

Natália Lelis Torres

**O EFEITO DA APRENDIZAGEM PERCEPTIVA VISUAL NA APRENDIZAGEM
MOTORA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2023

Natália Lelis Torres

O EFEITO DA APRENDIZAGEM PERCEPTIVA VISUAL NA APRENDIZAGEM MOTORA

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas Gerais como quesito parcial à obtenção do título de doutora em Ciências do Esporte.

Linha de pesquisa: Aspectos psicobiológicos do desempenho humano

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage

Coorientador: Prof. Dr. Takeo Watanabe

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2023

T693e Torres, Natália Lelis
2023 O efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora. [manuscrito]
/ Natália Lelis Torres – 2023.
141 f.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage
Coorientador: Takeo Watanabe

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 116-126

1. Aprendizagem motora – Teses. 2. Percepção visual – Teses. 3. Aprendizagem percepto-motora – Teses. I. Lage, Guilherme Menezes. II. Watanabe, Takeo. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 796.012.1

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: n° 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

Às **13:30 horas** do dia **28 de abril de 2023**, reuniu-se em formato remoto a Comissão Examinadora da Tese, indicada pelo Colegiado do Programa para julgar, em exame final, o trabalho intitulado “**O EFEITO DA APRENDIZAGEM PERCEPTIVA VISUAL NA APRENDIZAGEM MOTORA**”. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage EEEFTO/UFMG, orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra para a candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (Orientador) – EEEFTO/UFMG

Prof. Dr. Takeo Watanabe (Coorientador) - BROWN UNIVERSITY

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch - EEEFTO/UFMG

Prof. Dr. Pablo Juan Greco – EEEFTO/UFMG

Prof. Dr. Sergio Tosi Rodrigues – UNESP

Após as indicações a candidata foi considerado: **APROVADA**

O resultado foi comunicado publicamente para a candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 24 de maio de 2023.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **SÉRGIO TOSI RODRIGUES, Usuário Externo**, em 24/05/2023, às 14:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Menezes Lage, Chefe de departamento**, em 07/06/2023, às 16:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pablo Juan Greco, Professor do Magistério Superior**, em 07/06/2023, às 23:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Herbert Ugrinowitsch, Professor do Magistério Superior**, em 16/06/2023, às 17:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Takeo Watanabe, Usuário Externo**, em 22/06/2023, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2330667** e o código CRC **3CCD3B93**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por ser saudável, por todo amor e pela minha família.

Agradeço aos meus pais **Rogério** e **Luzia** por sempre me apoiarem mesmo quando pensavam que minhas escolhas eram muito ambiciosas ou que me levariam para longe deles. Agradeço à minha mãe pelo pensamento positivo nos momentos mais difíceis. Nos momentos de maior exaustão e frustração, minha mãe sempre me fazia ver que no final tudo dá certo e me lembrava de todo o caminho já percorrido e todo o progresso já alcançado. Nos momentos difíceis, meu pai sempre procurou me lembrar de que quando estamos sobrecarregados, tendemos a ver as coisas piores do que elas realmente são e isso me acalmava.

Agradeço ao meu irmão **Ramon** que, apesar de sermos completamente diferentes e de não conversarmos tanto com palavras, nos entendemos nos olhares e eu sei que posso contar com ele para qualquer coisa e que ele sempre estará lá por mim, como sempre esteve.

Agradeço ao meu marido **Andres** por me apresentar a uma vida mais simples e leve e por topar me acompanhar na construção da minha carreira. Aonde quer que eu vá, saber que ele estará comigo deixa tudo mais fácil.

Agradeço ao **Prof. Dr. Guilherme Lage**, meu caríssimo *teacher* orientador, pela condução do doutorado de forma empática e gentil. É uma honra trabalhar com ele. Guilherme é um exemplo de professor íntegro e preocupado com a formação dos alunos e de pesquisador comprometido com a disseminação de conhecimento e de ideias incríveis. A sua velocidade de raciocínio e capacidade de associar diferentes temas e de, então, surgir com novas perguntas é fantástica. Torço que após esses nove anos de orientação eu tenha absorvido um pouquinho da sua genialidade rsrs.

Agradeço ao **Prof. Dr. Takeo Watanabe**, meu coorientador, por tão prontamente abrir as portas do seu laboratório para eu fazer o estágio sanduíche e por aceitar o convite para me coorientar. O período que passei em seu laboratório foi maravilhoso tanto a nível profissional quanto a nível pessoal. Os estudos e discussões com ele e com os colegas de lá enriqueceram grandemente a minha

tese e amadureceram o meu entendimento acerca da carreira acadêmica. O professor Takeo é um dos maiores nomes da aprendizagem perceptiva visual e me enche de alegria ser coorientada por ele.

Agradeço ao meu psicólogo **Luiz** por me guiar no meu processo de autoconhecimento e de amadurecimento que tanto se cruzou com o meu processo de doutoramento. Terapia foi fundamental para concluir o processo.

Agradeço aos meus amigos, especialmente à **Maíra** e ao **Rafael** por todas as conversas, as reflexões, a sinceridade, os conselhos e por todo apoio a mim concedidos. Eles sempre estiveram lá para mim, compreenderam as minhas dúvidas e não julgaram as minhas loucuras.

Agradeço aos **amigos-colegas da pós-graduação** pelas discussões, ajudas e parceria. A cada apresentação no grupo a minha tese se tornou mais bem fundamentada e eu mais preparada para a defesa e o pós-defesa. A **Neurofamily** arrasa! Agradeço em especial à **Bárbara**, à **Juliana**, à **Nathália**, ao **Tércio**, à **Sara**, à **Cíntia** e ao **Henrico** por toda a ajuda disponibilizada, pelas discussões e parcerias, por todas as dúvidas tiradas e por toda paciência. Agradeço em especial ao **Tércio** pela construção da tarefa motora utilizada no estudo e pelas colaborações.

Agradeço também ao meu talentosíssimo vizinho **Nilson** pela confecção do apoio de mesa de testa e queixo. Dispor desse instrumento parecia que seria algo além das nossas condições até que o Nilson, com toda sua habilidade e disposição, nos salvou.

Agradeço também aos meus colegas estatísticos **Maira** e **Vitor** que me auxiliaram no entendimento da complexidade dos meus dados, me tirando dúvidas, me indicando análises e correções.

Agradeço a todos os **voluntários** que cederam seu tempo para fazer este estudo acontecer. Agradeço também à todos os envolvidos no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte e ao funcionários do Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG por direta ou indiretamente auxiliarem na realização do processo de doutoramento.

RESUMO

Para produzir um movimento é necessário perceber informações, decidir o que fazer em relação a elas e programar como o movimento será feito. Estudos indicam que a percepção de informações visuais tem grande importância no planejamento motor e que a maior demanda pela busca e processamento dessas informações influencia positivamente a aprendizagem motora. A eficiência em perceber informações pode ser alcançada por meio da aprendizagem perceptiva. Especula-se que a percepção mais eficiente de informações visuais seria benéfica para a aprendizagem motora. O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora. Participaram do estudo 24 voluntários ($24,30 \pm 5,16$ anos), de ambos os sexos, destros e inexperientes nas tarefas perceptiva e motora. A tarefa perceptiva consistiu em discriminar a direção de movimento coerente de círculos subliminares à atenção. A tarefa motora consistiu em realizar uma habilidade de apontamento em direção a um alvo. Em algumas condições da tarefa motora, o *feedback* visual da trajetória do apontamento foi distorcido em 45° no sentido horário. A aprendizagem perceptiva visual aconteceu antes da aprendizagem motora. Os participantes foram alocados em dois grupos: grupo de aprendizagem perceptiva e grupo controle. Os grupos foram pareados quando ao limiar de percepção de movimento coerente. A aprendizagem perceptiva consistiu de pré-teste (480 tentativas), prática da tarefa perceptiva (12 sessões de 110 tentativas cada) e pós-teste (480 tentativas). O grupo controle não praticou a tarefa perceptiva. A aprendizagem motora consistiu de cinco condições de 54 tentativas cada: *baseline* (sem distorção do *feedback*), *distorção_parte1* (com distorção do *feedback*), *distorção_parte2* (com distorção do *feedback*), *washout* (sem distorção do *feedback*) e *recall* (com distorção do *feedback*). A atividade eletroencefalográfica (EEG) foi registrada no pré-teste, pós-teste e durante todas as condições da tarefa motora. As variáveis utilizadas foram: discriminação de direção de movimento coerente, EEG – Índice de engajamento, tempo de reação (TR), tempo de movimento (TM), erro radial no pico de velocidade (ER_PV) e erro radial no final do movimento (ER_FINAL). Análises de variância (ANOVAs) foram conduzidas. Os resultados indicam que houve aprendizagem perceptiva visual no grupo de aprendizagem perceptiva e parece que o planejamento motor foi influenciado pela maior eficiência perceptiva, visto que um menor TR e ER_PV foram encontrados na fase inicial de aprendizagem motora. Contudo, a melhoria da percepção parece não ser adaptável, visto que não contribuiu positivamente para a adaptação sensório-motora demandada nas condições com distorção do *feedback* visual. Os achados mostram que a melhoria da percepção visual pode beneficiar o planejamento na aprendizagem motora, contudo, pode não contribuir em situações em que há demanda por adaptação visuomotora.

Palavras-chave: Percepção. Aprendizagem motora. Aprendizagem perceptiva visual. Adaptação sensório-motora.

ABSTRACT

To produce a movement the individual has to perceive information, decide on what to do over it, and program how the movement will be made. Several studies have indicated that the perception of visual information has great importance in motor planning and that the greater demand for searching and processing this information positively influences motor learning. Efficiency in perceiving information can be achieved through perceptual learning. One might hypothesize that a more efficient perception of visual information would benefit motor learning. The present study aimed to investigate the effect of visual perceptual learning on motor learning. 24 right-handed, inexperienced in the perceptual and motor tasks male and female individuals (24.30 ± 5.16 years) participated in this study. The perceptual task consisted of discriminating the coherent movement of subattentional dots. The motor task consisted of performing a manual aiming toward a target. In some motor task conditions, the visual feedback of the aiming trajectory was distorted by 45° clockwise. Visual perceptual learning took place before motor learning. Participants were allocated into two groups: the perceptual learning group and the control group. Groups were matched by the participant's coherent movement perception threshold. Perceptual learning phase consisted of pre-test (480 trials), perceptual task practice (12 sessions of 110 trials each) and post-test (480 trials). Control group did not practice the perceptual task. Motor learning phase consisted of five conditions of 54 trials each: baseline (no feedback distortion), distortion_part1 (with feedback distortion), distortion_part2 (with feedback distortion), washout (no feedback distortion), and recall (with feedback distortion). Electroencephalographic activity (EEG) was recorded at the pre and post-test and during all motor task conditions. Dependent variables were coherent movement direction discrimination, EEG – Engagement Index, reaction time (RT), movement time (MT), and root mean square error at peak velocity (RMSE_PV) and at the end of the movement (RMSE_END). Analyses of variance (ANOVAs) were conducted. The results indicate that there was visual perceptual learning in the perceptual learning group and it seems that motor planning was influenced by the greater perceptual efficiency since a lower RT and RMSE_PV were found in the initial phase of motor learning. However, the improvement in perception does not seem to be adaptive, as it did not contribute positively to the sensorimotor adaptation required in conditions with distortion of visual feedback. The findings show that the improvement of visual perception can benefit planning in motor learning, however, it may not contribute in situations where there is a demand for visuomotor adaptation.

Keywords: Perception. Motor learning. Visual perceptual learning. Sensorimotor adaptation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Processamento visual.....	16
FIGURA 2 - Via dorsal e via ventral	19
FIGURA 3 – Instrumentos utilizados no estudo.....	45
FIGURA 4 - Ilustração da tarefa de limiar de percepção de movimento coerente.....	48
FIGURA 5 - Ilustração da tarefa de teste de discriminação da direção do movimento coerente.	50
FIGURA 6 - Ilustração da tela de resposta da tarefa de teste de discriminação da direção do movimento coerente	51
FIGURA 7 – Ilustração de uma tentativa da tarefa de discriminação de direção de movimento coerente	53
FIGURA 8 – Ilustração de uma tentativa da tarefa motora.....	55
FIGURA 9 – Delineamento experimental.	60
GRÁFICO 1 - Análise descritiva da interação grupo x direção da variável discriminação de direção de movimento coerente..	72
GRÁFICO 2 - Análise descritiva do fator teste da variável discriminação de direção de movimento coerente.	73
GRÁFICO 3 - Análise descritiva da interação direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente.	74
GRÁFICO 4 - Análise descritiva da interação grupo x direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente..	75
GRÁFICO 5 - Análise descritiva da interação grupo x direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente..	76
GRÁFICO 6 – Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem perceptiva..	76
GRÁFICO 7 - Análise descritiva da interação condição x alvo da variável tempo de reação.	78
GRÁFICO 8 - Análise descritiva da interação grupo x alvo da variável tempo de movimento.....	79
GRÁFICO 9 - Análise descritiva do fator condição da variável erro radial no PV.....	80
GRÁFICO 10 - Análise descritiva da interação condição x alvo em que a direção foi treinada da variável erro radial no PV..	81
GRÁFICO 11 - Análise descritiva da interação condição x alvos em que a direção não foi treinada da variável erro radial no PV.....	82
GRÁFICO 12 - Análise descritiva da interação condição x alvo da variável erro radial no PV.....	82
GRÁFICO 13 - Análise descritiva do fator condição da variável erro radial no FINAL..	84
GRÁFICO 14 - Análise descritiva da interação condição x alvo em que a direção foi treinada da variável erro radial no FINAL..	85

GRÁFICO 15 - Análise descritiva da interação condição x alvos em que a direção não foi treinada da variável erro radial no FINAL..	86
GRÁFICO 16 - Análise descritiva da interação condição x alvo da variável erro radial no FINAL.	86
GRÁFICO 17 – Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem motora.	87
GRÁFICO 18 - Análise descritiva do fator alvo da variável tempo de reação na condição baseline.	88
GRÁFICO 19 - Análise descritiva da interação grupo x alvo da variável tempo de reação na condição baseline.	89
GRÁFICO 20 - Análise descritiva da interação grupo x alvo da variável tempo de movimento na condição baseline.	90
GRÁFICO 21 - Análise descritiva do fator alvo da variável erro radial no PV na condição baseline.	91
GRÁFICO 22 - Análise descritiva do fator alvo da variável erro radial no FINAL na condição baseline.	92
GRÁFICO 23 - Análise descritiva do fator grupo da variável erro radial no FINAL na condição baseline.	92
GRÁFICO 24 - Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na condição baseline da fase de aprendizagem motora.	93
GRÁFICO 25 - Análise descritiva do fator grupo da variável erro radial no FINAL na condição distorção_parte1.	95
GRÁFICO 26 - Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na condição distorção_parte1 da fase de aprendizagem motora.	96
GRÁFICO 27 - Análise descritiva do fato alvo da variável tempo de movimento na condição recall.	97
GRÁFICO 28 - Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na condição recall da fase de aprendizagem motora.	98
GRÁFICO 29 – Análise descritiva do erro radial no final do movimento no estudo piloto.	129
TABELA 1 - Tamanho amostral calculado para as variáveis tempo de reação e erro radial no PV.	42
TABELA 2 - Análise descritiva da quantidade de acerto da letra na tarefa motora.	130
TABELA 3 - Análise descritiva da quantidade de acerto dos animais na tarefa perceptiva.	131
QUADRO 1 - Resumo dos objetivos, hipóteses, variáveis e análises.	69

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

V1	Córtex visual primário
V2	Área secundária 2 do córtex visual
V3	Área secundária 3 do córtex visual
V3a	Área secundária 3 do córtex visual especializada em profundidade
V4	Área secundária 4 do córtex visual
V5 (MT)	Área secundária 5 do córtex visual
LIP	Córtex intraparietal lateral
EEG	Eletroencefalograma/ aparelho de eletroencefalografia/ atividade eletroencefalográfica
PV	Pico de velocidade
n	Tamanho amostral
Hz	Hertz
cm	Centímetro(s)
s	Segundo(s)
μ V	Microvolt(s)
ms	Milissegundo(s)
DEP	Densidade espectral de potência
α	Número real não negativo que determina o tamanho da janela Kaiser
°	Grau
min	Minuto(s)
h	Hora(s)
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

tts	Tentativas
kΩ	Quilohm(s)
TR	Tempo de reação
TM	Tempo de movimento
ER	Erro radial
ER_PV	Erro radial no pico de velocidade
ER_FINAL	Erro radial no final do movimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Percepção.....	15
2.2 Processamento visual	16
2.3 Percepção e aprendizagem motora.....	20
2.4 Aprendizagem perceptiva	27
2.4.1 Hipóteses explicativas sobre a aprendizagem perceptiva visual	30
2.4.2 Aprendizagem perceptiva visual no limiar atencional e subatencional ..	32
2.5 Aprendizagem perceptiva visual e aprendizagem motora	35
3 OBJETIVO E HIPÓTESES	40
3.1 Objetivo	40
3.1.2 Objetivos específicos	40
3.2 Hipóteses.....	40
4 MÉTODO.....	42
4.1 Cálculo amostral	42
4.2 Participantes	43
4.3 Cuidados éticos	43
4.4 Instrumentos	44
4.5 Tarefas	47
4.6 Delineamento	58
4.7 Procedimentos.....	61
4.8 Medidas e análises	63
4.8.1 Variáveis independentes	63

4.8.2 Variáveis dependentes	63
4.8.3 Análise estatística	66
4.8.4 Quadro resumo dos objetivos, hipóteses e avaliações	69
5 RESULTADOS.....	72
5.1 Fase de aprendizagem perceptiva.....	72
5.2 Fase de aprendizagem motora	77
5.2.1 Resultados comparando todas as condições	77
5.2.2 Resultados da condição <i>baseline</i>	88
5.2.3 Resultados da condição <i>distorção_parte1</i>	93
5.2.4 Resultados da condição <i>recall</i>	96
6 DISCUSSÃO	99
7 CONCLUSÃO	115
REFERÊNCIAS.....	116
APÊNDICE 1	127
APÊNDICE 2.....	130
APÊNDICE 3.....	131
APÊNDICE 4.....	132
ANEXO 1.....	134

1 INTRODUÇÃO

Para planejar um movimento é necessário perceber estímulos sensoriais provenientes do ambiente e também do próprio corpo (TRESILIAN, 2012). O indivíduo identifica informações relacionadas a como se encontra o corpo em relação ao ambiente, informações acerca das especificações da resposta a ser realizada e informações acerca de execuções anteriores, tais como o erro detectado e quais foram as consequências sensoriais percebidas (SCHMIDT, 1975). A interação destas informações permite que o indivíduo selecione e realize a resposta motora mais adequada à meta da habilidade.

Dentre as modalidades de informações sensoriais, a informação visual é a que mais contribui para o entendimento do indivíduo acerca do ambiente que o cerca (GAZZANIGA; HEATHERTON; HALPERN, 2018). A visão permite identificar e localizar objetos e pessoas no espaço, interpretar expressões e captar movimento. Estudos de aprendizagem motora têm evidenciado a importância da percepção de informações visuais na aprendizagem (ex. LELIS-TORRES *et al.*, 2017; HENZ *et al.*, 2018; THÜRER *et al.*, 2017 e CHALAVI *et al.*, 2018). Segundo Lelis-Torres *et al.* (2017), durante a prática, os aprendizes necessitam fazer uma varredura visual a fim de captar informações para planejar o movimento. Esse processo alimentaria o estágio de identificação de estímulos do processamento de informações para a produção de movimento de Marteniuk (1976). Situações de prática em que esse processo foi mais demandado resultaram em melhor nível de aprendizagem (HENZ *et al.*, 2018; THÜRER *et al.*, 2017; BICALHO *et al.*, 2019).

O processo de identificar estímulos, selecionar uma resposta, planejar e executar um movimento, bem como toda a sua repetição, é fundamental para a aprendizagem motora. Aprendizagem motora pode ser entendida como sendo a alteração na competência de um indivíduo em desempenhar uma habilidade, sendo essa mudança entendida como uma melhoria no desempenho em consequência de experiência ou da prática (MAGILL, 2000). De acordo com Chiviakowsky e Tani (1993), a mudança na competência em desempenhar uma habilidade resultaria da melhora em mecanismos ou processos internos subjacentes ao comportamento motor voluntário, tais como a percepção. Estudos têm evidenciado que a experiência em perceber informações

favorece o desempenho (ex.: MILTON *et al.*, 2007 e CHASE; SIMON, 1973). A experiência perceptiva favoreceria a identificação e reconhecimento de informações mais sutis (GOLD; WATANABE, 2010), mas que são importantes para o desempenho (WU *et al.*, 2013), beneficiando o processamento de informações subjacente à aprendizagem motora.

No início da aprendizagem motora, o indivíduo tem uma maior incerteza do que é relevante para alcançar a meta (TANI; MEIRA JUNIOR; CATTUZZO, 2010) e há, então, um maior direcionamento atencional para os estímulos mais salientes. Este direcionamento pode sobrecarregar o sistema atencional, contribuindo para que os estímulos mais sutis não sejam percebidos (SEITZ; WATANABE, 2009). Indivíduos com uma percepção mais eficiente identificam informações mais sutis de forma mais fácil (SEITZ; WATANABE, 2009). Pressupõem-se que um indivíduo que tenha uma percepção mais eficiente possa se beneficiar mais no processo de aprendizagem motora já nos estágios iniciais ao discriminar melhor informações.

A percepção pode ser melhorada por meio da aprendizagem perceptiva. Gold e Watanabe (2010) definem aprendizagem perceptiva como sendo a melhora da competência em compreender as informações sensoriais recebidas, sendo esta melhora permanente ou relativamente permanente, dependente de experiência, adaptável e que leva a melhora da sensibilidade a estímulos fracos ou ambíguos. Por meio da aprendizagem perceptiva o indivíduo torna-se mais hábil a perceber informações que anteriormente eram mais difíceis de serem percebidas. Evidências da melhoria na percepção de estímulos sensoriais visuais após um período de prática em estudos sobre aprendizagem perceptiva têm sido encontradas em diversas tarefas como discriminação da orientação do estímulo (SCHOUPS *et al.*, 2001), do contraste (FURMANSKI, SCHLUPPECK; ENGEL, 2004), percepção de forma (McMANUS; LI; GILBERT, 2011) e detecção de movimento (SHIBATA *et al.*, 2012).

Hipotetiza-se que a aprendizagem perceptiva visual possa melhorar a percepção de indivíduos e que a percepção mais eficiente beneficiaria a aprendizagem motora. Estudos na área de aprendizagem perceptiva visual têm vislumbrado uma relação benéfica entre aprendizagem perceptiva e aprendizagem motora (SENSOR; SAGI; COHEN, 2012; KLORFELD-AUSLENDER; SENSOR, 2019; GRZECZKOWSKI *et al.*,

2019; AWADA; BAJHTIARI; PACK, 2021), mostrando ser possível que o efeito da aprendizagem perceptiva visual seja mantido durante a prática motora (GRZECZKOWSKI *et al.*, 2019; AWADA; BAJHTIARI; PACK, 2021) desde que as repostas motoras das tarefas apresentem demandas visuais semelhantes (GRZECZKOWSKI *et al.*, 2019). Contudo, o efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora ainda não foi estudado.

Visto que a percepção visual é importante para a aprendizagem motora e que ela pode ser melhorada por meio de aprendizagem perceptiva, o objetivo deste estudo é investigar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Percepção

Percepção pode ser definida como sendo o processo pelo qual o indivíduo obtém informações do ambiente e do próprio organismo, a partir de estímulos sensoriais, e as utiliza como informação disponível para realizar funções como comunicação, tomada de decisão, raciocínio, memorização, planejamento e controle de ações motoras (TRESILIAN, 2012). Segundo Gazzaniga; Heatherton; Halpern (2018), a essência do processo de percepção é compreender e dar significado ao que foi sentido, transformando a informação sensorial detectada em informação relevante para o sistema. O processo de percepção interage com a experiência do indivíduo uma vez que é necessário que se busque informações passadas para reconhecer um estímulo e atribuir significado a ele (GOLDSTEIN, 2013). Além disso, o processo perceptivo por si só resulta em uma nova experiência para o indivíduo (GAZZANIGA; HEATHERTON; HALPERN, 2018).

Inicialmente, as informações sensoriais são recebidas separadamente pelos órgãos sensoriais que as codificam e as traduzem em estímulos neurais. Neste ponto, o indivíduo ainda não compreende o que os estímulos detectados representam. As informações são, então, enviadas para níveis superiores do sistema nervoso central para serem integradas e finalmente interpretadas. Quando chegam a estes níveis, as informações são enfim percebidas e a sua relevância para a função a ser desempenhada é determinada (GAZZANIGA; HEATHERTON; HALPERN, 2018; GOLDSTEIN, 2013).

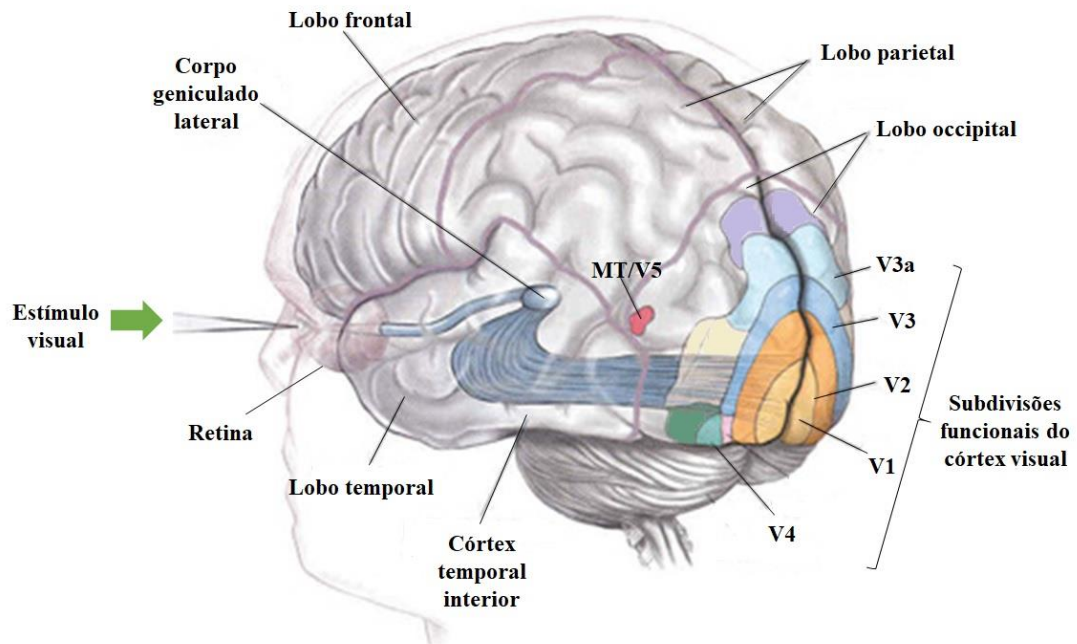
O constante processo de transformação de informações sensoriais em percepção permite que o indivíduo interprete e se adapte a diferentes ambientes físicos, dispondo de informações suficientes para agir sobre eles (GAZZANIGA; HEATHERTON; HALPERN, 2018). As informações sensoriais podem ser de diferentes modalidades no ambiente: auditivas, táteis, olfativas, gustativas e visuais. Dentre elas, a informação visual é a que contribui mais para o conhecimento do ser humano acerca do ambiente (GAZZANIGA; HEATHERTON; HALPERN, 2018). A visão permite identificar e localizar objetos e pessoas no espaço, bem como interpretar expressões e captar movimento.

