERBELLA, M.; ROZZI, S.; LUPPINO, G.; VANDUFFEL, W.; RIZZOLATTI, G.; ORBAN, G. A. Action observation circuits in the macaque monkey cortex. **J Neurosci**, v. 31, p. 3743–3756, 2011.

NELISSEN, K.; LUPPINO, G.; VANDUFFEL, W.; RIZZOLATTI, G.; ORBAN, G.A. Observing others: multiple action representation in the frontal lobe. **Science**, v. 310, p. 332–336, 2005.

NIEDENTHAL, P. M. Embodying emotion. **Science**, v. 316, p. 1002–1005, 2007.

NOGUEIRA-CAMPOS, A.A.; DE OLIVEIRA, L.A.; DELLA-MAGGIORE, V.; ESTEVES, P. O.; RODRIGUES, E.E.C.; VARGAS, C.D. Corticospinal excitability preceding the grasping of emotion-laden stimuli. **PLoS ONE**, v. 9, p. e94824, 2014.

NOGUEIRA-CAMPOS, A.A.; SAUNIER, G.; DELLA-MAGGIORE, V.; DE OLIVEIRA L.A.S.; RODRIGUES, E.C.; VARGAS, C.D. Observing grasping actions directed to emotion-laden objects: effects upon corticospinal excitability. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 10, p. 1–10, Agu. 2016.

NUDO, R.J. Mechanisms for recovery of motor functions following cortical damage. **Curr. Opin. Neurobiol.**, v. 16, p. 638–644, 2006.

OLIVERI, M.; BABILONI, C.; FILIPPI, M.M.; CALTAGIRONE, C.; BABILONI, F.; CICINELLI, P.; TRAVERSA, R.; PALMIERI, M.G.; ROSSINI, P.M. Influence of the supplementary motor area on primary motor cortex excitability during movements triggered by neutral or emotionally unpleasant visual cues. **Exp. Brain Res.**, v. 149, p. 214–221, 2003.

ORLIAGUET, J.P; KANDEL, S.; BOË, L.J. Visual perception of motor anticipation in cursive handwriting: influence of spatial and movement information on the prediction of forthcoming letters. **Perception**, v. 26, n. 7, p. 905–912, 1997.

OZTOP, E.; KAWATO, M.; ARBIB, M.A. Mirror neurons and imitation: a computationally guided review. **Neural Networks**, v. 19, p. 254–271, 2006.

PAES, J.; DE OLIVEIRA, L.; PEREIRA, M.G.; DAVID, I.; SOUZA, G.G.; SOBRAL, A.P.; MACHADO-PINHEIRO, W.; MOCAIBER, I. The Perception of Aversiveness of Surgical Procedure Pictures Is Modulated by Personal/Occupational Relevance. **PLoS One**, v. 11, n. 8, p. e0160582, Aug. 2016.

PAUS, T. Primate anterior cingulate cortex: where motor control, drive and cognition interface. **Nature Review Neuroscience**, v. 2, p.417–424, 2001.

PERANI, D.; FAZIO, F.; BORGHESE, N.A.; TETTAMANTI, M.; FERRARI, S.; DECETY, J.; GILARDI, M.C. Different brain correlates for watching real and virtual hand actions. **Neuroimage**, v. 14, p. 749–758, 2001.

PEREIRA, M.G., VOLCHAN, E., DE SOUZA, G.G., OLIVEIRA, L., CAMPAGNOLI, R.R., PINHEIRO, W.M., PESSOA, L. 2006. Sustained and transient modulation of performance induced by emotional picture viewing. *Emotion*, 6: 622-634.

PEREIRA, M.G.; DE OLIVEIRA, L.; ERTHAL, F.S.; JOFFILY, M.; MOCAIBER, I.F.; VOLCHAN, E.; PESSOA, L. Emotion affects action: Midcingulate cortex as a pivotal node of interaction between negative emotion and motor signals. **Cogn Affect Behav Neurosci**, v. 10, n. 1, p. 94-106, Mar. 2010.

PHAF, R. H.; MOHR, S. E.; ROTTEVEEL, M.; WICHERTS, J. M. Approach, avoidance, and affect: a meta-analysis of approach-avoidance tendencies in manual reaction time tasks. **Front. Psychol.**, v. 5, p. 378, 2014.

PHILLIPS, M. L.; YOUNG, A. W.; SÊNIOR, C.; BRAMMER, M.; ANDREW, C.; CALDER, A. J.; BULLMORE, E. T.; PERRETT, D. I.; ROWLAND, D.; WILLIAMS, S. C. R.; GRAY, J. A.; DAVID, A. S. A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. **Nature**, v. 389, 495–498 (1997).

PHILLIPS, M. L. YOUNG, AW, SCOTT, SK, CALDER, AJ, ANDREW, C., GIAMPIETRO, V., WILLIAMS, SC, BULLMORE, ET, BRAMMER, M., & GRAY, JA. Neural responses to facial and vocal expressions of fear and disgust. **Proc. Biol. Sci.**, v. 265, p: 1809–1817, 1998.

PICARD, N.; STRICK, P. L. Motor areas of the medial wall: a review of their location and functional activation. **Cerebr. Cortex**, v. 6, pp. 342-353, 1996.

PICHON, S.; DE GELDER, B.; GREZES, J. Emotional modulation of visual and motor areas by dynamic body expressions of anger. **Soc Neurosci.**, v. 3, n. 3-4, p:199-212, 2008.

PICHON, S.; DE GELDER, B.; GRÈZES, J. Two different faces of threat. Comparing the neural systems for recognizing fear and anger in dynamic body expressions. **Neuroimage**, v. 47, n. 4, p:1873-83, 2009.

PICHON, S.; DE GELDER, B.; GRÈZES, J. Threat prompts defensive brain responses, regardless of control of attention. **Cerebr. Cortex**, v. 22, p: 274 – 285, 2012.

PORTUGAL, L. C. L.; ALVES, R. C. S.; FERNANDES JUNIOR, O.; SANCHEZ, T. A.; MOCAIBER, I.; VOLCHAN, E.; ERTHAL, F. S.; DAVID, I. A.; KIM, J.; OLIVEIRA, L.; PADMALA, S.; CHEN, G.; PESSOA, L.; PEREIRA, M. G. Interactions between emotion and action in the brain. **NeuroImage**, 214, 2020.

POZZO, T.; PAPAXANTHIS, C.; PETIT, J.L.; SCHWEIGHOFER, N.; STUCCHI, N. Kinematic features of movement tunes perception and action coupling. **Behav Brain Res**, v. 169, p. 75–82, 2006.

PRINZ, W. A common-coding approach to perception and action. In: O. Neumann e W. Prinz (eds.). **Relationships between perception and action: Current approaches**. Berlin, New York: Springer, p. 167-201, 1990.

PRINZ, W. A. Perception and action planning. **Eur J Cogn Psychol**, v. 9, p. 129–154, 1997.

PUCA, R.M.; RINKENAUER, G.; BREIDENSTEIN, C. Individual differences in approach and avoidance movements: how the avoidance motive influences response force. **J. Pers.**, v. 74, p. 979-1014, 2006.

PUCE, A.; PERRETT, D. Electrophysiology and brain imaging of biological motion. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, v. 358, n. 1431, p. 435–445, 2003.

