



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

JOÁS LOPES DA SILVA

**CONTRIBUIÇÕES DAS AFERÊNCIAS VISUAIS E SOMATOSSENSORIAIS NA
PREDIÇÃO DA AÇÃO**

Belém-Pará
2025

JOÁS LOPES DA SILVA

**CONTRIBUIÇÕES DAS AFERÊNCIAS VISUAIS E SOMATOSSENSORIAIS NA
PREDIÇÃO DA AÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.
Orientador: Prof. Dr. Ghislain Saunier.

Belém-Pará
2025

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

L864c Lopes Da Silva, Joás.
 Contribuição das aferências visuais e somatossensoriais
 na predição da ação / Joás Lopes Da Silva. — 2025.
 57 f. : il. color.
 Orientador(a): Prof. Dr. Ghislain Saunier
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
 Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação
 em Ciências do Movimento Humano, Belém, 2025.

 1. imobilização do membro superior. 2. predição da
ação. 3. aferências somatossensoriais. I. Título.

CDD 612.82

RESUMO

Estudos indicam que a reorganização cortical do sistema nervoso central pode ser modulada por variáveis periféricas, como a imobilização de um membro por um período de 10 horas. Entretanto, as consequências comportamentais dessa reorganização sobre a predição da ação ainda permanecem pouco compreendidas. No presente estudo, o membro superior direito de doze indivíduos saudáveis foi imobilizado durante 10 horas utilizando uma tipoia e uma luva imobilizadora. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética local (6.892.803). Após o período de imobilização, os participantes observaram vídeos psicofísicos representando o contato entre mão e objeto em uma tela de computador. Em metade dos vídeos, 50% da trajetória final do movimento foi ocluída, enquanto na outra metade a trajetória permaneceu totalmente visível. Os participantes deveriam pressionar a barra de espaço do teclado para prever o momento de contato entre a mão e o objeto. Após uma semana, os mesmos indivíduos repetiram o protocolo experimental sem imobilização. Foram calculados o erro constante (EC), correspondente à média da diferença entre a resposta do participante e o tempo real de contato mão-objeto, e o erro variável (EV), correspondente à variabilidade das respostas temporais. Utilizou-se ANOVA para medidas repetidas para comparar EC e EV em relação às variáveis condição somatossensorial (imobilizado vs. livre), condição visual (visão completa vs. oclusão visual) e lateralidade (direita vs. esquerda). Os resultados demonstraram ausência de efeitos significativos da condição somatossensorial, da visão e da lateralidade sobre o erro constante. Para o erro variável, observou-se efeito significativo apenas da condição visual, com maior variabilidade das estimativas na condição de oclusão visual em comparação à visão completa. Não foram observadas interações significativas entre as variáveis analisadas. Os achados sugerem que a predição da ação é preservada mesmo após um período de imobilização do membro superior, indicando que alterações somatossensoriais transitórias não são suficientes para comprometer a acurácia das estimativas temporais. Em contrapartida, a disponibilidade de informação visual parece influenciar principalmente a consistência da predição da ação, aumentando a variabilidade das respostas quando a trajetória do movimento é parcialmente ocluída.

Palavras-chave: imobilização do membro superior; predição da ação; aferências somatossensoriais

ABSTRACT

Studies have shown that cortical reorganization within the central nervous system can be modulated by peripheral variables, such as upper limb immobilization for a period of 10 hours. However, the behavioral consequences of this reorganization on action prediction remain poorly understood. In the present study, the right upper limb of twelve healthy individuals was immobilized for 10 hours using a sling and an immobilizing glove. The study was approved by the local ethics committee (6.892.803). After the immobilization period, participants observed psychophysical videos depicting hand-object contact on a computer screen. In half of the videos, 50% of the final movement trajectory was occluded, whereas in the other half the trajectory remained fully visible. Participants were instructed to press the space bar to predict the moment of contact between the hand and the object. One week later, the same participants repeated the experimental protocol without immobilization. Constant error (CE), defined as the mean difference between the participant's response and the actual hand-object contact time, and variable error (VE), defined as the variability of temporal responses, were calculated. Repeated-measures ANOVA was used to compare CE and VE according to somatosensory condition (immobilized vs. free), visual condition (full vision vs. occluded vision), and laterality (right vs. left). The results revealed no significant effects of somatosensory condition, visual condition, or laterality on constant error. For variable error, a significant effect was observed only for visual condition, with greater variability of estimates in the occluded vision condition compared to the full vision condition. No significant interactions were found among the analyzed variables. These findings suggest that action prediction is preserved following upper limb immobilization, indicating that transient somatosensory alterations are insufficient to impair the accuracy of temporal estimates. In contrast, the availability of visual information appears to primarily influence the consistency of action prediction, increasing response variability when the movement trajectory is partially occluded.

Keywords: upper limb immobilization; action prediction; Somatosensory afferents

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Diferenças de forma e movimento nos traços originais do I sucedido por I/ e/ n	12
Figura 2	Percentual de respostas corretas nas três condições	13
Figura 3	Exemplo de um neurônio respondendo à observação de ação em visão livre e em <i>oclusão</i> visual	15
Figura 4	Áreas corticais do Sistema de Neurônios Espelho humano	16
Figura 5	Experimento que exemplifica os modelos preditivo e inverso da ação, respectivamente	19
Figura 6	Modulação da expectativa sensorial por potenciais de prontidão (PP) antes da observação de movimentos.....	21
Figura 7	Estimativa do ponto final	24
Figura 8	Histogramas dos erros constantes e variáveis na estimativa do ponto final do movimento (Experimento 1)	24
Figura 9	Reorganização cortical após 10 dias da imobilização do membro superior direito reduzindo a área cortical responsável pelo controle da musculatura intrínseca do membro afetado assim como a excitação cortical e amplitude do potencial motor evocado.....	27
Figura 10	Pontos avaliados com os Monofilamentos de Semmes-Weinstein.....	30
Figura 11	Escala numérica de dor	31
Figura 12	Participante com o membro superior direito imobilizado a 90° por tipoia e luva imobilizadora de mão, durante um período de 10 horas	32
Figura 13	Design experimental para as duas condições visuais (Oclusão e Visão Completa)..	33
Figura 14	Teste psicofísico de predição da ação nas condições visuais visão total e visão parcialmente ocluída	34
Figura 15	Erro Constante indicando maior acurácia de acertos para o lado direito.....	36
Figura 16	Erro variável: influencia da visão ocluída na variabilidade ainda que imobilizado.....	37
Figura 17	Erro variável: a visão ocluída influenciou o aumento da variabilidade em todas as situações.....	37
Figura 18	Erro variável: influencia da imobilização na redução do erro variável.....	38

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ANOVA Análise de variância

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APA Acoplamento percepção-ação

EC Erro Constante

EV Erro Variável

EP Erro de predição

MS Milissegundos

PP Potencial de Prontidão

VL Visão livre

VC Visão ocluída

SUMÁRIO

1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
1.1 Representação da ação	10
1.2 Acoplamento percepção-ação (APA)	11
1.2.1 Lei de Potencia 2/3	11
1.2.2 Rede cortical envolvida no APA.....	14
1.3 Predição da ação	17
1.3.1 Predição da ação e antecipação motora.....	19
1.3.2 A oclusão como paradigma na predição da ação.....	23
1.3 Imobilização e reorganização cortical	25
2 HIPÓTESE	28
2.1 Hipótese nula	28
2.2 Hipótese alternativa.....	28
2.3 Objetivo geral.....	28
2.4 Objetivos específicos	28
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 Tipo do estudo.....	29
3.2 Participantes	29
3.3 Avaliação da sensibilidade do membro superior.....	29
3.4 Avaliação da dor	31
3.5 Procedimento de imobilização	31
3.6 Seleção dos vídeos	32
3.7 Procedimentos	33
4 ANÁLISE DOS DADOS	35
5 RESULTADOS.....	36
5.1 Erro constante	36
5.2 Erro variável.....	37
6 DISCUSSÃO	39

6.1 Envolvimento da entrada visual e das representações motoras na predição da ação	39
6.2 Interferência da imobilização na predição da ação	41
6.3 Possível circuito cortical envolvido na predição de ações.....	41
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXO I - CAAE.....	52
ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO -TCLE	53
ANEXO III – HANDEDNESS QUESTIONNAIRE	54

INTRODUÇÃO

A ação voluntária envolve uma intenção prévia e um objetivo que levam a planejar e programar os parâmetros necessários à sua execução. Esse processo é modulado por representações corticais que integram informações sensoriomotoras que antecedem a execução do movimento (1994). As representações corticais podem ser recrutadas durante processos não executivos, como a imagética motora ou a observação da ação (Jeannerod, 2005). Isso ocorre porque existe um acoplamento funcional entre percepção e ação envolvendo áreas corticais e subcorticais similares, como o córtex motor primário, o córtex pré-motor, o córtex parietal, o córtex temporal e o cerebelo (Ishida; Suzuki; Grandi, 2014)

. O acoplamento percepção-ação (APA) tem suas raízes na teoria motora da percepção visual (Viviani; Stucchi; 1989, 1992), propondo que o sistema motor interfere na percepção visual do movimento.

A descoberta dos neurônios espelho ((Di Pellegrino et al., 1992), no início dos anos 1990, forneceu um substrato neural à teoria motora da percepção visual proposta pela psicologia (Viviani; Stucchi; 1989, 1992). De fato, essas células, observadas originalmente nos córtices pré-motor e parietal posterior de macacos, disparam durante a observação de uma ação ou a realização desta (Rizzolatti; Sinigaglia, 2016). Uma das propostas relativas à funcionalidade do APA seria seu envolvimento na compreensão do objetivo de uma ação observada. Umilta *et al.* (2001) observaram que um subconjunto de neurônios-espelho ativam-se durante a parte final ocluída do movimento apresentado que só pode ser inferida. Isso evidenciou que a representação motora de uma ação realizada por outrem pode ser gerada internamente no córtex pré-motor do observador, ainda que o observador esteja sem descrição visual do movimento em questão sugerindo que a ativação de neurônios-espelho pode estar na base da compreensão da ação.

Nas últimas décadas, a predição da ação tem despertado crescente interesse na neurociência, especialmente em relação ao envolvimento do APA nestes processos preditivos. Propõe-se que o APA participaria na elaboração de predições das ações de outrem (Iacoboni et al., 2001; Miall, 2003; Kilner et al., 2004; Fontana et al., 2012), ou seja, o cérebro usa o conhecimento motor de uma ação para prever suas consequências sensoriais. Por exemplo, Kilner *et al.* (2004), utilizando a eletroencefalografia, mostraram a presença de um potencial de prontidão

(i.e., um potencial de preparação motora) nas áreas corticais centrais antecedendo a observação de uma ação de alcance-preensão (Schurger et al., 2006). O diferencial do estudo de Kilner et al. (2004) foi demonstrar que essa onda também ocorre mesmo sem a realização de movimento, quando os participantes apenas observavam uma mão imóvel, mas sabendo que uma ação voluntária de alcance-preensão de um objeto será executada em breve.

Enquanto a maioria dos estudos focou nos aspectos centrais do APA, outros estudos mostraram que as aferências sensoriais modulam as características desta rede cortical. Por exemplo, Toussaint *et al.* (2023) constataram que a imobilização do membro superior direito, em um período de 24 horas, prejudicou os mecanismos antecipatórios do uso de uma ferramenta sem sua efetivação. Os autores constataram que os participantes imobilizados tiveram um desempenho inferior na tarefa de julgamento de uso de ferramentas (Toussaint et al., 2023).

De fato, a imobilização de um membro acompanha-se de uma redução das áreas motoras envolvidas na representação da musculatura do membro imobilizado (Bassolino et al., 2014; Avanzino et al., 2015). Todavia, Bassolino et al. (2014) mostraram que a observação de uma ação a intervalo regular envolvendo o membro imobilizado é capaz de projetar as consequências desta imobilização sobre o sistema motor.

Recentemente, De Marco *et al.* (2021) avaliaram o efeito da observação da ação durante um período de 16 horas de imobilização do membro superior sobre seu desempenho motor após imobilização. Os autores demonstraram que a observação da ação durante a imobilização evitou a subsequente deterioração do desempenho motor do membro imobilizado podendo assim reduzir a carga de reabilitação necessária (De Marco et al., 2021). Em suma, a imobilização do membro superior, durante um período de no mínimo dez horas, acompanha-se de uma reorganização cortical do sistema motor com uma diminuição da área cortical envolvida no controle da musculatura intrínseca do membro imobilizado (Bassolino, 2014). No entanto, há uma escassez de evidências comportamentais sobre o efeito dessa reorganização cortical induzida pela imobilização sobre a predição da ação.

Assim, este estudo investigou especificamente a contribuição das aferências visuais e somatossensoriais na predição da ação de outrem através da imobilização do membro superior utilizando vídeos de alcance e preensão de objetos em uma condição de visão completa ou ocluída da ação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Representação da ação

A representação de uma ação tem natureza endógena. Durante a observação de um movimento, o observador realiza uma simulação interna desse gesto, ativando regiões corticais ligadas ao planejamento e à preparação motora. Esse processo resulta na formação de uma representação motora da ação, que é acionada tanto durante a sua execução quanto durante a sua observação (Jeannerod, 2005). Nossa representação da ação apresenta um perfil mais proativo do que reativo, fundamental para os processos motores voluntários, tanto executivos quanto não executivos (Jeannerod, 2005).

A intenção, iniciada no córtex pré-frontal, prepara o sistema motor através de um planejamento da ação que não necessariamente culmina em sua execução. Esse conceito sugere a existência de representações endógenas da ação, compostas por estruturas neurais que podem ser ativadas mesmo na ausência da execução da ação (Jeannerod, 1994; 1999).

Uma maneira de estudar essas representações motoras é por meio dos paradigmas experimentais que não requerem a execução de uma ação, como por exemplo, a imagética motora ou ainda a observação da ação, pois ambas ativam áreas corticais motoras semelhantes a execução da ação. Nedelko *et al.* (2012) demonstraram que o uso da imagética cinestésica junto à observação da ação estimularam os hemisférios cerebelares, assim como o núcleo caudado, o córtex pré-motor ventral e dorsal, córtex parietal inferior e área motora suplementar.