O processamento de informação visual é complexo e compreende diferentes partes do encéfalo. Ele se inicia na retina, nos olhos, passa por regiões subcorticais e atinge regiões corticais, onde a percepção acontece. Ao final dele, o indivíduo tem informações visuais suficientes para identificar, reconhecer e agir sobre um estímulo no ambiente.

2.2 Processamento visual

O processamento visual começa na retina, onde os estímulos luminosos são detectados e transformados em sinais elétricos e alcança regiões corticais, onde os estímulos são percebidos e reconhecidos. Três são os níveis em que o processamento visual acontece: inferior, intermediário e superior. À medida que o processamento se torna mais superior, o nível de complexidade de informações processadas aumenta, juntamente com o esforço demandado para isto (SIGMAN, GILBERT, 2000). A figura 1 mostra as áreas encefálicas associadas ao processamento visual.

FIGURA 1 - Processamento visual.



V1 = córtex visual primário. V2, V3, V3a, V4, V5 (MT) são áreas secundárias do córtex visual especializadas em perceber diferentes características do estímulo.

Fonte: Figura adaptada de Nicolau; Rocha (2004).

O nível inferior começa na retina e é responsável por codificar características primitivas do estímulo, como contraste de claro e escuro, cor, orientação e margem (LENT, 2010). Moléculas de fotopigmentos nos fotorreceptores da retina absorvem os fótons provenientes do estímulo e desencadeiam uma cascata de eventos, culminando na transdução do estímulo luminoso em sinal elétrico (KANDEL, 2013). Os sinais elétricos são convergidos para outras células da retina e esta transmissão acontece por meio de uma intrincada rede direta e indireta de interações excitatórias e inibitórias entre células. Esta interação favorece a acurácia com que as informações são codificadas e modula a codificação dos sinais, possibilitando o processamento de características como cores, contraste e capacidade de resolução (GOLLISCH; MEISTER, 2010; KANDEL, 2013).

As informações codificadas na retina são projetadas para áreas subcorticais do encéfalo por meio do nervo óptico (HUBEL; WIESEL, 1979). A maior parte das suas fibras projeta-se para o corpo geniculado lateral no tálamo. Esta estrutura recebe fibras de ambas as retinas e as mantém divididas em camadas, de modo que informações de olhos diferentes sejam alocadas em camadas diferentes (LENT, 2010). Esta organização cria um mapa retinotópico, uma organização espacial das aferências retiniais no corpo geniculado lateral tais como elas estão organizadas na retina (GOLDSTEIN, 2013). O mapa retinotópico é fundamental para que o processamento da visão seja detalhado, específico e tenha uma boa resolução. Neurônios do corpo geniculado lateral são responsivos à contrastes de claro-escuro de margens ou linhas no campo visual, contudo a sensibilidade a orientações das margens inicia-se na próxima estrutura visual, o córtex visual primário (KANDEL, 2013).

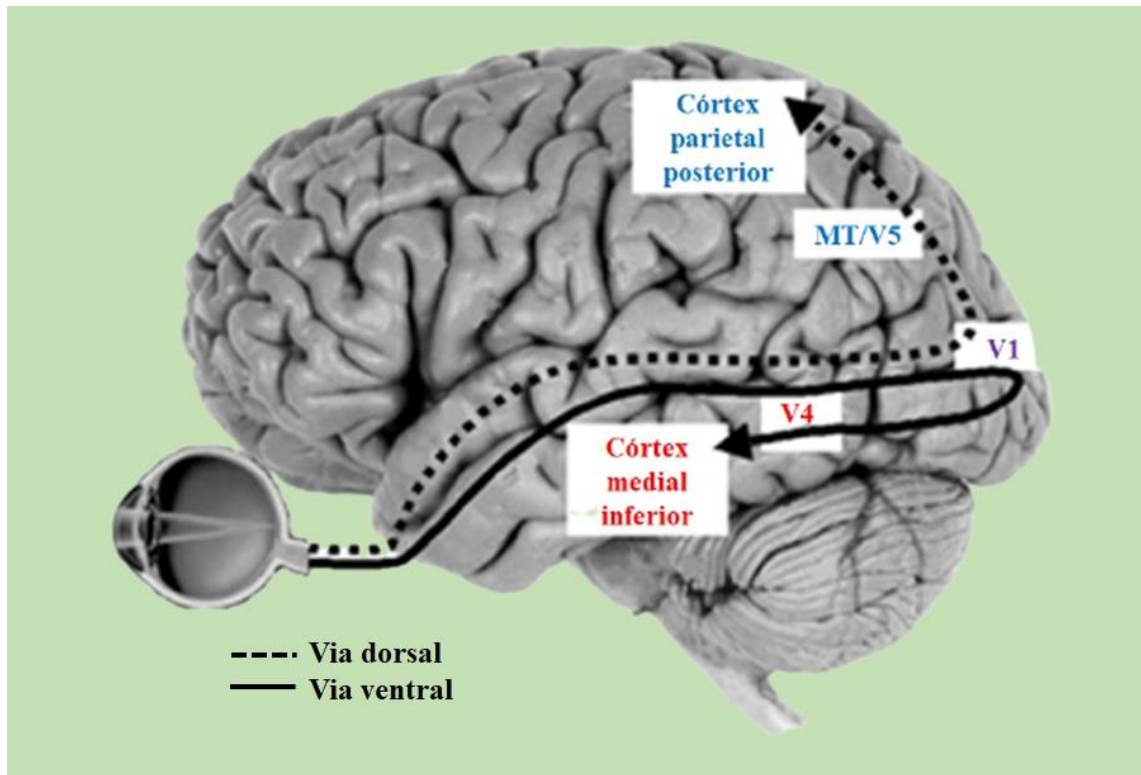
No córtex visual primário (V1), além da manutenção do mapa retinotópico das aferências retiniais, os neurônios com a mesma preferência de orientação são organizados espacialmente próximos em colunas inclinadas de acordo com a sua preferência de orientação, permitindo que informações de especificidade de orientação sejam processadas (HUBEL; WIESEL, 1979; LENT, 2010). Esta organização em colunas em V1 permite que os limites dos estímulos sejam identificados. Estes limites são representados separadamente por diversos fragmentos curtos com orientações específicas (KANDEL, 2013). A integração destes fragmentos em uma representação específica do estímulo, evidenciando seu contorno, acontece no nível intermediário do

processamento visual. O nível intermediário é dependente do contexto e se fundamenta em comparar e determinar quais limites pertencem ao estímulo e quais ao plano de fundo (KANDEL, 2013).

As áreas secundárias do córtex visual fazem parte do nível intermediário e desempenham funções específicas no processamento visual. V2 é especializada em analisar características associadas às superfícies de estímulos; V3 é uma área rica em células seletivas à orientação; V4 integra informações de forma e cor de estímulos e V5 (ou TM) é rico em neurônios seletivos à direção do movimento (MILNER; GOODALE, 1995, KANDEL, 2013). O tamanho dos campos receptivos se torna maior à medida em que se avança de V1 para as outras áreas do córtex visual. Em consequência disso, a retinotopia torna-se menos precisa, contudo, os estímulos processados por estas áreas tornam-se mais complexos (LENT, 2010).

As informações provenientes de V1 dividem-se em duas vias paralelas ascendentes especializadas em perceber diferentes características do estímulo (FIGURA 2). A via ventral forma-se a partir das projeções de V1 para V2, V3, passando por V4 e tem como direção regiões do córtex temporal. Esta via produz informações que permitem que o indivíduo reconheça o estímulo, identificando sua forma e cor (MISHKIN; UNGERLEIDER; MACKO, 1983). A via dorsal forma-se a partir de projeções de V1 para V2, V3, passando por V5 (MT) e tem como direção o córtex parietal. Esta via produz informações que permitem o indivíduo identificar a localização espacial do estímulo (MISHKIN; UNGERLEIDER; MACKO, 1983), sendo esta informação relevante para guiar movimentos. A participação do córtex temporal e do córtex parietal no processamento visual inicia o nível superior desse processamento.

FIGURA 2 - Via dorsal e via ventral



V1 = córtex visual primário; V4 = área secundária do córtex visual envolvida na integração de informações de forma e cor; V5 (MT) = área secundária do córtex visual seletiva à direção do movimento.

Fonte: Figura adaptada de Baldo; Haddad (2003).

Na via ventral, gradativamente a percepção final do estímulo é construída. A cada estágio da via, a complexidade das informações processadas aumenta e mais informações são integradas. Grupos de neurônios no córtex temporal inferior agregam informações capazes de identificar faces, partes corporais e planos espaciais (GOLDSTEIN, 2013). A integração de informações permite que o indivíduo perceba estímulos comuns ao seu dia a dia, como faces e corpos, e informações importantes para a sua orientação no ambiente, como os planos espaciais (GOLDSTEIN, 2013).

Como dito anteriormente, experiência é fundamental para a percepção. Projeções do córtex temporal inferior alcançam áreas relacionadas à evocação e armazenamento de memória de longo prazo e proporcionam que estímulos sejam categorizados e reconhecidos com base em informações passadas (MISHKIN; UNGERLEIDER; MACKO, 1983; MIYASHITA, 1993). Projeções provenientes do córtex temporal inferior também alcançam áreas do córtex pré-frontal associadas à memória de

trabalho e possibilitam que memórias visuais de curto prazo sejam formadas. Além disso, a comunicação entre estímulo visual e áreas relacionadas à memória permite que memórias visuais associativas sejam formadas, dando significado e contexto aos estímulos (KANDEL, 2013; MISHKIN; UNGERLEIDER; MACKO, 1983).

A via dorsal processa informações acerca das propriedades de um estímulo que potencialmente será alvo de um movimento. Informações sobre a trajetória de movimentos sacádicos dos olhos são processadas por neurônios especializados no córtex intraparietal lateral (LIP) (KUSUNOKI; GOTTLIEB; GOLDBERG, 2000). Além de movimentação ocular, neurônios parietais processam informações de profundidade, tamanho e orientação de objetos que potencialmente podem ser agarrados e alcançados (KANDEL, 2013; MURATA *et al.*, 2000). As informações geradas nesta via são enviadas para áreas responsáveis por controlar movimentos, como o campo visual frontal e o córtex pré-motor (KUSUNOKI; GOTTLIEB; GOLDBERG, 2000; SNYDER; BATISTA; ANDERSEN, 1997). Os neurônios dessa via são ativados tanto na presença de estímulos visuais quanto na realização de movimentos em direção a um alvo (SNYDER; BATISTA; ANDERSEN, 1997). Além disso, esses neurônios parecem receber informações de áreas relacionadas ao planejamento do movimento antes mesmo do movimento ser executado, evidenciando a intrínseca ligação entre visão e movimento (SNYDER; BATISTA; ANDERSEN, 1997).

Após passar por diferentes regiões encefálicas em diferentes níveis de processamento, a informação visual está por fim percebida e disponível para ser usada no desempenho de funções que permitem o indivíduo interagir no ambiente, como, por exemplo, planejar e executar um movimento.

2.3 Percepção e aprendizagem motora

O processo de planejar e executar um movimento bem como a repetição desse processo é fundamental para a aprendizagem motora. Para se aprender uma habilidade motora é crucial que se pratique a habilidade, pois a prática oportuniza aos aprendizes realizar tentativas para encontrar as melhores soluções para alcançar a meta da habilidade (SCHMIDT *et al.*, 2018; MAGILL, 2000). Para executar um movimento que

alcance a meta, é necessário que informações sejam processadas e um plano motor adequado seja selecionado. De acordo com Marteniuk (1976), o processamento de informações para a execução do movimento pode ser dividido em três partes: estágio de identificação de estímulo, estágio de seleção de resposta e estágio de programação da resposta. Ainda que os estágios sejam organizados em sequência para fins didáticos, o processamento de informações ocorre em paralelo (MARTENIUK, 1976). No primeiro estágio, o estímulo é detectado e o seu padrão é reconhecido (SCHMIDT *et al.*, 2018). O processamento de informação visual descrito anteriormente compreende o primeiro estágio do processamento. A entrada de um estímulo visual no sistema visual de um indivíduo, como, por exemplo, uma bola se deslocando em direção a ele, dá início a detecção do estímulo. Ao alcançar o nível de processamento em que aspectos mnemônicos se envolvem no processamento do estímulo, a identificação do estímulo como sendo uma bola acontece e o padrão do seu movimento, isto é, a velocidade com que se desloca e o ângulo em que se desloca, são reconhecidos. A clareza do estímulo, ou seja, o quão bem definido o estímulo é, e a intensidade do estímulo afetam o tempo de ocorrência do estágio de identificação de estímulo (SCHMIDT *et al.*, 2018). Estímulos mais bem definidos e mais intensos são mais facilmente identificados.

Depois de as informações do estímulo serem analisadas e ele ser reconhecido, o indivíduo passa a ter um entendimento de como o ambiente se encontra e, então, o segundo estágio do processamento de informações se inicia. Neste estágio, o indivíduo estabelece o que será feito em relação às informações identificadas e, então, é decidido qual resposta será dada ao estímulo (MARTENIUK, 1976). Por fim, no terceiro estágio, o indivíduo traduz a sua decisão sobre o que será feito em um plano motor adequadamente organizado tanto espacialmente quanto temporalmente para o alcance da meta do movimento (MARTENIUK, 1976). O comando motor é enviado aos músculos e o movimento é enfim executado. Durante a execução do movimento e também após o seu fim, o indivíduo recebe *feedback* acerca do seu desempenho, como informações provenientes do seu próprio corpo e informações ambientais (SEIDLER *et al.*, 2013). O indivíduo utiliza essas informações para avaliar o sucesso do seu movimento, ajustando o planejamento motor para correções de erros em futuras tentativas (SEIDLER *et al.*, 2013). É esperado que durante o processo de aprendizagem motora os erros sejam

gradualmente diminuídos (TANI, 1989). A repetição do processo de planejar, executar e corrigir erros refinaria o movimento e levaria a uma melhora no desempenho.

De acordo com Chiviakowsky e Tani (1993), a mudança na competência em desempenhar uma habilidade resultaria da melhora em mecanismos ou processos internos subjacentes ao comportamento motor voluntário, como a percepção. Em outras palavras, a melhoria no processo de identificar, reconhecer, discriminar e classificar informações levaria a melhora no desempenho e, por fim, na aprendizagem motora. Estudos na área de Aprendizagem Motora têm sugerido que em situações em que indivíduos foram mais demandados a perceber informações para executar um movimento, a representação da habilidade motora que estava sendo aprendida foi fortalecida (HENZ *et al.*, 2018; THÜRER *et al.*, 2017). Achados de estudos na temática de estruturação da prática têm contribuído para evidenciar o papel da percepção na aprendizagem motora.

Nesta temática é estudado como a forma de se estruturar a prática influencia a aprendizagem motora. A prática é estruturada conforme a quantidade de diferentes habilidades motoras ou de diferentes especificações de uma mesma habilidade motora que são praticadas. Quanto maior é a quantidade de habilidades ou especificações de uma mesma habilidade, menos repetitiva é a prática. É fortemente estabelecido que a característica não repetitiva da estrutura de prática menos repetitiva, quando comparada à prática mais repetitiva, demanda uma maior exigência de interpretação e armazenamento de informações bem como elaboração de estratégias e planejamento a cada nova tentativa para alcançar a meta das diferentes variações da habilidade durante a aquisição (LAGE *et al.*, 2015, LEE; MAGILL, 1983,1985; LELIS-TORRES *et al.*, 2017; MOXLEY, 1979; SHEA; MORGAN, 1979). Esta maior exigência proporciona uma representação da habilidade motora adquirida mais fortalecida e flexível (BRESLIN *et al.*, 2012) e, assim, a prática menos repetitiva favorece a aprendizagem motora. Em suma, na temática de estruturação da prática, a prática menos repetitiva beneficia a aprendizagem devido a sua maior demanda por processamento de informações.

Leis-Torres *et al.* (2017) ao investigar o nível de esforço cognitivo gerado nas estruturas de prática menos e mais repetitivas por meio de medidas eletroencefalográficas encontraram que a estrutura de prática menos repetitiva apresenta maior exigência perceptiva devido a uma maior alocação de recursos no processamento de informação.

Estes recursos estariam associados ao rastreamento visual, captação de informação e atenção, processos esses envolvidos no processamento perceptivo visual e foram medidos por um índice de engajamento na tarefa (BERKA *et al.*, 2004; 2007, BERKA; LEVENDNDOWSKI, 2006; LELIS-TORRES *et al.*, 2017).

Lelis-Torres *et al.* (2017) discutem que, diferentemente da prática mais repetitiva, na prática menos repetitiva, em que a cada nova tentativa a meta da habilidade é mudada, há uma maior demanda sobre o aprendiz para realizar uma varredura visual para captar informações a fim de saber qual a nova especificação requerida pela meta da habilidade naquela tentativa. As informações captadas alimentariam o estágio de identificação de estímulo no processamento de informação para produção de movimento e, assim, seria possível realizar um movimento que alcançasse a meta da habilidade. Este resultado parece indicar uma atuação importante do processo de identificação, reconhecimento e discriminação de informações na aquisição de habilidade motora para que o aprendiz possa interpretar as informações recebidas do ambiente, classificá-las quanto a sua relevância em face às especificações da habilidade e, assim, decidir quais seriam usadas no planejamento da habilidade motora.

Chalavi *et al.* (2018), além de reportarem uma maior alteração neuroquímica na prática menos repetitiva no córtex sensório-motor, também encontraram uma maior alteração neuroquímica no córtex occipital, indicando uma grande participação visual na prática menos repetitiva. Os achados dão apoio à argumentação de Lelis-Torres *et al.* (2017) ao mostrarem que a maior necessidade de replanejamento da resposta motora a cada tentativa demanda uma maior manutenção de atenção à estímulos visuais. Os achados de Bicalho *et al.* (2019) também suportam a proposição de Lelis-Torres *et al.* (2017) ao encontrarem um maior esforço perceptivo demandado pela prática menos repetitiva e ao reportarem que o movimento dos olhos foi responsivo à maior busca de informação demandada nesta estrutura de prática. Sendo assim, parece que o processamento perceptivo de informações visuais tem grande importância no planejamento motor.

A importância do processamento perceptivo de informações em estruturas de prática menos repetitivas também foi encontrada no estudo de Henz *et al.* (2018). Os autores encontraram atividade eletroencefalográfica aumentada na prática menos

repetitiva no córtex parietal do cérebro, área responsável pela recepção, interpretação e integração de diferentes modalidades de informações sensório-perceptivas (RUSCHEL *et al.*, 2014). Esse achado reforça a lógica de que o processamento perceptivo participa de forma relevante na aprendizagem motora. É discutido que a maior participação do córtex parietal na prática menos repetitiva indica que este tipo de estrutura de prática reforça o desenvolvimento de uma representação da habilidade motora mais estável e que isto levaria a maiores taxas de aprendizagem motora (HENZ *et al.*, 2018). Thüerer *et al.* (2017) corroboram estes achados. Os autores encontraram um desempenho mais estável durante o teste de aprendizagem na prática menos repetitiva. Esse desempenho mais estável correlacionou-se com alterações na atividade eletroencefalográfica no córtex parietal, permitindo assim concluir que o efeito da prática menos repetitiva na aprendizagem motora foi facilitado por mecanismos perceptivos relacionado ao córtex parietal. Em conjunto, estes estudos evidenciam que o processamento perceptivo de informações influencia positivamente a aprendizagem motora.

Diferentemente dos primeiros estudos reportados acima, em que se investigou a aprendizagem de habilidades de sequência motora, o estudo de Thüerer *et al.* (2017) investigou a adaptação sensório-motora de uma habilidade de alcançar um alvo por meio da manipulação de uma manopla. Na adaptação motora, um comportamento já bem estabelecido é induzido a se adaptar a perturbações. O objetivo é observar como o comportamento existente é ajustado a fim de manter o desempenho num contexto em que há uma perturbação (KRAKAEUR *et al.*, 2019). A perturbação pode ser uma alteração na entrada sensorial ou na saída motora (SEIDLER, 2010; SEIDLER; BO; ANGUERA, 2012). Contudo, ainda que a entrada sensorial ou a saída motora sejam alteradas, a meta da tarefa é mantida a mesma. O delineamento para se observar a adaptação sensório-motora demanda que primeiramente o indivíduo pratique algumas tentativas da tarefa sem a perturbação (*baseline*) para que a representação da habilidade motora seja estabelecida, seguido por uma quantidade maior de tentativas em que há a perturbação e, por fim, que pratique a tarefa novamente sem a perturbação para que haja uma extinção da adaptação e possa ser observado os efeitos pós-adaptação (*washout*) (KRAKAEUR *et al.*, 2019). Além destas etapas, é possível que o indivíduo seja submetido a uma nova condição em que haja a perturbação (*recall*). É esperado que nesta nova exposição à

perturbação, o indivíduo readapte a ela mais rapidamente. Este fenômeno é conhecido como *savings*, que é justamente uma reaquisição mais rápida de uma habilidade uma vez adquirida, mas esquecida (EBBINGHAUS, 1913; CASSADY *et al.*, 2018; KRAKAEUR *et al.*, 2019). A lembrança da estratégia utilizada para lidar com a perturbação e do processo de correção de erros participariam do processo mais rápido de readaptação (YIN; WEI, 2020).

Uma forma de perturbação é distorcer o *feedback* visual do movimento, impondo que um novo mapeamento entre o movimento executado e o *feedback* visual gerado seja elaborado (KRAKAEUR *et al.*, 2019). Para elaborar esse novo mapeamento visuomotor e, assim, alcançar a meta da tarefa, é necessário haver uma interação entre a mecânica do corpo e a representação do ambiente para que o movimento seja planejado e produzido (SEIDLER, 2010). O mapeamento da habilidade envolve processos sensório-motores a fim de integrar as informações relevantes para a execução motora (SEIDLER; BO; ANGUERA, 2012). Estudos indicam que, nos estágios iniciais da adaptação, regiões parietais são amplamente ativadas (INOUE *et al.*, 1997; 2000; SEIDLER; NOLL; CHINTALAPATI, 2006), visto que o indivíduo necessita integrar novamente as informações visuais e espaciais para voltar a alcançar a meta. O córtex intraparietal medial é responsável pela transformação de coordenadas visuais em coordenadas motoras (GREFKES *et al.*, 2004) e foi associado ao nível de sucesso na adaptação motora à distorção do *feedback* visual no estudo de Seidler, Noll e Chintalapati (2006). Neste estudo, Seidler, Noll e Chintalapati (2006) submetem os participantes a uma tarefa de apontamento na qual o *feedback* visual foi distorcido em 30° no sentido horário em um grupo e em 45° em outro. Encontrou-se que quanto maior foi a distorção, maior foi a demanda por processamento de informações visuoespaciais. Evidencia-se, portanto, a importante participação do processamento perceptivo visual para produzir um movimento que se adapte à perturbação e, assim, alcance a meta da tarefa.

Além da verificação da grande participação do processamento perceptivo no processo de aprendizagem motora, Lelis-Torres *et al.* (2017) e Thüerer *et al.* (2017) encontraram que a demanda perceptiva é maior no início da prática motora - seja no início da adaptação (THÜRER *et al.*, 2017) ou no início da prática em que não há perturbação (LELIS-TORRES *et al.*, 2017) - quando comparada ao final dela. De acordo com Riestchel

et al. (2014), à medida que o indivíduo aprende a habilidade, ele se torna mais eficiente na utilização de recursos e, ainda que as exigências da tarefa sejam mantidas as mesmas durante a prática, isto resulta em uma queda no esforço empregado para processar as informações na aquisição da habilidade. No início da prática, os aprendizes têm mais incerteza sobre o que deve ser percebido da habilidade para captar as informações mais relevantes (TANI; MEIRA JR; CATTUZZO, 2010). Na busca pelo entendimento do que deve ser percebido, o aprendiz direciona sua atenção para os estímulos com sinal mais forte, o que pode sobrecarregar o sistema atencional (SEITZ; WATANABE, 2009). O direcionamento dos recursos atencionais para os estímulos mais fortes pode acarretar na não identificação de informações mais sutis, mas que são importantes para o alcance da meta (SEITZ; WATANABE, 2009). Estudos investigando indivíduos experientes têm reportado que a experiência perceptiva permite aos indivíduos mais experientes identificar informações mais sutis que funcionam como pistas para entender o que deve ser feito para alcançar a meta (JACKSON; WARREN; ABERNETHY, 2006; ABERNETHY, 1990; WU *et al.*, 2013).

Ao investigar o papel da experiência em detectar e reconhecer padrões de jogo no xadrez que jogadores menos experientes, deGroot, (2014) e Chase e Simon (1973) encontraram que o desempenho em reconstruir jogadas após um curto tempo de observação de cinco segundos foi dependente de experiência e não da capacidade inata dos jogadores. Os processos envolvidos no estágio de identificação de estímulos foram melhorados com a experiência dos jogadores, indicando que a experiência perceptiva pode beneficiar o processamento de informações. Abernethy (1990) e Wu *et al.* (2013) ao investigar o papel da experiência em antecipar o que aconteceria em uma jogada no squash e um lance livre no basquetebol, respectivamente, encontraram que jogadores mais experientes foram mais eficientes na antecipação. Os jogadores mais experientes apresentaram uma melhor percepção visual de informações corporais mais sutis dos jogadores que modelavam as ações (ABERNETHY, 1990; WU *et al.*, 2013), que se correlacionaram com maior atividade funcional em áreas encefálicas envolvidas em percepção espacial e integração visuomotora (WU *et al.*, 2013). A experiência em perceber informações visuais proporcionou uma vantagem para a leitura de ações

motoras. A experiência perceptiva permite que informações antes não utilizadas funcionem como pistas para o alcance da meta.