RANGEL, M. L.; SOUZA, L.; RODRIGUES, E. C.; OLIVEIRA, J.M.; MIRANDA, M. F.; GALVES, A.; VARGAS, C. D. Predicting Upcoming Events Occurring in the Space Surrounding the Hand. **Neural Plast**, 2021.

RAMACHANDRAN, V.S.; ALTSCHULER, E.L. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. **Brain**, v. 132, p. 1693–1710, 2009.

RIZZOLATTI, G.; FADIGA, L.; FOGASSI, L.; GALLESE, V. Premotor cortex and the recognition of motor actions. **Cogn. Brain Res**, v. 3, p. 131–41, 1996a.

RIZZOLATTI, G.; FADIGA, L.; MATELLI, M.; BETTINARDI, V.; PAULESU, E.; PERANI, D.; FAZIO, F. Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. **Exp Brain Res**, v. 111, n. 2, p. 246-52, sep. 1996b.

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

RIZZOLATTI, G.; LUPPINO, G. The cortical motor system. **Neuron**, v. 31, p. 889–901, 2001

RIZZOLATTI, G.; CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. **Annu Rev Neurosci**, v. 27, p. 169–192, 2004.

RIZZOLATTI, G. The mirror neuron system and its function in humans. *Anat Embryol (Berl)*, v. 210, p. 419–421, 2005.

RIZZOLATTI G, SINIGAGLIA. Les neurones miroirs. Editions Odile Jacob, 2008.

RIZZOLATTI, G.; CATTANEO, L.; FABBRI-DESTRO, M.; ROZZI, S. Cortical mechanisms underlying the organization of goal-directed actions and mirror neuron-based action understanding. **Physiol. Rev.**, v. 94, n. 2, p. 655–706, 2014.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L. The mirror mechanism: recent findings and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 369, n. 1644, 2014.

RIZZOLATTI, G.; SINIGAGLIA, C. The mirror mechanism: a basic principle of brain function. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 17, n. 12, p. 757-765, 2016.

ROELOFS, K.; MINELLI, A.; MARS, R. B.; VAN PEER, J.; TONI, I. On the neural control of social emotional behavior Soc. **Cognit. Affect Neurosci.**, v. 4, n. 1, p. 50-58, 2009.

SALE, P.; FRANCESCHINI, M. Action observation and mirror neuron network: a tool for motor stroke rehabilitation. **Eur J Phys Rehabil Med**, v. 48, n. 2, p. 313-318, Jun. 2012.

SARAIVA, A. C.; SCHUUR, F.; BESTMANN, S. Emotional valence and contextual affordances flexibly shape approach-avoidance movements. **Front. Psychol.**, v. 4, p. 933, 2013.

SAUNIER, G.; PAPAXANTHIS, C.; VARGAS, C.D.; POZZO, T. Inference of complex human motion requires internal models of action: behavioral evidence. **Exp Brain Res**, v. 185, p. 399–409, 2008.

SAUNIER, G.; MARTINS, E. F.; DIAS, E. C.; DE OLIVEIRA, J. M.; POZZO, T.; VARGAS, C. D. Electrophysiological correlates of biological motion permanence in humans. **Behavioural Brain Research**, v. 236, p. 166–174, 2013.

SAUNIER, G.; FONTANA, A. P.; DE OLIVEIRA, J. M.; PY M. O; POZZO, T.; VARGAS, C. D. Cerebellar damage affects the inference of human motion. **Neurocase.**, v. 29, p:1-9, Mar 2021.

SAYGIN, A. P.; WILSON, S. M.; HAGLER, JR, D. J.; BATES, E.; SERENO, M. I. Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. **J Neurosci**, v. 24, p.6181–8, 2004.

SAYGIN, A.P.; STADLER, W. The role of appearance and motion in action prediction. **Psychological Research**, v. 76, p. 388–394, 2012.

SELTZER, B.; PANDYA, D. N. Post-rolandic cortical projections of the superior temporal sulcus in the rhesus monkey. **J Comp Neurol.**, v. 312, n. 4, p :625-40, 1991.

SERINO, A.; DE FILIPPO, L.; CASAVECCHIA, C.; COCCIA, M.; SHIFFRAR, M.; LÁDAVAS, E. Lesions to the Motor System Affect Action Perception. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 22, n. 3, p. 413-426, 2009.

SILVA, H.D.; CAMPAGNOLI, R.R.; MOTA, B.E.F.; ARAÚJO, C.R.V.; ÁLVARES, R.S.R.; MOCAIBER, I.; ROCHA-REGO, V.; VOLCHAN, E.; SOUZA, G.G.L. Bonding Pictures: Affective Ratings Are Specifically Associated to Loneliness But Not to Empathy. **Front Psychol.**, v. 10, n. 8, p. 1136, Jul. 2017.

SCHUTTER, D.J.; HOFMAN, D.; VAN, H.J. Fearful faces selectively increase corticospinal motor tract excitability: a transcranial magnetic stimulation study. **Psychophysiology**, v. 45, p. 345-348, 2008.

SHACKMAN, A. J.; SALOMONS, T. V.; SLAGTER, H. A.; FOX, A. S.; WINTER, J. J.; DAVIDSON, R. J. The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. **Nat. Rev. Neurosci.**, v. 12, n. 3, p. 154-167, 2011.

SHADMEHR, R.; KRAKAUER, J.W. A computational neuroanatomy for motor control. **Exp. Brain Res.**, v. 185, p. 359-381, 2008.

SHI, Y.X.; TIAN, J.H.; YANG, K.H.; ZHAO, Y. Modified constraint induced movement therapy versus traditional rehabilitation in patients with upper extremity dysfunction after stroke: a systematic review and meta-analysis. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 92, p. 972–982, 2011.

SMALL, S.L.; BUCCINO, G.; SOLODKIN, A. The mirror neuron system and treatment of stroke. **Dev. Psychobiol.**, v. 54, p. 293–310, 2012.

STADLER, W.; SPRINGER, A.; PARKINSON, J.; CROSS, E.; SCHUBOTZ, R.; PRINZ, W. Predicting human action with human and non-human movement kinematics: behavioural and fMRI findings. **Klinische Neuropsychologie**, v. 43, n. 1, 2012.

STADLER W, SPRINGER A, PARKINSON J, PRINZ W. Movement kinematics affect action prediction: comparing human to non-human point-light actions. **Psychol Res.**, v. 76, n. 4, p. 395-406, Jul. 2012.

STRAUBE, T.; SCHMIDT, S.; WEISS, T.; MENTZEL, H. J.; MILTNER, W. H. Dynamic activation of the anterior cingulate cortex during anticipatory anxiety. **Neuroimage**, v. 44, pp. 975-981, 2009.

STEFAN, K.; COHEN L.; DUQUE J.; MAZZOCCHIO R.; CELNIK P.; SAWAKI L.; UNGERLEIDER L.; CLASSEN J. Formation of a motor memory by action observation. **Journal of Neuroscience**, v. 25, n. 41, p. 9339-9346, Out. 2005.

TAMINETTO, M., DE, G.B. Affective blindsight in the intact brain: neural interhemispheric summation for unseen fearful expressions. **Neuropsychologia**, v. 46, p: 820-828, 2008.

TAMINETTO, M., CASTELLI, L., VIGHETTI, S., PEROZZO, P., GEMINIANI, G., WEISKRANTZ, L., DE, G.B. Unseen facial and bodily expressions trigger fast emotional reactions. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.**, 106: 17661-17666, 2009.