O córtex motor primário recruta os músculos necessários à realização do movimento desejado, integrando uma retroalimentação sensorial contínua permitindo melhorar a precisão dos ajustes e correções quando necessário. Essa retroalimentação sensorial poderá ser comparada com uma cópia do comando motor, chamada cópia de eferência, a qual prevê as consequências sensoriais do movimento executado através um modelo interno preditivo (Gazzola e Keysers, 2009; Miall, 2003).

É interessante notar que esses modelos internos da ação podem também ser recrutados durante a percepção da ação de outrem (Miall, 2003) sugerindo a existência de um acoplamento entre a percepção visual de um movimento e o

repertório motor do observador

2.2 Acoplamento percepção-ação (APA)

A percepção da ação de outrem e a execução de uma ação interagem em um ciclo contínuo e dinâmico. Esse processo é fundamental para a interação adaptativa com o meio, permitindo que os organismos ajustem suas ações com base em informações sensoriais em tempo real. Assim, a execução de uma ação voluntária ocorre devido ao recrutamento de representações corticais essenciais ao processamento das etapas que precedem a execução do movimento (Jeannerod, 2005). A percepção não é uma representação passiva do mundo, ao contrário, está diretamente envolvida na preparação e na execução de ações, que são representadas na forma de consequências sensoriais planejadas (Hommel *et al.*, 2001). Desta forma, o planejamento e a percepção das ações são acoplados. Um exemplo robusto deste APA é a Lei de Potência $\frac{2}{3}$. Essa lei motora evidenciou a relação entre a velocidade de um segmento corporal e a curvatura da trajetória do movimento (Lacquaniti *et al.*, 1983).

2.2.1 Lei de Potencia 2/3

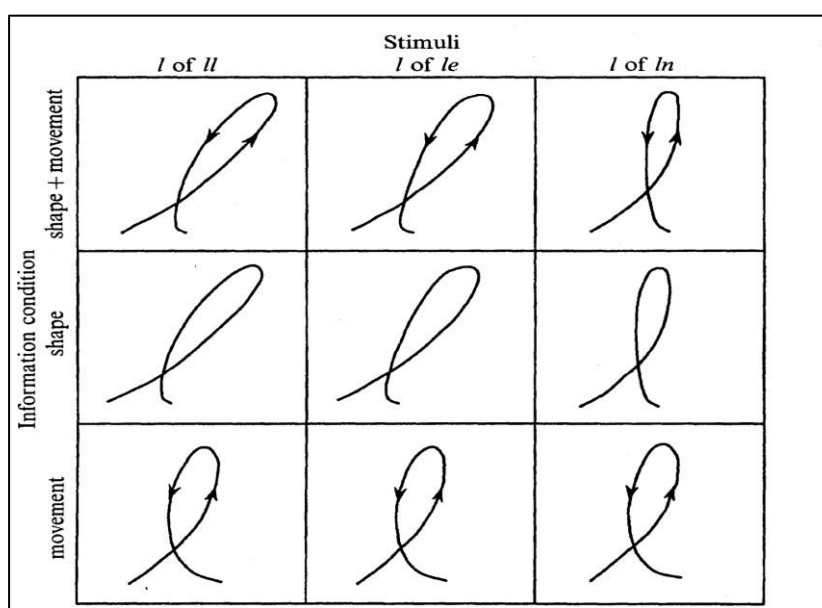
A Lei de Potência $\frac{2}{3}$ descreve uma relação entre a curvatura de um movimento e sua velocidade tangencial (Viviani e Terzuolo, 1982; Lacquaniti *et al.*, 1983). Em seguida, Viviani e Stucchi (1989 e 1992) demonstraram que essa lei motora interferia também na percepção visual de movimentos curvilíneos. Esta relação entre velocidade do movimento e curvatura da trajetória se expressa através da seguinte equação: $V(t) = KC(t)^{1-\beta}$ onde V é a velocidade tangencial, C é a curvatura da trajetória ao momento t e K é uma constante. Quando o expoente β se aproxima de $\frac{1}{3}$ a velocidade do movimento respeita a lei da potência de $\frac{2}{3}$. Este princípio enuncia que trajetórias mais curvas de movimentos tendem a ser realizados com menor velocidade e vice-versa, refletindo uma coordenação motora adaptativa que minimiza o esforço e maximiza a fluidez do movimento onde a velocidade tangencial é diretamente dependente da curvatura (Lacquaniti, Terzuolo; Viviani, 1983).

Viviani e Stucchi (1989 e 1992), mostraram por meio de estudos psicofísicos que a lei da potência de $\frac{2}{3}$ se aplica ao domínio da percepção visual do movimento

humano, onde a percepção de uma velocidade uniforme corresponde à percepção da velocidade que respeita as leis biológicas de produção desse movimento. Seu paradigma experimental consistia no seguinte: os participantes ajustavam a velocidade de um ponto luminoso ao longo de uma trajetória elíptica projetada numa tela de computador. Por isso, eles modulavam o valor do expoente β através do uso de teclas do teclado para aumentar ou diminuir o valor deste expoente. Consequentemente, a tarefa dos voluntários consistia em mudar a velocidade do ponto luminoso até a trajetória parecesse uniforme. Os resultados mostraram que o valor de β escolhido pelos participantes foi próximo ao valor de β que caracteriza a lei de potência $2/3$, concluindo que o conhecimento implícito dessa lei motora interfere na percepção visual de um movimento elíptico.

Alem disso, Orliaguet *et al.* (1997) demonstraram que a influência da Lei de Potência de $2/3$ não se restringia unicamente a percepção do movimento, mas as capacidades antecipatórias do ser humano. Foi utilizado um protocolo que analisou se o sistema visual poderia modular informações de antecipação por meio uma tela que mostrava o L (escrita cursiva) com algumas letras subsequentes diferentes: ll, le e ln. Os participantes deveriam prever a qual par de letras (ll, le ou ln) o l apresentado pertencia a partir de informações sobre o formato do l e/ou a cinemática que o produziu. De fato, a cinemática do l é diretamente dependente da letra subsequente como mostra a **Figura 1**.

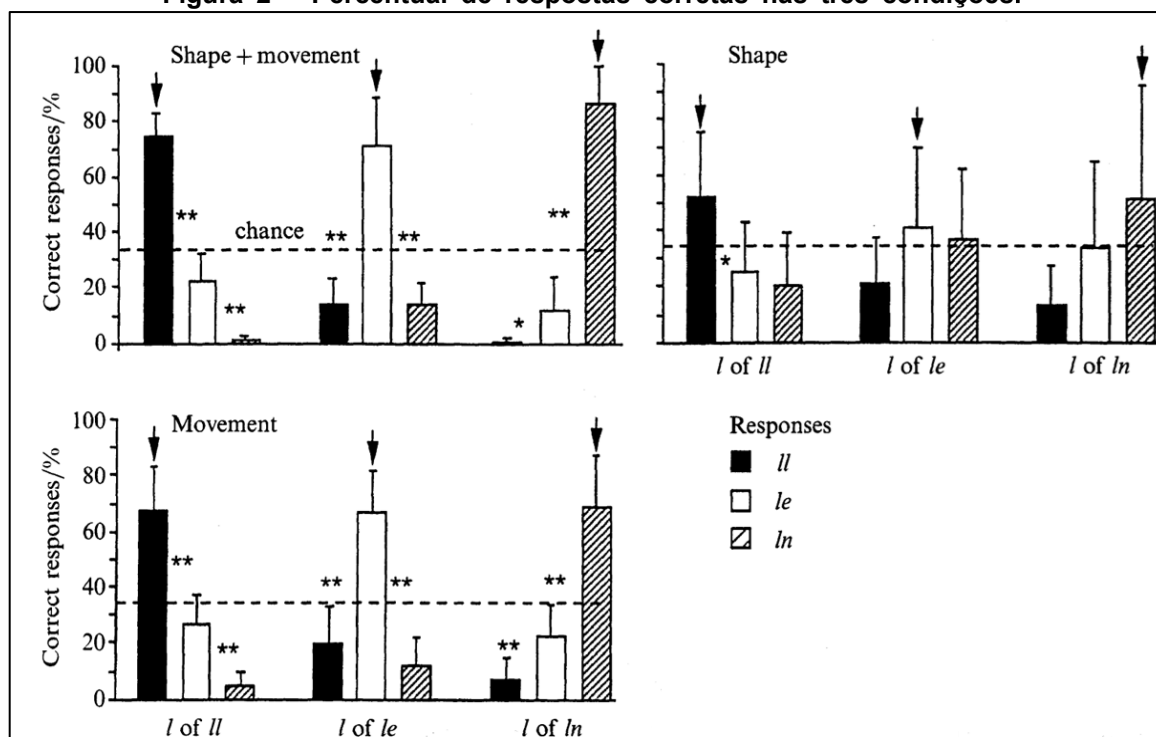
Figura 1 – Cinemática do traço da letra “l” em função da letra subsequente



Fonte: ORLIAGUET, J.P.; KANDEL, S.; BOË, L.J. Disponível em: DOI: 10.1068/p260905

A **Figura 2** mostra os resultados onde as respostas assertivas estavam associadas aos estímulos com informações cinemáticas, comparado com apenas informações espaciais disponíveis, sugerindo que o conhecimento implícito da cinemática do movimento observado pode ser utilizado para prever, neste caso, a próxima letra.

Figura 2 – Percentual de respostas corretas nas três condições.



Fonte: ORLIAGUET, J.P.; KANDEL, S.; BOË, L.J. Disponível em: DOI: 10.1068/p260905.

Em um estudo de neuroimagem por ressonância magnética funcional, Dayan *et al.* (2012) demonstraram que a percepção visual de um movimento curvilíneo respeitando a lei de potência $\frac{2}{3}$ acompanha-se do recrutamento do sistema motor. Os autores mostraram uma maior resposta hemodinâmica no córtex pré-motor, no giro frontal inferior, assim como, no lóbulo parietal inferior quando o movimento observado respeitava a lei de potência $\frac{2}{3}$ quando comparado a um movimento respeitando uma velocidade constante. Essas áreas corticais pertencem a uma grande rede cortical motora associada a observação da ação e processamento visual de movimentos, ratificando a teoria da codificação comum da percepção e produção de movimento (Prinz, 1997). Além do que fora exposto acima, os núcleos da base também participam dessa rede cortical de Acoplamento Percepção-Ação (APA). De fato, Dayan *et al.* (2012) demonstraram que pessoas com parkinson são menos sensíveis

a ilusão visual criada pela Lei de Potência $\frac{2}{3}$. Os autores evidenciam que a relação entre velocidade e curvatura demonstra ser reduzida, ainda que preservada em pacientes com doença de Parkinson (Dayan *et al.*, 2012). Esses resultados sugerem que uma alteração do funcionamento dos núcleos da base, fundamentais no tempo motor, afeta a percepção de movimento respeitando essa lei cinemática. Isso leva a uma discrepância entre a percepção da curvatura e a execução do movimento, resultando em uma velocidade tangencial inadequada que não segue a Lei de Potência de $\frac{2}{3}$. A reabilitação motora, portanto, frequentemente foca em exercícios que tentam restaurar essa relação, promovendo a readaptação do sistema motor para melhorar a capacidade de ajustar a velocidade em função da curvatura da trajetória, conforme essa lei motora (Rohrer *et al.*, 2002).

Assim, o conjunto desses resultados sugerem que apenas observando o movimento de um ponto luminoso que segue a lei da potência de $\frac{2}{3}$ é suficiente para recrutar a APA (Dayan *et al.*, 2012; Meirovitch *et al.*, 2015) e este recrutamento pode ser envolvido em processo de antecipação motora (Orliaguet *et al.*, 1997).

2.2.2 Rede cortical envolvida no APA

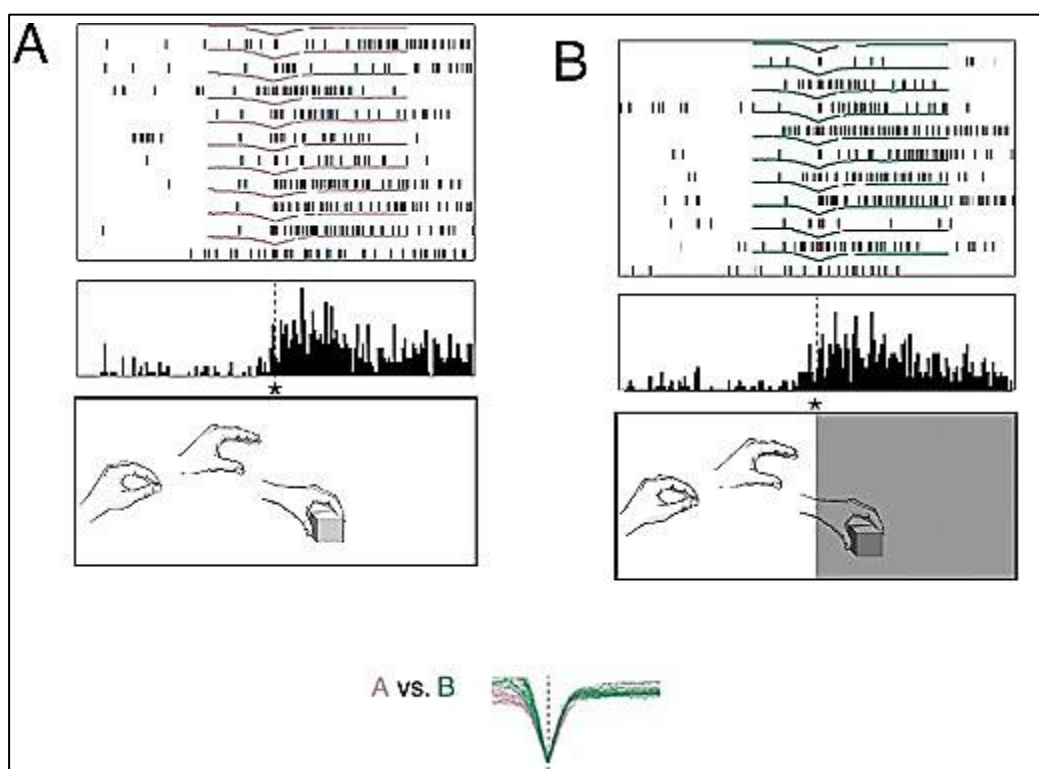
No início dos anos 90, um grupo de pesquisadores italianos liderados por Giacomo Rizzolatti evidenciou uma nova classe de neurônios localizados no córtex pré-motor de primatas não humanos: os *neurônios espelho*, que disparavam tanto na observação quanto na execução do movimento. Este achado foi detectado através de registros neurofisiológicos em neurônios de macacos, com ênfase nos localizados na área F5 (figura 1) do córtex pré-motor (Di Pellegrino *et al.*, 1992; Rizzolatti *et al.*, 1996). Essa descoberta forneceu uma base neurofisiológica para a representação da ação. Assim, eles estabeleciam uma ligação direta entre a percepção visual e a execução motora, sustentando a ideia de que a entrada visual de uma ação é mapeada em sua representação motora correspondente (Rizzolatti *et al.*, 2001; Rizzolatti; Craighero, 2014). Eles demonstraram, por meio de registros eletrofisiológicos, que o cérebro dos primatas não humanos integrava informação visual e motora em uma rede funcional que envolvia não apenas a observação, mas também a execução de ações, evidenciando uma rede cortical de interação percepção-ação (Di Pellegrino *et al.*, 1992; Gallese *et al.*, 1996).