É possível supor que um indivíduo que conseguisse identificar informações mais sutis já no início da aprendizagem motora, teria uma vantagem no entendimento do que fazer e planejar um movimento mais preciso para o alcance da meta, uma vez que a maior competência em perceber informações poderia diminuir a incerteza presente no início da aprendizagem motora. Além disso, é possível que esse mesmo indivíduo identifique melhor as alterações nas informações ocasionadas pela perturbação em uma tarefa de adaptação sensório-motora e realize um novo mapeamento visuomotor mais eficiente. Como visto no parágrafo anterior, praticar a tarefa motora poderia levar a uma melhora na percepção de informações nos estágios mais avançados de aprendizagem motora. Contudo, se o indivíduo precisar passar por todo o processo de aprendizagem motora para ter a percepção melhorada e só então o efeito da experiência perceptiva ser observado no desempenho, não seria possível observar o efeito da melhora da percepção já no início da aprendizagem motora. Felizmente, além da melhora via experiência, a atividade de neurônios responsáveis pelo processamento perceptivo visual pode ser modificada por meio da aprendizagem perceptiva (GILBERT; LI, 2012), tornando o processo de percepção visual mais eficiente.

2.4 Aprendizagem perceptiva

Aprendizagem perceptiva pode ser entendida como sendo a melhora da competência em compreender as informações sensoriais recebidas, sendo esta melhora permanente ou relativamente permanente, dependente de experiência, adaptável e que leva a melhora da sensibilidade a estímulos fracos ou ambíguos (GOLD; WATANABE, 2010). A aprendizagem perceptiva resulta na diminuição da duração, da força e da qualidade dos estímulos necessários para que um certo nível de precisão na discriminação seja alcançado (GOLD; WATANABE, 2010). Em outras palavras, a identificação de informações passa a ser mais sensível a sinais mais fracos à medida que o indivíduo se torna mais experiente em interpretar estímulos por meio da prática.

No processo de aprendizagem perceptiva, o aprendiz é submetido a sessões de prática nas quais deve identificar, discriminar ou decidir sobre estímulos-alvo apresentados em cenas visuais. À medida que se pratica, o aprendiz se torna mais experiente em perceber o estímulo em meio ao ruído visual e o limiar para a percepção do estímulo diminui, facilitando a sua percepção. Ao final da prática, o desempenho do aprendiz em perceber o estímulo treinado está mais eficiente.

Inúmeros estudos reportam efeitos positivos da aprendizagem perceptiva visual. Por meio da prática, indivíduos têm aprendido a discriminar a orientação de um estímulo (SCHOUPS *et al.*, 2001; YANG; MAUNSELL, 2004), a discriminar o contraste (FURMANSKI, SCHLUPPECK; ENGEL, 2004; XIAO *et al.* 2008) e a textura entre o estímulo e o plano de fundo (CENSOR; SAGI, 2009; SCHWARTZ; MAQUET; FRITH, 2002), a perceber a forma do estímulo em meio ao ruído visual (McMANUS; LI; GILBERT, 2011; MAYHEW; KOURTZI, 2013), a perceber profundidade (CHOWDHURY; DEANGELIS, 2008), a detectar faces (HEEKEREN *et al.*, 2004) e a detectar movimento (BRADDICK *et al.*, 2001; KOYAMA *et al.*, 2005; SHIBATA *et al.*, 2012; TSUSHIMA; SEITZ; WATANABE, 2008).

Além de positivos, os efeitos da aprendizagem perceptiva também são duradouros. Estudos evidenciaram a manutenção da melhoria da percepção meses após a prática (CENSOR; SAGI, 2008) ou até mesmo anos após (KARNI; SAGI, 1993). A prática perceptiva altera a dinâmica neural do processamento visual acarretando em alterações plásticas permanentes ou relativamente permanentes que permitem a consolidação do que foi aprendido (SAGI, 2011). Uma vez que os resultados da melhoria perceptiva visual são duradouros, pressupõe-se que o benefício da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora seja persistente e que, portanto, influencie na evocação do que foi aprendido.

Inúmeros estudos evidenciam mudanças positivas decorrentes da aprendizagem perceptiva nos três níveis do processamento visual. No nível inferior, devido ao fato de os campos receptivos do mapa retinotópico serem menores e, portanto, mais detalhados, as mudanças neurais associadas à aprendizagem perceptiva são associadas a melhoria da percepção de características primitivas do estímulo como a discriminação da orientação e do contraste (FURMANSKI, SCHLUPPECK; ENGEL, 2004;

CRIST *et al.*, 1997; DILL; FAHLE, 1997; SCHOUPS *et al.*, 2001; SCHWARTZ *et al.*, 2002; WATANABE; SASAKI, 2015). Em regiões do nível intermediário do processamento visual, nas quais os campos receptivos dos neurônios são mais interpolados, a aprendizagem perceptiva tem promovido alterações neurais positivas de estímulos mais complexos como a percepção de movimento em V5 (MT) e em V3a (BRADDICK *et al.*, KOYAMA *et al.*, 2005; SHIBATA *et al.*, 2012), de profundidade em V5 (MT) (CHOWDHURY; DEANGELIS, 2008) e também de orientação em V4 (YANG; MAUNSELL, 2004). Quanto ao nível superior, as modificações em decorrência de aprendizagem perceptiva visual reportadas relacionam-se a tarefas em que o caráter perceptivo decisório foi demandado, como decidir para qual lado os sinais se movimentam, se a figura é uma casa ou um rosto ou qual é a inclinação do objeto apresentado (HEEKEREN *et al.*, 2004; KAHNT *et al.*, 2011; LAW; GOLD, 2008; SHADLEN; NEWSOME, 2001).

Heekeren *et al.* (2004) encontraram uma ativação no córtex pré-frontal dorsolateral em decorrência da decisão sobre qual objeto foi percebido. Kahnt *et al.* (2011) reportaram alteração da resposta do córtex cingulado anterior (CCA) - região associada à monitoramento de resultados e tomada de decisão (LAVIN *et al.*, 2013) - devido à melhoria na discriminação da inclinação do sinal visual treinado. Law e Gold (2008) e Shadlen e Newsome (2001) encontraram uma alteração na dinâmica neural da região intraparietal lateral (LIP) em decorrência de treino de percepção da direção na qual os estímulos se moviam. Estas áreas fazem parte de circuitos envolvidos em tomada de decisão, o que parece evidenciar o envolvimento da aprendizagem perceptiva em uma leitura aprimorada de informações sensoriais por áreas corticais superiores a fim de executar funções importantes para o sistema (GOLD; SHADLEN, 2007; KAHNT *et al.*, 2011; LAW; GOLD, 2008).

A alteração da dinâmica neural de diferentes áreas cerebrais no processamento visual evidencia que a aprendizagem perceptiva visual é mediada por uma rede de processos distribuída em diferentes áreas corticais, iniciando no córtex visual primário, ao processar as informações sensoriais, passando por áreas envolvidas no circuito frontoparietal, ao envolver controle atencional, e alcançando áreas envolvidas em funções executivas, ao demandar decisões perceptivas (GILBERT; LI, 2012). Processamento de informações sensoriais (HENZ *et al.*, 2018; LELIS-TORRES *et al.*,

2017; THÜRER *et al.*, 2017), controle atencional (LI; WRIGHT, 2000; SONG, 2019) e tomada de decisão (MAGILL, 2000; APOLINÁRIO-SOUZA; FERNANDES, 2018) são demandas inerentes ao processo de aprendizagem motora. As alterações da dinâmica neural em decorrência de aprendizagem poderiam, portanto, de alguma forma serem benéficas para a aprendizagem motora.

2.4.1 Hipóteses explicativas sobre a aprendizagem perceptiva visual

Inúmeros estudos têm investigado como as alterações neurais devido à aprendizagem perceptiva visual aconteceriam e diferentes explicações têm sido apresentadas (ex. CRIST; LI; GILBERT, 2001; SCHOUPS *et al.*, 2001; VAINA *et al.*, 1998). Estas explicações ainda são insipientes e carecem de mais estudos que sustentem suas proposições. De maneira geral, as hipóteses argumentam sobre a quantidade de neurônios necessária, sobre a interferência de diferentes regiões e sobre a sensibilização de propriedades neuronais a fim de aumentar a eficiência da identificação do estímulo em meio ao ruído.

Aumento do tamanho da representação

A hipótese do aumento do tamanho da representação defende que a prática de um estímulo visual implicaria em uma representação maior deste estímulo (VAINA *et al.*, 1998). Em termos de superfície cortical, entende-se que a maior representação demandaria uma maior região cortical para representar o estímulo, recrutando, portanto, mais neurônios (GILBERT; LI, 2012). A ativação de uma quantidade maior de neurônios aumentaria a relação estímulo-ruído para a codificação do estímulo treinado, facilitando a discriminação do estímulo em meio ao ruído de informação (GILBERT; SIGMAN, 2001).

Esta hipótese baseia-se em alterações em topografia funcional da representação de partes corporais e de som encontradas respectivamente nos córtices somatossensorial e auditivo em decorrência de aprendizagem perceptiva destas modalidades (RECANZONE *et al.*, 1992; RECANZONE, SCHREINER; MERZENICH, 1993). No córtex visual, Vaina *et al.* (1998) utilizaram medidas de imagem neural para

investigar a aprendizagem de tarefa de detecção visual de movimento e encontraram um maior recrutamento cortical na região V5 (MT), relacionada à detecção de movimento, após a aprendizagem da tarefa perceptiva, sustentando a hipótese do aumento do tamanho de representação.

Refinamento de propriedades neuronais

De modo contrário à hipótese do aumento da representação cortical do estímulo aprendido, a hipótese de refinamento de propriedades neuronais argumenta que um menor número de neurônios estaria associado à representação do estímulo (GILBERT; SIGMAN, 2001). A prática em perceber um dado estímulo conduziria um refinamento em propriedades neuronais visando um melhor ajuste na sensibilidade do neurônio ao estímulo treinado (ZOHARY *et al.*, 1994). Os ajustes facilitariam a discriminação do estímulo em meio ao ruído em cada neurônio e, então, não seria necessário aumentar o número de neurônios envolvidos (MUKAI *et al.*, 2007; SCHOUPS *et al.*, 2001).

Estudos de aprendizagem perceptiva visual têm dado suporte a essa hipótese (MUKAI *et al.*, 2007; SCHILTZ *et al.*, 1999; SCHOUPS *et al.*, 2001; TEICH; QIAN, 2003). Schoups *et al.* (2001) registraram a resposta de neurônios de V1 especializados na codificação da orientação treinada na prática perceptiva e encontraram uma mudança positiva na curva eletrofisiológica de ajuste destes neurônios. O ajuste correlacionou-se positivamente ao melhor desempenho na tarefa. Além disso, os autores não encontraram uma expansão da região cortical ocupada pela representação do estímulo treinado (SCHOUPS *et al.*, 2001). Mukai *et al.* (2007) encontraram uma redução da atividade do córtex visual na tarefa de discriminação de contraste visual e uma melhoria do desempenho pós-treino. Os autores discutem que o resultado se deve ao refinamento de ajuste de propriedades dos neurônios a fim de que se tornem mais sensíveis ao estímulo treinado (MUKAI *et al.*, 2007).

Mudanças no ajuste contextual e dependência de tarefas

Uma terceira explicação encontrada na literatura de aprendizagem perceptiva defende que a plasticidade observada após a prática perceptiva seria dependente do contexto na qual a prática ocorreu. Segundo esta hipótese, a plasticidade em decorrência da prática perceptiva não aconteceria apenas devido a dinâmica neural local das estruturas visuais demandadas, mas seria também influenciada pelo contexto da tarefa (CRIST; LI; GILBERT, 2001). A modulação da resposta neural seria realizada por influências *top-down* - influências cognitivas de áreas superiores – requeridas pela tarefa, como atenção, memória de trabalho, segmentação de cena e expectativa de objeto (GILBERT; LI, 2013).

Estudos têm indicado a participação de áreas superiores na atividade de áreas visuais inferiores. Crist, Li e Gilbert (2001) encontraram que um mesmo neurônio de V1 foi capaz de responder de diferentes formas dependendo do contexto da tarefa. As diferentes organizações contextuais testadas influenciaram os ajustes das propriedades neuronais de formas diferentes, gerando diferentes respostas deste neurônio. Mehta, Ulbert e Schroeder (2000) e Schwartz *et al.* (2004) reportaram participação do sistema atencional modulando atividade nas áreas V1 e V4 em decorrência de prática perceptiva. McManus, Li e Gilbert (2011) investigaram a detecção da forma de um objeto em meio ao ruído visual com base em pistas visuais fornecidas anteriormente e encontraram uma maior seletividade de células de V1 à forma facilitada por pistas. Os autores discutem que a expectativa de encontrar uma característica específica do objeto, à qual seria baseada em uma experiência passada, induziria uma mudança *top-down* favorável ao processamento da informação nas propriedades seletivas dos neurônios de V1 (GILBERT; LI, 2012).

Ainda que as proposições explicativas sejam diferentes, todas elas confirmam a ocorrência de modificações plásticas nas células do processamento visual e nas interações entre estas células em decorrência de aprendizagem perceptiva.

2.4.2 Aprendizagem perceptiva visual no limiar atencional e subatencional

Os estudos de aprendizagem perceptiva visual comumente se enquadram em uma de duas formas de abordar a aprendizagem perceptiva: 1) quando se aprende um estímulo direcionando a atenção a ele ou 2) quando se aprende um estímulo não

direcionando a atenção a ele (WATANABE; SASAKI, 2015). Estas duas formas de aprendizagem relacionam-se ao controle atencional demandado pela tarefa.

O sistema de controle atencional ativa-se durante a prática facilitando a identificação de estímulos considerados relacionadas à meta da tarefa e suprimindo aquelas consideradas não relacionadas (SCHWARTZ *et al.*, 2004). Esta dinâmica é importante para que o indivíduo se concentre nas informações que serão utilizadas no planejamento para alcançar a meta (WATANABE; SASAKI, 2015). À medida que o indivíduo pratica a tarefa, ele vai compreendendo melhor as informações sensoriais recebidas e vai entendendo como utilizá-las para alcançar a meta. O indivíduo vai refinando o seu desempenho e sua percepção fica mais eficiente, configurando a aprendizagem perceptiva com atenção direcionada ao estímulo. Esta abordagem de aprendizagem perceptiva associa-se com alterações plásticas no nível superior de processamento visual, em que há a participação da orientação atencional e de mecanismos decisoriais (SEITZ; WATANABE, 2009; WATANABE; SASAKI, 2015). São exemplos dessa abordagem estudos que utilizaram tarefas que demandam, por exemplo, a discriminação de orientação do objeto (SCHOUPS *et al.*, 2001), a comparação entre contrastes de objetos apresentados em sequência (FURMANSKI, SCHLUPPECK; ENGEL, 2004) e a diferenciação da forma de objetos (HEEKEREN *et al.*, 2004).

Apesar das informações não relacionadas à meta serem suprimidas pelo sistema atencional, isso não significa que elas não possam ser aprendidas. Durante a prática, outros sistemas além do atencional também são ativados e estes sistemas possuem diferentes limiares de ativação. Para que seja possível que o aprendiz aprenda estímulos não relacionados à meta, é necessário que o sinal desses estímulos seja mais fraco que o limiar de ativação de atenção (SEITZ; WATANABE, 2009; WATANABE; NÁÑEZ; SASAKI, 2001), ou seja, é necessário que o estímulo que será aprendido seja subatencional. Sinais que não ativam o controle atencional não são suprimidos e, portanto, também podem ser aprendidos. Ainda que não ativem o sistema atencional, estes sinais conseguem ativar regiões corticais que processam o tipo de informação contida nas características do estímulo, permitindo que elas sejam aprendidas ainda que o aprendiz não esteja atencionalmente alerta a isso (TSUSHIMA; SEITZ; WATANABE, 2008). Nesta abordagem de aprendizagem perceptiva subatencional, portanto, não há

necessidade de o aprendiz direcionar sua atenção aos estímulos não relacionadas à meta para que eles sejam aprendidos, é necessário apenas que ele seja exposto passivamente a eles e que estes estímulos tenham sinal fraco (SEITZ; WATANABE, 2009; WATANABE; SASAKI, 2015).

Um exemplo de tarefa em que a aprendizagem perceptiva de estímulo subatencional acontece é a de aprendizagem de percepção da direção de movimento coerente (WATANABE; NÁÑEZ; SASAKI, 2001). Nesta tarefa, a atenção do aprendiz é direcionada ao centro da tarefa, na qual ele deve discriminar estímulos-alvo em meio a diferentes estímulos (estímulo relacionado à meta). Enquanto isso, no entorno da tarefa, pequenos círculos se descolam de forma subatencional de um lado ao outro (estímulo não relacionado à meta). O sinal do deslocamento dos círculos é subliminar ao controle atencional, dessa forma, não são suprimidos e parecem invisíveis ao aprendiz (TSUSHIMA; SEITZ; WATANABE, 2008; WATANABE; NÁÑEZ; SASAKI, 2001). Não obstante, o sinal do deslocamento dos círculos é forte o suficiente para ativar a região do córtex parietal que processa informações de movimento (V5/ MT), permitindo que a direção do movimento coerente seja aprendida (TSUSHIMA; SEITZ; WATANABE, 2008).

Apesar de parecer se tratar de duas abordagens distintas de aprendizagem perceptiva visual, elas se complementam. Para que a aprendizagem dos estímulos não relacionados à meta aconteça, a percepção deles deve estar atrelada ao sucesso do alcance da meta (estímulo relacionado à meta) (WATANABE; SASAKI, 2015). No exemplo acima, todas as vezes em que o estímulo-alvo era apresentado na tarefa, os círculos do entorno se deslocavam numa mesma direção. O sucesso do aprendiz em discriminar corretamente o estímulo-alvo em uma tentativa, proporcionou que a direção de deslocamento dos círculos fosse também aprendida de forma associativa (WATANABE; SASAKI, 2015).

A aprendizagem perceptiva visual de estímulos subatencionais ocasiona mudanças plásticas nos estágios mais iniciais do processamento visual, como os estágios inferior e o intermediário (SEITZ; WATANABE, 2009; WATANABE; SASAKI, 2015), visto que não há a necessidade de participação de processos atencionais e decisoriais. De acordo com Seitz e Watanabe (2009), este tipo de abordagem perceptiva visual é vantajosa para a identificação e aprendizagem de estímulos sutis que, apesar de não se

relacionarem à meta da tarefa, compõem a tarefa e podem funcionar como pistas associadas aos estímulos relacionados à meta.

2.5 Aprendizagem perceptiva visual e aprendizagem motora

No processo de aprendizagem motora, é necessário que o aprendiz identifique e integre informações para planejar um movimento que alcance a meta. No início do processo, há uma maior incerteza de quais informações são relevantes para a meta. Neste momento, é possível que informações mais sutis não sejam identificadas ou que sua contribuição para o alcance da meta não seja ainda entendida (SEITZ; WATANABE, 2009).

A aprendizagem perceptiva visual de estímulo subatencional proporciona a percepção de estímulos mais fracos que compõem a tarefa. Especula-se que essa maior eficiência perceptiva poderia favorecer a identificação de estímulos sutis que podem contribuir para o desempenho (pistas) - mas que inicialmente não são compreendidos - já no início da aprendizagem motora. Como consequência da melhor percepção, haveria uma menor alocação de recursos mentais no início do processo. Em suma, a percepção mais eficiente favoreceria o primeiro estágio do processamento de informações para a produção de movimento, otimizando o restante do processamento, que repercutiria em melhor desempenho.

A relação entre aprendizagem perceptiva e aprendizagem motora tem sido vislumbrada pelo grupo de Nitzan Censor. Segundo Censor, Sagi e Cohen (2012), aprendizagem perceptiva e aprendizagem motora compartilham muitas similaridades que podem indicar um mecanismo comum entre elas. Ambas apresentam uma dinâmica temporal semelhante, apresentando melhora acentuada no desempenho no início da prática e ocorrendo estabilização e consolidação do que foi aprendido, que por sua vez são influenciadas por aprendizagem *off-line* e sono (CENSOR; SAGI; COHEN, 2012). A prática nas duas modalidades também leva à retenção do que foi aprendido na memória de longo prazo e esta memória pode ser reativada e modificada (CENSOR; SAGI; COHEN, 2012).

A fim de investigar se um tipo de aprendizagem teria uma influência no outro, Klorfeld-Auslender e Censor (2019) investigaram se a aprendizagem da movimentação dos olhos poderia facilitar a aprendizagem perceptiva visual. Os participantes neste estudo aprenderam a executar movimentos oculares sacádicos a partir de um ponto de fixação inicial. No dia seguinte, antes de aprenderem a perceber texturas visuais, a memória oculomotora foi reativada. No terceiro dia, os participantes foram testados novamente na tarefa visual e na motora. A reativação da memória motora influenciou substancialmente o desempenho perceptivo visual, indicando que uma aprendizagem pode modular a outra (KLORFELD-AUSLENDER; CENSOR, 2019).

A relação inversa entre as duas modalidades de aprendizagem em que a perceptiva influenciaria a motora, que é o objeto de investigação deste estudo, ainda não foi investigada. Contudo, há alguns indícios na literatura de que a aprendizagem perceptiva pode ser transferida entre ações motoras diferentes. Durante a prática perceptiva, é necessário realizar ações motoras para se registrar a resposta ao que foi percebido. Grzeczkowski *et al.* (2019) investigaram se a aprendizagem perceptiva utilizando uma resposta motora poderia ser transferida para outra resposta motora. Neste estudo, os participantes praticaram as funções de discriminar e ajustar a inclinação de linhas horizontais, respondendo pressionando teclas, e de linhas verticais, utilizando o cursor de um *mouse*. Foi testado se a resposta motora poderia ser trocada entre as tarefas sem que o desempenho perceptivo fosse prejudicado. Encontrou-se que o desempenho em discriminar e ajustar a inclinação de linhas verticais foi mantido mudando-se a resposta motora. Os autores discutem que a demanda visual semelhante entre as duas respostas motoras investigadas foi importante para a que a transferência acontecesse (GRZECZKOWSKI *et al.*, 2019). A conexão funcional entre os neurônios envolvidos no processamento visual é discutida como tendo sido independente do efetor motor (GRZECZKOWSKI *et al.*, 2019). Este achado permite pressupor que desde que haja semelhança entre a tarefa praticada na aprendizagem perceptiva e a tarefa praticada na aprendizagem motora pode ser possível que a melhoria da percepção seja mantida na aprendizagem motora.

Awada, Bajhtiari e Pack (2021) também investigaram se a aprendizagem perceptiva visual seria mantida entre diferentes respostas motoras. Neste estudo,

indivíduos praticaram discriminar movimentos e deveriam responder sobre a movimentação por meio da movimentação sacádica dos olhos ou por meio de uma resposta manual. Os autores reportaram uma completa transferência da melhoria na percepção entre as respostas motoras (AWADA; BAJHTIARI; PACK, 2021). A tarefa perceptiva utilizada demanda que os indivíduos aprendessem a decidir se o estímulo havia se deslocado para a direita ou para a esquerda. É discutido que uma regra de decisão foi aprendida e que esta regra poderia ser mapeada com flexibilidade para respostas motoras não treinadas (AWADA; BAJHTIARI; PACK, 2021). Adicionalmente, os autores especulam que esta transferência de aprendizagem perceptiva entre respostas motoras poderia ser ainda mais pronunciada em tarefas de percepção visual subatencional, uma vez que a aprendizagem perceptiva nesta abordagem não resulta de um mapeamento visuomotor específico entre estímulo e resposta (AWADA; BAJHTIARI; PACK, 2021).

Fundamentando-se nas evidências e no raciocínio apresentados anteriormente, entende-se que aprender a discriminar estímulos antes de aprender uma habilidade motora pode beneficiar o processamento de informações para produzir o movimento. Entende-se também que a característica do estímulo percebido na aprendizagem perceptiva deve estar presente na aprendizagem motora para que haja uma retomada do que foi aprendido e que as características da abordagem de aprendizagem perceptiva visual subatencional podem favorecer a manutenção da melhoria na percepção na prática motora. Visando testar o entendimento acima, o presente estudo tem como objetivo investigar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora. Para isto, será utilizada a abordagem de aprendizagem perceptiva visual de estímulo subatencional a fim de que a maior sensibilidade a estímulos mais sutis adquirida pela aprendizagem perceptiva favoreça o planejamento motor no estágio inicial da aprendizagem motora. A tarefa perceptiva utilizada será uma tarefa de discriminação de direção de movimento coerente. A tarefa motora utilizada será uma tarefa de apontamento manual com demanda de adaptação sensório-motora. A escolha da tarefa de adaptação se deveu ao fato de nessa tarefa haver demanda de processamento de informações para produzir movimento tanto em situação em que o *feedback* visual está distorcido quanto em situações em que não há perturbação. Espera-se poder observar os efeitos da

aprendizagem perceptiva em ambas as situações. Espera-se que o efeito da aprendizagem perceptiva visual permita a melhor identificação de informações tanto para criar a representação da habilidade motora quanto para adaptar e readaptar esta representação à nova demanda visuomotora da distorção.