TAMINETTO, M., DE, G.B. Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. **Nat. Rev. Neurosci.**, v. 11, p: 697-709, 2010.

TAMIR, R.; DICKSTEIN, R.; HUBERMAN, M. Integration of motor imagery and physical practice in group treatment applied to subjects with Parkinson's disease. **Neurorehabil. Neural Repair**, v. 21, p. 68–75, 2007.

TERRANOVA, T. T. et al. Acidente Vascular Cerebral Crônico: reabilitação. **ActaFisiátrica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 50-59, 2012.

TODOROV, E., JORDAN, M.I. Optimal feedback control as a theory of motor coordination. **Nat. Neurosci.**, v. 5, p. 1226-1235, 2002.

UMILTA, M.A.; KOHLER, E.; GALLESE, V.; FOGASSI, L.; FADIGA, L.; KEYSERS, C.; RIZZOLATTI, G. I know what you are doing. A neurophysiological study. **Neuron**, v. 31, p. 155–165, 2001.

UNGERLEIDER, L. G.; MISHKIN, M. Dois sistemas visuais corticais. Em DJ Ingle, MA Goodale & RJW, 1982.

URGEN, B. A.; SAYGIN, A. P. Predictive processing account of action perception: Evidence from effective connectivity in the action observation network. **Cortex**, , p. 132-142, 2020.

URGESI, C.; MAIERON, M.; AVENANTI, A.; TIDONI, E.; FABBRO, F.; AGLIOTI, S.M. Simulating the Future of Actions in the Human Corticospinal System. **Cerebral Cortex**, v. 20, p. 2511-2521, 2010.

VAINA, L. M.; SOLOMON, J.; CHOWDHURY, S.; SINHA, P.; BELLIVEAU, J. W. Functional neuroanatomy of biological motion perception in humans. **Proc Natl Acad Sci**, v. 98, p. 11656–11661, 2001.

VAN DANTZIG, S.; PECHER, D.; ZWAAN, R.A. Approach and avoidance as action effects. **Q. J. Exp. Psychol.**, v. 61, p. 1298-1306, 2008.

VIVIANI, P.; TERZUOLO, C. Trajectory determines movement dynamics. **Neuroscience**, v. 7, n. 2, p. 431–437, 1982.

VIVIANI, P.; STUCCHI, N. The effect of movement velocity on form perception: geometric illusions in dynamic displays. **Percept Psychophys**, v. 46, n. 3, p. 266–274, 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. 603–626, 1992.

VIVIANI, P. Motor competences in the perception of dynamic events: a tutorial. In W. Prinz and B. Hommel (Eds), *Common mechanisms in perception and action: Attention and performance* (406-442). Oxford University Press, 2002.

VOGT, B. A. Midcingulate cortex: structure, connections, homologies, functions and diseases **J. Chem. Neuroanat.**, v. 74, pp. 28-46, 2016.

VOLCHAN, E.; PEREIRA, M.G.; OLIVEIRA, L.; VARGAS, C.D.; MOURAOMIRANDA, J.; AZEVEDO, T.M.; MACHADO-PINHEIRO, W.; PESSOA, L. Estímulos emocionais: processamento sensorial e respostas motoras. **Rev. Bras. Psiquiatr.**, v. 25, p. 29-32, 2003.

VON HOLST, E. Relations between the central nervous system and the peripheral organs. **British Journal of Animal Behaviour**, v. 2, p. 89–94, 1954.

WENTURA, D.; ROTHERMUND, K.; BAK, P. Automatic vigilance: the attention-grabbing power of approach- and avoidance-related social information. **J. Pers. Soc. Psychol.**, v. 78, p. 1024-1037, 2000.

WOLPERT, D.M.; GHAMRAMANI, Z.; JORDAN, M.I. An internal model for sensorimotor integration. **Science**, v. 269, p. 1880-1882, 1995.

WOLPERT, D.M.; MIAL, R.C. Forward models for physiological motor control. **Neural Network**, v. 9, p. 1265–1279, 1996.

WOLPERT, D.M. Computational approaches to motor control. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 1, n. 6, p. 209–216, 1997.

WOLPERT, D.M.; GHAMRAMANI, Z. Computational principles of movement neuroscience. **Nat Neurosci suppl**: 1212–1217, 2000.

WOLPERT, D.M.; FLANAGAN, J.R. Motor prediction. **Curr. Biol.**, v. 11, p. 729-732., 2001.

WOLPERT, D.M.; DOYA, K.; KAWATO, M. A unifying computational framework for motor control and social interaction. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, v. 358, n. 1431, p. 593–602, 2003.

WOLPERT, D. M. Computations in Sensorimotor Learning. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 79, p. 93-98, 2014.

APÊNDICE A

Resultados individuais

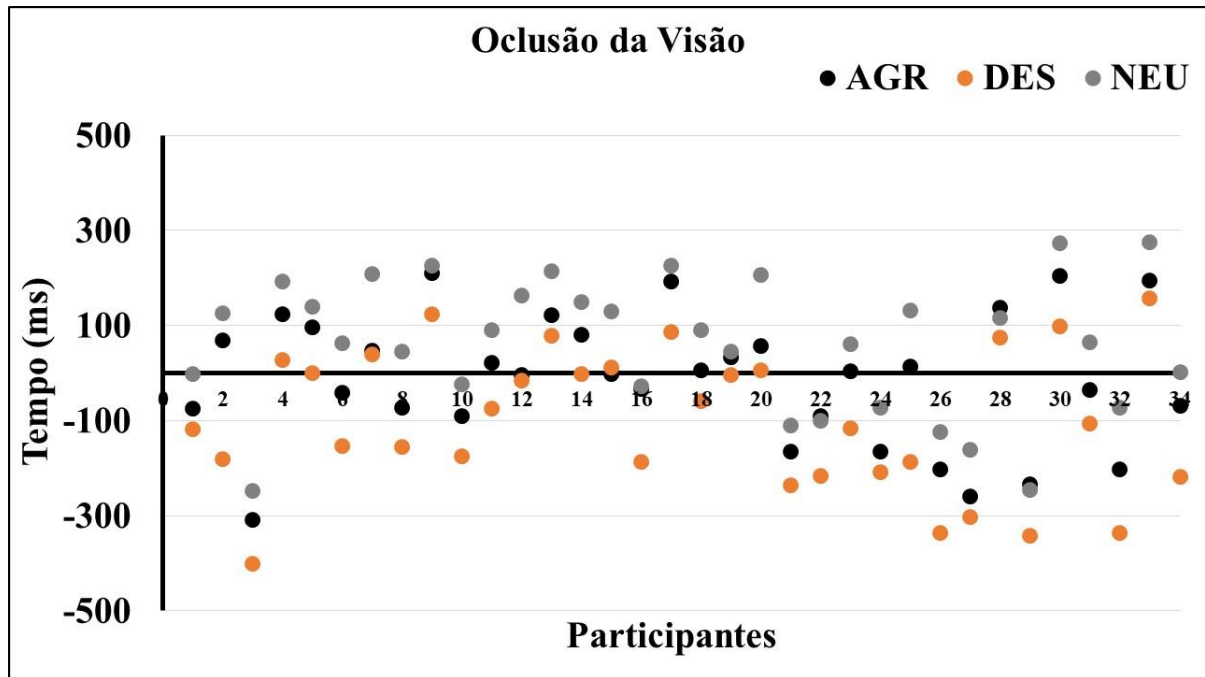


Figura 17. Resultados individuais da estimativa do tempo de contato na condição oclusão da visão para as diferentes valências emocionais (AGR= Agradável; DES= Desagradável e NEU= Neutro).