A rede cortical responsável por essa interação envolve regiões como o córtex

pré-motor (área 6 de Brodmann) e o córtex parietal inferior (áreas 5 e 7 de Brodmann) de um primata não-humano. O córtex pré-motor é essencial para o planejamento e preparação das ações motoras, integrando informações sobre a posição do corpo e características do ambiente (Rizzolatti et al., 1996a). Outros estudos sugerem que essa rede neural é a base da compreensão da ação (Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996b; Gallese et al., 2000; Gallese et al., 2001; Rizzolatti et al., 2001; Gallese, 2003).

Umiltà *et al.* (2001), sugerem que os neurônios espelho codificam o objetivo da ação e, conseqüentemente, participam da compreensão dessa ação independente da ausência de visão da porção final do movimento. O estudo mostrou que a atividade dos neurônios da área cortical F5 do macaco (**Figura 3**) e as respostas neurais de preensão não foram afetadas quando o macaco tinha conhecimento prévio da presença do objeto antes da sua oclusão. A interação entre *feedforward* e *feedback* na rede percepção-ação permite ao sistema nervoso central antecipar movimentos e ajustar a ação com base em informações sensoriais contínuas (Shadmehr; Wise, 2005).

Figura 3- Resposta neuronal à observação de ação em visão livre e em oclusão.

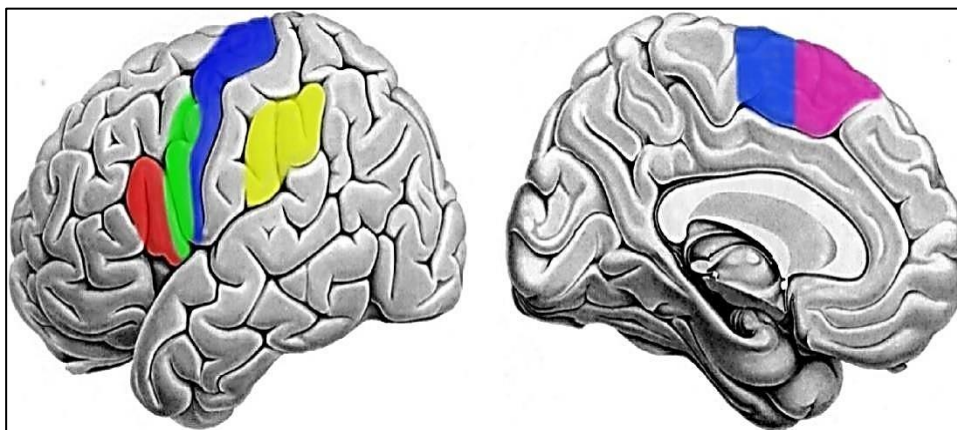


Fonte: Umiltà MA et. Al, 2001. Disponível em: doi: 10.1016/s0896-6273(01)00337-3. PMID: 11498058.

Após a descoberta dos neurônios-espelho em primatas não-humanos (Di Pellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996), esta temática se tornou alvo por parte de muitos pesquisadores para entender este mecanismo análogo no homem (Gazzola; Keysers, 2009). Os precursores foram Fadiga *et al.* (1995) que utilizaram a estimulação magnética transcraniana e registraram os potenciais evocados motores durante a observação de movimentos transitivos (direcionadas a objetos no espaço peripessoal) e intransitivos (não direcionadas a um alvo específico). Os autores observaram um aumento da amplitude dos potenciais evocados motores no córtex motor primário durante a observação da ação de preensão, semelhante ao padrão registrado durante a execução dessas ações. Esse achado sugere a existência, em seres humanos, de um sistema análogo ao descrito anteriormente em primatas não-humanos. Os resultados também indicaram que essas regiões colaboram estreitamente para integrar percepções visuais com respostas motoras, adaptando o comportamento em tempo real.

Embora os neurônios-espelho atuem em várias áreas do córtex, algumas regiões têm maior evidência de participação nesse processo (Gazzola; Keysers, 2009). Entre as referidas regiões, destacam-se (**Figura 4**) o lóbulo parietal inferior bilateral, especialmente o giro supramarginal e o sulco intraparietal adjacente, o córtex pré-motor ventral e o giro frontal inferior. Além disso, os componentes mais proeminentes do sistema espelho estendido incluem o córtex motor primário e a área motora suplementar (Kemmerer, 2021).

Figura 4 – Áreas corticais do Sistema de Neurônios-Espelho humano



Lóbulo parietal inferior, incluindo o giro supramarginal e o sulco intraparietal adjacente (amarelo); córtex pré-motor ventral (verde); giro frontal inferior posterior (vermelho); córtex motor primário (azul); e área motora suplementar (magenta). A imagem mostra as estruturas no hemisfério esquerdo, mas suas homólogas no hemisfério direito também estão envolvidas. Fonte: Kemmerer (2021). DOI: 10.1016/j.pneurobio.2021.102128.

Estudos mais recentes também indicam o envolvimento de estruturas subcorticais no sistema de neurônios espelho. Hardwick *et al.* (2018), ao utilizarem tarefas de imagética motora, observação e execução de ações, identificaram atividade no putâmen, tálamo e cerebelo. Além disso, estudos comportamentais e fisiológicos realizados por Ishida, Suzuki e Grandi (2014) e Rangel *et al.* (2021) apontam evidências de uma rede sensório-motora que inclui circuitos parieto-insulares, o córtex insular posterior e anterior, além do córtex somatossensorial secundário.

Em suma, Kilner *et al.* (2004) e Fontana *et al.* (2012) associam o conceito de APA como substrato para entendermos os mecanismos corticais de predição da ação, que abordaremos no próximo tópico. Muitos estudos mostram evidências consistentes do uso das representações endógenas da ação para antecipar, prever e processar o significado implícito de movimentos (Umiltà *et al.*, 2001; Urgesi *et al.*, 2010; Craighero *et al.*, 2014).

2.3 Predição da ação

O córtex motor não apenas executa ações, mas também participa da construção de suas representações (Fadiga *et al.* 2000). Ele atua estimando as consequências sensoriais da ação observada, funcionalmente denominada de “predição da ação” (Iacoboni *et al.*, 2001; Miall, 2003; Kilner *et al.*, 2004; Fontana *et al.*, 2012).

Craighero *et al.* (2008) sugerem que nossa percepção do corpo e do ambiente está sempre ligeiramente defasada em relação ao tempo real, como se vivêssemos “no passado”, já que os circuitos de retroalimentação sensorial respondem apenas a estímulos já ocorridos. Essa ideia de um “atraso temporal” na percepção e ação encontra respaldo nos experimentos clássicos de Kornhuber e Deecke (1965), que, por meio de eletroencefalografia, identificaram potenciais negativos (de 10 a 15 μV) nos córtices motores, surgindo até 1 segundo antes da execução de movimentos voluntários. Esses achados sugerem que o cérebro inicia preparações motoras inconscientes antes mesmo da nossa percepção consciente da decisão de agir. Esse potencial, denominado Potencial de Prontidão (PP), mostrou-se mais intenso na região pré-central contralateral ao movimento realizado, em comparação ao lobo occipital (Ahmadian *et al.*, 2012; Fontana *et al.*, 2012; Kilner *et al.*, 2004).

O potencial mencionado anteriormente pode ser registrado antes de um

movimento observado sempre que a linha temporal do mesmo possa ser prevista, pois, segundo Kilner et al. (2004), “o mero conhecimento de um movimento futuro é suficiente para excitar o próprio sistema motor, permitindo que as pessoas se antecipem, em vez de reagirem”. Neste contexto, uma proposta para entendermos os mecanismos da predição da ação seriam por meio dos modelos internos da ação (Mcnamée; Wolpert, 2019) recrutados durante a observação da ação e da execução do movimento (Miall, 2003).

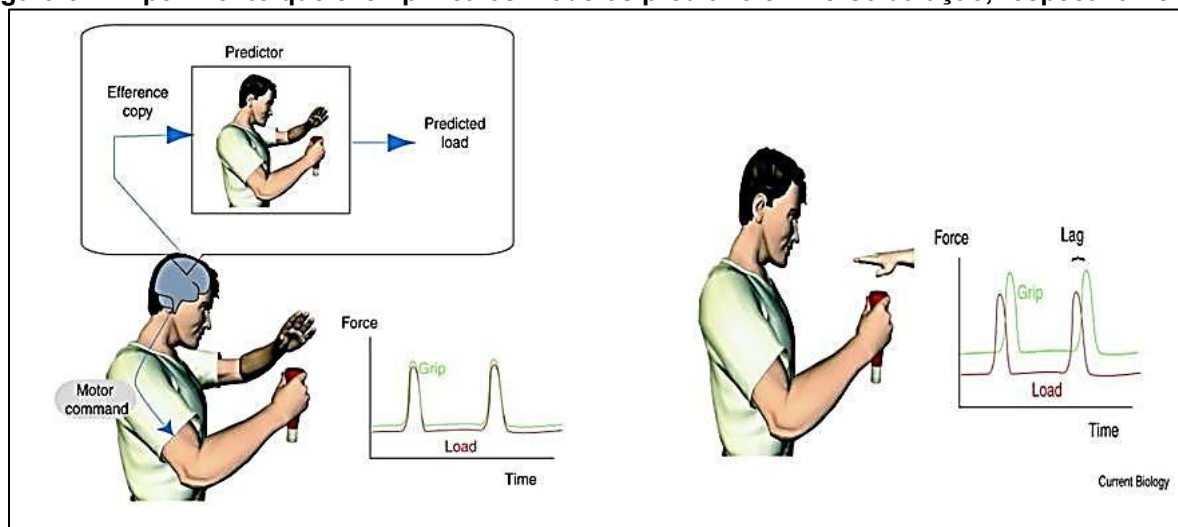
O processo de predição da ação se inicia a partir do conhecimento motor da ação observada. A diferença entre cinemática prevista e a cinemática real gera o erro de predição que permite uma atualização das representações motoras do observador de forma dinâmica e mais precisa (Kilner *et al.*, 2007). Os modelos internos da ação envolvem a interação entre os sistemas sensório-motores, que tem origem no cérebro, e o mundo físico. Essa interação é fundamentada em conhecimentos corporais implícitos que se relacionam de maneira dinâmica e cinemática com o ambiente físico (Kawato *et al.*, 1987; Wolpert; Ghahramani, 2000). Além disso, essa interação pode estar ligada a ações direcionadas a alcançar um objetivo ou um estado de recompensa (Shadmehr; Krakauer, 2008; Wolpert; Ghahramani, 2000), baseando-se no conhecimento do estado inicial do sistema e na utilização de uma cópia do comando motor, conhecida como cópia de eferência (Von holst, 1954; Kelso, 1977).

Existem dois tipos de modelos internos da ação que atuam no controle e na execução das ações: o *inverso* e o *preditivo*. O primeiro, também denominado controlador, adapta o comando motor ao estado atual e final de uma ação. O segundo estima as prováveis consequências sensoriais a partir de uma cópia de eferência (Kawato, 1999; Wolpert; Flanagan, 2001; Wolpert; Ghahramani, 2000).

Exemplificando na **Figura 5**, o personagem, para evitar que uma garrafa de ketchup escorregue, aplica uma força de preensão suficiente para contrabalançar a mudança de carga. Quando a carga é aumentada de maneira auto-gerada (a mão esquerda bate na garrafa de ketchup, no topo), um preditor pode usar uma cópia de eferência do comando motor para antecipar o aumento de carga que está por vir e, assim, gerar uma preensão que acompanha essa mudança da carga sem atraso. No entanto, quando a carga é gerada externamente (outra pessoa bate na garrafa, na parte inferior), ela não pode ser prevista com precisão. Como consequência, o aumento da força de preensão ocorre depois do aumento da carga para compensar e

evitar o escorregamento

Figura 5 – Experimento que exemplifica os modelos preditivo e inverso da ação, respectivamente.



Fonte: Tradução livre e Imagem retirada de Wolpert e Flanagan (2001). Disponível em: doi: 10.1101/sqb.2014.79.024919

Esses modelos estão associados à observação da ação e às áreas motoras corticais e subcorticais, como o córtex pré-motor, o lóbulo parietal inferior, o sulco temporal superior e o cerebelo. Uma proposta é que o córtex pré-motor facilita a transição de um modelo interno inverso para um modelo interno preditivo. O córtex parietal recebe as aferências antes de estas chegarem à área pré-motora (Keysers Perrett, 2004; Catani *et al.*, 2005; Nelissen *et al.*, 2006; Borra *et al.*, 2008).