De acordo com Woodworth (1899), habilidades manuais como as de apontamento podem ser divididas em dois submovimentos. O primeiro é chamado de fase de impulso inicial. Nesta fase, o movimento é controlado centralmente, sendo pré-programado, e objetiva-se deslocar o membro para próximo do alvo de forma balística (WOODWORTH, 1899). O segundo submovimento se inicia próximo ao alvo e caracteriza a fase de controle corrente. Nesta fase, usa-se *feedback* visual e proprioceptivo relativos às posições do membro e do alvo para ajustar o movimento e acertar o alvo com precisão (WOODWORTH, 1899). Assume-se que o período de tempo antes do pico de velocidade (PV) ser atingido durante a trajetória do membro refere-se à fase de impulso inicial. Após o pico de velocidade, inicia-se a fase de controle corrente do movimento. Uma maior duração e um maior tamanho do primeiro submovimento associam-se a um planejamento motor mais eficiente, indicando um maior período de deslocamento balístico e uma menor necessidade de correções *on-line* (TEULINGS, 2001). Para avaliar a contribuição da pré-programação do movimento na tarefa de adaptação, são comumente utilizadas as medidas de tempo de reação e a distância até o alvo no final da fase de impulso inicial, ou seja, no pico de velocidade (SEIDLER, 2004). O tempo de reação reflete a demanda necessária para processar informações (SCHMIDT *et al.*, 2018). Um menor tempo de reação indicaria uma melhor pré-programação. A distância até o alvo no pico de velocidade indica a precisão da pré-programação. Já a distância até o alvo no final do movimento indica a precisão do movimento após correções terem sido feitas no segundo submovimento. A medida de distância entre o alvo e o apontamento utilizada no presente estudo será o erro radial. Também será utilizada a medida de tempo de reação. Além destas duas medidas, também será utilizado o tempo de movimento. Entende-se que quando há um planejamento mais preciso, a distância entre o apontamento e o alvo já se encontra reduzida no momento do pico de velocidade, indicando que uma maior distância foi percorrida em um menor tempo (SCHMIDT *et al.*, 2018). Um planejamento mais preciso refletiria, portanto em um menor tempo de movimento. Outra medida utilizada é a

medida de busca perceptiva visual índice de engajamento eletroencefalográfico (EEG) - EEG – Índice de engajamento - (LELIS-TORRES *et al.*, 2017) para avaliar a demanda por recursos perceptivos durante o experimento. Espera-se que o efeito da aprendizagem perceptiva visual beneficie a identificação de informações, otimizando o planejamento motor que se refletiria em um movimento mais pré-programado e uma menor busca perceptiva visual.

3 OBJETIVO E HIPÓTESES

3.1 Objetivo

Investigar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora.

3.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na busca perceptiva visual.
- Avaliar o efeito da aprendizagem perceptiva visual no planejamento motor.
- Avaliar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na execução motora.

3.2 Hipóteses

H₁- O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará maior número de acertos na discriminação da direção do movimento na direção treinada no pós-teste da fase de aprendizagem perceptiva do que o grupo controle.

H₂ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor EEG - Índice de engajamento no pós-teste da fase de aprendizagem perceptiva do que o grupo controle.

H₃ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor EEG - Índice de engajamento na condição *baseline* da aprendizagem motora quando comparado ao grupo controle.

H₄ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de reação nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições *baseline* e *distorção_parte1*) no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.

H₅ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor erro radial no pico de velocidade nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições *baseline* e *distorção_parte1*) no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.

H₆ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de reação na condição *recall* da fase de aprendizagem motora no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.

H₇ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor erro radial no pico de velocidade na condição *recall* da fase de aprendizagem motora no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.

H₈ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de movimento nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições *baseline* e *distorção_parte1*) no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.

H₉ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de movimento na condição *recall* da fase de aprendizagem motora no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.

H₁₀ – Não haverá diferença significativa entre os grupos e os alvos na variável erro radial no final do movimento nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições *baseline* e *distorção_parte1*).

H₁₁ - Não haverá diferença significativa entre os grupos e os alvos na variável erro radial no final do movimento na condição *recall* da fase de aprendizagem motora.

4 MÉTODO

4.1 Cálculo amostral

O tamanho amostral foi determinado via cálculo amostral por meio do *software* GPower 3.1.9.7 (Dusseldorf, DE) e foi calculado para as variáveis tempo de reação e erro radial no PV. Foi adotado um poder estatístico de 0,80, uma probabilidade de erro tipo I de 0,05, um tamanho de efeito de 0,57 para a variável tempo de reação e de 0,40 para o erro radial no PV. Os valores de tamanho de efeito foram definidos por meio de valores de tamanho de efeito reportados em estudos de adaptação motora com delineamento semelhante (AVRAHAMM *et al.*, 2021; SEIDLER, 2004). O tamanho amostral encontrado para as duas variáveis é apresentado na tabela 1.

TABELA 1 - Tamanho amostral calculado para as variáveis tempo de reação e erro radial no PV.

Variável	Tamanho amostral estimado
Tempo de reação	n = 14
Erro radial no PV	n = 22

A análise dos resultados levou a decisão pelo uso da variável erro radial no PV como variável desfecho. A estimativa de perda de participantes foi de 15%. O tamanho amostral final foi definido por meio da seguinte equação (RODRIGUEZ DEL AGUILA; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, 2014):

$$(1) n' = \frac{n}{1-d}$$

Em que:

- n' corresponde ao tamanho amostral final;
- n corresponde ao tamanho amostral inicial (calculado pelo GPower);
- d corresponde à estimativa de perda de participantes em fração.

O tamanho amostral final definido pela equação foi 25,88 participantes, sendo assim, o tamanho amostral foi definido em 26 participantes.

4.2 Participantes

A amostra foi inicialmente composta por 26 voluntários de ambos os sexos, com idade entre 18 e 40 anos, destros e inexperientes nas tarefas perceptiva e motora. Contudo, os dados motores de um dos participantes do grupo de aprendizagem perceptiva não apresentaram qualidade adequada. Dessa forma, este participante juntamente com o seu par do grupo controle precisaram ser excluídos da amostra. Sendo assim, a amostra final do experimento foi composta por 24 participantes com média de idade e desvio padrão de $24,30 \pm 5,16$ anos. A preferência pela mão direita dos participantes foi confirmada por meio do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971). Neste teste, todos os participantes deveriam apresentar preferência manual para mão direita igual ou superior a 80% e a média e desvio padrão da amostra foi de $88,63\% \pm 10,50\%$. Foram incluídos na amostra participantes que declararam não apresentar lesões que os impediam de realizar os movimentos requeridos pelas tarefas de forma íntegra. Além disso, foram incluídos na amostra participantes que tinham visão normal ou corrigida e que declararam não apresentar nenhum comprometimento neurológico, transtornos psiquiátricos ou fazer uso de medicamentos capazes de alterar funções neurais (HAUFLER, 2000). Os participantes evitaram consumir cafeína e/ou nicotina imediatamente antes de realizar as tarefas (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2009).

4.3 Cuidados éticos

Todos os procedimentos utilizados no projeto estão de acordo com a Declaração de Helsinque e foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, CAAE 47631321.0.0000.5149 (ANEXO 1). Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no qual

constava informações sobre o procedimento, os riscos e os benefícios associados à participação.

4.4 Instrumentos

Foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para verificar o índice de lateralidade dos participantes. Foi utilizado um aparelho de eletroencefalograma (EEG) (BERKA *et al.*, 2007), modelo X-10 com 10 canais da empresa Advanced Brain Monitoring (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA) (FIGURA 3). O *software* B-Alert (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA) foi utilizado para captação, processamento e análise dos dados do EEG. Foram utilizados um microcomputador Dell modelo Optiplex 3010 com Monitor Dell LED de 21,5 polegadas (Dell Inc, Eldorado do Sul, RS) (FIGURA 3), o *software* Matlab versão R2020b (The MathWorks Inc., USA) para execução da tarefa perceptiva e o *software* Python versão 3.10.2 (Python Software Foundation, NL) para execução da tarefa motora. Uma caneta sensor e uma mesa digitalizadora com velocidade de captação de 200 Hz e dimensões de 30 x 30 cm (WACOM Intuos, Vancouver, CA) foram utilizadas para a execução da tarefa motora (FIGURA 3). Um *software* e um algoritmo customizados (acesso gratuito: https://github.com/apolinario-souza/Task_Lelis_Torres_distortion e https://github.com/apolinario-souza/Task_Lelis_Torres_no-distortion) foram utilizados para controlar a tarefa motora e para processar e extrair os dados coletados por ela. Foi utilizado também um apoio de queixo e testa de mesa de fabricação própria para padronizar a fixação do olhar na execução das tarefas perceptiva e motora (FIGURA 3).

FIGURA 3 – Instrumentos utilizados no estudo.



EEG = aparelho de eletroencefalografia.

Fonte: Elaboração própria.

Aparelho de eletroencefalografia (EEG)

O aparelho de EEG X-10 é composto por nove eletrodos superficiais de escalpo para o registro da atividade elétrica do escalpo de acordo com o sistema 10-20 de posicionamento de eletrodos (JASPER, 1958) (Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, POz, P3 e P4) e por dois eletrodos de referência posicionados no processo mastóide de ambos os lados do crânio. A montagem dos eletrodos para registro dos sinais elétricos se deu de forma monopolar - registro da diferença potencial entre cada eletrodo ativo e um eletrodo de referência (HIRSCH; BRENNER, 2010) – acrescida de derivações bipolares (FzPOz, CzPOz, F3Cz, C3C4, FzC3) - registro da diferença potencial de dois eletrodos ativos (HIRSCH; BRENNER, 2010). Esta montagem permite obter as classificações da variável perceptiva utilizada e minimiza os possíveis artefatos (ruídos) gerados no registro eletroencefalográfico. A taxa de amostragem utilizada foi de 256 amostras/ segundo (s) para todos os canais.

Processamento do sinal do EEG e redução de dados

O processamento de sinal foi realizado automaticamente pelo *software* B-Alert e consistiu em filtragem e digitalização, identificação e descontaminação de artefatos e extração de características. Primeiramente, foi utilizado um filtro Notch de 60 Hertz (Hz) para remover artefatos devido a rede elétrica dos dados de EEG. Em sequência, os artefatos devido ao movimento - picos, excursões e saturações - foram analisados no domínio do tempo. Amplitudes entre dois pontos de dados que excederam os limites predefinidos (440 microvolts (μV)) e amplitudes do EEG que se aproximaram do máximo ou mínimo da faixa dinâmica do amplificador do EEG foram consideradas como saturações (BERKA *et al.*, 2007). Picos e excursões foram definidos como sendo amplitudes do sinal de EEG que excederam $40 \mu\text{V}$ em curtos períodos de tempo (entre 12–27 milissegundos (ms)) (BERKA *et al.*, 2007).

Após a identificação dos artefatos acima, o EEG foi decomposto usando a transformada *wavelet* nas bandas 0–2, 2–4, 4–8, 8–16, 16–32, 32–64 e 64–128 Hz para identificar piscadas de olho e atividade muscular excessiva. A potência da banda *wavelet* de 64-128 Hz foi considerada como atividade muscular excessiva e foi excluída (Berka *et al.*, 2007). As piscadas de olho foram detectadas por uma análise de função discriminante linear que classifica as amostras do eletroencefalograma em piscar de olhos, onda teta, ou não-piscar de olhos. Para tal, o valor absoluto dos coeficientes *wavelet* nas bandas 0–2, 2–4, 4–8, 8–16 e 16–32 Hz anteriores e posteriores aos pontos 50° , 40° , 30° , 20° e 10° em FzPOz e CzPOz foram usados como entrada da função discriminante linear. A região do sinal identificada como piscada de olhos consistiu de vários pontos classificados como piscar de olhos dentro de uma distância fixa anterior e posterior ao piscar de olhos (por exemplo, 50 amostras antes e depois da piscada) (BERKA *et al.*, 2007).

A descontaminação das piscadas de olhos foi realizada da seguinte forma. Os coeficientes *wavelet* médios para as faixas de 0–2, 2–4 e 4–8 Hz de regiões próximas não contaminadas foram calculados e foram usados para substituir os pontos de dados contaminados. Em seguida, o sinal de EEG foi reconstruído por meio das bandas, com exceção da banda de 64-128 Hz. A descontaminação de amostras anteriormente associados a excursões, picos e saturações aconteceu por meio da substituição dos

valores contaminados por valores zero no cruzamento por zero antes e depois dos artefatos (BERKA *et al.*, 2007). Por fim, as variáveis de densidade espectral de potência (DEP) absoluta e relativa do EEG para cada período de 1 s foram calculadas por meio da transformada rápida de Fourier aplicada usando uma janela *Kaiser* com 50% de sobreposição ($\alpha = 6,0$). Os valores de DEP foram ajustados para acomodar a inserção de valores zero substitutos do artefato (BERKA *et al.*, 2007).

4.5 Tarefas

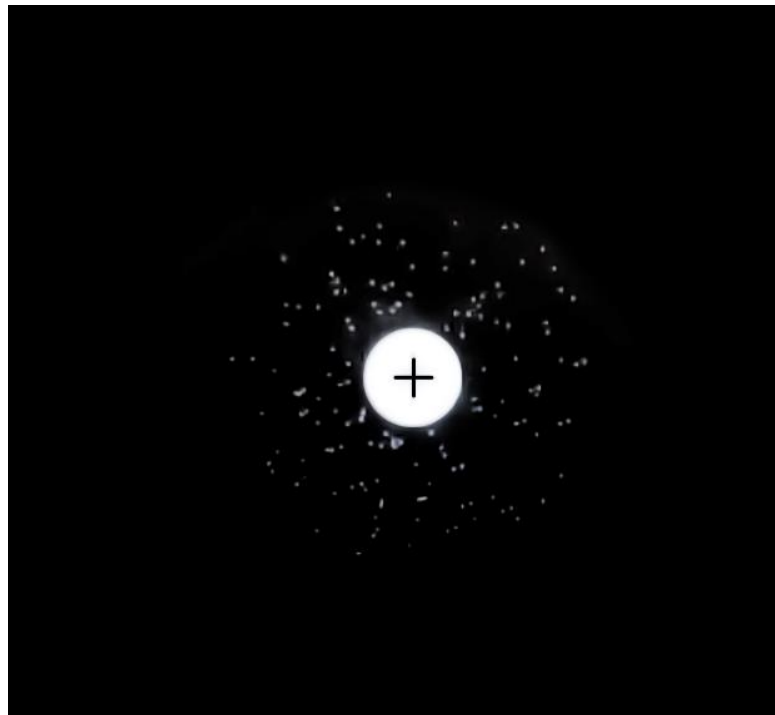
Na fase de aprendizagem perceptiva foi utilizada uma tarefa de discriminação de direção de movimento coerente (FRANK *et al.*, 2021; CHANG *et al.*, 2014). Além disso, foi utilizada uma tarefa para determinar o limiar de percepção de movimento coerente, que é entendido como sendo o ponto mínimo em que o indivíduo começa a perceber o movimento coerente. Quanto menor é o limiar, maior é a percepção de estímulos com sinais mais fracos. Também foi utilizada uma tarefa para avaliar o desempenho dos participantes em discriminar a direção do movimento coerente no pré e no pós-teste (FRANK *et al.*, 2021; CHANG *et al.*, 2014).

Tarefa de limiar de percepção de movimento coerente

Na tarefa para determinar o limiar de percepção de movimento coerente, os participantes deveriam discriminar se pequenos círculos estavam se movimentando para uma mesma direção. Para garantir que os estímulos da tarefa fossem apresentados na mesma posição do campo visual de todos os participantes, os participantes deveriam se sentar a uma distância de 60 centímetros (cm) da tela do computador e fixar seu olhar no centro da tarefa. Todas as medidas que são dadas em graus ($^{\circ}$), são relativas ao grau do campo de visão em que os estímulos seriam vistos a partir da distância em que o participante se encontrava da tela. A tarefa consistia em um círculo branco de 4° de diâmetro (equivalente a 3,5 cm) posicionado no centro da tela (ou seja, o círculo central teria uma representação de 4° no centro do campo visual dos participantes). Dentro desse círculo, havia uma cruz, na qual os participantes deveriam fixar seu olhar durante toda a

tarefa. Ao redor do círculo, em uma área de $2,5^\circ$ a 8° partindo do centro da tela (equivalente a 7 cm), 70 pequenos círculos brancos de $0,3^\circ$ de diâmetro (equivalente a 0,20 cm) se movimentavam (FIGURA 4).

FIGURA 4 - Ilustração da tarefa de limiar de percepção de movimento coerente. A figura ilustra um quadro de tela da tarefa de limiar de percepção de movimento coerente no qual é possível ver os 70 pequenos círculos brancos se movimentando. O círculo central com a cruz no meio também está representado.



Fonte: Elaboração própria.

A tarefa consistiu em 300 tentativas (tts) e, em metade delas, os pequenos círculos se movimentavam de forma totalmente aleatória. Na outra metade, uma porcentagem dos círculos se movimentava de forma coerente, ou seja, para uma mesma direção, enquanto os outros círculos se movimentavam aleatoriamente de forma simultânea. A porcentagem de círculos que se movimentava de forma coerente variou entre 3%, 13%, 23%, 33% e 53% do total de círculos. De um quadro de tela para outro, um subconjunto de círculos aleatoriamente determinado se movimentava uniformemente na mesma direção respeitando as porcentagens mencionadas. Os círculos que se moviam aleatoriamente eram redistribuídos em locais aleatórios a cada mudança de tela (o tempo de vida dos círculos era igual a 16,7 milissegundos (ms)). Quanto maior a

porcentagem de círculos se movimentando de maneira coerente, mais fácil era perceber que os círculos se movimentavam em uma mesma direção. Para cada nível de dificuldade de percepção de movimento coerente, os participantes desempenharam 30 tentativas. A ordem de apresentação das tentativas foi aleatória. Os círculos poderiam se movimentar para seis direções: 10°, 70°, 130°, 190°, 250° e 310°, sendo que o ponto de 0° seria o número 12 em um relógio, e o restante dos graus aumentava no sentido horário. Os círculos se movimentavam em 24 °/ s (equivalente a 30 cm/s) e o tempo máximo de movimentação em cada tentativa foi 500 ms.

Após cada tentativa, os participantes tinham que indicar se haviam percebido movimento coerente ou não. Para isso, ao final da tentativa, os dizeres “sim ou não” apareciam na tela e os participantes eram instruídos a pressionar a tecla “J” para responder sim, em caso de terem percebido movimentação coerente, e a tecla “N” para responder não, em caso de não terem percebido movimentação coerente. Não havia um tempo máximo para a resposta do participante, mas a próxima tentativa só começava após o participante ter respondido sobre a tentativa anterior. Não foi fornecido *feedback* acerca do acerto das tentativas. O limiar de percepção de movimento coerente foi definido pelo calculado da porcentagem de acerto nos diferentes níveis de dificuldade de percepção de movimento coerente ajustado à uma função psicométrica (regressão logística) (FRANK *et al.*, 2021; CHANG *et al.*, 2014). O nível de percepção mais difícil em que foi encontrado 80% de acerto foi considerado o limiar de percepção de movimento coerente (FRANK *et al.*, 2021; CHANG *et al.*, 2014).

Teste de discriminação da direção do movimento coerente

A tarefa de teste da discriminação da direção do movimento coerente seguiu as mesmas definições da tarefa de limiar de percepção de movimento coerente. A distância de 60 cm entre os participantes e a tela foi mantida para a padronização da visualização dos estímulos no campo visual dos participantes. O tamanho, definições e dimensão dos componentes da tarefa são os mesmos da tarefa do limiar de percepção. Os participantes foram novamente instruídos a fixar o olhar no centro da tarefa (na cruz) enquanto os pequenos círculos se movimentavam ao redor do círculo central. Nesta tarefa, os círculos

se movimentariam de forma coerente em todas as tentativas e caberia aos participantes discriminar em que direção os círculos se movimentaram (FIGURA 5).

FIGURA 5 - Ilustração da tarefa de teste de discriminação da direção do movimento coerente. A figura ilustra um quadro de tela da tarefa de limiar de percepção de movimento coerente no qual é possível ver os pequenos círculos brancos se movimentando para uma das seis direções possíveis.



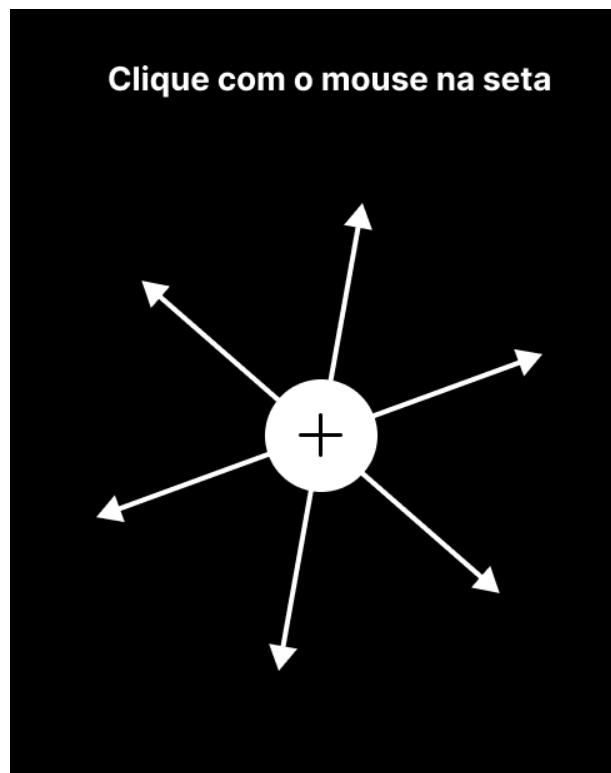
Fonte: Elaboração própria.

O nível de dificuldade de discriminação da direção do movimento coerente foi determinado pelo limiar de percepção de movimento coerente estabelecido pela tarefa de limiar de percepção. Houve quatro níveis de detecção de movimento coerente: 0,3 x limiar, 0,6 x limiar, 1,0 x limiar e 4,0 x limiar. No nível de limiar de 1,0 x, o movimento coerente foi apresentado no limiar de detecção individual. Nos níveis de limiar de 0,3 x e limiar de 0,6 x, o movimento coerente foi apresentado abaixo do limiar de detecção individual, consistindo em movimentos mais difíceis de serem percebidos. No nível de limiar de 4,0 x, o movimento coerente foi apresentado acima do limiar de detecção individual, consistindo em movimentos mais fáceis de serem percebidos. Os círculos poderiam se movimentar

para seis direções: 20°, 80°, 140°, 200°, 260° e 320°, sendo que o ponto de 0° seria o número 12 em um relógio, e o restante dos graus aumentava no sentido horário.

Após cada tentativa, os participantes tiveram que responder para qual direção eles perceberam os círculos se movimentando. Para isso, ao final da tentativa, a frase “clique com o mouse na seta” aparecia na tela e os participantes eram instruídos a clicar com o mouse na seta que melhor representava a direção que eles haviam percebidos os círculos se movimentarem de forma coerente (FIGURA 6). Não havia um tempo máximo para a resposta do participante, mas a próxima tentativa só começava após o participante ter respondido sobre a tentativa anterior. Não foi fornecido *feedback* acerca do acerto das tentativas. Os participantes não sabiam que seu desempenho na discriminação de direção de movimento coerente seria avaliado novamente no pós-teste.

FIGURA 6 - Ilustração da tela de resposta da tarefa de teste de discriminação da direção do movimento coerente. As seis setas na figura representam as seis direções para as quais os círculos poderiam se movimentar.



Fonte: Elaboração própria.

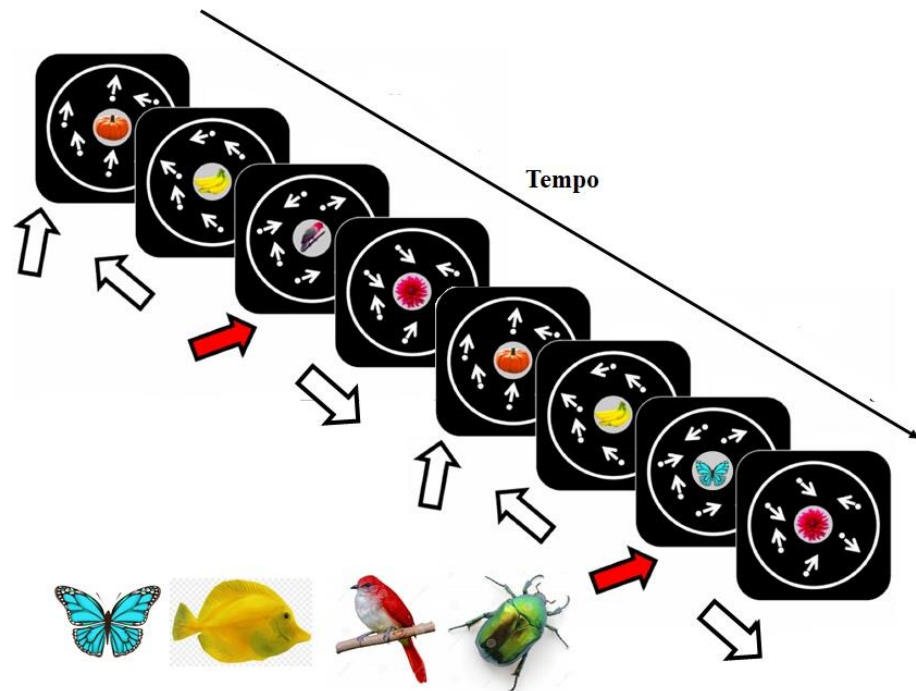
Tarefa de discriminação da direção do movimento coerente

A tarefa de discriminação da direção do movimento coerente foi a principal tarefa da fase de aprendizagem perceptiva. Nesta tarefa, os participantes aprenderiam a perceber a direção em que o movimento coerente acontecia sem focar sua atenção neste estímulo. A tarefa consistia em um círculo branco de 4° de diâmetro posicionado no centro da tela dentro do qual imagens de quatro diferentes categorias foram apresentadas: flores, frutas, legumes e animais. Cada imagem foi apresentada por 350 ms e foi sucedida e precedida por uma cruz de fixação por 75 ms. Em cada tentativa, oito imagens eram apresentadas, das quais duas sempre eram animais. No total, quatro animais poderiam ser apresentados: peixe, pássaro, besouro e borboleta. Os participantes foram instruídos de que o objetivo da tarefa era identificar corretamente os animais que foram apresentados e na ordem em que eles foram apresentados.