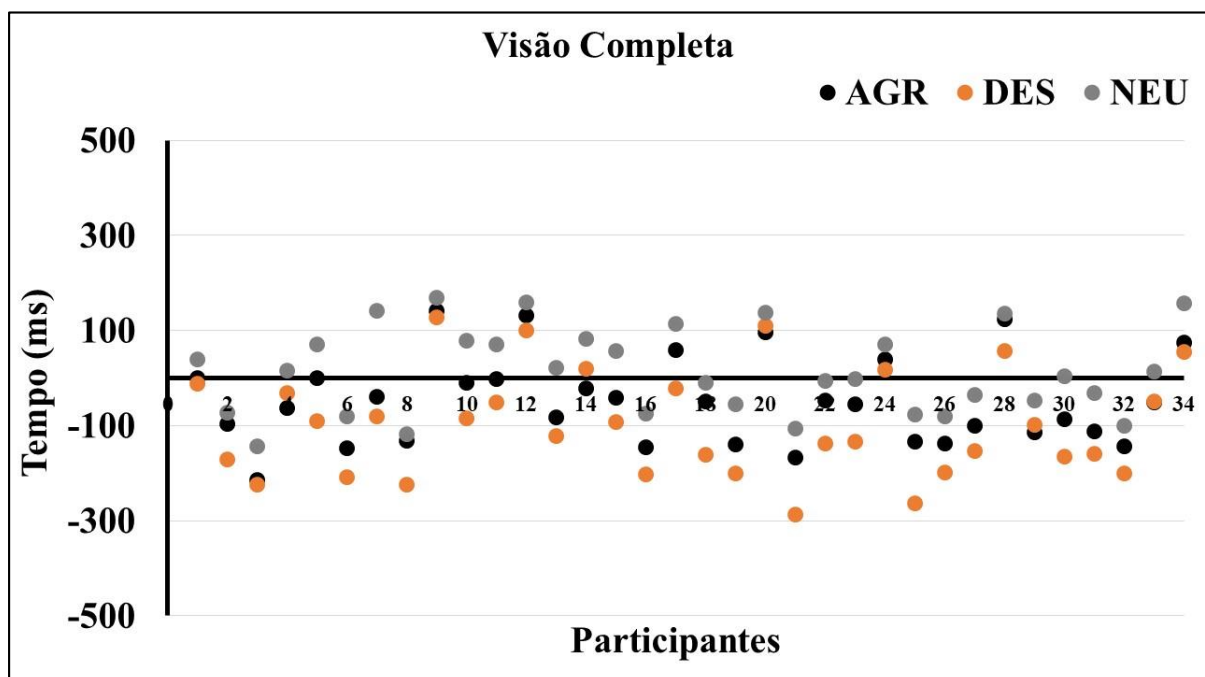


Figura 18. Resultados individuais da estimativa do tempo de contato na condição visão completa para as diferentes valências emocionais (AGR= Agradável; DES= Desagradável e NEU= Neutro).

APÊNDICE B

Correlação de Pearson – Condição de Oclusão e Visão Completa

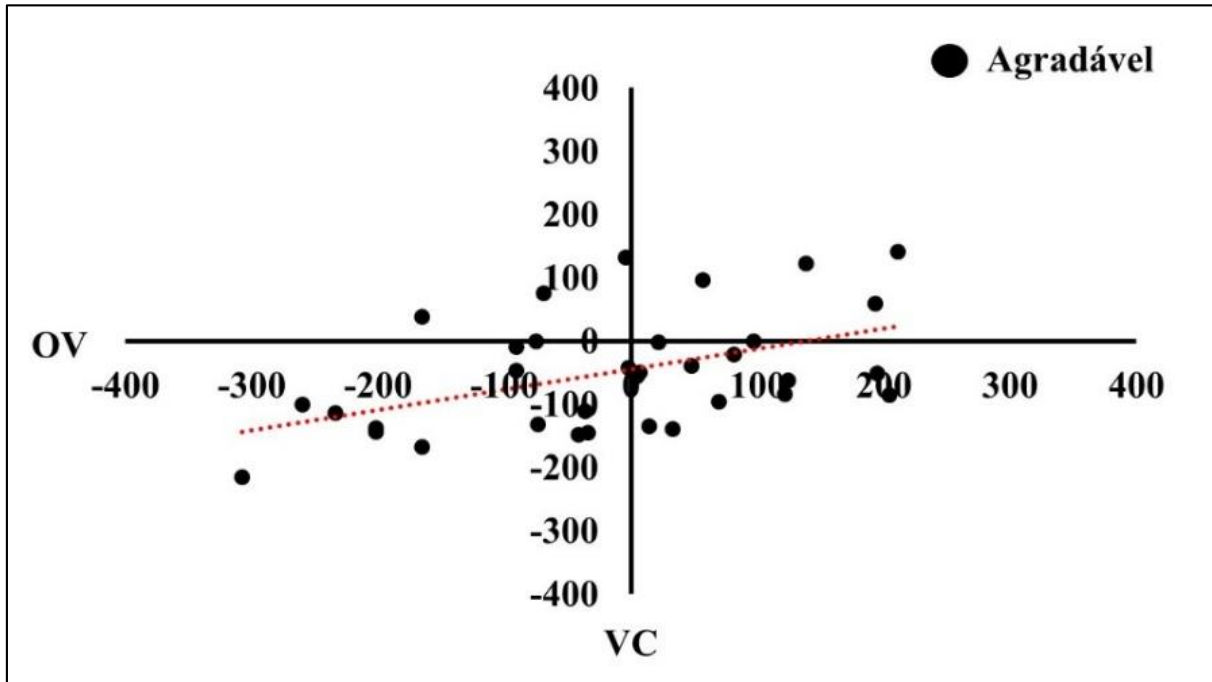


Figura 19. Correlação positiva moderada ($r = 0,48$; $p = 0,004$) entre condição visual (oclusão da visão= OV e visão completa = VC) e valência agradável.