O sulco temporal superior fornece informações visuais detalhadas a partir da observação da ação (Puce; Perrett, 2003) e o circuito frontoparietal, por sua vez, mapeia as informações visuais sobre as representações motoras correspondentes. Isto sugere que essa rede de percepção-ação está associada aos mecanismos de predição da ação (Kilner *et al.*, 2004; Aglioti *et al.*, 2008; Fontana *et al.*, 2012). A partir deste entendimento, ratifica-se a ideia de que a observação da ação de outrem ativa representações motoras envolvidas na predição da ação (Urgesi *et al.*, 2010).

2.3.1 Predição da ação e antecipação motora

A antecipação motora é um processo que envolve a preparação do sistema motor para ações futuras, visando alcançar precisão e coordenação nos movimentos (Kilner *et al.*, 2004; Fontana *et al.*, 2012; Rangel *et al.*, 2021). Kilner *et al.* (2004)

demonstraram que a atividade cortical motora humana pode ocorrer até mesmo antes da observação de outra pessoa realizando um movimento. Isso está relacionado à capacidade do córtex motor que, a partir de um repertório motor que conhece em detalhes um movimento futuro, prepara-se para a ação futura.

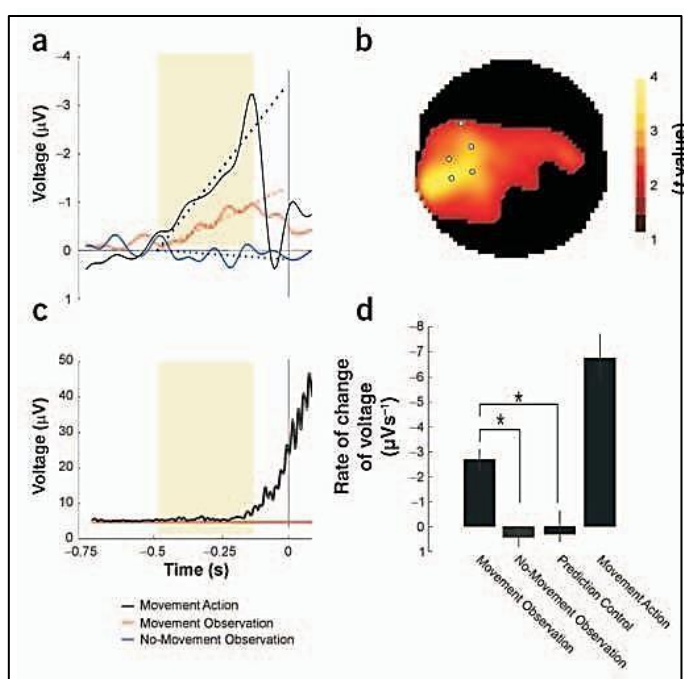
O Potencial de Prontidão (PP) é uma medida que reflete a preparação motora para o movimento voluntário. Esse potencial é detectável por meio de eletroencefalografia e se manifesta como uma onda negativa gradual que começa cerca de um segundo antes da execução do movimento (Kornhuber, 1965). O PP é dividido em duas fases principais: a) a *fase inicial*, que é generalizada e ocorre nos córtices motor e pré-motor, e b) a *fase tardia*, que é mais focada nas áreas motoras específicas envolvidas na execução do movimento voluntário (Shibasaki; Hallett, 2006). Pesquisas indicam que o PP está intimamente relacionado à antecipação motora, fornecendo uma janela para entender como o cérebro se prepara para a ação. É importante ressaltar que em estudos anteriores focava-se na atividade motora durante a observação de uma ação já iniciada (Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L. Rizzolatti, 1996). O estudo de Kilner et al. (2004) sugere que o PP não se limita a refletir a preparação motora, mas também representa um correlato neural da predição motora, indo além do que se pensava anteriormente. No experimento, os participantes visualizavam, em uma tela de computador, uma mão sob uma perspectiva egocêntrica. Dependendo da cor apresentada previamente, eles já sabiam qual seria a condição: realizar uma ação, observar uma ação ou permanecer sem movimento. Os pesquisadores analisaram a presença ou ausência do PP até o momento exato do início do movimento.

Os resultados mostraram que o PP foi registrado tanto durante a observação da ação quanto durante o movimento em si, mas não apareceu quando os participantes sabiam que não haveria movimento. Esses achados indicam que o córtex motor é capaz de ativar representações internas no sistema motor com base no conhecimento de um movimento futuro. Isso amplia o papel funcional do PP, caracterizando-o como um correlato neural de predição motora, e não apenas de preparação motora. Ao introduzirem eletrodos na periferia (musculo do primeiro interósseo dorsal) não foi registrado PP em nenhuma das condições, confirmando que os achados se resumem a nível apenas cortical e não a nível de periferia.

A **Figura 6** mostra potenciais de prontidão e topografias do couro cabeludo antes de observar um movimento. Havia duas condições a) Observação de

Movimento b) Observação Sem Movimento (mão parada). Ambos os sinais eletrofisiológicos ocorreram em um período de tempo semelhante, em relação ao início do movimento, e mostraram topografia de couro cabeludo proporcional: contralateral à mão observada em eletrodos sobrepostos ao córtex sensório-motor. O PP relacionado à observação ocorreu apenas em ensaios nos quais havia um movimento previsível. O potencial negativo foi significativamente maior em ensaios nos quais os participantes sabiam que ocorreria um movimento observado do que em ensaios nos quais não houve movimento observado (grupo controle) ($p < 0,05$).

Figura 6 – Modulação da expectativa sensorial por potenciais de prontidão (PP)



(a) Médias dos ERPs nos eletrodos de interesse para as condições de Ação (preto), Observação (vermelho) e Controle (azul); a área amarela destaca o intervalo de análise da negatividade. (b) Topografia do couro cabeludo (t-map) indicando diferenças significativas no gradiente antes da observação na perspectiva egocêntrica ($p < 0,05$, teste t unilateral). (c) EMG retificada do músculo 1DI para as condições de Ação e Observação; sem modulação significativa durante a observação. (d) Inclinação média da linha de ajuste entre sujeitos com erro padrão; * indica diferenças significativas ($p < 0,05$, teste t pareado bicaudal). Fonte: Kilner et al. (2004). Disponível em: DOI: 10.1038/nn1355

Aglioti *et al.* (2008) investigaram os mecanismos de antecipação motora e correlatos neurais em jogadores de basquete profissionais comparados a jogadores novatos e treinadores ou jornalistas esportivos por meio de estimulação magnética transcraniana e psicofísica. O desempenho dos atletas profissionais diferiu dos outros grupos pois previam mais cedo e com mais precisão o desfecho dos arremessos observados, comparado com os grupos de experiência visual comparável. O

desempenho também diferiu antes que a bola observada perdesse o contato com as mãos do efetor, sugerindo que os atletas previram o destino do arremesso de cesta lendo a cinemática dos efetores. Outra diferença foi que apenas atletas profissionais mostraram uma ativação motora específica no tempo durante a observação de arremessos de cestas errôneas. Esses achados indicam que a prática específica de um esporte pode aumentar a capacidade cortical de prever as consequências das ações de outrem antes mesmo de seu início com mais precisão. Kemmerer (2021) apoia esse entendimento, mostrando que a observação da ação ativa os circuitos corticoespinhais aproximadamente 90 ms antes do início do movimento em questão, concluindo que a previsão e a execução da ação compartilham o mesmo substrato neural.

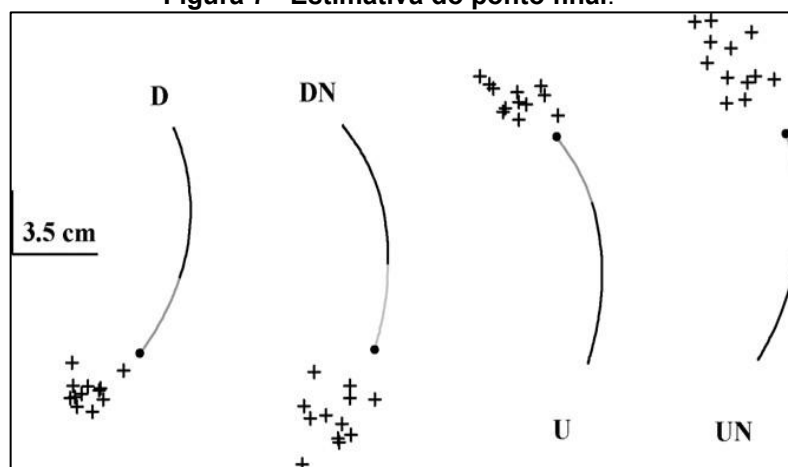
Alguns fatores como lesão ou amputação de um membro podem interferir na predição da ação e antecipação motora. Rodrigues *et al.* (2008), por exemplo, evidenciaram em seu estudo que a amputação unilateral do membro superior afeta a predição da ação durante a observação de um movimento do membro ipsilateral ao membro amputado. Os autores observaram uma ausência do potencial de prontidão no hemisfério contralateral ao membro amputado.

Semelhantemente, Fontana *et al.* (2012) investigaram o PP em três grupos: a) *pacientes com lesões no lobo parietal inferior*, b) *lesões no lobo pré-motor ventral* e c) *indivíduos neurologicamente normais*. Utilizando um protocolo similar ao protocolo de Kilner *et al.* (2004), os autores mostraram que somente os pacientes com uma lesão no córtex parietal não apresentaram um PP antecedendo a observação de uma ação de outrem. Consequentemente, a atividade parietal antecedendo a observação da ação envolve um processo antecipatório baseado em aprendizado prévio e mecanismos preditivos. Isso ficou claro nos achados pois o PP dos participantes sem lesão cortical e dos com lesão no córtex pré-motor não apresentou alterações importantes. Já os registros de PP em pacientes com lesão no lobo parietal estavam ausentes o que evidencia a importância do córtex parietal para antecipação motora. Aliado a isso, diversos estudos utilizam paradigmas de oclusão parcial de movimento para compreendermos de forma precisa os mecanismos de predição da ação e as conexões corticais envolvidas (Pozzo *et al.*, 2006; Saunier *et al.*, 2008; Saunier *et al.*, 2013; Stadler *et al.*, 2012).

2.3.2 A oclusão como paradigma na predição da ação

Evidências neurofisiológicas em primatas não-humanos sugerem a participação de repertórios motores, envolvendo os neurônios-espelho, durante a observação de uma ação parcialmente ocluída visualmente até a posição final de um determinado movimento. Umiltà *et al.*, (2001) realizaram um experimento onde o macaco observava o movimento de alcance/preensão de um objeto e cujo a trajetória foi ocluída na parte final, ratificando a ideia da codificação do objetivo de uma ação. Isso sugere a capacidade do córtex do macaco de reconstruir e estimar a parte ocluída de um alvo em movimento (Umiltà *et al.*, 2001). Analogamente, estudos psicofísicos em humanos revelaram que o conhecimento implícito das leis motoras influencia a capacidade de previsão da ação (Pozzo *et al.*, 2006; Saunier *et al.*, 2008). Esses estudos indicaram que a inferência da posição final de um movimento parcialmente ocluído é mais precisa quando o movimento segue um perfil de velocidade biológico. Pozzo *et al.* (2006) investigaram os desdobramentos da posição final de uma trajetória que desaparece repentinamente após uma oclusão, a partir do conceito de que o modelo interno de uma ação pode ser lembrado para reconstruir a parte ocluída da trajetória. Cada estímulo consistia em um ponto movendo-se para cima ou para baixo se movendo de acordo com leis cinemáticas biológicas ou não biológicas de tarefas de apontar de movimentos ocluídos (40%) na última parte da trajetória. O participante tentava acompanhar e identificar o local exato em que o ponto estava, porém com a parte final ocluída (**Figura 7**). Foram analisadas as estimativas dos participantes sobre o desaparecimento do estímulo ou posições finais após exhibições de movimento biológico e não biológico.

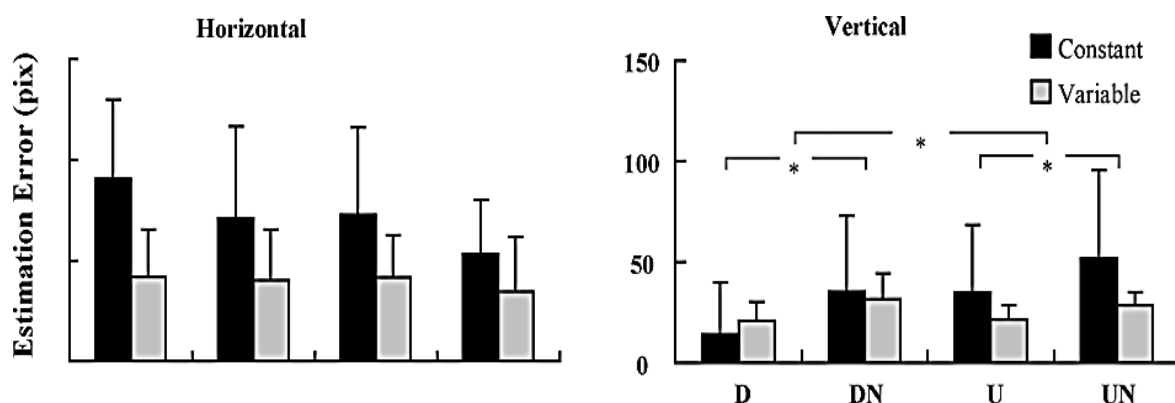
Figura 7 - Estimativa do ponto final.