Enquanto as imagens eram apresentadas no círculo central da tarefa, ao redor dele, os 70 pequenos círculos se movimentavam. A área de movimentação dos círculos, bem como o tamanho dos círculos e velocidade de movimentação deles foram os mesmos das tarefas de limiar de percepção de movimento coerente e do teste de discriminação da direção do movimento coerente. Além disso, a distância de 60 cm entre os participantes e a tela foi mantida para a padronização da visualização dos estímulos no campo visual dos participantes e os participantes foram instruídos a fixar o olhar no centro da tarefa. Sempre que os animais eram apresentados, os círculos se movimentavam para uma mesma direção. Quando as outras imagens eram apresentadas, eles se movimentavam para outras direções sem um padrão associativo. As direções em que os círculos poderiam se movimentar eram as mesmas testadas no pré-teste: 20°, 80°, 140°, 200°, 260° e 320°, sendo que o ponto de 0° seria o número 12 em um relógio, e o restante dos graus aumentava no sentido horário. Cada participante teria apenas uma das seis direções associadas às imagens dos animais, ou seja, cada participante treinou perceber somente uma direção. A direção treinada por cada participante foi sorteada aleatoriamente. A movimentação para cada direção coerente de movimento teve a duração de 500 ms e em cada tentativa ela foi apresentada duas vezes (duas imagens de animais). Cada tentativa teve duração de 4 s. Em todas as tentativas, foi utilizado o nível

de 1,0 x limiar de percepção de movimento coerente determinado pela tarefa de limar de percepção.

FIGURA 7 – Ilustração de uma tentativa da tarefa de discriminação de direção de movimento coerente. Cada quadrado preto da ilustração representa a apresentação de uma das oito imagens que são apresentadas em uma tentativa. A seta de baixo de cada quadrado representa a direção principal na qual os pequenos círculos se deslocam. As setas vermelhas indicam a direção em que os círculos se deslocam quando os animais aparecem (direção treinada). As setas pequenas dentro dos quadrados pretos representam a direção de cada círculo durante a apresentação de cada imagem. Na parte de baixo da figura, estão representados os animais que poderiam ser apresentados em uma tentativa.



Fonte: Figura adaptada de Frank *et al.* (2021).

A identificação dos animais foi dificultada, visto que as imagens foram sobrepostas com uma máscara que substituiu aleatoriamente 76% dos pixels da imagem original por pixels vermelhos, verdes, azuis e amarelos. Esta máscara criava um ruído sobre as imagens que impedia a visualização nítida dos animais. Ao final de cada tentativa, os participantes tinham que indicar quais animais eles viram na ordem em que eles apareceram. As imagens dos quatro animais eram apresentadas na tela e o participante tinha que clicar com o mouse nos animais na ordem em que apareceram. A resposta foi considerada um acerto apenas quando a ordem dos animais estava correta.

Não havia tempo máximo para os participantes responderem, contudo, a próxima tentativa começava apenas após a resposta da tentativa anterior ser registrada. Foi fornecido um *feedback* acerca da resposta.

Nesta tarefa, apesar dos participantes terem sido instruídos que a meta era identificar os animais, a tarefa foi construída para se aprender a discriminar a direção do movimento coerente de maneira subatencional. Enquanto os participantes fixavam sua atenção no centro da tarefa, eles também iam percebendo a movimentação dos círculos ao redor do centro da tarefa ainda que não estivessem atentos a isso. De acordo com Watanabe e Sasaki (2015), ao identificar corretamente os animais apresentados, os participantes aprendem a direção do movimento coerente por associação. À medida que os participantes iam acertando quais animais haviam percebido e em que ordem eles haviam sido apresentados, eles iam aprendendo a direção do movimento coerente de maneira subatencional.

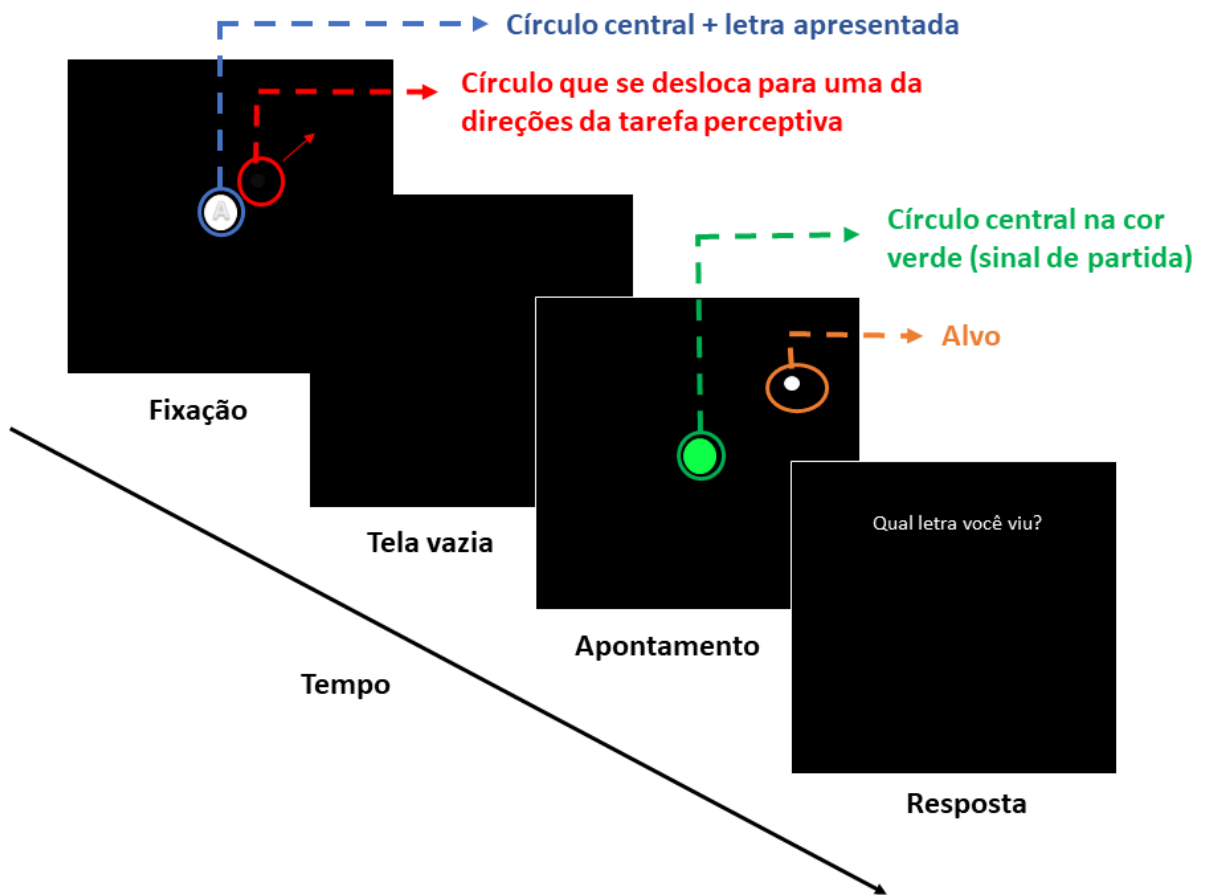
Na fase de aprendizagem motora, foi utilizada uma tarefa de apontamento manual com adaptação inspirada em Im, Bédard e Song (2015) e que compartilhava características semelhantes às da tarefa perceptiva.

Tarefa de apontamento manual com adaptação

Na tarefa motora, um círculo branco de 3,5 cm de diâmetro foi posicionado no centro da tarefa e dentro deste círculo foi apresentada uma letra do alfabeto brasileiro dentro do intervalo de 0 ms a 400 ms. Os participantes foram instruídos a fixar seu olhar neste círculo central e foi dito a eles que, ao final da tentativa, eles deveriam reportar qual letra haviam visto. A letra apresentada poderia ser qualquer uma das 26 do alfabeto brasileiro e, para dificultar sua identificação, o contraste da cor da letra com a do círculo central era pequeno. Enquanto a letra era apresentada, um círculo de 1 cm de diâmetro se deslocava rapidamente (31 cm/s) para uma direção da tela (FIGURA 8). O círculo poderia se deslocar para as mesmas seis direções que poderiam ser treinadas na tarefa perceptiva: 20°, 80°, 140°, 200°, 260° e 320°, sendo que o ponto de 0° seria o número 12 em um relógio, e o restante dos graus aumentava no sentido horário. Em cada tentativa, o

círculo se deslocava para apenas uma dessas direções. A direção para a qual o círculo se deslocava indicava a direção em que o alvo a ser acertado apareceria, portanto, funcionava como uma pista. O alvo poderia aparecer em seis posições diferentes que correspondiam exatamente às seis direções apresentadas na tarefa perceptiva. O plano de fundo da tarefa tinha cor preta e o círculo que se deslocava era levemente mais claro que o plano de fundo. Este fato somando ao fato de ele se deslocar rapidamente o tornava difícil de ser visualizado.

FIGURA 8 – Ilustração de uma tentativa da tarefa motora. O primeiro quadrado preto ilustra a apresentação da letra dentro do círculo central e do círculo pequeno que se desloca para uma das direções. O segundo ilustra a tela vazia que antecede o início do apontamento. No terceiro, o círculo central na cor verde indica a partida para o apontamento e o alvo é apresentado na mesma direção para qual o círculo se deslocou. O último quadrado ilustra a tela de resposta da letra que foi vista.



Fonte: Elaboração própria.

Após a letra ser apresentada, ela desaparecia. Juntamente com a letra, as outras informações presentes na tela também desapareciam e uma tela vazia se seguia (FIGURA 8). A tela vazia tinha uma duração aleatória entre 1000 ms e 1500 ms. Após a tela vazia, o círculo central era apresentado novamente, agora na cor verde, juntamente com o alvo, na cor branca (FIGURA 8). O alvo sempre era apresentado na mesma direção para qual o círculo havia se deslocado. A distância entre o ponto inicial e o alvo era de 12,5 cm. A cor verde do círculo central funcionava como sinal de partida para o apontamento, ou seja, após o círculo central se tornar verde, os participantes deveriam começar o apontamento imediatamente. O apontamento consistia em acertar o alvo deslizando uma caneta sensor sobre uma mesa digitalizadora. O ponto inicial para o apontamento era o círculo central. O participante deveria posicionar a caneta sensor na mesa digitalizadora na posição correspondente ao ponto inicial da tarefa. Os participantes praticaram seis tentativas (uma em cada alvo) para se familiarizarem com o posicionamento da caneta sensor no ponto inicial do apontamento. A trajetória realizada pelo participante com a caneta sensor na mesa digitalizadora era mostrada na tela do computador em tempo real. Contudo, em algumas condições da tarefa motora, o *feedback* visual foi distorcido em 45° no sentido horário. Isto significava que, nestas condições, o *feedback* visual fornecido não era fidedigno ao apontamento realizado na mesa e que, para acertar o alvo de fato, o participante precisaria aprender a lidar com a distorção. O participante foi instruído a manter a caneta dentro do alvo até que ele desaparecesse. O alvo desaparecia 1000 ms após o tempo de movimento máximo para acertá-lo terminar.

A distância de 60 cm entre os participantes e a tela foi mantida para a padronização da visualização dos estímulos no campo visual dos participantes. O tempo entre o início da tentativa e o início do apontamento (círculo central verde) era aleatorizado entre 1000 ms e 2000 ms a fim de evitar previsibilidade. A distância entre o ponto inicial e o alvo era de 12,5 cm e o tempo de movimento total para acertar o alvo era de 1500 ms. O alvo tinha 1 cm de diâmetro e os participantes foram instruídos a acertá-lo o mais rápido e preciso possível.

Após o apontamento, os participantes tinham que indicar qual letra haviam visto. A pergunta “Qual letra você viu?” era apresentada na tela e eles deveriam verbalizar qual letra haviam visto (FIGURA 8). O experimentador anotava a letra. Nenhum *feedback*

foi fornecido quanto ao acerto da letra. A identificação da letra foi utilizada apenas como um artifício para que os participantes fixassem o olhar no centro da tarefa e não no círculo que se deslocava. O número de acertos da letra foi acima de 90% em todas as condições para ambos os grupos e não houve diferença significativa entre os grupos, indicando que a utilização da identificação da letra como estratégia de fixação do olhar foi eficaz (vide APÊNDICE 2). O participante poderia deixar de fixar os olhos no círculo central somente para acertar o alvo. Os participantes aprenderam a perceber o movimento coerente de forma subatencional na fase de aprendizagem perceptiva, sendo que o movimento coerente foi apresentado na visão periférica. Sendo assim, ao utilizar a meta de identificação da letra no centro da tarefa, objetivou-se insistir em o participante manter a conformação utilizada para aprender a perceber a direção do movimento coerente e, assim, haver semelhança entre as tarefas perceptiva e motora.

Tarefas do baseline do EEG

Além das tarefas experimentais, os participantes realizaram três tarefas requeridas pelo *software* de EEG para criar um *baseline* de suas métricas cognitivas (engajamento cognitivo, sonolência e distração). Este *baseline* foi utilizado para estabelecer um perfil individualizado de EEG para o cálculo do índice EEG – Índice de engajamento, que foi utilizado como medida de esforço perceptivo (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2009; BERKA *et al.*, 2004; JOHNSON *et al.*, 2011). A primeira tarefa foi uma tarefa de vigilância de três escolhas (*3-Choice Vigilance Task*) que consistiu em pressionar teclas o mais rápido possível no teclado do computador de acordo com o aparecimento de três estímulos diferentes: triângulo, triângulo invertido e losango. Quando o triângulo aparecia, o participante deveria pressionar a seta para a esquerda. Quando o triângulo invertido ou o losango apareciam, o participante deveria pressionar a seta para a direita. O triângulo teve uma ocorrência de 70%, configurando-se o estímulo principal da tarefa, enquanto o triângulo invertido e o losango tiveram ocorrência de 30% juntos, configurando o estímulo secundário. O intervalo entre os estímulos variou entre 1,5 - 10 s, sendo menor no início da sessão de prática (demanda de maior estado de alerta) e

maior ao final (identificação de sonolência) (BERKA *et al.*, 2007). A tarefa teve uma duração aproximada de 2 min.

A segunda tarefa foi uma tarefa de vigilância psicomotora visual (*Visual Psychomotor Vigilance Task*), na qual o participante deveria pressionar a barra de espaço do teclado juntamente com o aparecimento de um estímulo na tela (círculo vermelho). O intervalo entre estímulos se manteve em 2 s durante toda a sessão e a tarefa teve duração de aproximadamente 2 min. A terceira e última tarefa foi uma tarefa de vigilância psicomotora auditiva (*Auditory Psychomotor Vigilance Task*). Esta tarefa era semelhante a anterior, diferindo-se apenas quanto ao estímulo apresentado, que passou a ser sonoro. O participante deveria pressionar a barra de espaço do teclado juntamente com o aparecimento do estímulo sonoro que ocorreu de dois em dois segundos. A tarefa também teve duração de aproximadamente 2 min e, durante a sua execução, o participante deveria permanecer de olhos fechados. As duas tarefas de vigilância psicomotora apresentavam alta demanda por atenção sustentada.

Ao todo as tarefas de *baseline* demandaram cerca de 6 min. Análises de função discriminante e regressões lineares graduais ajustaram os dados do *baseline* para cada indivíduo e geraram as probabilidades de eles se encontrarem nos quatro estados cognitivos (alto e baixo engajamento, sonolência e distração) (BERKA *et al.*, 2004; JOHNSON *et al.*, 2011). Estas classificações serviram como medidas base para os cálculos da métrica de EEG – Índice de engajamento, que é a medida eletroencefalográfica utilizada neste estudo.

4.6 Delineamento

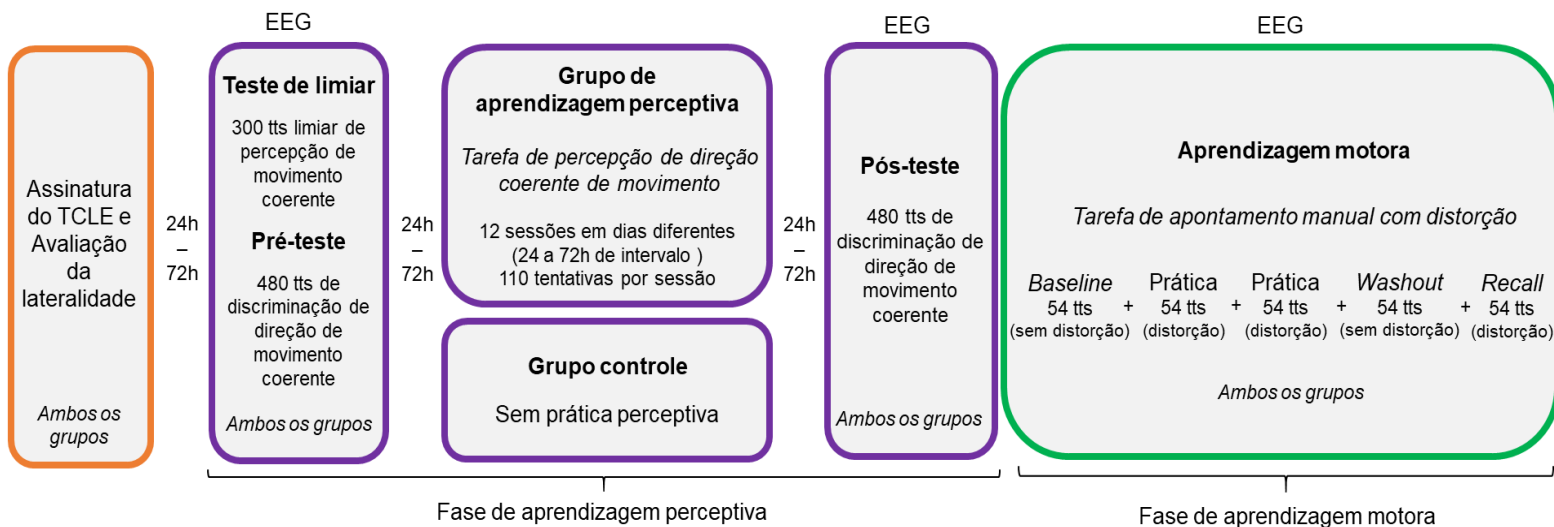
O estudo foi delineado em dois grupos: grupo de aprendizagem perceptiva e grupo controle. A fim de garantir homogeneidade entre os grupos, os participantes foram pareados entre os grupos quanto ao resultado do teste de limiar de percepção de movimento coerente. O pareamento aconteceu da seguinte forma. Após a avaliação do limiar de percepção de movimento coerente dos participantes do grupo de aprendizagem perceptiva, os valores 5% menor e 5% maior que o limiar foram calculados. Estes valores foram definidos como sendo o limite inferior e o limite superior da faixa de pareamento,

respectivamente. Após esta definição, potenciais participantes tiveram seus limiares de percepção de movimento coerente avaliados e, caso o limiar do potencial participante pareasse com o de algum participante do grupo de aprendizagem perceptiva, ele era alocado no grupo controle como par do participante do grupo de aprendizagem perceptiva. Cada participante do grupo experimental tinha um participante no grupo controle como par. A média e desvio padrão do limiar de percepção de movimento coerente do grupo de aprendizagem perceptiva foi de $24,72 \pm 6,88$. E a média e desvio padrão do limiar de percepção de movimento coerente do grupo controle foi de $24,52 \pm 7,19$. Além do pareamento quanto ao limiar de percepção, o par de participantes também foi pareado quanto ao intervalo de tempo decorrido entre o pré e o pós-teste. Ou seja, se o participante do grupo de aprendizagem perceptiva demorou 15 dias entre os testes, o par desse participante no grupo controle também demorou 15 dias entre os testes. Este controle da amostra permitiu deixar o tempo de participação no estudo homogêneo entre os grupos.

O experimento aconteceu em duas fases: fase de aprendizagem perceptiva e fase de aprendizagem motora (FIGURA 9). A fase de aprendizagem perceptiva foi composta de 14 sessões: uma sessão de avaliação de limiar perceptivo e de pré-teste, 12 sessões de prática perceptiva e uma sessão de pós-teste. Cada sessão teve um intervalo de no mínimo 24 horas (h) entre si e de no máximo 72 h (CHANG *et al.*, 2104; FRANK *et al.*, 2021; RASCHE; FRANK; WATANABE, no prelo). Antes da primeira sessão da fase de aprendizagem perceptiva, houve uma sessão para assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e avaliação da lateralidade. Nessa sessão, o participante recebeu informações sobre o estudo e teve sua lateralidade confirmada. Na sessão de avaliação de limiar e de pré-teste, tanto o limiar de percepção de movimento coerente quanto o desempenho em discriminar a direção na qual o movimento coerente aconteceu foram avaliados. O teste para avaliação do limiar perceptivo consistiu de 300 tentativas e o pré-teste, de 480 tentativas (80 em cada uma das seis direções) (CHANG *et al.*, 2104; FRANK *et al.*, 2021). Nas sessões de prática, os participantes praticaram 110 tentativas da tarefa perceptiva em cada sessão (FRANK *et al.*, 2021). A movimentação coerente dos estímulos na tarefa perceptiva foi relativizada pelo limiar de percepção de movimento coerente de cada participante. No pós-teste, os participantes foram testados

novamente quanto ao seu desempenho em discriminar a direção do movimento coerente. Ambos os grupos foram submetidos ao pré e ao pós-teste, contudo, apenas o grupo de aprendizagem perceptiva praticou a tarefa perceptiva nas sessões de prática.

FIGURA 9 – Delineamento experimental. A cor laranja destaca a sessão de assinatura do TCLE e de avaliação da lateralidade dos participantes. A cor roxa destaca as sessões da fase de aprendizagem perceptiva e a cor verde, a fase de aprendizagem motora.



TCLE = Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; EEG = eletroencefalograma; tts = tentativas; h = horas.

Fonte: Elaboração própria.

A fase de aprendizagem motora consistiu em apenas uma sessão de prática e aconteceu imediatamente após o pós-teste da aprendizagem perceptiva. O delineamento da fase da aprendizagem motora e a quantidade de prática foram baseados em estudos de adaptação motora como Im, Bédard e Song (2015), Seidler (2004), Avrahamm *et al.* (2021) e Seidler, Noll e Chintalapati (2006) e foram confirmados por estudo piloto (APÊNDICE 1). Nesta fase, ambos os grupos praticaram a tarefa motora, que foi organizada em cinco condições: *baseline*, *distorção_parte1*, *distorção_parte2*, *washout* e *recall*. Em cada uma das condições, os participantes praticaram 54 tentativas, sendo nove tentativas para casa um dos seis alvos. Todos os participantes praticaram a tarefa motora na mesma sequência de condições. A primeira condição foi o *baseline*, seguido pela *distorção_parte1*, depois pela *distorção_parte2*, seguido pelo *washout* e, por fim, pelo *recall*. No *baseline*, os participantes executaram todas as tentativas da tarefa sem distorção do *feedback* visual. Em ambas as condições de prática com distorção, os

participantes executaram todas as tentativas com o *feedback* visual distorcido em 45° no sentido horário. No *washout*, os participantes executaram todas as tentativas novamente sem a distorção do *feedback* visual. No *recall*, os participantes executaram todas as tentativas novamente com o *feedback* visual distorcido em 45° no sentido horário. A ordem de aparecimento dos alvos foi aleatória.

O aparelho de EEG foi utilizado durante o pré e o pós-teste e durante toda a fase de aprendizagem motora (todas as condições) (FIGURA 9).

4.7 Procedimentos

Os participantes foram recrutados por meio de divulgação eletrônica do estudo abrangendo a cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, e região metropolitana. As coletas de dados aconteceram numa sala apropriada do Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Na primeira sessão, os participantes fizeram a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), tiveram suas dúvidas esclarecidas e assinaram o TCLE. Após isto, a sua lateralidade foi avaliada pelo Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971). Todos os participantes apresentaram um mínimo de 80% de preferência para executar ações com a mão direita.

Na segunda sessão, os participantes primeiramente foram avaliados no teste de limiar de percepção de movimento coerente. O teste teve duração de aproximadamente 10 minutos (min) e o limiar de percepção foi conhecido imediatamente após o término do teste. Após o término do teste de limiar de percepção, os eletrodos do EEG foram posicionados no escalpo do participante seguindo o sistema 10-20 (JASPER, 1958). Outros dois eletrodos foram fixados no processo mastóide de ambos os lados do crânio, um terceiro no ponto médio da clavícula direita e um quarto aproximadamente na extremidade esternal da 9ª costela do lado. Em sequência, a impedância dos eletrodos foi testada. Um valor abaixo de 50 quiloohms (k Ω) de impedância foi adotado, visto que o *software* B-Alert entende que valores abaixo desse valor apresentam 95% do sinal captado com boa qualidade (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2009). Após alcançar

um valor baixo de impedância em todos os eletrodos, o participante foi posicionado confortavelmente em frente ao computador e ao teclado. Ele foi informado que deveria evitar fazer movimentos bruscos com a cabeça e fazer comentários acerca da tarefa a fim de evitar possíveis interferências no sinal registrado pelo EEG.

As primeiras tarefas realizadas foram as tarefas do *baseline* do EEG para a criação do perfil cognitivo individualizado de cada participante. O participante recebeu instruções acerca de cada uma delas e as executou. A execução das tarefas de *baseline* teve duração aproximada de 6 min. Em sequência, o participante se posicionou para a tarefa do pré-teste da fase de aprendizagem perceptiva. Para esta tarefa – e também para a tarefa perceptiva e para a tarefa motora – foi utilizado o apoio de mesa de queixo e testa. A altura do apoio de mesa de queixo e testa foi ajustada de modo que as alturas dos olhos de todos os participantes coincidiam com o centro da tarefa onde o participante deveria fixar seu olhar. O apoio de queixo e testa foi posicionado a 60 cm da tela do computador e os participantes posicionaram seu queixo e testa confortavelmente no aparelho. Por fim, os participantes receberam instruções acerca da tarefa de pré-teste e a realizaram. A tarefa de pré-teste teve duração de aproximadamente 20 min. O EEG foi utilizado durante o pré-teste.

Após um intervalo de 24 h a 72 h, o participante realizou a primeira sessão da tarefa perceptiva. O participante foi posicionado mais uma vez de frente para o computador e para o teclado e utilizou o apoio de mesa de queixo e testa. Após receber as instruções sobre a tarefa, ele a executou. A tarefa perceptiva teve duração de aproximadamente 15 min por sessão. O EEG não foi utilizado em nenhuma sessão de prática perceptiva. O mesmo procedimento se repetiu em todas as 12 sessões de prática perceptiva. Apenas o grupo de aprendizagem perceptiva praticou a tarefa perceptiva. De 24 h a 72 h após a última sessão de prática perceptiva, o participante realizou o pós-teste. O mesmo procedimento de teste de impedância, de criação do perfil cognitivo individualizado do participante e os procedimentos para o pré-teste foram repetidos na sessão de pós-teste. A tarefa de pós-teste teve duração de aproximadamente 20 min e o EEG foi utilizado.