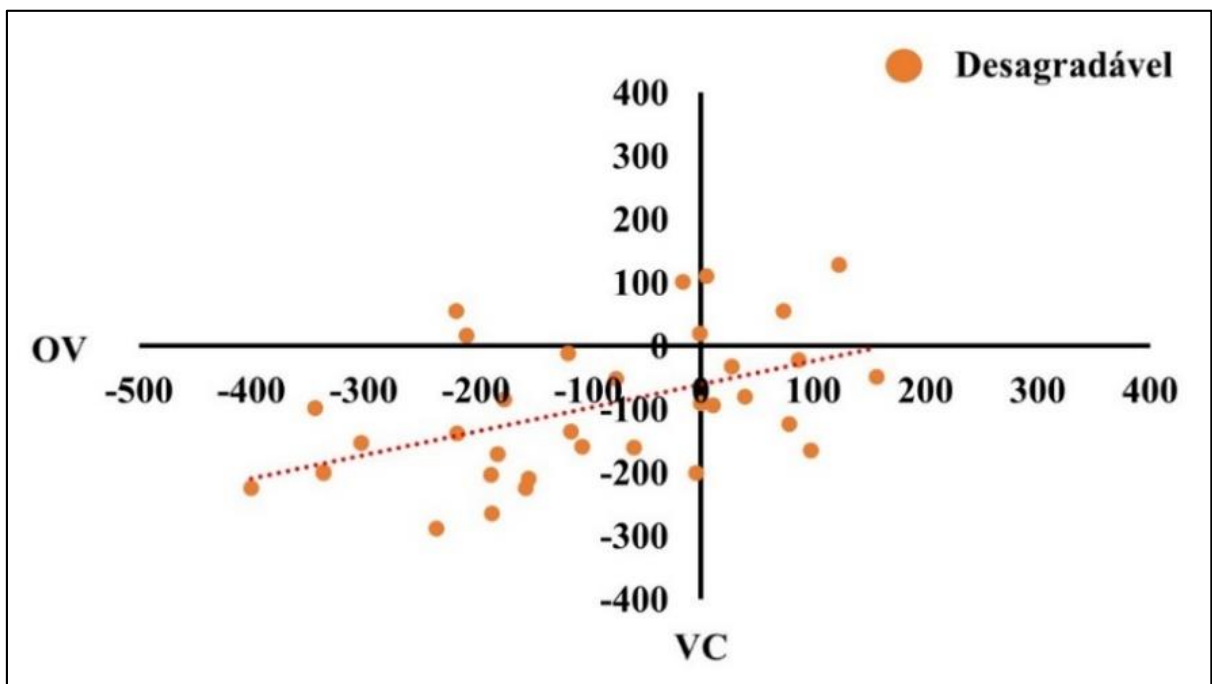


Figura 20. Correlação positiva moderada ($r = 0,50$; $p = 0,003$) entre condição visual (oclusão da visão= OV e visão completa = VC) e valência desagradável.

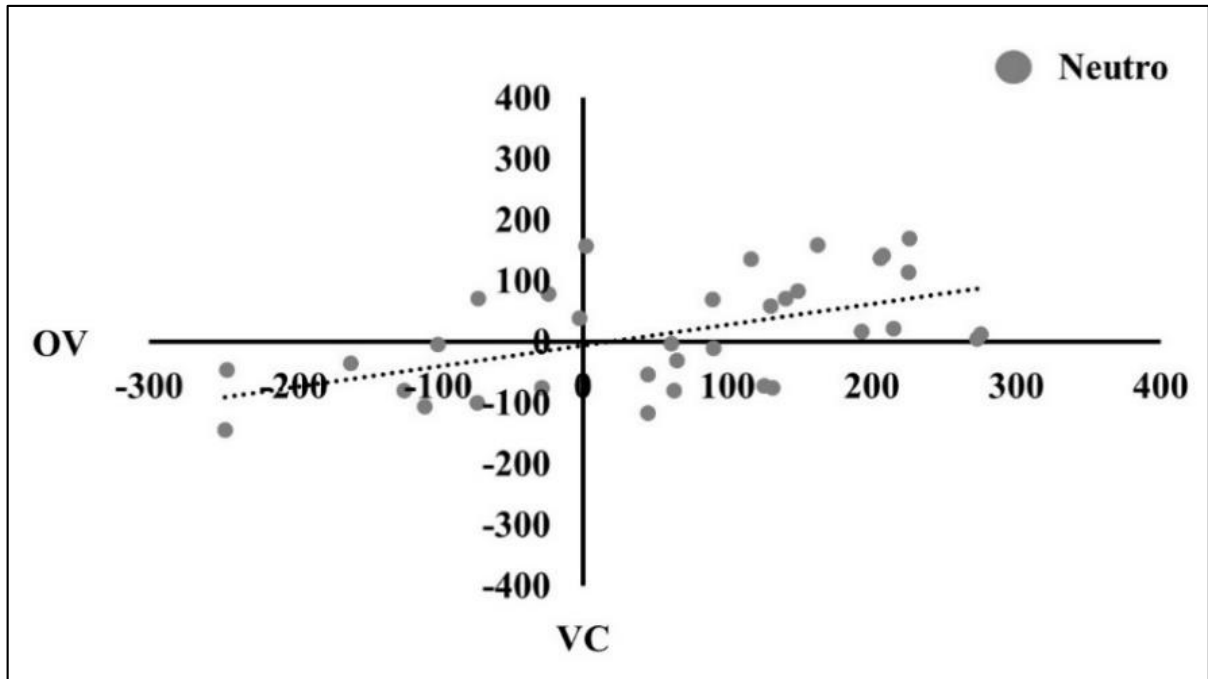


Figura 21. Correlação positiva moderada ($r = 0,53$; $p = 0,001$) entre condição visual (oclusão da visão= OV e visão completa = VC) e valência desagradável.