Da esquerda para a direita: movimentos descendente biológico (D), descendente não biológico (DN), ascendente biológico (U) e ascendente não biológico (UN) apresentados. As curvas preta e cinza mostram, respectivamente, as partes visível e oculta da apresentação. Os pontos pretos localizados no final da curva correspondem à posição final do estímulo. As cruzes correspondem às estimativas dos pontos finais fornecidas pelo participante ao pressionar o botão do mouse. Texto adaptado de Pozzo et. Al, (2006). Disponível em: DOI: 10.1016/j.bbr.2005.12.005

Os achados (Figura 8) mostraram que a estimativa da posição final foi menos precisa e mais variável nos movimentos que violavam as leis da cinemática. Isso sugere que a inferência de movimento não depende apenas de mecanismos com base em informações de trajetória visual passada, mas que a estimativa de movimento depende de modelos internos que contêm detalhes cinemáticos específicos do movimento vertical do braço, que podem ser acionados durante a observação do movimento cuja a trajetória foi ocluída nos últimos 40%

Figura 8 Histogramas dos EC e EV na estimativa do ponto final do movimento



Analizados ao longo dos eixos horizontal (painel esquerdo) e vertical (painel direito). Os resultados são apresentados para as duas direções do movimento (subida e descida) e para dois tipos de cinemática da apresentação (biológica e não biológica). As estrelas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as condições. Os dados mostram que a cinemática biológica reduz erros na estimativa, especialmente para movimentos verticais descendentes. Fonte: adaptado de Pozzo et al. (2006).

Esses achados ratificam a ideia de que o repertório motor de um observador contribui na predição da ação por meio de estruturas corticais pertencendo a rede do APA e subcorticais como o cerebelo (Saunier *et al.*, 2021). Estudos mostram que o cerebelo é uma estrutura subcortical de extrema importância no aprendizado motor, pois ele atua no controle sensório-motor e na predição das ações e que lesões nesta estrutura podem afetar tanto a execução do movimento quanto a sua percepção nesses indivíduos (Kawato; Gomi, 1992). O cerebelo contribui por meio de circuitos cortico-subcorticais nos modelos preditivos que agem na elaboração do comando motor e predição da ação. (Wolpert *et al.*, 2001).

Morton e Bastian (2006) comparam a previsão da entrada sensorial periférica às consequências sensoriais do próprio movimento. Relataram que seus pacientes com lesões cerebelares apresentaram respostas distintas no controle motor, com aspectos preditivos alterados e controle reativo preservado. Recentemente, Saunier *et al.* (2021) mostraram o envolvimento do cerebelo num processo de inferência do movimento. Os autores observaram que pacientes cerebelares, diferentemente de participantes saudáveis, não foram sensíveis à natureza do perfil de velocidade do movimento (i.e. biológico ou não biológico) para elaborar a predição da posição final de um movimento. Porém, semelhantemente ao grupo controle, a capacidade de estimar a posição de desaparecimento deste mesmo ponto luminoso não foi afetada pela lesão cerebelar, o que ratifica a ideia de que o repertório motor, constituído por experiências próprias cotidianas do observador, influencia diretamente a predição da ação dirigida a objetos. Consequentemente, eles propuseram que o cerebelo integra a rede cortical envolvida na predição da ação (Saunier *et al.*, 2021).

2.3 Imobilização e reorganização cortical

Uma reorganização das áreas corticais e subcorticais do sistema motor podem estar relacionadas às modificações na retroalimentação sensorial, assim como, nas demandas eferentes (Pascual-Leone, 2005). Pascual-Leone *et al.* (2005) afirmam que o sistema nervoso central sofre mudanças contínuas em resposta às modificações provenientes das aferências sensoriais.

No conceito de reorganização cortical, o córtex motor primário, responsável pelo controle dos movimentos voluntários, é estimulado constantemente por eventos anteriores ou resultantes de atividade de remodelação intrínseca (Pascual-Leone

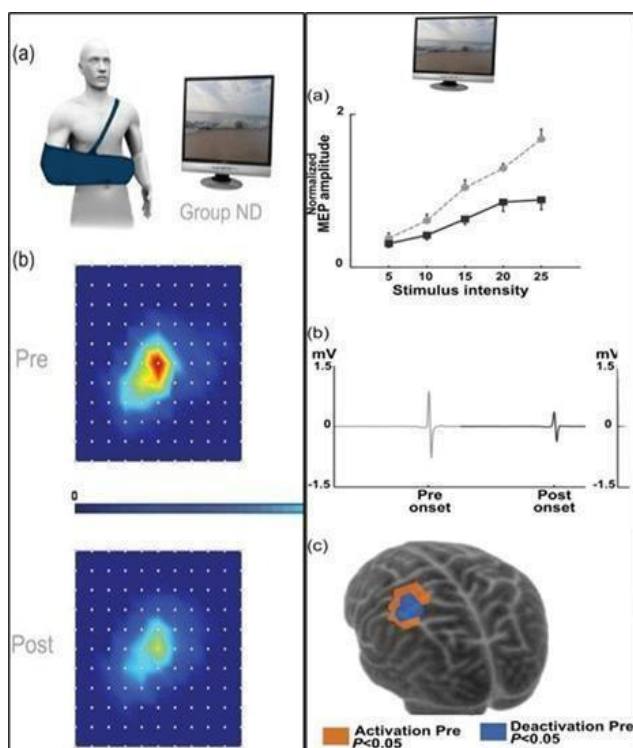
a, 2005). Tais conexões mostram reorganização cortical dependente de atividade e se modificam de forma dinâmica em associação com a aprendizagem de habilidades (Sanes, 2000). Neste contexto, se exercícios e movimentos como um todo podem estimular a plasticidade neuronal, a imobilização e o desuso de um membro podem ser causas da depressão corticomotora (Bassolino *et al.*, 2014). Por exemplo, Huber *et al.* (2006) mostraram que, se o braço de um sujeito for imobilizado durante o dia, o desempenho motor e as respostas somatossensoriais diminuem sobre o córtex sensório-motor contralateral ao membro imobilizado, indicativo de depressão sináptica local. As regiões homólogas dos córtices motores primários são conectadas por meio de fibras transcalosas, permitindo a comunicação inter-hemisférica entre os dois hemisférios. Esta comunicação desempenha um papel importante no controle dos movimentos manuais e é dependente da atividade do braço sugerindo que o equilíbrio inter-hemisférico é dependente do uso dos membros.

Avanzino *et al.* (2015), partindo da ideia que o desuso de curto prazo do membro superior induz um desequilíbrio hemisférico entre os córtices motores primários, buscaram entender se tais mudanças são principalmente atribuíveis à ausência de movimentos voluntários ou à redução da informação proprioceptiva. Os resultados mostraram que, em um curto prazo, as entradas proprioceptivas dinâmicas como a vibração muscular em um braço imobilizado, pode prevenir o desequilíbrio hemisférico induzido pelo desuso do membro.

Bassolino *et al.* (2014) revelaram que a observação regular de uma ação envolvendo o membro imobilizado pode mitigar os efeitos dessa imobilização no sistema motor. Recentemente, De Marco *et al.* (2021) investigaram o impacto da observação de ações durante 16 horas de imobilização do membro superior no desempenho motor subsequente. Esses autores descobriram que a observação da ação durante o período de imobilização preveniu a deterioração do desempenho motor, o que pode diminuir a necessidade de reabilitação (De Marco *et al.*, 2021).

Conforme a **Figura 9** os mapas corticomotores da mão e curvas de recrutamento registrados antes (Pré) e depois (Pós) da imobilização mostraram uma reorganização cortical com diminuição da área motora ativada após 10 horas de imobilização. Os participantes que não receberam estímulos de observação da ação apresentaram também diminuição da amplitude dos potenciais motores evocados.

Figura 9- Reorganização cortical horas da imobilização do membro superior direito



Redução da área cortical responsável pelo controle da musculatura intrínseca do membro afetado assim como a excitação cortical e amplitude do potencial motor evocado. Fonte: Tradução livre e adaptada. Imagem retirada de Bassolino *et, al.* (2014). Disponível em: doi: 10.1093/cercor/bht190

Em resumo, a imobilização do membro superior por, pelo menos, dez horas resulta em uma reorganização cortical do sistema motor, reduzindo a área cortical responsável pelo controle da musculatura intrínseca do membro afetado (Bassolino, 2014). Contudo, há uma falta de evidências comportamentais sobre como essa reorganização cortical, provocada pela imobilização, afeta a predição da ação. Diante do que foi apresentado, nosso estudo buscou explorar como as aferências visuais e somatosensoriais contribuem para a predição da ação, a partir de uma perturbação na periferia como a imobilização do membro superior.

3 HIPÓTESE

3.3 Hipótese nula

As aferências visuais e somatossensoriais não interferem na predição da ação após 10 horas de imobilização no membro superior direito

3.4 Hipótese alternativa

As aferências visuais e somatossensoriais interferem na predição da ação após 10 horas de imobilização no membro superior direito

3.5 Objetivo geral

Investigar a contribuição das aferências somatossensoriais na predição da ação de outrem.

3.6 Objetivos específicos

- Avaliar se há correlação entre a sensibilidade tátil do membro, antes e depois da imobilização e o erro de predição na tarefa proposta
- Avaliar o efeito da quantidade de informação visual (livre ou ocluída - VL e VO) sobre o erro de predição
- Avaliar se a imobilização afeta da mesma maneira a predição da ação realizada pelo membro ipsilateral e contralateral ao membro imobilizado

4 METODOLOGIA

O projeto foi submetido e aprovado pelo comitê de ética local (6.892.803) e os procedimentos propostos foram realizados de acordo com a Resolução 466/2012 e os princípios enunciados na Declaração de Helsinki (WMA, 2013).

4.3 Tipo do estudo

Este estudo consiste em um estudo observacional, de corte transversal e quanti- qualitativo.

4.4 Participantes

Os voluntários foram recrutados por meio de técnica não probabilística em bola de neve, onde foi enviado um convite através de e-mail e/ou WhatsApp para adultos saudáveis, destros de 18 a 35 anos, com nível superior completo ou incompleto.

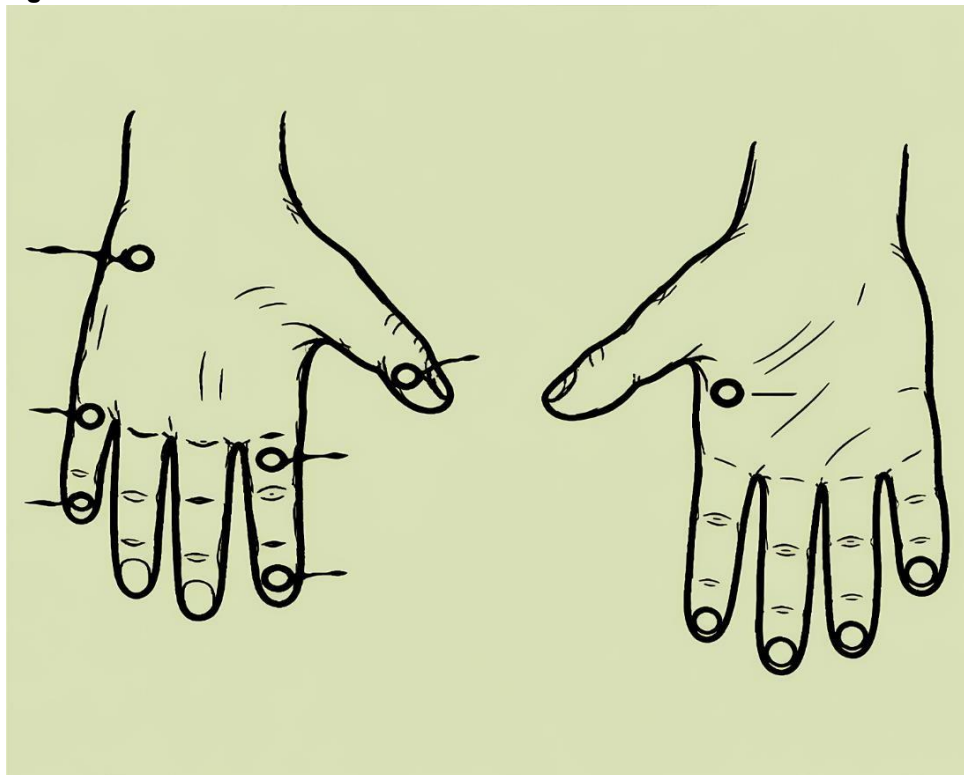
Recrutamos 12 adultos saudáveis de ambos os sexos (7mulheres; 5 homens; média de idade: $28,3 \pm 2,63$ anos) com idade entre 18 e 33 anos, com visão normal ou corrigida para normal e sem histórico de desordens neurológicas. Todos os participantes foram destros de acordo com uma versão curta (<http://www.brainmapping.org/shared/Edinburgh.php>) do Questionário de Handedness (Oldfeld, 1971). Não foram incluídos na pesquisa candidatos com idade acima de 35 anos, deficientes visuais, pessoas com histórico de desordens neurológicas e indivíduos com dominância manual esquerda. Os voluntários assinaram, antes do início do experimento, um termo de consentimento livre e esclarecido, assim como preencheram um formulário avaliativo para obtenção de dados pessoais, físicos e informações referentes a oclusão da visão e visão completa, descritas no **ANEXO II**.

4.5 Avaliação da sensibilidade do membro superior

Foi realizada a avaliação da sensibilidade utilizando o estesiômetro de Semmes-Weinstein, a fim de quantificar e avaliar o limiar de pressão nos respectivos dermatômos da pele. A aplicação do estesiômetro seguiu o trajeto dos nervos ulnar, medial e radial: de acordo com o “Manual de Prevenção de Incapacidades”

(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2008) em um total de 7 pontos específicos (**Figura 10**).

Figura 10 – Pontos avaliados com os Monofilamentos de Semmes-Weinstein



Fonte: Manual de Prevenção de Incapacidades, Ministério da Saúde. p. 61, (BRASÍL, 2008)

Durante o teste, o filamento de nylon ficou pressionado levemente contra a superfície da pele, permanecendo perpendicular, em incrementos crescentes de força até que o paciente sentisse a pressão após cada uma das 3 repetições. Cada incremento é uma repetição iniciada com valor baixo, com 0,5 gramas de força e que aumenta gradualmente até que atinge a força suficiente para dobrar (Bell- Krotoski, 1989). Os participantes foram orientados a sentar-se em uma cadeira com os pés apoiados no chão, olhos fechados, deixando a região a ser avaliada exposta. Com base no protocolo de Bell-Krotoski *et al.* (1995), caso não houvesse resposta, o teste prosseguiria com o uso de um filamento seguinte, mais pesado. Não foi informado antecipadamente em qual região o teste seria aplicado.