Imediatamente após o pós-teste, o participante realizou a tarefa motora. Ele se assentou de frente ao computador e à mesa digitalizadora e a caneta sensor. O apoio de

mesa de queixo e testa foi novamente utilizado. O participante recebeu as instruções, realizou primeiramente seis tentativas (uma em cada alvo) da tarefa motora para se familiarizar com o posicionamento da caneta no ponto inicial, e, então, executou a tarefa motora. Antes da primeira condição em que a distorção seria apresentada (distorção_parte1), os participantes foram instruídos de que um novo elemento estaria presente na tarefa e que ele teria que lidar com ele. Contudo, não foi dito que se tratava de uma distorção do *feedback* visual. A presença deste elemento não foi mencionada em mais nenhuma condição da tarefa motora. Um pequeno intervalo de aproximadamente 2 min foi fornecido entre as condições da tarefa motora. Cada condição da tarefa teve duração de aproximadamente 6 min. A fase de aprendizagem motora teve uma duração de aproximadamente 40 min ao todo. O EEG foi utilizado durante toda a fase de aprendizagem motora.

4.8 Medidas e análises

4.8.1 Variáveis independentes

Aprendizagem perceptiva.

4.8.2 Variáveis dependentes

Perceptivas

Discriminação de direção de movimento coerente

A discriminação de direção de movimento coerente foi utilizada para avaliar o desempenho em perceber informações subatencionais e foi definida como a quantidade de acertos na direção treinada do movimento coerente dos círculos (WATANABE; NÁÑEZ; SASAKI, 2001). Os acertos em cada uma das seis direções da tarefa perceptiva foram somados e os acertos na direção treinada foram comparados à média dos acertos nas direções não treinadas.

EEG - Índice de engajamento

O EEG - Índice de engajamento relaciona-se à demanda da tarefa para captação de informação, varredura visual e atenção (BERKA; LEVENDOWSKI, 2006) e é calculado a partir de um algoritmo de classificação usando quatro classes: sonolência, distração, baixo engajamento e alto engajamento. O algoritmo usado foi o de análise de função discriminante quadrática e utilizou cada época de 1 s da densidade espectral a partir de faixas de 1 Hz (de 1 – 40 Hz) proveniente dos canais FzPOz, CzPOz, F3Cz, C3C4, FzC3 para fazer a classificação. Os dados utilizados na função discriminante estavam relativizados pelo perfil de EEG de cada indivíduo identificado pela *baseline* do EEG. Para determinar a função discriminante para sonolência foi usada uma base de dados de indivíduos saudáveis que passaram por privação de sono (BERKA *et al.*, 2007). Cada estado cognitivo é identificado pelo equipamento com os seguintes valores: 0,1 para sonolência; 0,3 para distração; 0,6 para baixo engajamento e 0,9 para alto engajamento. Cada 1 s de sinal de EEG é classificado em um desses estados cognitivos e o EEG – Índice de engajamento foi utilizado como sendo a média entre estes estados.

Motoras

Tempo de reação (TR)

O tempo de reação foi utilizado para avaliar o planejamento e foi definido como sendo o tempo decorrido entre o aparecimento do estímulo e o início do deslocamento da caneta sensor (SCHMIDT *et al.*, 2018). A unidade de medida de tempo de reação foi milissegundos (ms). O tempo de reação demandado na tarefa motora foi de tipo simples e, portanto, foi definido 200 ms como o tempo mínimo necessário para responder ao estímulo (SCHMIDT *et al.*, 2018). Ou seja, tentativas da tarefa motora foram consideradas válidas quando apresentaram um tempo de reação maior do que 200 ms.

Tempo de movimento (TM)

O tempo de movimento foi utilizado para avaliar a execução do movimento e foi definido como sendo o tempo decorrido entre o início do deslocamento da caneta sensor e o alcance do alvo ou o tempo máximo para execução da tarefa ser alcançado (SCHMIDT *et al.*, 2018). A unidade de medida de tempo de movimento foi milissegundos (ms). O tempo de movimento máximo permitido na tarefa foi 1500 ms e o mínimo foi 500 ms. De acordo com estudos prévios de apontamento (LAGE *et al.*, 2013; 2014; SEIDLER; NOLL, 2008), o pico de velocidade médio para percorrer distâncias de 15 cm entre o ponto inicial e o alvo é de em média 30 cm/s, o que equivaleria a 500 ms de tempo mínimo para alcançar o alvo. A distância entre o ponto inicial e o alvo da tarefa do presente estudo foi de 12,5 cm. Com base nos valores adotados como referência, foi assumido que o tempo de movimento médio para percorrer a distância entre o centro do círculo central e o centro do alvo seria 500 ms.

Erro de radial (ER)

O erro radial foi utilizado para avaliar a magnitude da distância entre o apontamento e o alvo e foi obtido por meio da equação abaixo:

$$(2) ER = \sqrt{(x_i - x_m)^2 + (y_i - y_m)^2}$$

Em que:

- ER corresponde ao erro radial;
- x_i corresponde ao valor da posição final do movimento no eixo x;
- x_m corresponde ao valor da posição do alvo em x;
- y_i corresponde ao valor da posição final do movimento no eixo y;
- y_m corresponde ao valor da posição do alvo em y.

O erro radial foi calculado para dois momentos do movimento, o pico de velocidade e o final do movimento. O pico de velocidade foi definido como sendo o maior valor de velocidade de movimento realizado em cada tentativa. Foram utilizados, portanto, o erro radial no pico (ER_PV) de velocidade e o erro radial no final do movimento

(ER_FINAL). O ER_PV foi utilizado para avaliar o erro do planejamento do apontamento e o ER_FINAL foi utilizado para avaliar o erro na fase de correção do apontamento. A unidade de erro radial foi centímetros (cm).

4.8.3 Análise estatística

Na fase de aprendizagem perceptiva, os dados eletroencefalográficos e os dados do desempenho perceptivo (discriminação da direção do movimento coerente) foram organizados em um bloco de 480 tentativas para o pré-teste e para o pós-teste. Os dados de delta de mudança também foram organizados em um bloco de 480 tentativas. A estatística descritiva foi dada em média e desvio padrão. Os dados de desempenho perceptivo em cada uma das direções foram somados. Foi calculada a média e o desvio padrão dos acertos nas direções não treinadas no grupo de aprendizagem perceptiva. No grupo controle, os acertos foram organizados em desempenho na direção treinada pelo par e média do desempenho nas direções não treinadas pelo par. Na fase de aprendizagem motora, os dados eletroencefalográficos foram organizados em um bloco de 54 tentativas para cada uma das cinco condições da tarefa motora. Os dados foram organizados em média e desvio padrão. Os dados do desempenho motor (tempo de reação, tempo de movimento, erro radial no PV e erro radial no final) foram separados entre os seis alvos, sendo nove tentativas para cada alvo. Foram calculados a média e o desvio padrão para cada um dos alvos. Foi calculada a média e o desvio padrão do apontamento dos alvos nas direções não treinadas. A organização dos dados entre os alvos foi feita para cada uma das cinco condições da tarefa motora.

A análise inferencial foi realizada via análise de variância (ANOVA). Primeiramente os pressupostos da ANOVA foram verificados. A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada via o teste de Shapiro-Wilk. Além disso, a curtose e a assimetria da distribuição dos dados foram avaliadas. Pequenas violações da normalidade da distribuição foram encontradas. Nestes casos, o escore z da curtose e da assimetria foram avaliados por meio das equações abaixo:

$$(3) Z_{assimetria} = \frac{A-0}{EP_{assimetria}}$$

Em que:

- $Z_{\text{assimetria}}$ corresponde ao escore z da assimetria;
- A corresponde ao valor da assimetria;
- $EP_{\text{assimetria}}$ corresponde ao valor do erro padrão da assimetria.

$$(4) Z_{\text{curtose}} = \frac{C-0}{EP_{\text{curtose}}}$$

Em que:

- Z_{curtose} corresponde ao escore z da curtose;
- C corresponde ao valor da curtose;
- EP_{curtose} corresponde ao valor do erro padrão da curtose.

Escores z menores que 1,96 indicam normalidade da distribuição (FIELD, 2009). Os valores encontrados de escore z de assimetria e de curtose foram menores que 1,96, indicando normalidade da distribuição dos dados.

A variância do erro dos dados foi avaliada pelo teste de Mauchly para as medidas repetidas e pelo teste de Levene para os fatores independentes. Para violações encontradas via teste de Mauchly, a correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada (FIELD, 2009). Para violações encontradas via teste de Levene, os resíduos padronizados dos dados foram analisados. A distribuição dos resíduos foi considerada normal por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ou da avaliação do escore z da curtose e da assimetria (FIELD, 2009). Além disso, as pequenas violações dos pressupostos da Anova encontradas no presente estudo foram avaliadas à luz de estudos anteriores em que a robustez da ANOVA foi testada e discutida quando violações dos seus pressupostos foram encontradas (ZOIA *et al.*, 2018; SILVEIRA, 1999). Estes estudos sustentam que a ANOVA é robusta o suficiente para lidar com pequenas violações dos pressupostos e, ainda, alguns desses estudos desestimulam o uso de testes não paramétricos, uma vez que estes se mostram menos precisos do que testes paramétricos. Sendo assim, decidiu-se por conduzir testes ANOVA no presente estudo.

Na fase de aprendizagem perceptiva, foi conduzida uma ANOVA *three-way* com medidas repetidas nos dois últimos fatores para a comparação entre grupos (aprendizagem perceptiva e controle), testes (pré e pós) e direções (treinada e média das

não treinadas) para a variável discriminação de direção de movimento coerente. Foi conduzida também uma ANOVA *two-way* com medidas repetidas no segundo fator para a comparação entre grupos (aprendizagem perceptiva e controle) e testes (pré e pós) para a variável EEG – Índice de engajamento.

Na fase de aprendizagem motora, a mesma conduta para avaliação dos pressupostos da ANOVA foi realizada e decidiu-se por utilizar ANOVAs. Foi conduzida uma ANOVA *three-way* com medidas repetidas nos dois últimos fatores para a comparação entre grupos (aprendizagem perceptiva e controle), condições (*baseline*, *distorção_parte1*, *distorção_parte2*, *washout* e *recall*) e alvo (na direção treinada e média das direções não treinadas) para as variáveis tempo de reação, tempo de movimento, erro radial no pico de velocidade e erro radial no final do movimento. Foi conduzida também uma ANOVA *two-way* com medidas repetidas no segundo fator para a comparação entre grupos (aprendizagem perceptiva e controle) e condições (*baseline*, *distorção_parte1*, *distorção_parte2*, *washout* e *recall*) para a variável EEG – Índice de engajamento.

A primeira condição da tarefa motora (*baseline*) representa o primeiro contato do participante com os estímulos da tarefa motora. É esperado que os efeitos da aprendizagem perceptiva sejam mais evidenciados nesta condição. Da mesma forma, a condição de *distorção_parte1* representa o primeiro momento em que o participante é exposto à distorção. Espera-se que os efeitos da aprendizagem perceptiva permitam que os participantes se adaptem melhor à nova demanda visuomotora gerada pela distorção do *feedback* visual. Espera-se também que os efeitos da aprendizagem perceptiva permitam que o participante se readapte melhor no momento em que a distorção é reinserida na condição *recall*. Sendo assim, os dados das condições *baseline*, *distorção_parte1* e *recall* foram adicionalmente analisados separadamente das demais condições. Foi conduzida uma ANOVA *two-way* com medidas repetidas no segundo para a comparação entre grupos (aprendizagem perceptiva e controle) e alvos (na direção treinada e média das direções não treinadas) para cada uma dessas condições. E foi conduzida uma ANOVA *one-way* para a comparação da variável EEG – Índice de engajamento entre os grupos (aprendizagem perceptiva e controle) para cada uma dessas condições.

Análises *post hoc* foram realizadas via teste de Bonferroni. O poder estatístico adotado foi de 0,80 e a probabilidade de erro tipo I adotada foi de 0,05. O tamanho de efeito foi calculado pelo *eta-squared* (η^2).

4.8.4 Quadro resumo dos objetivos, hipóteses e avaliações

O quadro abaixo relaciona os objetivos específicos às hipóteses do estudo, bem como às variáveis dependentes utilizadas e às análises estatísticas realizadas.

QUADRO 1 - Resumo dos objetivos, hipóteses, variáveis e análises

Fase do estudo	Objetivos específicos	Hipóteses	Variáveis dependentes	Análises estatísticas
Aprendizagem perceptiva	—	H ₁ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará maior número de acertos na discriminação da direção do movimento na direção treinada no pós-teste da fase de aprendizagem perceptiva do que o grupo controle.	Discriminação de direção de movimento coerente	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x direção)
		H ₂ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor índice de engajamento eletroencefalográfico (EEG) no pós-teste da fase de aprendizagem perceptiva do que o grupo controle.	EEG - Índice de engajamento	ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x teste)
Aprendizagem motora	Avaliar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na busca perceptiva visual.	H ₃ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor índice de engajamento (EEG) na condição <i>baseline</i> da aprendizagem motora quando comparado ao grupo controle.	EEG - Índice de engajamento	ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x condição) ANOVA <i>One-way</i> na condição <i>baseline</i>

Fase do estudo	Objetivos específicos	Hipóteses	Variáveis dependentes	Análises estatísticas
Aprendizagem motora	Avaliar o efeito da aprendizagem perceptiva visual no planejamento motor.	<p>H₄ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de reação nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>) no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.</p>	Tempo de reação	ANOVA <i>Three-way</i> (Grupo x teste x alvo)
		ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) nas condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>		
		<p>H₅ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor erro radial no pico de velocidade nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>) no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle</p>	Erro radial no pico de velocidade	ANOVA <i>Three-way</i> (Grupo x teste x alvo)
		ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) nas condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>		
		<p>H₆ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de reação na condição <i>recall</i> da fase de aprendizagem motora no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.</p>	Tempo de reação	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x alvo)
		ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) na condição <i>recall</i>		
		<p>H₇ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor erro radial no pico de velocidade na condição <i>recall</i> da fase de aprendizagem motora no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.</p>	Erro radial no pico de velocidade	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x alvo)
		ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) na condição <i>recall</i>		

Fase do estudo	Objetivos específicos	Hipóteses	Variáveis dependentes	Análises estatísticas
Aprendizagem motora	Avaliar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na execução motora	H ₈ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de movimento nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>) no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.	Tempo de movimento	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x alvo)
				ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) nas condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>
		H ₉ - O grupo de aprendizagem perceptiva apresentará menor tempo de movimento na condição <i>recall</i> da fase de aprendizagem motora no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle.	Tempo de movimento	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x alvo)
				ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) na condição <i>recall</i>
		H ₁₀ – Não haverá diferença significativa entre os grupos e os alvos na variável erro radial no final do movimento nas condições iniciais da fase de aprendizagem motora (condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>).	Erro radial no final do movimento	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x alvo)
				ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) nas condições <i>baseline</i> e <i>distorção_parte1</i>
		H ₁₁ - Não haverá diferença significativa entre os grupos e os alvos na variável erro radial no final do movimento na condição <i>recall</i> da fase de aprendizagem motora.	Erro radial no final do movimento	ANOVA <i>Three-way</i> (grupo x teste x alvo)
				ANOVA <i>Two-way</i> (grupo x alvo) na condição <i>recall</i>

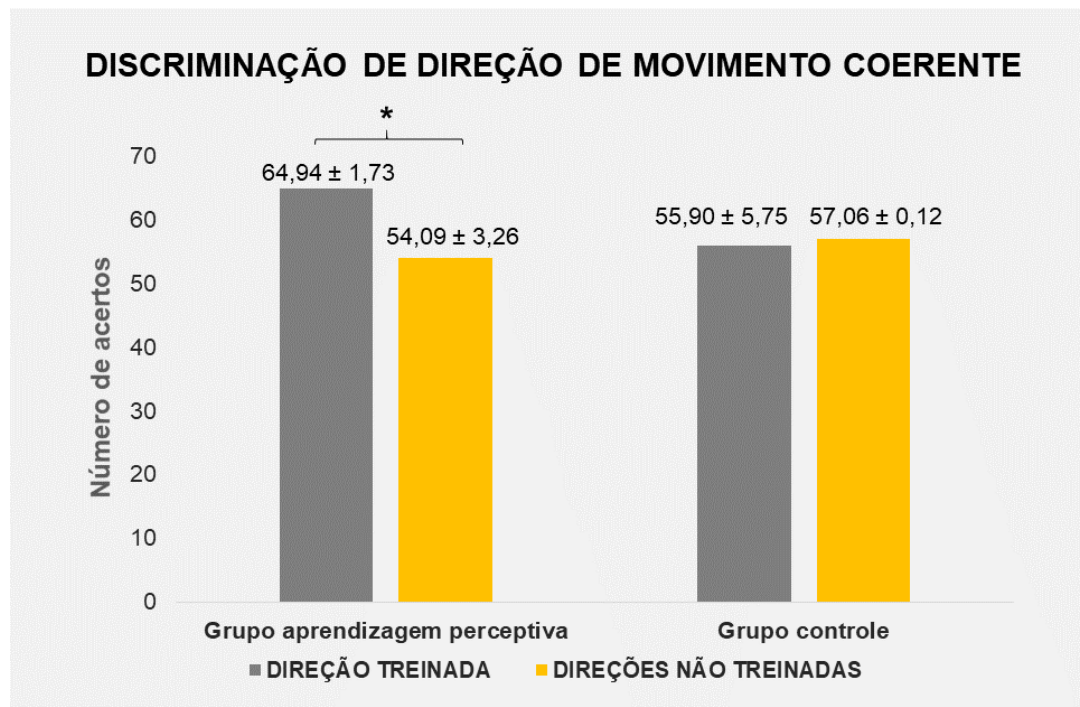
5 RESULTADOS

5.1 Fase de aprendizagem perceptiva

Discriminação de direção de movimento coerente

A ANOVA *three-way* indicou uma interação grupo x direção significativa [$F(1,24) = 5,865$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,21$] na variável discriminação de direção de movimento coerente e a análise de *post hoc* indicou que o grupo de aprendizagem perceptiva apresentou um número maior de acertos na direção treinada do que nas direções não treinadas ($p = 0,00$). O gráfico 1 apresenta a média e o desvio padrão da interação grupo x direção da variável discriminação de direção de movimento coerente.

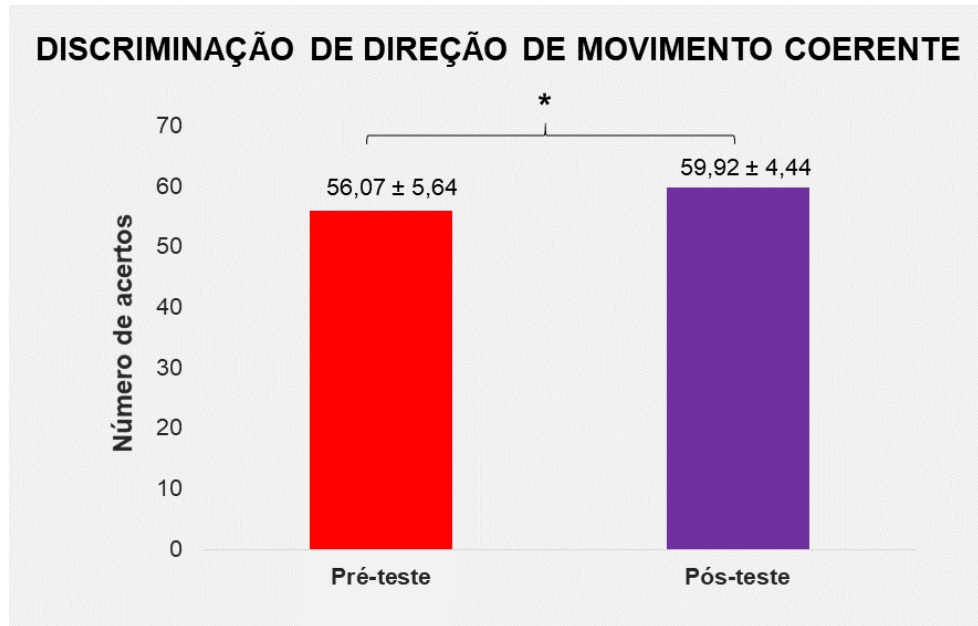
GRÁFICO 1 - Análise descritiva da interação grupo x direção da variável discriminação de direção de movimento coerente. * = $p < 0,05$.



Houve uma diferença significativa para o fator teste [$F(1,24) = 15,137$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,40$] na variável discriminação de direção de movimento coerente. A análise de *post*

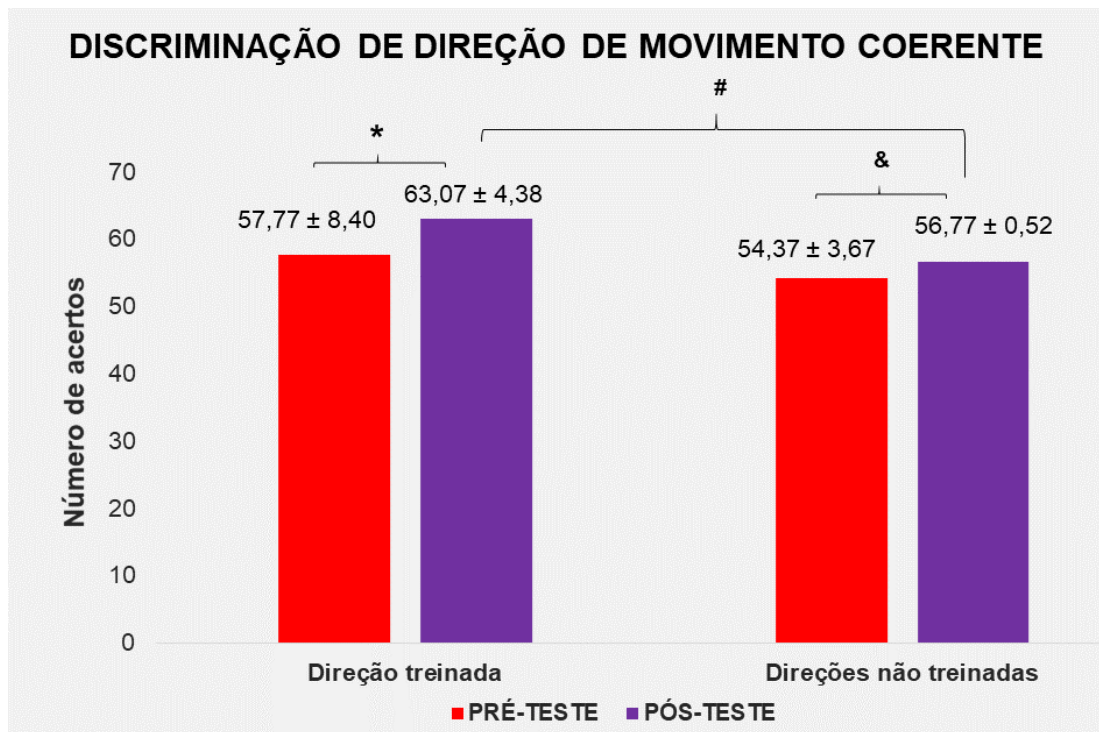
hoc indicou que o número de acertos na discriminação de direção de movimento coerente foi menor no pré-teste do que no pós-teste. O gráfico 2 apresenta a média e o desvio padrão do fator teste da variável discriminação de direção de movimento coerente.

GRÁFICO 2 - Análise descritiva do fator teste da variável discriminação de direção de movimento coerente. * = $p < 0,05$.



A ANOVA *three-way* também encontrou uma interação direção x teste significativa [$F(1,24) = 4,141$, $p=0,05$, $\eta^2= 0,15$] na variável discriminação de direção de movimento coerente. A análise de *post hoc* indicou que o número de acertos aumentou do pré para o pós-teste tanto na direção treinada ($p=0,00$) quanto nas direções não treinadas ($p=0,01$). A análise de *post hoc* também indicou que o número de acertos na direção treinada foi maior que o número de acertos nas direções não treinadas no pós-teste ($p=0,02$). O gráfico 3 apresenta a média e o desvio padrão da interação direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente.

GRÁFICO 3 - Análise descritiva da interação direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente. * = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre os testes na direção treinada. # = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre os testes nas direções não treinadas. & = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre as direções no pós-teste.



Houve uma interação significativa para grupo x direção x teste [$F(1,24) = 12,583$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,36$] na variável discriminação de direção de movimento coerente. Os gráficos 4 e 5 apresentam a média e o desvio padrão da interação grupo x direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente. A análise *post hoc* evidenciou que o grupo experimental aumentou o número de acertos nas direções não treinadas do pré para o pós-teste ($p = 0,001$) enquanto o grupo controle aumentou o número de acertos na direção treinada do pré para o pós-teste ($p = 0,001$) (GRÁFICO 4). Além disso, o grupo experimental apresentou um maior número de acertos na direção treinada do que nas direções não treinadas tanto no pré ($p = 0,00$) quanto no pós-teste ($p = 0,01$). A análise *post hoc* também evidenciou que o grupo experimental apresentou um maior número de acertos na direção treinada do que o grupo controle no pré-teste ($p = 0,05$) (GRÁFICO 5).

Não foi encontrada diferença significativa para o fator grupo [$F(1,24) = 0,933$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,04$] em uma interação significativa para grupo x teste [$F(1,24) = 0,098$,

$p < 0,05$, $\eta^2 = 0,04$] na variável discriminação de direção de movimento coerente. Contudo, houve uma tendência de se encontrar diferença significativa no fator direção [$F(1,24) = 3,820$, $p = 0,06$, $\eta^2 = 0,15$] na variável discriminação de direção de movimento coerente. O número de acertos na direção treinada teve média e desvio padrão de $60,42 \pm 6,27$ e nas direções não treinadas de $55,58 \pm 2,55$.

GRÁFICO 4 - Análise descritiva da interação grupo x direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente. * = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre os testes nas direções não treinadas no grupo de aprendizagem perceptiva. # = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre os testes na direção treinada no grupo controle.