APÊNDICE C

Correlação de Pearson - Condição visuais e Escala SAM

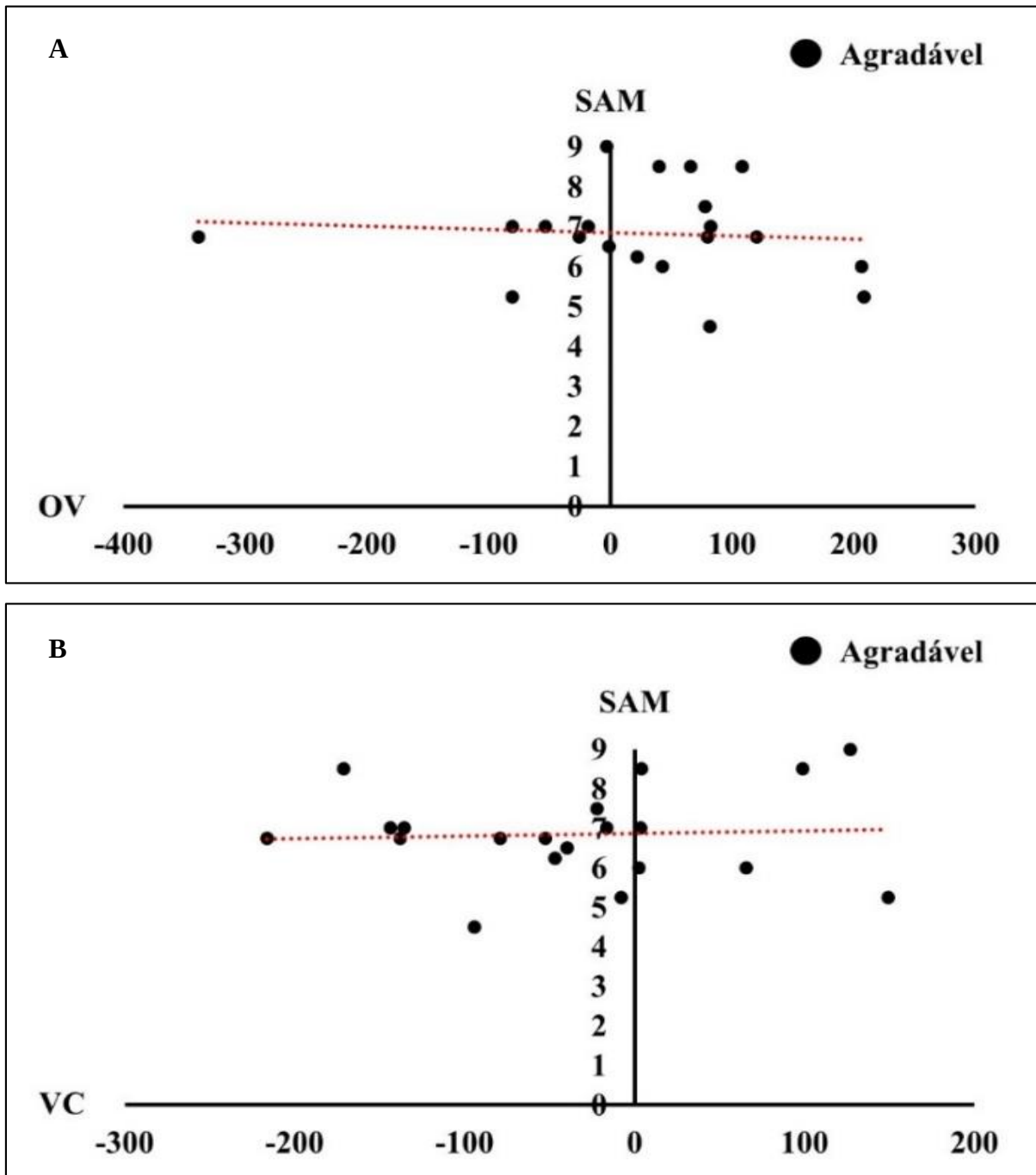


Figura 22. (A) Ausência de correlação ($r = -0,08$; $p = 0,87$) entre os dados comportamentais na condição de oclusão da visão (OV) e pontuações da SAM para os objetos agradáveis. **(B)** Ausência de correlação ($r = 0,05$; $p = 0,83$) entre os dados comportamentais entre a condição de visão completa (VC) e pontuações da SAM para os objetos agradáveis.

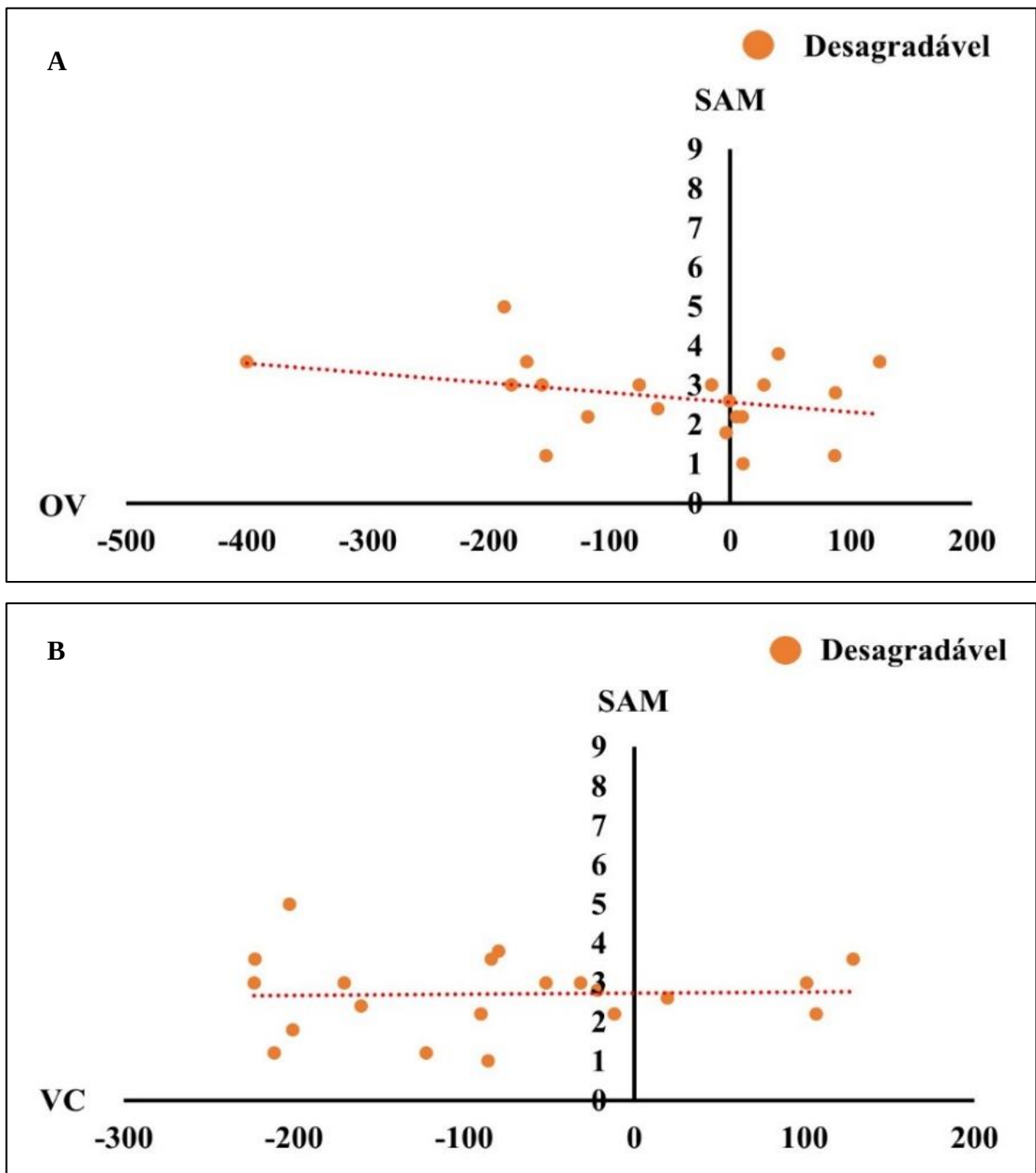


Figura 23. (A) Ausência de correlação ($r = -0,31$; $p = 0,18$) entre os dados comportamentais entre a condição de oclusão da visão (OV) e pontuações da SAM para os objetos desagradáveis. **(B)** Ausência de correlação ($r = 0,02$; $p = 0,88$) entre os dados comportamentais entre a condição de visão completa (VC) e pontuações da SAM para os objetos desagradáveis.