A ausência de incapacidade na sensibilidade cutânea foi indicada com base pela percepção sensitiva aos monofilamentos (Brasil, 2008):

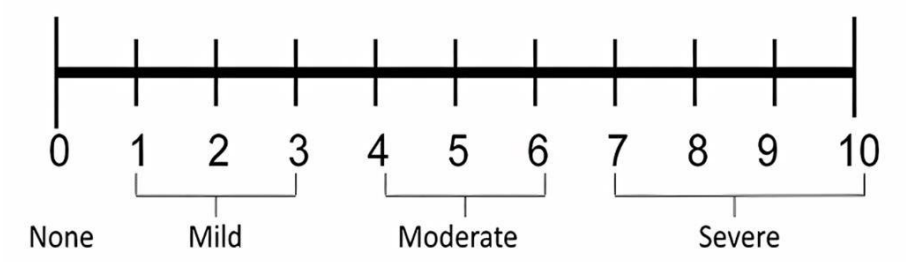
- verdes (0,05 g, Sensibilidade dentro da faixa considerada normal para mão e pé.),

- *azuis* (0,2 g, Sensibilidade diminuída na mão, com dificuldade quanto a discriminação fina. Ainda dentro do "normal" para o pé),
- *violetas* (2,0 g, Sensibilidade protetora para a mão diminuída, permanecendo o suficiente para prevenir lesões),
- *vermelho escuro* (4,0 g, - Perda da sensação protetora para a mão, e às vezes, para o pé. - Vulnerável a lesões),
- *laranja* (10,0 g, - Perda da sensação protetora para o pé, ainda podendo sentir pressão profunda e dor) e
- *magenta/rosa* (300 g, Sensibilidade à pressão profunda mantida, podendo ainda sentir dor).

4.6 Avaliação da dor

A dor foi avaliada por meio de uma escala numérica de dor (**Figura 11**). Essa escala é uma régua em linha horizontal com dez centímetros de comprimento, sendo que 0 (zero) representa a ausência de dor e 10 (dez) representa uma dor intensa. A dor moderada se dá de 3 cm a 7 cm. Os participantes foram orientados a avaliar sua dor de acordo com a pontuação que melhor representaria a intensidade do desconforto que estavam sentindo. A Escala numérica de dor é uma ferramenta amplamente utilizada para medir a intensidade da dor percebida por um indivíduo.

Figura11 – Escala numérica de dor.



Fonte: Joinville (2017). Disponível em: [10http://www.reumart.com.br/notiacutecias/a-nota-da-sua-dor](http://www.reumart.com.br/notiacutecias/a-nota-da-sua-dor)

4.7 Procedimento de imobilização

Foi usado uma luva especial de algodão para imobilização do punho, dedos e mão. Os participantes não foram capazes de remover o curativo, garantindo que a imobilização fosse efetiva durante todo o período. O antebraço dos sujeitos foi

envolvido com uma bandagem macia coberta por um suporte de tecido (tipoia) que limitava o movimento do braço mantendo o cotovelo em posição confortável a 90° de flexão (**Figura 12**).

Figura 12 - Participante com o membro superior direito imobilizado a 90° por tipoia e luva imobilizadora de mão, durante um período de 10 horas



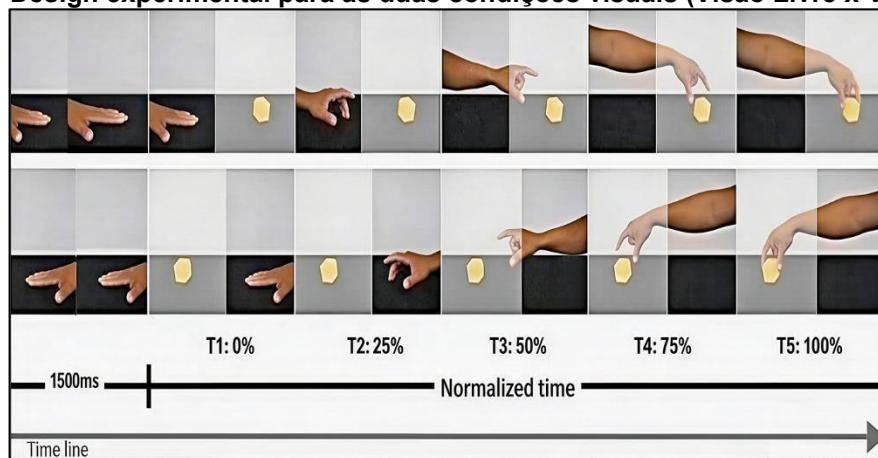
. Fonte: O autor (SILVA, 2024)

4.8 Seleção dos vídeos

Os vídeos utilizados no experimento foram criados com o software Adobe Premiere Pro (Adobe, Inc.) e apresentados com o Psychopy (Versão 3.4.3, Peirce) em uma tela de computador. Os estímulos consistiram em vídeos de uma ação de alcance-preensão dirigida a objetos realizada pelo membro ipsilateral ou contralateral ao membro imobilizado.

Além disso, duas condições visuais foram criadas: VO, na qual um retângulo preto obstruiu os últimos 50% da trajetória do movimento; e VL, em que a totalidade do movimento permaneceu visível como mostra a **Figura 13**. A duração média dos vídeos é de $1249,98 \pm 88,2\text{ms}$. Os participante realizaram o teste em 2 sessões:

Figura 13 - Design experimental para as duas condições visuais (Visão Livre x Visão Ocluída).



Para ilustrar a figura da condição de oclusão, foram usados conjuntos de transparência, porém, no experimento, foi utilizado um retângulo no vídeo que promove a oclusão completa. Fonte: O autor

4.9 Procedimentos

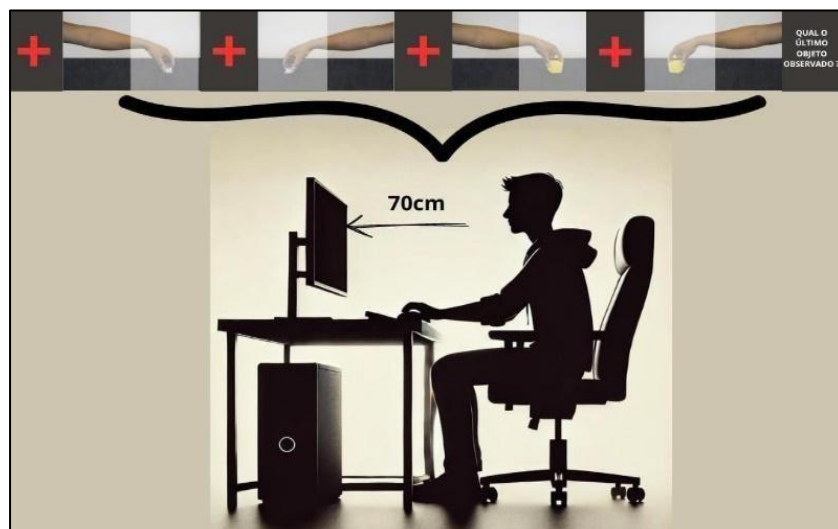
Os participantes foram acomodados em uma sala silenciosa e com pouca iluminação. Ficaram sentados acerca de 70 cm de distância de um monitor de computador (14"; 1024 x 768; 60 Hz) e receberam as instruções do estudo. Foi aplicado um bloco de treinamento de com 2 blocos de 4 vídeos em e que não foram utilizados no experimento. Este treino permitiu ao participante compreender a tarefa antes do experimento propriamente dito. A tarefa do voluntário consistiu em estimar/prever tempo do primeiro contato entre a mão e o objeto nas duas condições visuais: VL e VO. Por isso, o participante pressionou a barra de espaço do teclado do computador. As tarefas na condição de oclusão sempre ocorreram antes das tarefas em condição de visão livre, a fim de evitar qda condição oclusão

Foram utilizados quatro vídeos de cada membro superior que foram repetidos 4 vezes em cada condição visual, totalizando 64 repetições (2 condições visuais x 4 vídeos x 4 repetições x 2 Sessões). A duração do experimento foi de aproximadamente 30 minutos com um intervalo de 5 minutos entre o bloco VL e o bloco VC.

Uma cruz de fixação permaneceu durante 500 milissegundos (ms) no centro da tela. Logo após o desaparecimento da cruz de fixação, o vídeo iniciava com a imagem estática da mão e do objeto durante 1500 ms (**Figura 14**). A ordem da apresentação dos vídeos foi randomizada. Introduzimos em cada bloco quatro perguntas para avaliar a atenção dos participantes, no que diz respeito ao reconhecimento do objeto presente na cena visual. Os participantes responderam oralmente e as respostas

foram registradas no formulário de Anamnese. O experimento foi realizado em duas etapas, a saber, antes e após a imobilização do braço direito. Entre estas etapas houve um intervalo

Figura 14 – Teste psicofísico de predição da ação nas condições VL e VO



Fonte: Silva, JL (2024). Elaborado no Canva

5 ANÁLISE DOS DADOS

Estimamos o Erro de predição (EP) dos participantes como sendo a diferença entre a estimativa temporal do primeiro contato mão-objeto pelo participante e o tempo real deste primeiro contato. O EP foi expresso em milissegundos (ms). Foram considerados outliers os valores superiores ou inferiores à média do grupo $\pm$ dois desvios-padrões. Calculamos o erro constante (EC; media da diferença entre a resposta do participante e o tempo real do contato mão-objeto) e o erro variável (EV; media dos desvios padrões). Comparamos os EC e EV utilizando uma ANOVA de medidas repetidas com os seguintes fatores: condição (imobilizado ou sem imobilização), visão (livre ou oclusão) e lateralidade (direita ou esquerda). O nível de significância foi de $p < 0,05$. Nos casos de efeitos significantes, utilizamos o teste post-hoc de Holm. A magnitude do efeito na ANOVA foi expresso pelo valor de eta parcial quadrado (η^2p). Comparamos as medidas de sensibilidade tátil e da escala analógica numérica da dor utilizando um teste-t, antes e depois da imobilização ($p < 0,05$).

6 RESULTADOS

Nenhum dos participantes relatou dor em qualquer uma das condições experimentais, conforme avaliado pela Escala numérica de Dor. Além disso, a avaliação da sensibilidade tátil, realizada por meio de estesiômetro, não indicou alterações perceptivas tanto na condição imobilizado quanto na sem imobilização. Não foi possível aplicar o teste *t* pareado para as variáveis dor e sensibilidade (teste de Semmes-Weinstein usando apenas o microfilamento verde de 0.05 g), pois não houve nenhuma mudança nos valores antes e depois da intervenção.

6.1 Erro constante

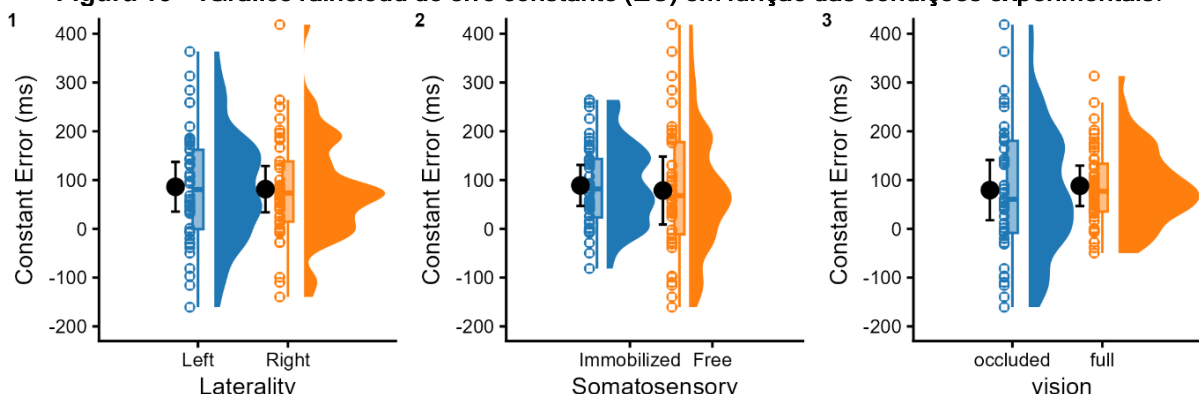
O erro constante (EC) não apresentou efeito principal significativo da condição somatossensorial ($F(1,11) = 0,131$, $p = 0,725$, $\eta^2p = 0,012$). O EC na condição de imobilização foi de 89 ms (DP = 83,6), enquanto na condição livre foi de 78,5 ms (DP = 128).

De modo semelhante, não foi observado efeito principal significativo da condição visual ($F(1,11) = 0,198$, $p = 0,665$, $\eta^2p = 0,018$). O EC foi de 88,2 ms (DP = 79,4) na condição com visão completa e de 79,4 ms (DP = 131) na condição com oclusão visual.

Além disso, não foi identificado efeito principal significativo da lateralidade ($F(1,11) = 0,220$, $p = 0,648$, $\eta^2p = 0,020$). O EC para a observação do membro superior direito foi de 81,4 ms (DP = 103), enquanto para o membro superior esquerdo foi de 86,2 ms (DP = 113).

Por fim, nenhuma das interações entre os fatores analisados atingiu significância estatística ($p > 0,05$).

Figura 15 – .Gráfico raincloud do erro constante (EC) em função das condições experimentais.



O ponto preto representa a média, e a barra vertical preta indica o erro associado à média ($\pm$ erro padrão). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as condições somatossensoriais, visuais ou de lateralidade, assim como não houve interações significativas entre as variáveis analisadas.