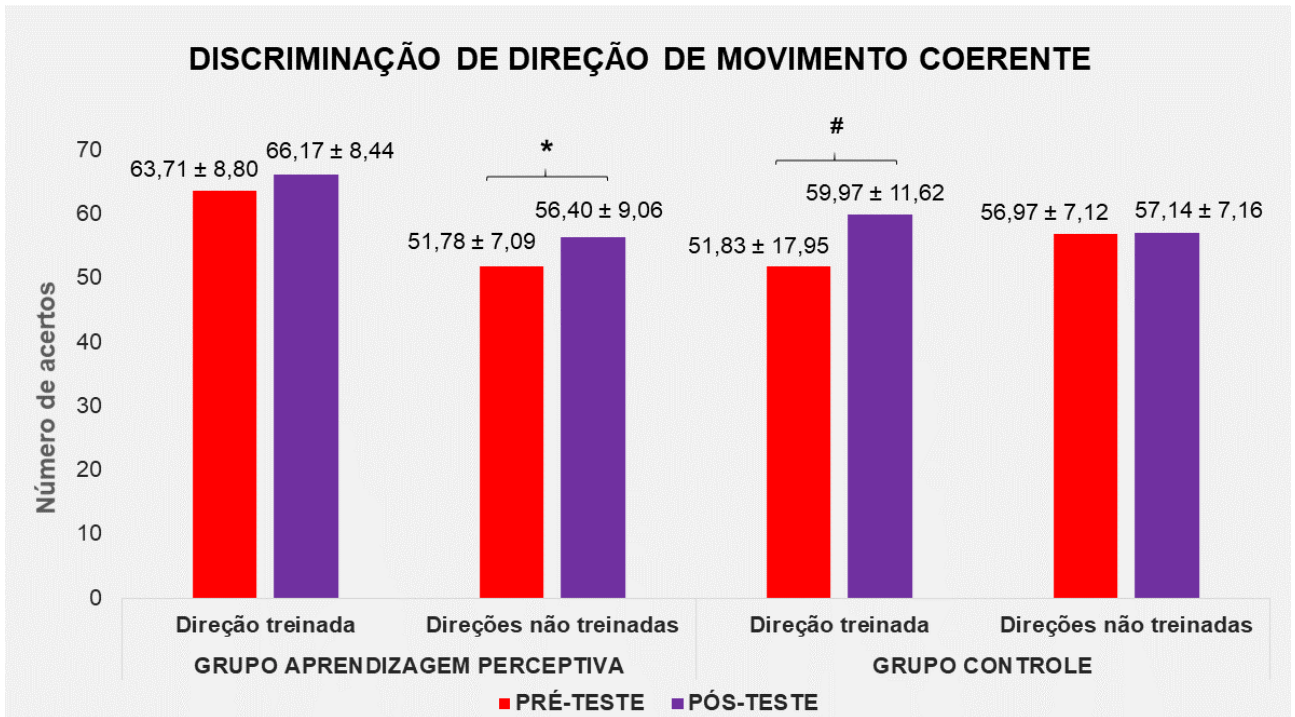
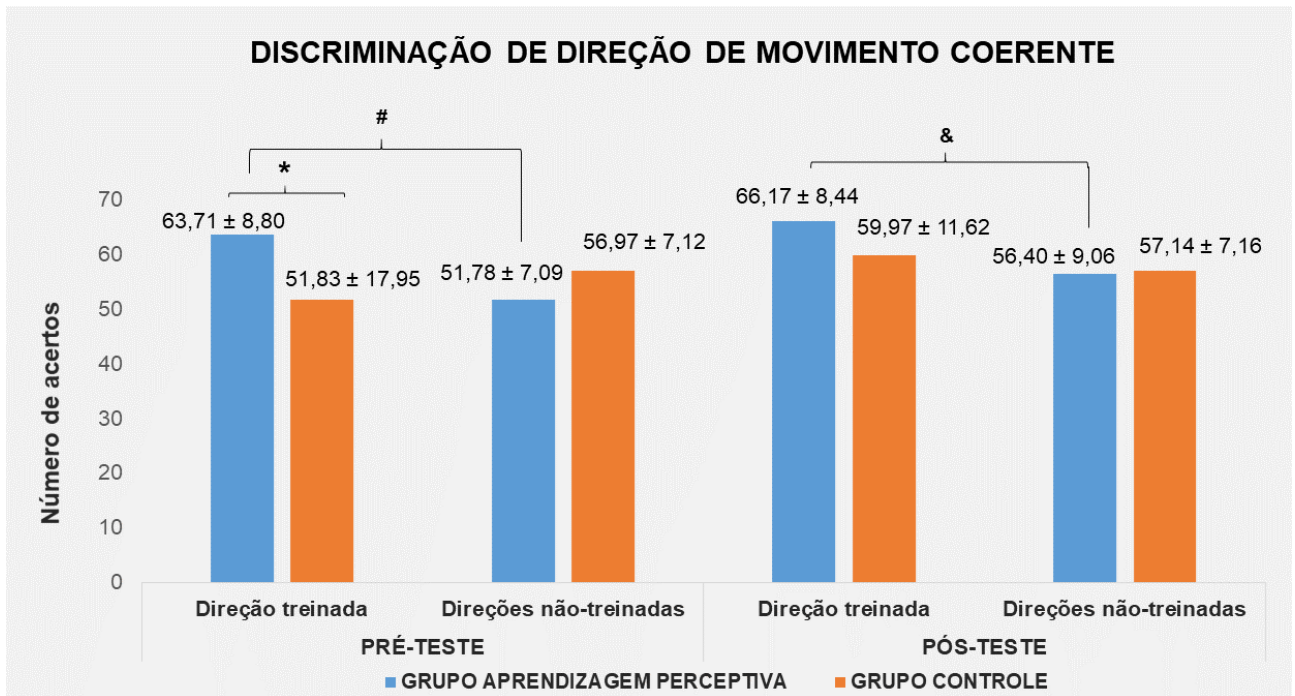


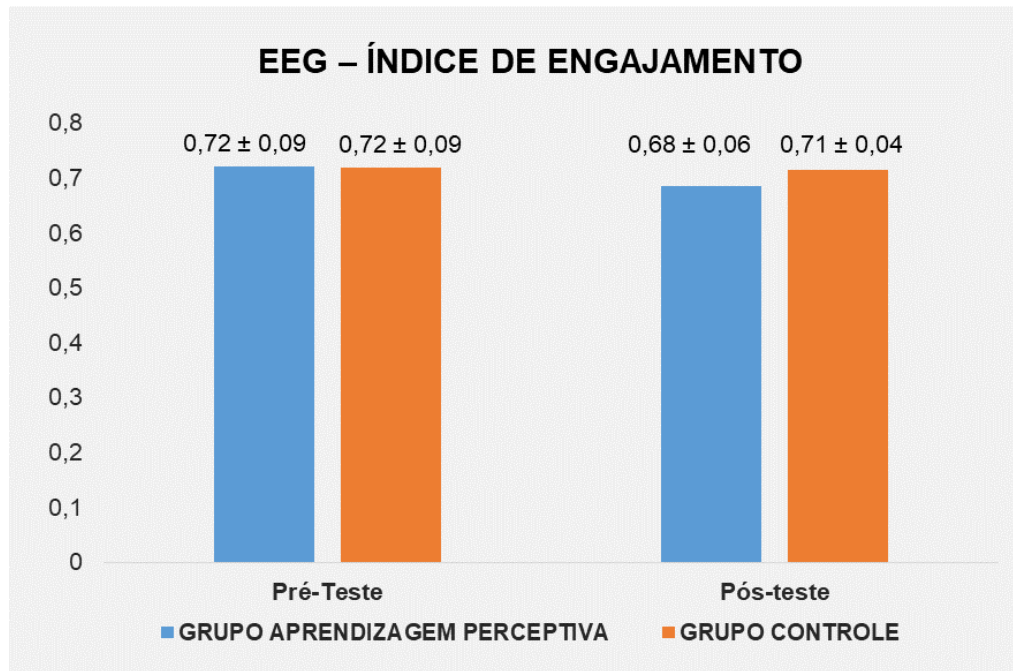
GRÁFICO 5 - Análise descritiva da interação grupo x direção x teste da variável discriminação de direção de movimento coerente. * = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre os grupos na direção treinada no pré-teste. # = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre as direções no grupo de aprendizagem perceptiva no pré-teste. & = $p < 0,05$ evidenciando a diferença entre as direções no grupo de aprendizagem perceptiva no pós-teste.



EEG – Índice de engajamento

A ANOVA *two-way* não encontrou nenhuma diferença significativa para o fator grupo [$F(1,24) = 0,262$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$], nem para o fator teste [$F(1,24) = 1,607$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,06$] ou interação grupo x teste significativa [$F(1,24) = 0,934$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,04$] na variável EEG – Índice de engajamento. O gráfico 6 apresenta a média e o desvio padrão da variável do EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem perceptiva.

GRÁFICO 6 – Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem perceptiva. $p > 0,05$ para todas as comparações e para a interação.



5.2 Fase de aprendizagem motora

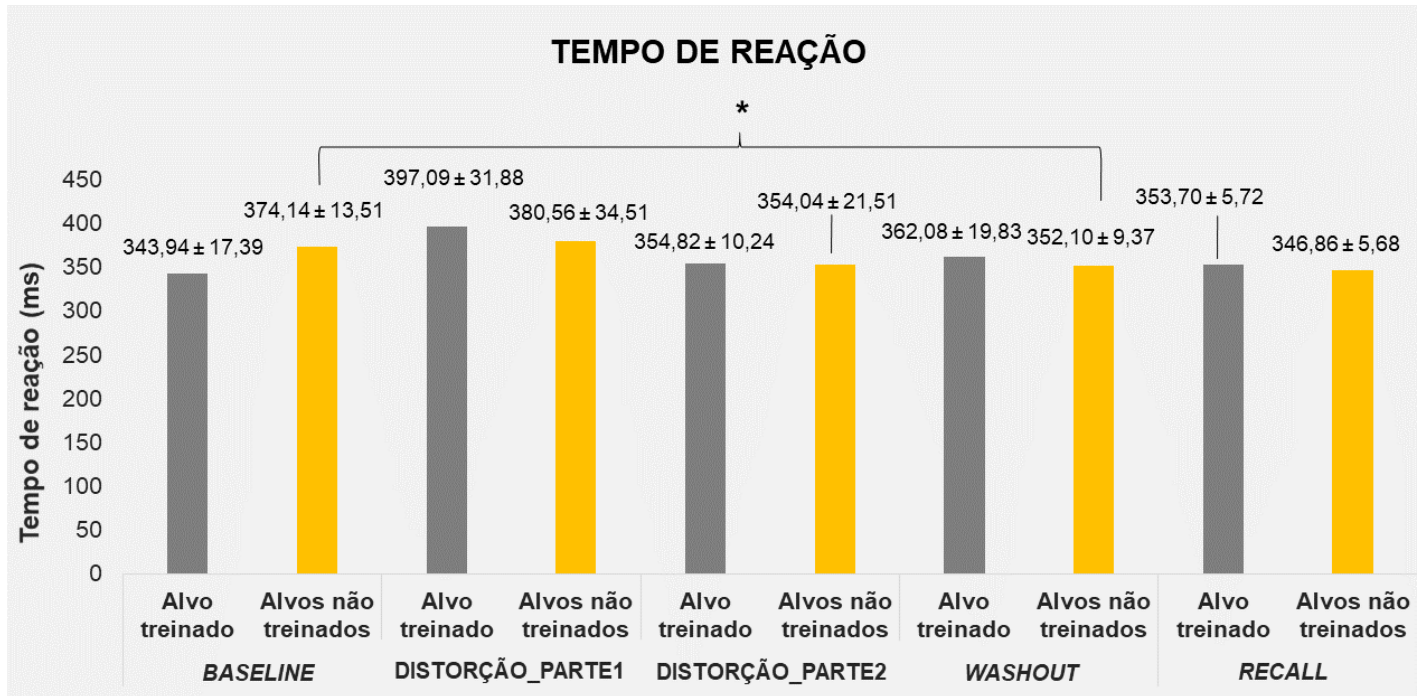
5.2.1 Resultados comparando todas as condições

Tempo de reação

A ANOVA *three-way* encontrou diferença significativa no fator condição [$F(2,198, 43,958) = 3,702, p < 0,05, \eta^2 = 0,15$] na variável tempo de reação, contudo, a análise de *post hoc* não evidenciou a diferença significativa ($p > 0,05$). Houve também uma interação significativa para condição x alvo [$F(4, 22) = 3,838, p < 0,05, \eta^2 = 0,16$] na variável tempo de reação. A análise de *post hoc* indicou que o tempo de reação na condição *washout* foi menor que na condição *baseline* nos alvos em que a direção não foi treinada ($p = 0,03$). A análise de *post hoc* também encontrou uma tendência de o tempo de reação ter sido menor na condição *washout* do que na condição *distorção_parte1* nos alvos em que a direção não foi treinada ($p = 0,06$) e uma tendência de o tempo de reação ter sido menor na condição *recall* do que na condição *distorção_parte1* nos alvos em que a

direção não foi treinada ($p=0,07$). O gráfico 7 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvo da variável tempo de reação.

GRÁFICO 7 - Análise descritiva da interação condição x alvo da variável tempo de reação. * = $p<0,05$.



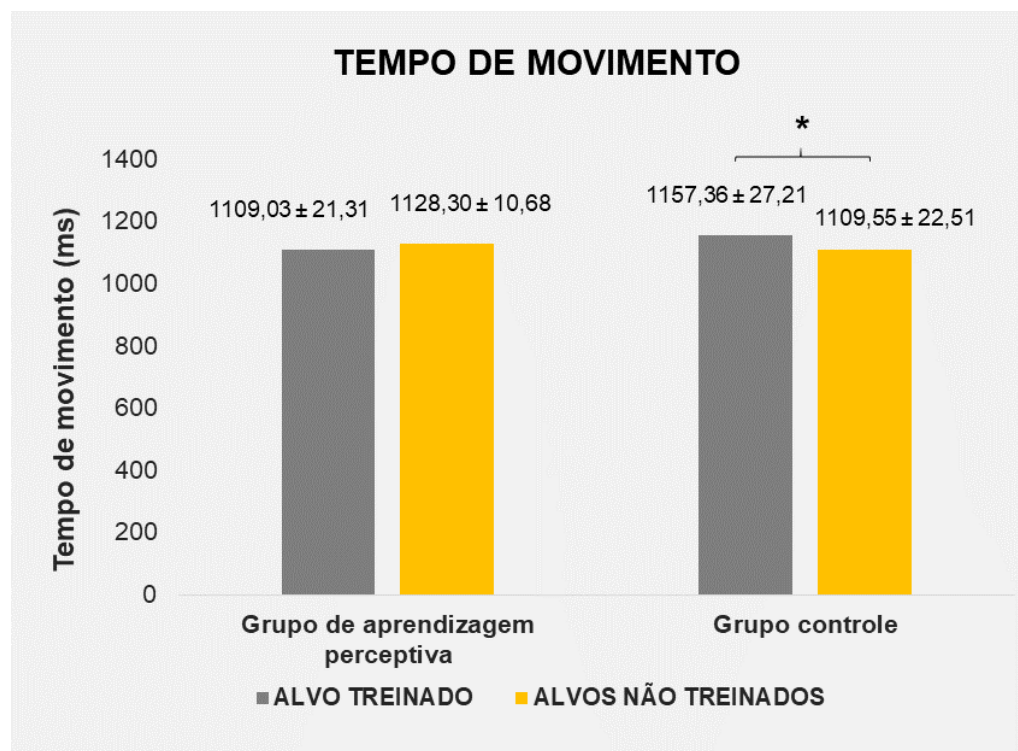
Não houve diferença significativa para os fatores alvo [$F(1, 22) = 0,220, p>0,05, \eta^2 = 0,11$] e grupo [$F(1, 22) = 1,647, p>0,05, \eta^2 = 0,07$] e nem para a interação grupo x condição [$F(2,20, 43,96) = 1,803, p>0,05, \eta^2 = 0,08$], grupo x alvo [$F(1,00, 20,00) = 0,353, p>0,05, \eta^2 = 0,17$] ou grupo x condição x alvo [$F(3,12, 62,41) = 1,710, p>0,05, \eta^2 = 0,08$] na variável tempo de reação.

Tempo de movimento

A ANOVA *three-way* encontrou interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 22) = 5,547, p<0,05, \eta^2 = 0,22$] na variável tempo de movimento. A análise de *post hoc* indicou que o grupo controle apresentou um maior tempo de movimento no alvo em que a direção foi treinada do que nos alvos em que a direção não foi treinada ($p=0,03$). O

gráfico 8 apresenta a média e o desvio padrão da interação grupo x alvo da variável tempo de movimento. Não houve diferença significativa para os fatores condição [$F(2,30, 45,99) = 0,667, p < 0,05, \eta^2 = 0,03$], alvo [$F(1, 22) = 1,086, p > 0,05, \eta^2 = 0,05$] e grupo [$F(1, 22) = 0,269, p > 0,05, \eta^2 = 0,01$] na variável tempo de movimento. Não houve interação significativa para grupo x condição [$F(2,30, 46,00) = 0,403, p > 0,05, \eta^2 = 0,02$] e grupo x condição x alvo [$F(2,90, 57,84) = 0,267, p > 0,05, \eta^2 = 0,01$] na variável tempo de movimento.

GRÁFICO 8 - Análise descritiva da interação grupo x alvo da variável tempo de movimento. * = $p < 0,05$.

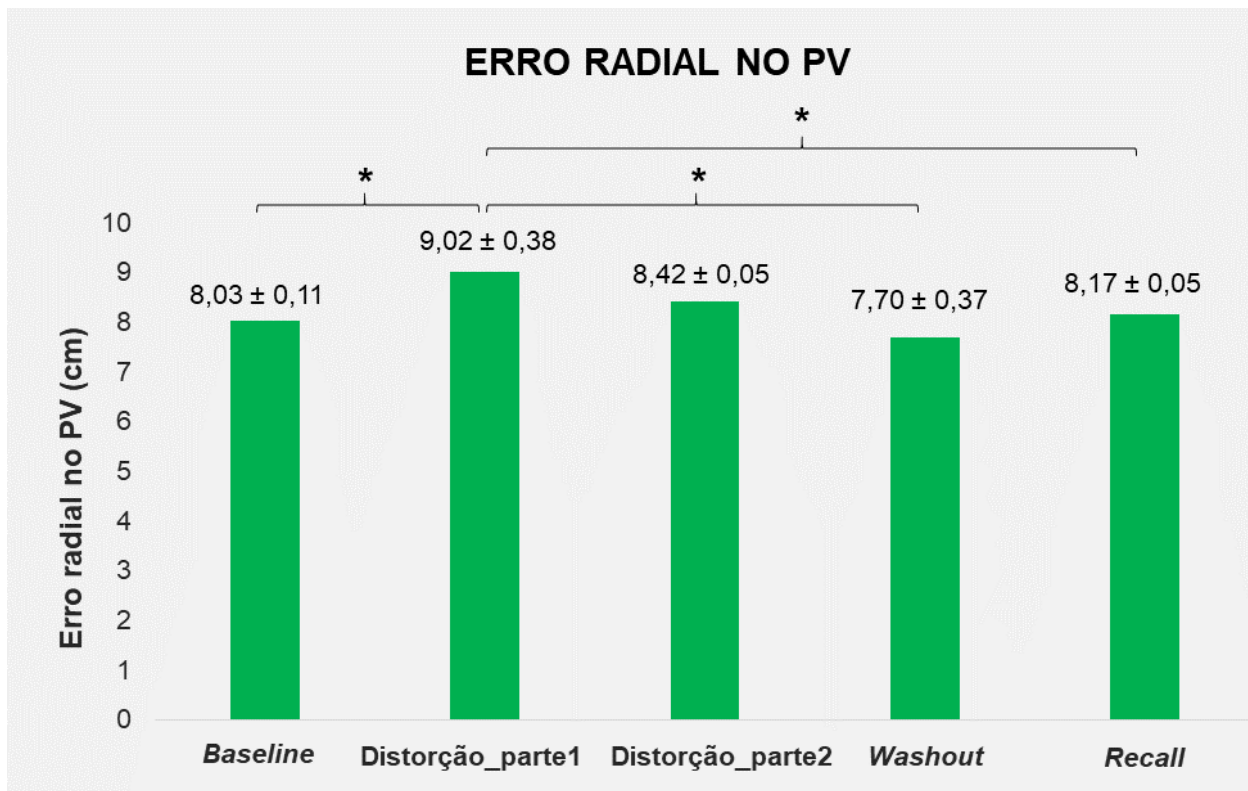


Erro radial no pico de velocidade (ER_PV)

A ANOVA *three-way* encontrou diferença significativa no fator condição [$F(4, 22) = 11,428, p < 0,05, \eta^2 = 0,36$] na variável erro radial no pico de velocidade. A análise de *post hoc* indicou que a condição *distorção_parte1* apresentou um maior ER_PV que todas as outras condições ($p < 0,05$), exceto a condição *distorção_parte2* ($p > 0,05$). Além disso, a condição *baseline* tendeu a apresentar um ER_PV menor que a condição

distorção_parte2 ($p=0,06$). O gráfico 9 apresenta a média e o desvio padrão do fator condição da variável erro radial no pico de velocidade (PV).

GRÁFICO 9 - Análise descritiva do fator condição da variável erro radial no PV. * = $p<0,05$.



Houve também uma interação significativa para condição x alvo [$F(2,90, 58,08) = 3,720, p<0,05, \eta^2= 0,16$] na variável erro radial no pico de velocidade. A análise de *post hoc* indicou que a condição *baseline* apresentou um menor ER_PV no alvo em que a direção foi treinada do que as condições *distorção_parte1* ($p=0,00$) e *recall* ($p=0,01$). A condição *distorção_parte1* apresentou um maior ER_PV no alvo em que a direção foi treinada que as condições *baseline* ($p=0,00$) e *washout* ($p=0,04$). O gráfico 10 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvo em que a direção foi treinada da variável erro radial no pico de velocidade (PV). A análise de *post hoc* também encontrou que a condição *distorção_parte1* apresentou um ER_PV nos alvos em que a direção não foi treinada maior que a condição *washout* ($p=0,01$). E a condição *distorção_parte2* apresentou um ER_PV nos alvos em que a direção não foi treinada maior que as

condições de *washout* ($p=0,01$) *recall* ($p=0,00$). O gráfico 11 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvos em que a direção não foi treinada da variável erro radial no pico de velocidade (PV). Além disso, houve um menor ER_PV no alvo em que a direção foi treinada quando comparado aos alvos em que a direção não foi treinada na condição *baseline* ($p=0,05$) e um maior ER_PV no alvo em que a direção foi treinada quando comparado aos alvos em que a direção não foi treinada na condição *recall* ($p=0,00$). O gráfico 12 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvo da variável erro radial no pico de velocidade (PV).

GRÁFICO 10 - Análise descritiva da interação condição x alvo em que a direção foi treinada da variável erro radial no PV. * = $p<0,05$.

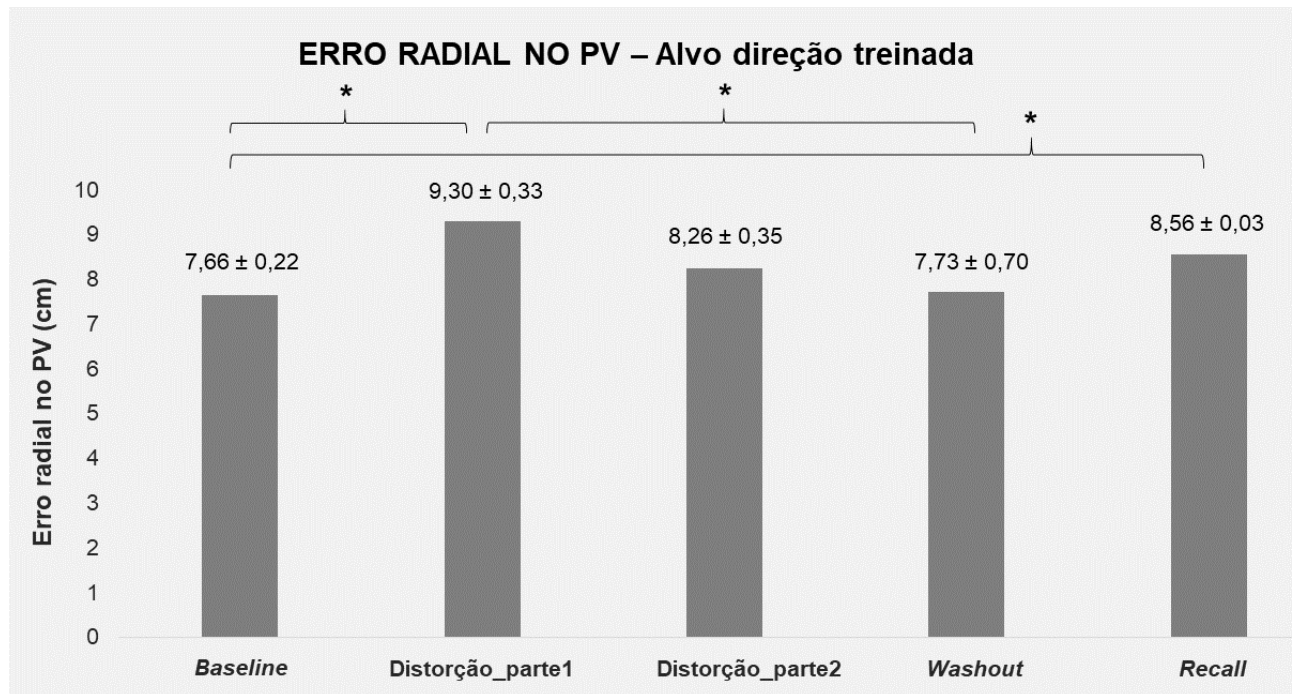


GRÁFICO 11 - Análise descritiva da interação condição x alvos em que a direção não foi treinada da variável erro radial no PV. * = p<0,05.