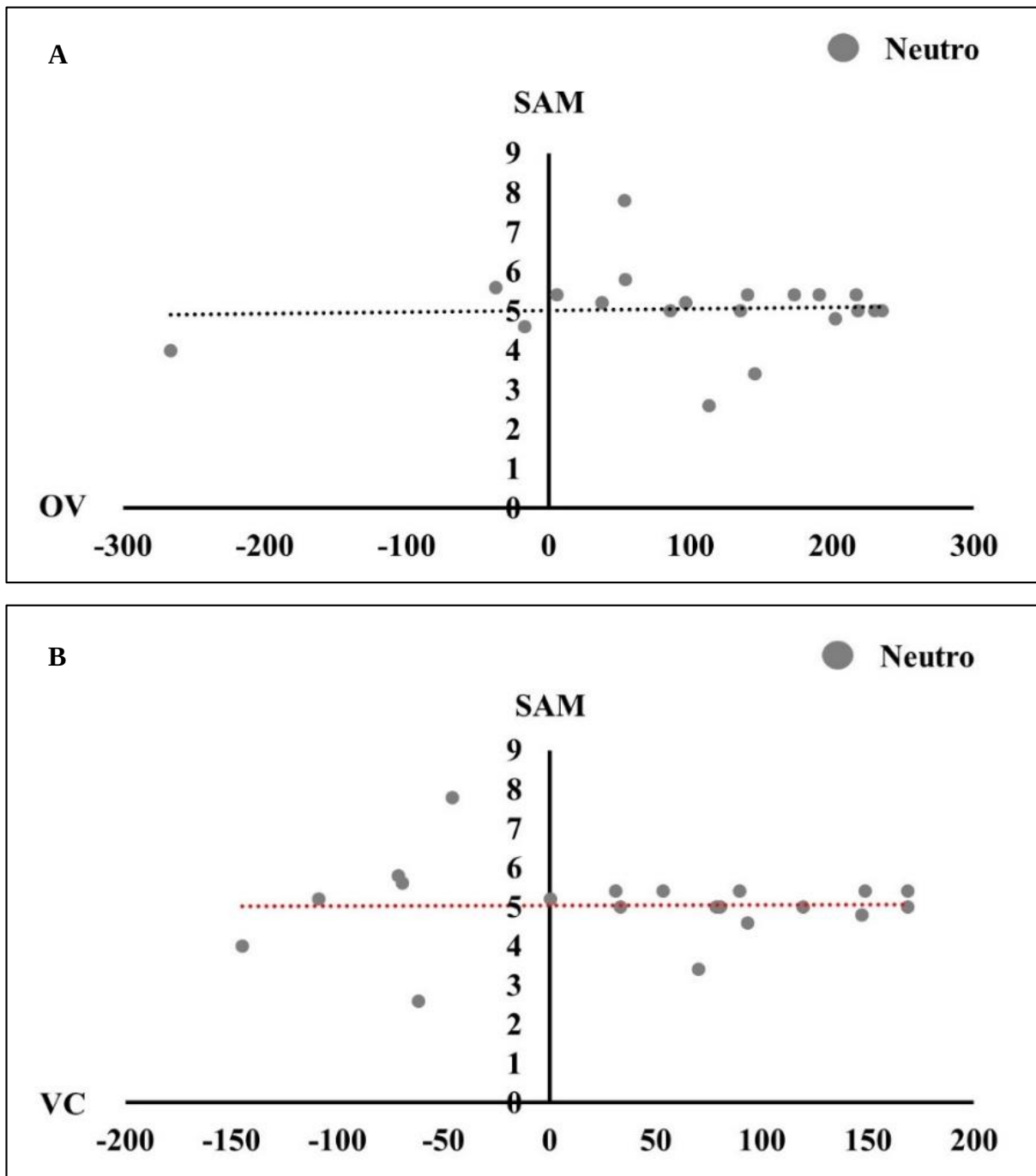


Figura 24. (A) Ausência de correlação ($r= 0,05$; $p= 0,88$) entre os dados comportamentais entre a condição de oclusão da visão (OV) e pontuações da SAM para os objetos neutros. **(B)** Ausência de correlação ($r= 0,01$; $p=0,95$) entre os dados comportamentais entre a condição de visão completa (VC) e pontuações da SAM para os objetos neutros.

APÊNDICE D

ANAMNESE DA PESQUISA

Data: __/__/____

1) Dados Pessoais

Nome: _____

Telefone: _____

E-mail: _____

2) Dados Físicos

Idade (anos): _____

Sexo: () F () M

Utiliza óculos: () Não () Sim, por quanto tempo? _____

Mão dominante: () Direita () Esquerda

PERGUNTAS DE ATENÇÃO			
OCLUSÃO DA VISÃO		VISÃO COMPLETA	
1. PILHA	() certa () errada	1. CHAVE	() certa () errada
2. CANETA	() certa () errada	2. CHAVE	() certa () errada
3. BRIGADEIRO	() certa () errada	3. COTONETE	() certa () errada
4. BRIGADEIRO	() certa () errada	4. COTONETE	() certa () errada
5. BOLO_CABELO	() certa () errada	5. CANETA	() certa () errada

APÊNDICE E

INSTRUÇÕES DA PESQUISA PREDIÇÃO DA AÇÃO E EMOÇÃO

Laboratório de Cognição Motora

Inicialmente, você vai observar 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 pressionar a “tecla Espaço” quando achar que a mão da pessoa entra em contato com o objeto. Em seguida, outro vídeo será exibido e o mesmo procedimento deverá ser realizado novamente.

Qualquer dúvida sobre o procedimento é só perguntar.

Obrigada pela sua participação!

ANEXO A

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 with out 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)				

ÍNDEX DE LATERALIDADE: _____

DECILE: _____

Laterality Index (LI)	Decile
LI = -100	10 th left
-100 ≤ LI < -92	9 th left
-92 ≤ LI < -90	8 th left
-90 ≤ LI < -87	7 th left
-87 ≤ LI < -83	6 th left
-83 ≤ LI < -76	5 th left
-76 ≤ LI < -66	4 th left
-66 ≤ LI < -54	3 ^d left
-54 ≤ LI < -42	2 ^d left
-42 ≤ LI < -28	1 st left
-28 ≤ LI < 48	Middle
48 ≤ LI < 60	1 st right
60 ≤ LI < 68	2 ^d right
68 ≤ LI < 74	3 ^d right
74 ≤ LI < 80	4 th right
80 ≤ LI < 84	5 th right
84 ≤ LI < 88	6 th right
88 ≤ LI < 92	7 th right
92 ≤ LI < 95	8 th right
95 ≤ LI < 100	9 th right
LI = 100	10 th right

ANEXO B**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

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

Título do Projeto:

Pesquisadora: Priscila da Silva Azevedo

Orientador: Ghislain Saunier

Eu, _____, voluntariamente, consinto em participar como sujeito em um estudo sobre “*Predição da ação dirigida a objetos com valência emocional*” no Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará. A sessão experimental terá a duração de aproximadamente 30 minutos e não representa nenhum risco potencial para o participante. Você assistirá 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 pressionar a “tecla Espaço” quando achar que a mão da pessoa entra em contato com o objeto. As informações a serem obtidas durante o estudo ficarão restritas a fins científicos, tendo garantido minha privacidade. Li e compreendi as informações expostas nesse documento, tomando ciência do objetivo do estudo já discutido com o pesquisador. Se, a qualquer momento durante o teste, novas dúvidas e perguntas surgirem, disponho de total liberdade para me dirigir ao responsável pelo mesmo, afim de esclarecê-las. Além disso, tenho direito garantido de desistir a qualquer momento. Tendo em vista minha contribuição para o andamento da presente pesquisa, declaro estar de acordo com os procedimentos do experimento.

Assinatura: _____

Data: __/__/____

ANEXO C

Pontuações dos voluntários na escala SAM para os objetos com valências emocionais

ESCALA SAM	OBJETOS		
	AGRADAVEIS	DESAGRADAVEIS	NEUTROS
S#01	7	2,2	5,4
S#02	4,5	3	2,6
S#03	6,75	3,6	4
S#04	6,75	3	5,4
S#05	8,5	2,2	5
S#06	7	1,2	5,8
S#07	7,5	3,8	5,4
S#09	7	3	5,2
S#10	5,25	3,6	5
S#11	5,25	3,6	4,6
S#12	6	3	5
S#13	9	3	5,4
S#15	6,75	1,2	5
S#17	7	2,6	5,4
S#18	6,5	1	3,4
S#19	6,75	5	5,6
S#20	6	2,8	5
S#21	6,25	2,4	5,2
S#22	8,5	1,8	7,8
S#23	8,5	2,2	4,8
MÉDIA	6,83 * ($\pm 1,16$)	2,71 * ($\pm 0,98$)	5,05 * ($\pm 1,00$)

Tabela 3. Pontuações dos voluntários na escala SAM para os objetos agradáveis, desagradáveis e neutros. * $p < 0,001$.