6.2 Erro variável

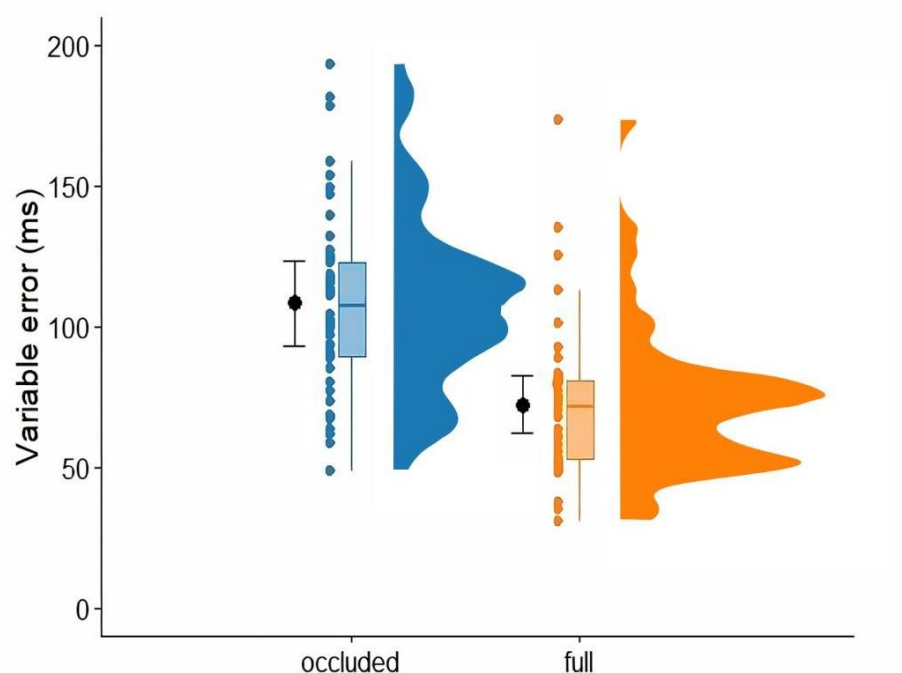
O erro variável (EV) apresentou efeito principal significativo da condição visual ($F(1,11) = 25,514$, $p < 0,001$, $\eta^2p = 0,699$). A variabilidade das estimativas dos participantes foi maior na condição com oclusão visual (108,0 ms; DP = 32,4) em comparação à condição com visão completa (72,3 ms; DP = 26,1; Fig. 5).

Entretanto, não foi observado efeito principal significativo da condição somatossensorial ($F(1,11) = 0,130$, $p = 0,726$, $\eta^2p = 0,012$). O EV foi de 91,5 ms (DP = 37,7) na condição de imobilização e de 89,2 ms (DP = 31,2) na condição livre.

Além disso, não foi encontrado efeito principal significativo da lateralidade ($F(1,11) = 1,118$, $p = 0,313$, $\eta^2p = 0,092$). O EV para a observação do membro superior esquerdo foi de 92,9 ms (DP = 39,8), enquanto para o membro superior direito foi de 87,9 ms (DP = 28,3).

Por fim, nenhuma das interações entre os fatores analisados apresentou significância estatística ($p > 0,05$).

Figura 16 -. Gráfico raincloud do erro variável (EV) em função da condição visual.



O ponto preto representa a média, e a barra vertical preta indica o erro associado à média ($\pm$ erro padrão), tanto para a condição representada em azul quanto para a condição em laranja. A ausência de sobreposição entre as barras indica diferença entre as condições. Observa-se maior variabilidade na condição de oclusão visual em comparação à condição de visão completa.

7 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou o papel das aferências somatossensoriais e visuais na predição da ação após 10 horas de imobilização do membro superior direito. Para isso, os participantes estimaram o tempo de contato entre uma mão em movimento e um objeto em diferentes condições somatossensoriais (imobilizado vs. livre) e visuais (visão completa vs. oclusão parcial da trajetória). Os resultados demonstraram que nem a restrição somatossensorial nem a manipulação visual interferiram na acurácia das estimativas temporais. Entretanto, observou-se aumento da variabilidade das respostas na condição de oclusão visual, independentemente da lateralidade e da condição de imobilização. Esses achados sugerem que a predição da ação não depende exclusivamente da disponibilidade de pistas visuais ou do estado das aferências somatossensoriais, indicando que o sistema motor é capaz de reconstruir endogenamente a porção oculta do movimento a partir de representações motoras internas. Assim, mesmo diante da oclusão visual, os participantes mantiveram níveis de acurácia semelhantes aos observados na condição de visão completa, corroborando estudos psicofísicos prévios que demonstraram a utilização de conhecimento motor implícito para reconstrução de trajetórias humanas ocultas (Prinz et al., 1997; Hilt et al., 2006; Saunier et al., 2008, 2015, 2021).

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 das aferências somatossensoriais na predição da ação. Por fim, na terceira seção discutiremos um possível circuito cortical envolvido na predição de ações.

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

Constatamos que no EC, a condição de VO ou de visão livre da ação não interferiu na predição de uma ação dirigida aos objetos, pois independentemente da condição visual os participantes conseguiram estimar com precisão o tempo de contato mão-objeto. A condição de visão ocluída influenciou apenas na variabilidade (EV) das respostas dos participantes. 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 (Knoblich G.et. al, 2001).

De fato, a literatura evidenciou que a observação de invariantes cinemáticos, característicos do movimento biológico, são suficientes para recrutar as representações motoras correspondentes (Prinz, 1997; Hommel et al., 2001; Dayan et al., 2007). Estudos psicofísicos reforçam essa ideia ao indicar que indivíduos conseguem extrair informações cinemáticas observadas para inferir a parte final de movimentos simples ou complexos (Pozzo et al., 2006; Saunier et al., 2008, 2021). Nesse contexto, durante a reconstrução de trajetórias parcialmente ocluídas, a utilização de informações motoras torna-se essencial para suprir a ausência de pistas visuais (Pozzo et al., 2006; Saunier et al., 2008, 2021) e antecipar o contato entre a mão e o objeto (Saunier et al., 2013). Assim, a perda de informação visual seria compensada por um processo de simulação motora implícita (Pozzo et al., 2006; Saunier et al. 2008 e 2021).

De fato, o recrutamento desses modelos internos da ação se dá através da projeção de ações recorrentes (i.e., pertencendo ao repertório motor dos participantes). Vários autores (Saygin e Stadler 2012; Stadler 2012; Cross et al. 2013; Urgen e Saygin, 2020) sugerem que o modelo interno preditivo elabora uma cópia de eferência dos movimentos observados no decorrer da ação estimando as consequências sensoriais do comando motor (Kawato, 1999; Wolpert e Ghahramani, 2000; Wolpert e Flanagan, 2001). Consequentemente, o conhecimento previo do movimento observado a ser realizado facilita a utilização desses modelos internos da ação que estimam o tempo de contato mão-objeto e a parte final do movimento ainda que ocluído.

Assim, sugerimos que a previsibilidade da perda de informação visual em nosso protocolo experimental, facilita o envolvimento do córtex sensório-motor, fazendo com que a representação da ação persista mesmo na ausência de entrada visual. Ratificando esse conceito, Saunier et al. (2013) observaram durante a fase de oclusão de uma locomoção biológica representada pelos movimentos de pontos luminosos, uma modulação da atividade eletroencefalográfica das regiões centro-parietal e occipito-temporal direita, quando comparado ao mesmo período de oclusão de um movimento embaralhado de pontos luminosos. Esse resultado sugere o recrutamento

das representações sensório-motoras do movimento durante o período de oclusão. Isso evidencia que a predição temporal da ocorrência visual (i.e., oclusão) é relevante para o processamento da permanência do movimento biológico, fato evidenciado quando não houve recrutamento dessas regiões corticais nas vezes que o aparecimento do oclutor foi imprevisível (Saunier et al., 2013).

7.4 Interferência da imobilização na predição da ação

A ausência de efeito da imobilização sobre o erro constante e o erro variável indica que os mecanismos envolvidos na predição temporal de ações não dependem diretamente das aferências somatossensoriais nem das alterações corticais associadas ao córtex motor primário. Embora estudos anteriores tenham demonstrado que dez horas de imobilização do membro superior são suficientes para induzir reorganização cortical, incluindo redução da representação corticomotora dos músculos intrínsecos da mão e diminuição da excitabilidade corticoespinal (Bassolino et al., 2014; Avanzino et al., 2015), tais modificações neurofisiológicas não parecem produzir impacto comportamental significativo sobre a predição de ações observadas. Esses achados diferem parcialmente de resultados recentes que evidenciaram interferência das aferências somatossensoriais na predição de ações (Hilt et al., 2026). Entretanto, enquanto a vibração muscular utilizada naquele estudo induzia ilusões cinestésicas capazes de alterar os modelos internos relacionados ao estado postural, a imobilização empregada no presente estudo provavelmente manteve um influxo somatossensorial relativamente constante. Dessa forma, a ausência de ilusões cinestésicas pode explicar a preservação da acurácia preditiva observada. Além disso, os resultados sugerem que a reorganização cortical decorrente de curtos períodos de restrição não é suficiente para comprometer os mecanismos envolvidos na predição temporal de ações, possivelmente porque esse processo depende de uma rede neural mais ampla, envolvendo áreas pré-motoras, parietais e estruturas subcorticais, e não exclusivamente do córtex motor primário.

7.5 Possível circuito cortical envolvido na predição de ações

Os resultados do presente estudo sugerem que a predição do tempo de contato mão-objeto, a partir da observação de movimentos de alcance-preensão parcialmente ocluídos, envolve circuitos cerebrais especializados na simulação e antecipação de

ações. Embora não tenhamos registrado atividade cerebral diretamente, é possível propor, com base na literatura, uma circuitaria envolvida nesse processo de predição da ação.

Estudos anteriores indicam que a rede de percepção-ação, composta pelo córtex pré-motor, córtex parietal, sulco temporal superior (STS) e cerebelo, é crucial para a simulação motora e predição da ação de terceiros (Urgen & Saygin, 2020; Iacoboni et al., 2001; Miall, 2003; Rizzolatti & Sinigaglia, 2008). Essa rede seria responsável por representar internamente as propriedades dinâmicas da ação observada, permitindo ao observador antecipar eventos futuros mesmo na ausência de pistas visuais, como ocorreu na condição de visão ocluída do presente experimento.

Em especial, o córtex parietal parece exercer papel central ao integrar informações sensoriais com planos motores preditivos, estabelecendo conexões recíprocas com o córtex pré-motor e o STS (Urgen & Saygin, 2020). Fontana et al. (2012) reforçam esse papel ao mostrarem que pacientes com lesão parietal apresentam prejuízos na geração de potenciais preditivos (PPs) durante a observação de ações previsíveis, enquanto essa resposta se mantém preservada em pacientes com lesões pré-motoras. Isso sugere que a integridade do córtex parietal é essencial para a estimativa precisa do momento em que uma ação ocorrerá.

A literatura também destaca a participação do cerebelo nesse circuito, atuando no refinamento temporal e na comparação entre o movimento previsto e o observado (Miall, 2003; Blakemore & Sirigu, 2003; Saunier et al., 2021). Tal contribuição pode ter sido decisiva nas condições em que os participantes precisaram inferir a parte final da trajetória do movimento, o que implicou em maior dependência de simulações internas precisas.

8 CONCLUSÃO

O presente estudo investigou a contribuição das aferências somatossensoriais e da visão na predição da ação após 10 horas de imobilização do membro superior direito. Os resultados demonstraram que a imobilização não interferiu significativamente na acurácia da predição da ação, assim como não foram observados efeitos da lateralidade sobre as estimativas temporais. Esses achados sugerem que a predição da ação não depende exclusivamente das aferências somatossensoriais ou da disponibilidade contínua de informação visual, indicando que o sistema motor é capaz de reconstruir internamente partes ocultas do movimento com base em representações motoras.

Em relação ao erro variável, observou-se aumento da variabilidade das respostas na condição de oclusão visual quando comparada à visão completa. Esse resultado indica que a informação visual não altera a acurácia média da predição da ação, mas contribui para maior estabilidade e consistência das estimativas temporais.

Além disso, embora estudos prévios demonstrem que períodos curtos de imobilização possam induzir reorganização cortical no córtex motor primário, os resultados do presente estudo sugerem que tais alterações não foram suficientes para produzir efeitos comportamentais detectáveis na predição da ação. Isso reforça a hipótese de que a predição da ação depende de uma rede neural mais ampla, envolvendo áreas associadas à integração entre percepção e ação.

Por fim, os achados contribuem para a compreensão dos mecanismos envolvidos na predição da ação, demonstrando que alterações somatossensoriais transitórias não comprometem a acurácia preditiva, enquanto a disponibilidade de informação visual influencia principalmente a variabilidade das estimativas. Entretanto, limitações relacionadas ao tamanho amostral e à ausência de medidas neurofisiológicas devem ser consideradas. Estudos futuros poderão ampliar essa investigação utilizando diferentes tarefas motoras e protocolos experimentais complementares.