Continuação do Parecer: 4.745.969

ANEXO D

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Efeito da emoção no planejamento de ações manuais**Pesquisador:** Anaelli Aparecida Nogueira Campos**Área Temática:****Versão:** 7**CAAE:** 64960417.8.0000.5147**Instituição Proponente:** Departamento de Fisiologia**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.745.969

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos “Apresentação do Projeto”, “Objetivo da Pesquisa” e “Avaliação dos Riscos e Benefícios” foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa e do projeto detalhado. "O presente projeto se trata de um trabalho empírico, no qual serão gerados dados quantitativos. A amostra será composta por universitários, adultos, com idade entre 18 e 35 anos, saudáveis, de ambos os sexos. Os voluntários serão recrutados nas dependências da Universidade Federal de Juiz de Fora, por meio de um convite verbal público feito em salas de aula. Universitários de todos os cursos de graduação e pós-graduação poderão participar. O projeto será desenvolvido no Laboratório de Neurofisiologia Cognitiva- LabNeuro, lotado no Departamento de Fisiologia do ICB."

Objetivo da Pesquisa:

"Objetivo primário Investigar o efeito da emoção no planejamento de ações manuais." "Objetivo secundário:

- Avaliar o componente emocional de objetos usuais mediante aplicação de escalas em uma população de sujeitos saudáveis.
- Avaliar se o valor emocional de um objeto pode influenciar o julgamento das propriedades físicas (affordance motor e habilidade de preensão) dos mesmos.
- Examinar a excitabilidade córtico-espinhal durante a observação de objetos que requerem diferentes tipos de preparação motora manual: preensão grosseira ("powergrip"), e, preensão precisa ("precision grip"), e que ainda possuem valor emocional distintos (agradável e desagradável)."

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N**Bairro:** SAO PEDRO
UF: MG**Município:** JUIZ DE FORA**CEP:** 36.036-900**Telefone:** (32)2102-3788**Fax:** (32)1102-3788**E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br

Continuação do Parecer: 4.745.969

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

"Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em riscos mínimos e restringe-se ao sigilo a identificação e as informações referentes ao participante, no entanto, todos os cuidados serão tomados para preservar a sua identidade, não havendo maiores riscos a este. Considerando que a escala de depressão de BECK, embora validada, contenha

questionamentos fortes que, eventualmente, podem suscitar sentimentos ruins aos

participantes, os voluntários serão instruídos a interromper o preenchimento da escala imediatamente após qualquer sensação de desconforto. Todos os participantes, independente de terem concluído ou não o preenchimento das escalas e o teste, serão convidados a comparecer ao LabNeuro no dia seguinte com a justificativa de serem informados sobre os possíveis desdobramentos do projeto. Nesse momento, caso seja detectado algum tipo de irregularidade em relação ao humor do voluntário, vamos sugerir e, se necessário acompanhá-lo, ao serviço de psicologia da Pró-Reitoria de Assistência Estudantil (PROAE). Toda pesquisa deve trazer um benefício para os seus participantes, direto ou indireto. Pesquisas em educação, por exemplo, podem não trazer benefício direto para a sala de aula investigada, a curto prazo, mas a médio e longo prazo pode beneficiar a educação como um todo."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem estruturado, delineado e fundamentado, sustenta os objetivos do estudo em sua metodologia de forma clara e objetiva, e se apresenta em consonância com os princípios éticos norteadores da ética na pesquisa científica envolvendo seres humanos elencados na resolução 466/12 do CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo de pesquisa está em configuração adequada, apresenta FOLHA DE ROSTO devidamente preenchida, com o título em português, identifica o patrocinador pela pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra a; e 3.4.1 item 16. Apresenta o TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO em linguagem clara para compreensão dos participantes, apresenta justificativa e objetivo, campo para identificação do participante, descreve de forma suficiente os procedimentos, informa que uma das vias do TCLE será entregue aos participantes, assegura a liberdade do participante recusar ou retirar o consentimento sem penalidades, garante sigilo e anonimato, explicita riscos e desconfortos esperados, indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa, contato do pesquisador e do CEP e informa que os dados da pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador pelo período de cinco anos, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466 de 2012, itens: IV letra b; IV.3 letras a, b, d, e, f, g e h; IV. 5 letra d e XI.2 letra f. Apresenta o INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS de forma pertinente aos objetivos delineados e preserva os participantes da pesquisa. O Pesquisador apresenta titulação e experiência compatível com o projeto de pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas no Manual Operacional para CPEs.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, a emenda ao projeto está aprovada, pois está de acordo com os princípios éticos norteadores da ética em pesquisa estabelecido na Res. 466/12 CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS. Data prevista para o término da pesquisa: janeiro de 2023.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12 e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS, manifesta-se pela APROVAÇÃO a emenda do protocolo de pesquisa proposto, com a seguinte justificativa: "A justificativa para a emenda realizada na presente data (25/05) é que as atividades do projeto precisaram ser adiadas em função da pandemia do COVID19. ". Vale lembrar ao pesquisador responsável pelo projeto, o compromisso de envio ao CEP de relatórios parciais e/ou total de sua pesquisa informando o andamento da mesma, comunicando também eventos adversos e eventuais modificações no protocolo.

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N**CEP:** 36.036-900**Bairro:** SAO PEDRO
UF: MG**Município:** JUIZ DE FORA**Telefone:** (32)2102-3788**Fax:** (32)1102-3788**E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br

Continuação do Parecer: 4.745.969

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_172464_1_E3.pdf	28/05/2021 13:37:59		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhado_250521.pdf	25/05/2021 23:21:54	Anaelli Aparecida Nogueira Campos	Aceito
Folha de Rosto	Anaeli.pdf	01/08/2017	Anaelli Aparecida	Aceito
Folha de Rosto	Anaeli.pdf	14:46:55	Nogueira Campos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_May19.pdf	19/05/2017 15:00:06	Anaelli Aparecida Nogueira Campos	Aceito
Outros	Questionariol.docx	17/02/2017 22:42:27	RUBEN ERNESTO DE BITTENCOURT NAVARRETE	Aceito
Outros	EscalalV.doc	17/02/2017 22:41:57	RUBEN ERNESTO DE BITTENCOURT NAVARRETE	Aceito
Outros	EscalalIII.docx	17/02/2017 22:40:52	RUBEN ERNESTO DE BITTENCOURT NAVARRETE	Aceito
Outros	EscalalII.docx	17/02/2017 22:40:25	RUBEN ERNESTO DE BITTENCOURT NAVARRETE	Aceito
Outros	EscalalI.docx	17/02/2017 22:39:55	RUBEN ERNESTO DE BITTENCOURT NAVARRETE	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 31 de Maio de 2021

Assinado por: Jubel
Barreto
(Coordenador(a))

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N**Bairro:** SAO PEDRO
UF: MG**Município:** JUIZ DE FORA**CEP:** 36.036-900**Telefone:** (32)2102-3788**Fax:** (32)1102-3788**E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br