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.
- AHMADIAN, Pouya; SANEI, Saeid; MUSSI, Luca; ASCARI, Luca; UMILTÁ, Maria Alessandra. **Automatic detection of readiness potential**. In: PROCEEDINGS OF THE 9TH IASTED INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING, BIOMED 2012, Anais [...]. [s.l.: s.n.] p. 80-87. DOI: 10.2316/P.2012.764-093.
- ASSOCIAÇÃO MÉDICA MUNDIAL. **Declaração de Helsinque da WMA sobre princípios éticos para pesquisas médicas envolvendo seres humanos**. Fortaleza: [S.n.], 2013
- AVANZINO, L; BASSOLINO, M; POZZO, T; BOVE, M. **Use-dependent hemispheric balance**. J Neurosci. 2011 Mar 2;31(9):3423-8. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4893-10.2011. PMID: 21368053; PMCID: PMC6623942.
- AVANZINO, L; GUEUGNEAU, N; BISIO, A; RUGGERI, P; PAPAXANTHIS, C; BOVE, M. **Motor cortical plasticity induced by motor learning through mental practice**. Front Behav Neurosci. 2015 Apr 28;9:105. doi: 10.3389/fnbeh.2015.00105. PMID: 25972791; PMCID: PMC4412065..
- BASSOLINO, M; BOVE, M; JACONO, M; FADIGA, L; POZZO, T. **Functional effect of short-term immobilization: kinematic changes and recovery on reaching-to-grasp**. Neuroscience. 2012 Jul 26;215:127-34. doi:10.1016/j.neuroscience.2012.04.019. Epub 2012 Apr 19. PMID: 22521828.
- BASSOLINO, M; CAMPANELLA, M; BOVE, M; POZZO, T; FADIGA, L. (2014). **Training the motor cortex by observing the actions of others during immobilization**. Cerebral Cortex, 25(9), 2859-2872. doi: 10.1093/cercor/bht190
- BELL-KROTOSKI, J.A. **Teste de toque leve - pressão profunda usando os monofilamentos de Semmes-Weinstein**. In: HUNTER, J. M. et al. (Eds.). Reabilitação da Mão. 3. ed. St. Louis: CV Mosby Co, 1989. cap. 42.
- BELLAN, V., WALLWORK, S. B., GALLACE, A., SPENCE, C., & MOSELEY, G. L. (2022). **Investigating the influence of chronic shoulder pain on motor imagery: A left/right judgement task study**. European Journal of Pain, 26(3), 610-620. <https://doi.org/10.1002/ejp.1894>
- 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.
- 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.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de prevenção de incapacidades**. Brasília:Secretaria de Vigilância em Saúde, 2008. 3. ed. n. 1. 140 p.

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.

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.

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

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 MARCO, D; SCALONA, E; BAZZINI, M.C; NUARA, A; TAGLIONE, E; LOPOMO, N.F; RIZZOLATTI, G; FABBRI-DESTRO, M; AVANZINI, P. **Observation of others'actions during limb immobilization prevents the subsequent decay of motor performance**. Proc Natl Acad Sci U S A. 2021 Nov 23;118(47):e2025979118. doi: 10.1073/pnas.2025979118. PMID: 34782480; PMCID: PMC8617512.

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.

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.

FADIGA, L; FOGASSI, Leonardo; GALLESE, Vittorio; RIZZOLATTI, Giacomo. **Visuomotor neurons: Ambiguity of the discharge or "motor" perception?** International Journal of Psychophysiology, [S. l.], v. 35, p. 165-177, 2000. DOI: 10.1016/S0167- 8760(99)00051-3.

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.

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.

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.

GOMI, H., KAWATO, M. **Adaptive feedback control models of the vestibulocerebellum and spinocerebellum.** Biol. Cybern. 68,105-114(1992). <https://doi.org/10.1007/BF00201432>

HARDWICK, Robert M.; CASPERS, Svenja; EICKHOFF, Simon B.; SWINNEN, **Stephan P. Neural correlates of action: Comparing meta-analyses of imagery, observation, and execution.** Neuroscience and Biobehavioral Reviews, [S. l.], v. 94, p. 33, 2018. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.08.003.

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.

HUBER R, GHILARDI MF, MASSIMINI M, FERRARELLI F, RIEDNERBA, PETERSON MJ, TONONI G. **Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity.** Nat Neurosci. 2006 Sep;9(9):1169-76. doi: 10.1038/nn1758. PMID: 16936722.

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.

ISHIDA, Hiroaki; SUZUKI, Keisuke; GRANDI, Laura Clara. **Predictive coding accounts of shared representations in parieto-insular networks.** Neuropsychologia, [S. l.], v. 70, p. 442-454, 2014. DOI: 10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2014.10.020.

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. **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.

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. Neuro-biol., v. 9, p. 718-727, 1999.

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.

KEMMERER, David. **What modulates the Mirror Neuron System during action observation? 54 Multiple factors involving the action, the actor, the observer, the relationship between actor and observer, and the context.** Progress in Neurobiology, [S. l.], v. 205, Junho, 2021. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2021.102128. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2021.102128>.

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

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.

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

KORNHUBER HH, DEECKE L. **hirnpotentialaenderungen bei willkuerbewegungen und passiven bewegungen des menschen: bereitschaftspotential und reafferente potentiale** [changes in the brain potential in voluntary movements and passive movements in man: readiness potential and reafferent potentials]. Pflugers Arch Gesamte Physiol Menschen Tiere. 1965 May 10;284:1-17. German. PMID: 14341490. doi:10.1007/bf00412364

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

MEIROVITCH Y, HARRIS H, DAYAN E, ARIELI A, FLASH T. **Alpha and beta band event-related desynchronization reflects kinematic regularities.** J Neurosci. 2015 Jan 28;35(4):1627-37. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5371-13.2015. PMID: 25632138; PMCID: PMC6795263.

MCNAMEE, D.; WOLPERT, D. M. **Internal Models in Biological Control.** Annual

Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems, v. 2, p. 339-364, May. 2019.

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

MORTON SM, BASTIAN AJ. **Cerebellar contributions to locomotor adaptations during splitbelt treadmill walking**. J Neurosci. 2006 Sep 6;26(36):9107-16. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2622-06.2006. PMID: 16957067; PMCID: PMC6674518.

NEDELKO, V.; HASSA, T.; HAMZEI, F.; SCHOENFELD, M. A. et al. **Action imagery combined with action observation activates more corticomotor regions than action observation alone**. J Neurol Phys Ther, 36, n. 4, p. 182-188, Dec 2012.

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.

OLDFIELD, R.C. **The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory**. Neuropsychologia, v. 9, n. 1, p. 97-113. 1971.

OPIE, G.M., A. Evans, M.C. Ridding, J.G. Semmler, **Short-term immobilisation influences use-dependent cortical plasticity and fine motor performance**, Neuroscience (2016), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.06.002>

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.

PASCUAL-LEONE, A., AMEDI, A., Fregni, f., & Merabet, I. B. (2005). **The plastic human brain cortex**. Annual Review of Neuroscience, 28(1), 377- 401. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216.

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.

POZZO T, PAPAXANTHIS C, PETIT JL, SCHWEIGHOFER N, STUCCHI N. **Kinematic features of movement tunes perception and action coupling**. Behav Brain Res. 2006 Apr 25;169(1):75-82. doi: 10.1016/j.bbr.2005.12.005. Epub 2006 Jan 20. PMID:16430976.

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

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.

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

RIZZOLATTI, Giacomo; FADIGA, Luciano; GALLESE, Vittorio; FOGASSI, Leonardo. **Premotor cortex and the recognition of motor actions**. Cognitive Brain Research, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 131-141, 1996. DOI: 10.1016/0926-6410(95)00038-0.

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

RIZZOLATTI G, SINIGAGLIA. **Les neurons miroirs**. Editions Odile Jacob, 2008.

RODRIGUES, E. Carvalho; FONTANA, A. P.; JOFFILY, M.; SAUNIER, G.; KILNER, J.; VARGAS, C. D.; SIRIGU, A. 133. **Predicting an observed movement after unilateral upper- limb amputation**. Clinical Neurophysiology, [S. l.], v. 119, n. 9, p. e132, 2008. DOI: 10.1016/J.CLINPH.2008.04.149.

ROHRER B, FASOLI S, KREBS HI, HUGHES R, VOLPE B, FRONTERA WR, STEIN J, HOGAN N. **Movement smoothness changes during stroke recovery**. J Neurosci. 2002 Sep 15;22(18):8297-304. doi: 10.1523/JNEUROSCI.22-18- 08297.2002. PMID:12223584; PMCID: PMC6758113.

SAINBURG, R. L. (2016). **Laterality of basic motor control mechanisms: Differential deficits with left vs. right hemisphere damage**. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 18. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00018>

SANES JN, DONOGHUE JP. **Plasticity and primary motor cortex**. Annu Rev Neurosci. 2000;23:393-415. doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.393. PMID: 10845069.

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

SCHURGER A, COWEY A, TALLON-BAUDRY C. **Induced gamma-band oscillations correlate with awareness in hemianopic patient GY.** *Neuropsychologia*. 2006;44(10):1796-803. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.015. Epub 2006 Apr 19. PMID: 16620886.

SHADMEHR, R.; WISE, S. P. **A simple muscle model. Supplement to (Shadmehr and Wise, 2005a).** Online at <http://www.shadmehrlab.org/book/musclemodel.pdf>, 2005.

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

SHIBASAKI H, HALLETT M. **What is the Bereitschaftspotential?** *Clin Neurophysiol*. 2006 Nov;117(11):2341-56. doi: 10.1016/j.clinph.2006.04.025. Epub 2006 Jul 28.PMID: 16876476.

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 Neurophysiologie*, v. 43, n. 1, 2012.

TOUSSAINT, L; BIDEI-ILDEI, C; Scotto, C; BADETS, A. **Effects of short-term hand immobilization on anticipatory mechanism for tool use.** *Psychol Res*. 2023 Apr 17. doi: 10.1007/s00426-023-01824-w. Epub ahead of print. PMID: 37067604.

TRIGGS, W. J., CALVANIO, R., LEVINE, M., HEATON, R. K., & HEILMAN, K. M.(1997). **Predicting hand preference with performance on motor tasks.** *Cortex*, 33(1), 171-189. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(97\)80010-6](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(97)80010-6)

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.

URGEN, B. A.; SAYGIN, A. P. **Predictive processing account of action perception: Evidence from effective connectivity in the action observation network.** *Cortex*, v. 128, 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.

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.

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

WOLPERT DM. **Computations in Sensorimotor Learning**. Cold Spring Harb Symp Quant Biol. 2014;79:93-8. doi: 10.1101/sqb.2014.79.024919. Epub 2015 Apr 7. PMID: 25851507; PMCID: PMC6101204.

WOLPERT DM, FLANAGAN JR. **Motor prediction**. Curr Biol. 2001 Sep 18;11(18):R729-32. doi: 10.1016/s0960-9822(01)00432-8. PMID: 11566114.

WOLPERT DM, GHAHRAMANI Z. **Computational principles of movement neuroscience**. Nat Neurosci. 2000 Nov;3 Suppl:1212-7. doi: 10.1038/81497. PMID: 11127840.

ANEXO I - CAAE

UFPA - INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA Título da Pesquisa: CONTRIBUIÇÃO DAS AFERÊNCIAS SENSORIAIS NA PREDIÇÃO DA AÇÃO Pesquisador: Ghislain Jean Andre SAUNIER Área Temática: Versão: 1 CAAE: 79256823.0.0000.0018 Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano Patrocinador Principal: Financiamento Próprio DADOS DO PARECER Número do Parecer: 6.892.803 Apresentação do Projeto: O projeto intitulado: Contribuição das aferências sensoriais na prevenção da ação propõe investigar a contribuição das aferências sensoriais na predição da ação de outrem através da Imobilização do membro superior. Recrutaremos 20 adultos saudáveis de ambos os sexos com idade entre 18 e 30 anos que serão instruídos a não mover os dedos da mão direita durante o período de Imobilização de 10 horas, das 8h às 18h. Antes e depois da Imobilização, vídeos de alcance-preensão de objetos serão apresentados na tela de um computador e os participantes deverão prever o tempo de contato mão-objeto apertando a barra de espaço. Esses vídeos poderão ser completos ou incompletos (I.e., a metade final da ação será ocluída). Compararemos os erros de predições (EP) dos participantes (I.e., a diferença temporal entre a estimativa do participante e o tempo real de contato mão-objeto) antes e depois da Imobilização por meio de uma Análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas, incluindo os seguintes fatores: Imobilização (antes e depois); condição visual (oclusão e visão completa) e membro superior (ipsilateral e contralateral ao membro imobilizado). O nível de significância será de $p < 0,05$. Objetivo da Pesquisa: GERAL Investigar a contribuição das aferências sensoriais na predição da ação de outrem.	
Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do IC8 - sala 13 - 2º and. Bairro: Guamá CEP: 66.075-110 UF: PA Município: BELEM Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepccs@ufpa.br	

ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO -TCLE

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

Título do Projeto: Contribuição das aferências visuais e somatossensoriais na predição da ação

Pesquisadora: Joás Lopes da Silva

Orientador: Ghislain Saunier

Eu, _____, voluntariamente, consinto em participar como sujeito em um estudo sobre “*Contribuição das aferências visuais e somatossensoriais na predição da ação*” 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 garantida 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, a fim 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 III – HANDEDNESS QUESTIONNAIRE
<http://www.brainmapping.org/shared/Edinburgh.php>

COM QUE MÃO VOCÊ PREFERE USAR?				
	Left (Esquerda)	No pref (sem preferência)	Right (Direita)	Do you ever use the other hand?(Você já usou a outra mão?)
Writing (escrever)				
Drawing (Desenhar)				
Throwing (Jogar)				
Using Scissors (Usar tesoura)				
Using a Knife without a fork (usando uma faca sem garfo)				
Using a Spoon (usando uma colher)				
Using a Broom – upper hand (usando uma vassoura – lado superior)				
Striking a Match (Riscando um fósforo)				
Opening a Box - holding the lid (abrindo uma caixa - segurando a tampa)				
ITENS A SEGUIR NÃO ESTÃO NA NORMA DO INVENTÁRIO				
Holding a computer mouse (Segurando um mouse de computador)				
Using a Key to unlock a door (usando uma chave para abrir a porta)				
Holding a Hammer (Segurando um martelo)				
Holding a brush or comb (segurando uma escova ou pente)				

Holding a cup while drinking (segurando uma xícara enquanto bebe)				
---	--	--	--	--

INDEX DE LATERALIDADE: _____ DECILE: _____

LATERALITY INDEX (LI)	DECILE
LI = -100	10 th left
-100 ≤ LI < -92	9th Left
-92 ≤ LI < -90	8th Left
-90 ≤ LI < -87	7th Left
-87 ≤ LI < -83	6th Left
-83 ≤ LI < -76	5th Left
-76 ≤ LI < -66	4th Left
-66 ≤ LI < -54	3d left
-54 ≤ LI < -42	2d left
-42 ≤ LI < -28	1st left
-28 ≤ LI < 48	Middle
48 ≤ LI < 60	1st right
60 ≤ LI < 68	2d right
68 ≤ LI < 74	3d right
74 ≤ LI < 80	4th right