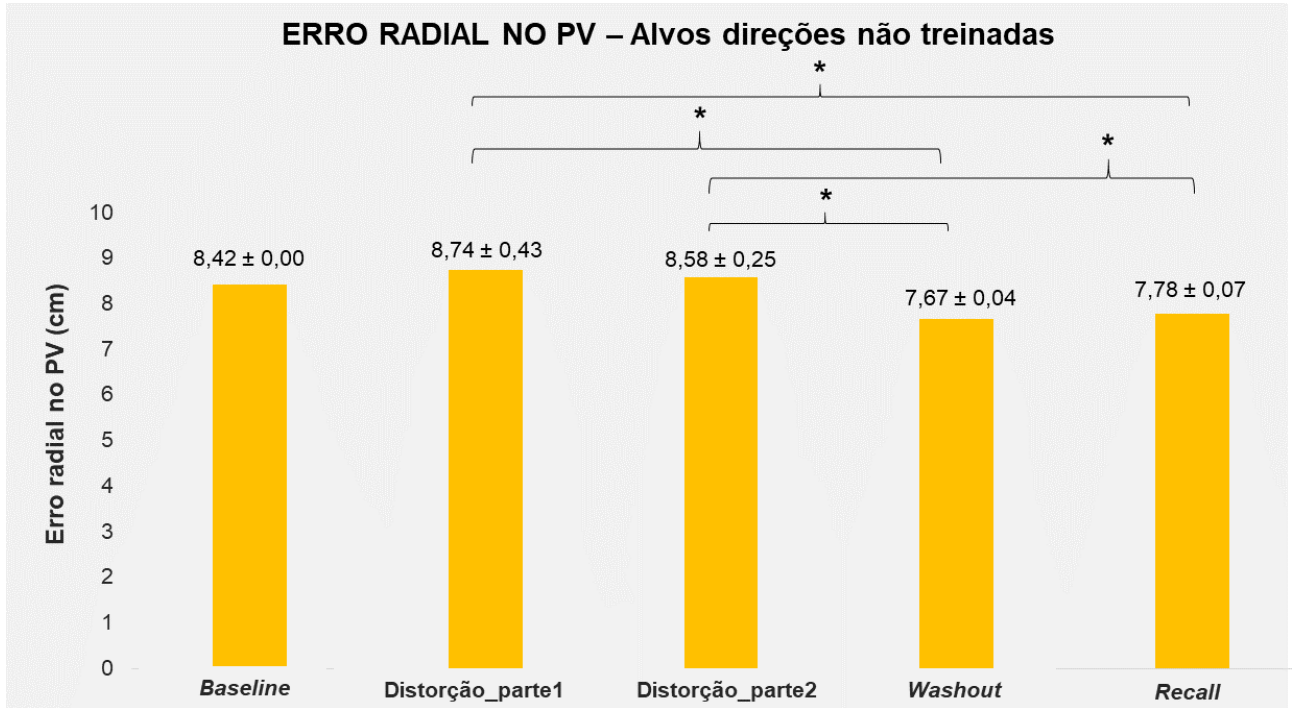
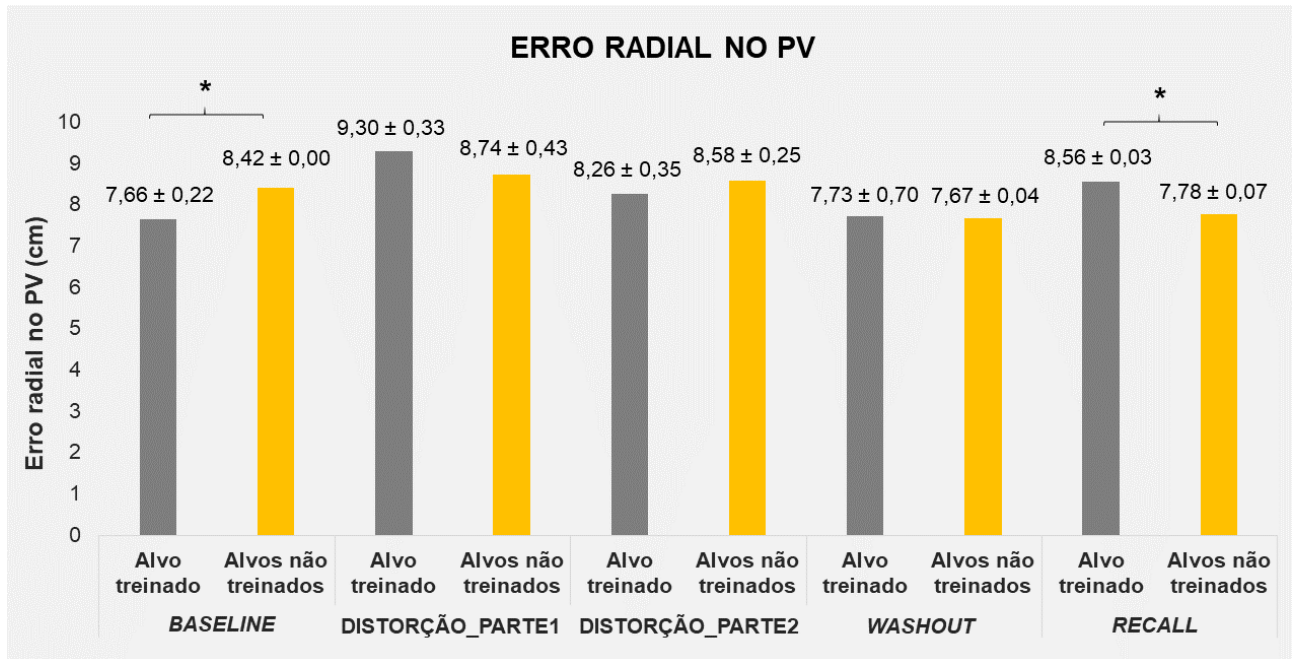


GRÁFICO 12 - Análise descritiva da interação condição x alvo da variável erro radial no PV. * = p<0,05.

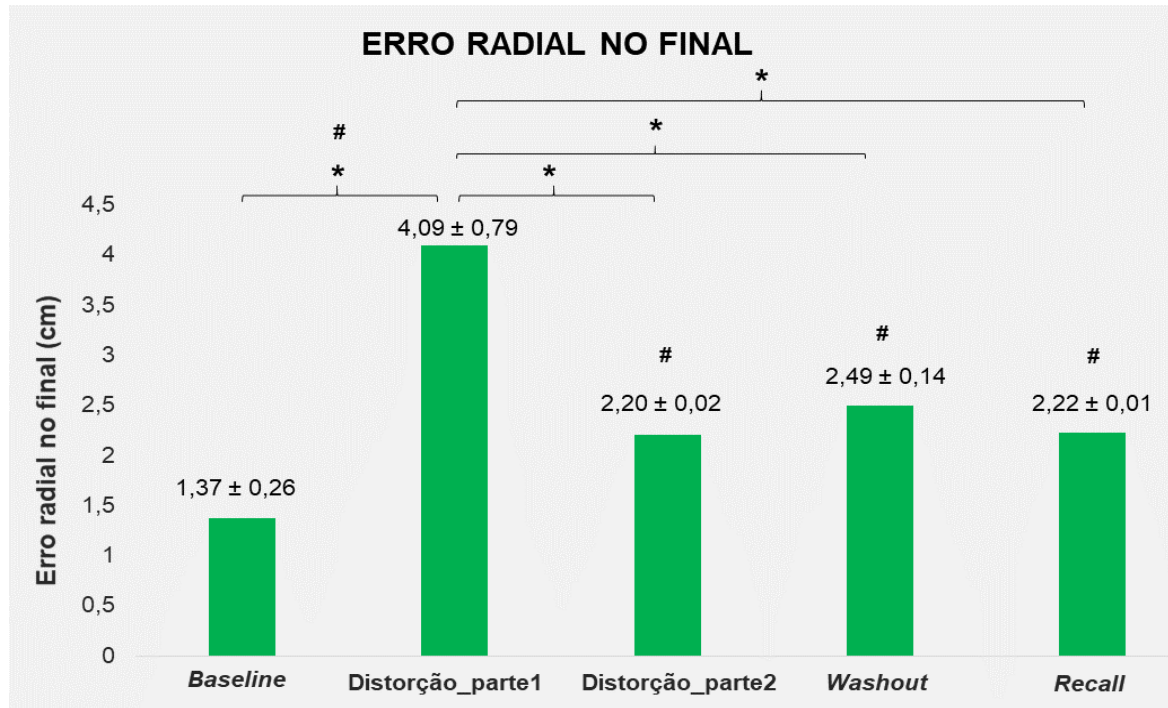


Não houve diferença significativa para os fatores alvo [$F(1, 22) = 0,008, p > 0,05, \eta^2 = 0,00$] e grupo [$F(1, 22) = 1,869, p > 0,05, \eta^2 = 0,08$] na variável erro radial no pico de velocidade. Não houve também interação significativa para grupo x condição [$F(3,09, 61,71) = 0,358, p > 0,05, \eta^2 = 0,02$], grupo x alvo [$F(1, 22) = 1,249, p > 0,05, \eta^2 = 0,06$] ou grupo x condição x alvo [$F(2,90, 58,08) = 0,875, p > 0,05, \eta^2 = 0,04$] na variável erro radial no pico de velocidade.

Erro radial o final do movimento (ER_FINAL)

A ANOVA *three-way* encontrou diferença significativa no fator condição [$F(2,443, 48,86) = 31,944, p < 0,05, \eta^2 = 0,61$] na variável erro radial no final de movimento. A análise de *post hoc* indicou que a condição *baseline* apresentou um menor ER_FINAL do que todas as outras condições ($p = 0,00$) e que a condição *distorção_parte1* apresentou um maior ER_FINAL que todas as outras condições ($p = 0,00$). O gráfico 13 apresenta a média e o desvio padrão do fator condição da variável erro radial no final do movimento (FINAL).

GRÁFICO 13 - Análise descritiva do fator condição da variável erro radial no FINAL. * = $p < 0,05$ para o fator condição em relação à condição *distorção_parte1*. # = $p < 0,05$ para o fator condição em relação à condição *baseline*.



Houve também uma interação condição x alvo significativa [$F(2,90, 58,08) = 3,720, p < 0,05, \eta^2 = 0,16$] na variável erro radial no final de movimento. A análise de *post hoc* indicou que a condição *baseline* apresentou um menor ER_FINAL no alvo em que a direção foi treinada do que todas as outras condições ($p < 0,5$). A condição *distorção_parte1* apresentou um maior ER_FINAL no alvo em que a direção foi treinada do que todas as outras condições ($p < 0,5$), exceto *washout* ($p > 0,05$). O gráfico 14 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvo em que a direção foi treinada da variável erro radial no final do movimento (FINAL). A análise de *post hoc* também encontrou que a condição *baseline* apresentou um menor ER_FINAL nos alvos em que a direção não foi treinada do que todas as outras condições ($p < 0,5$), exceto *washout* ($p > 0,05$). A condição *distorção_parte1* apresentou um maior ER_FINAL nos alvos em que a direção não foi treinada do que todas as outras condições ($p < 0,5$). E a condição *washout* apresentou um ER_FINAL nos alvos em que a direção não foi treinada menor apenas que a condição *distorção_parte1* ($p = 0,00$). O gráfico 15 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvos em que a direção não foi treinada da

variável erro radial no final do movimento (FINAL). Além disso, houve um menor ER_FINAL no alvo em que a direção foi treinada quando comparado aos alvos em que a direção não foi treinada na condição *baseline* ($p=0,00$) e um maior ER_PV no alvo em que a direção foi treinada quando comparado aos alvos em que a direção não foi treinada na condição *washout* ($p=0,05$). Houve também uma tendência de o ER_FINAL nos alvos treinados ter sido menor que nos alvos não treinados na condição *distorção_parte2* ($p=0,06$). O gráfico 16 apresenta a média e o desvio padrão da interação condição x alvo da variável erro radial no final do movimento (FINAL).

GRÁFICO 14 - Análise descritiva da interação condição x alvo em que a direção foi treinada da variável erro radial no FINAL. * = $p<0,05$ para a interação condição x alvo em relação à condição *distorção_parte1*. # = $p<0,05$ para a interação condição x alvo em relação à condição *baseline*.

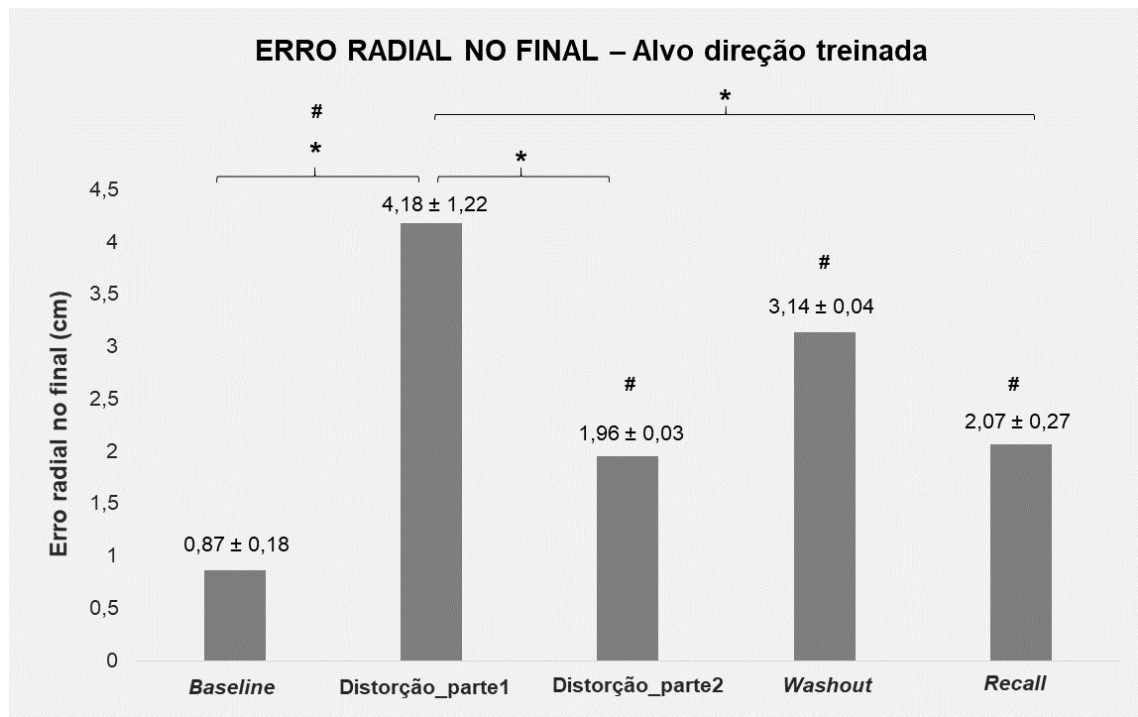


GRÁFICO 15 - Análise descritiva da interação condição x alvos em que a direção não foi treinada da variável erro radial no FINAL. * = $p < 0,05$ para a interação condição x alvo em relação à condição *distorção_parte1*. # = $p < 0,05$ para a interação condição x alvo em relação à condição *baseline*.

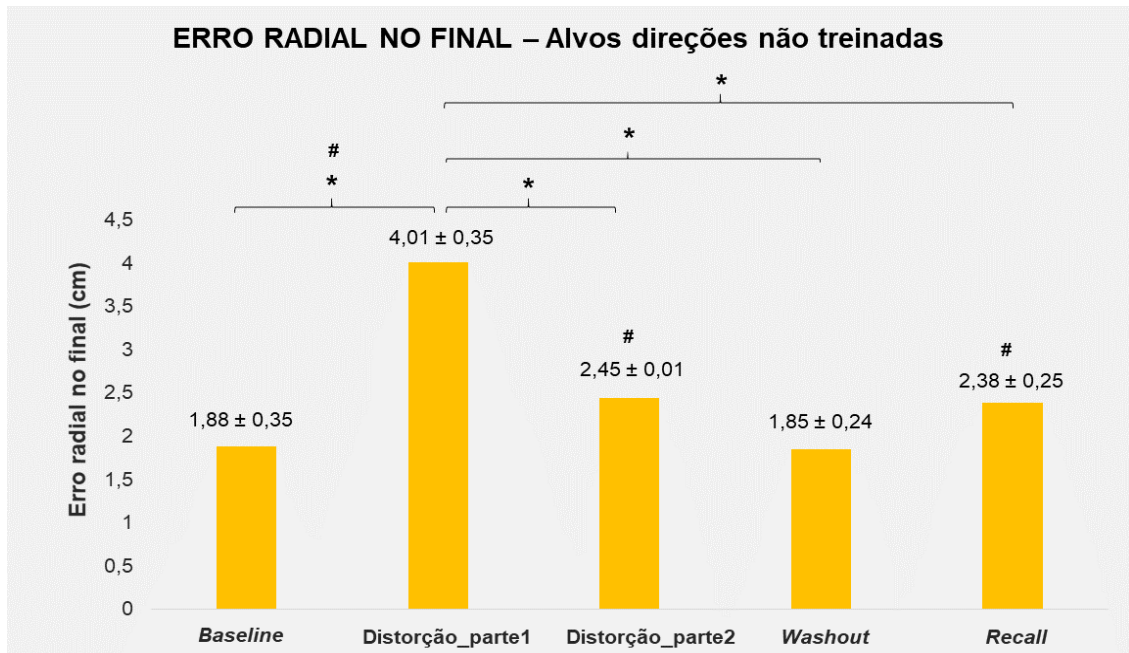
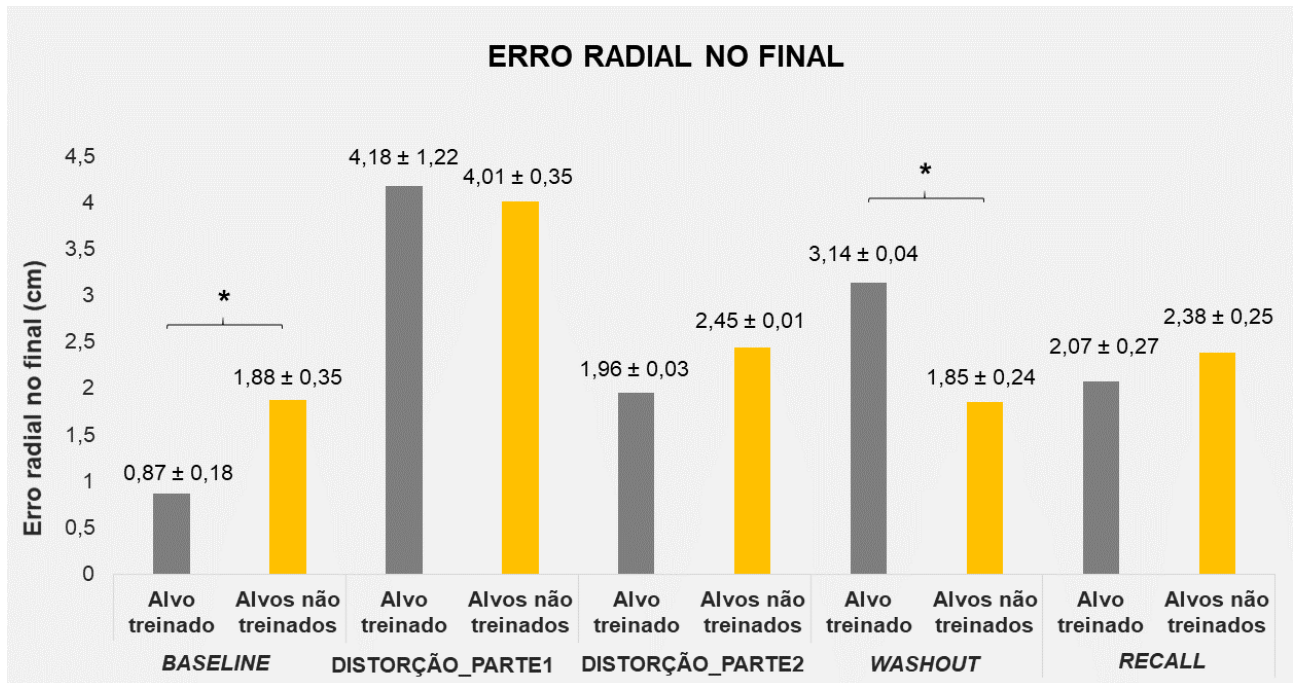


GRÁFICO 16 - Análise descritiva da interação condição x alvo da variável erro radial no FINAL. * = $p < 0,05$.

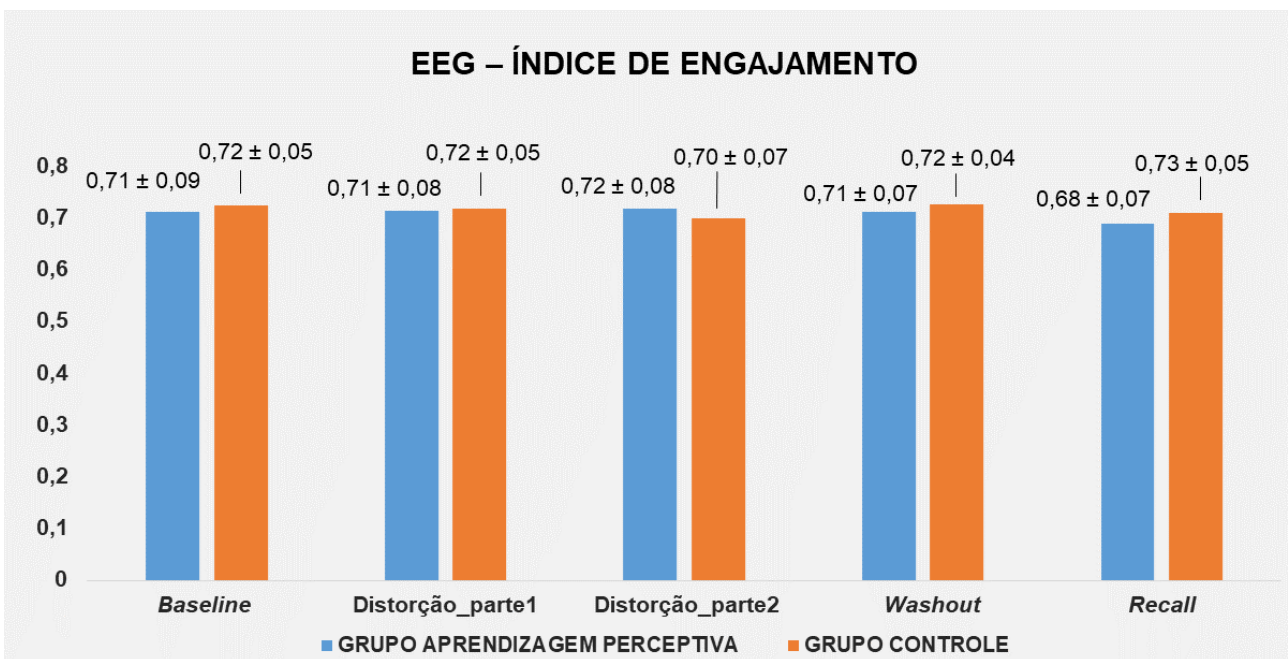


Não houve diferença significativa para os fatores alvo [$F(1,00, 20,00) = 0,002$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,00$] e grupo [$F(1, 22) = 2,290$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,10$] na variável erro radial no final de movimento. Não houve também interação significativa para interação grupo x condição [$F(2,44, 48,86) = 1,600$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,07$], grupo x alvo [$F(1, 22) = 0,269$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$] ou grupo x condição x alvo [$F(1,75, 35,10) = 0,859$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,04$] na variável erro radial no final de movimento.

EEG – Índice de engajamento

A ANOVA *two-way* não encontrou nenhuma diferença significativa para o fator grupo [$F(1,23) = 1,298$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,06$], nem para o fator condição [$F(1,83, 38,39) = 1,013$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,05$] ou interação significativa para grupo x condição [$F(1,83, 38,39) = 0,660$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,03$] na variável do EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem motora. O gráfico 17 apresenta a média e o desvio padrão da variável EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem motora.

GRÁFICO 17 – Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na fase de aprendizagem motora. $p > 0,05$ para todas as comparações e para a interação.



5.2.2 Resultados da condição *baseline*

Tempo de reação

A ANOVA *two-way* na condição *baseline* encontrou uma diferença significativa no fator alvo [$F(1, 23) = 6,836, p < 0,05, \eta^2 = 0,25$] na variável tempo de reação. A análise de *post hoc* indicou que o alvo em que a direção foi treinada apresentou um menor tempo de reação do que os alvos em que a direção não foi treinada ($p = 0,02$). Houve também uma tendência de a interação grupo x alvo ser significativa [$F(1, 23) = 3,652, p = 0,07, \eta^2 = 0,15$] na variável tempo de reação. A análise de *post hoc* indicou que o grupo de aprendizagem perceptiva apresentou um menor tempo de reação no alvo em que a direção foi treinada do que nos alvos em que a direção não foi treinada ($p < 0,04$). Não houve diferença significativa para o fator grupo [$F(1, 23) = 0,018, p > 0,05, \eta^2 = 0,00$] na variável tempo de reação. O gráfico 18 apresenta a média e o desvio padrão do fator alvo da variável tempo de reação na condição *baseline*. O gráfico 19 apresenta a média e o desvio padrão da interação grupo x alvo da variável tempo de reação na condição *baseline*.

GRÁFICO 18 - Análise descritiva do fator alvo da variável tempo de reação na condição *baseline*. * = $p < 0,05$.

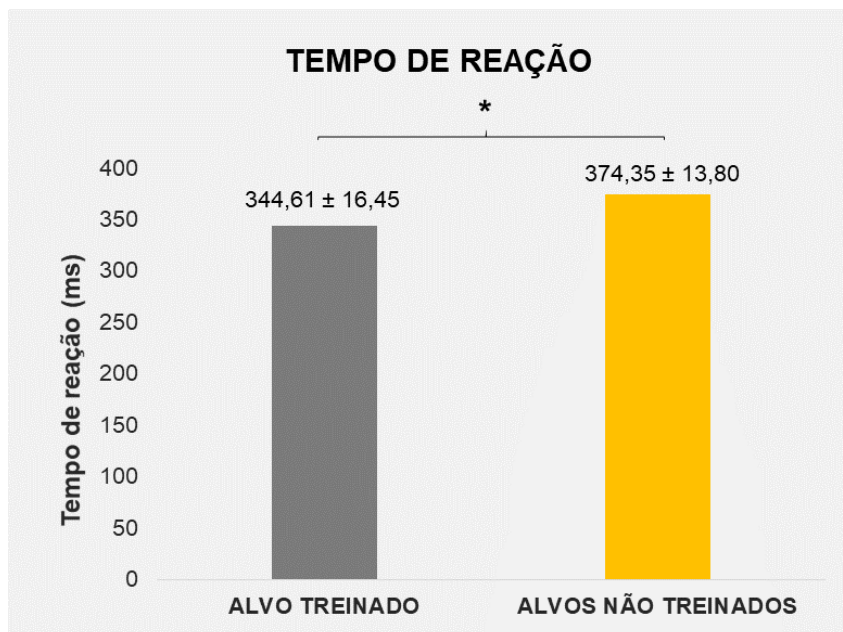
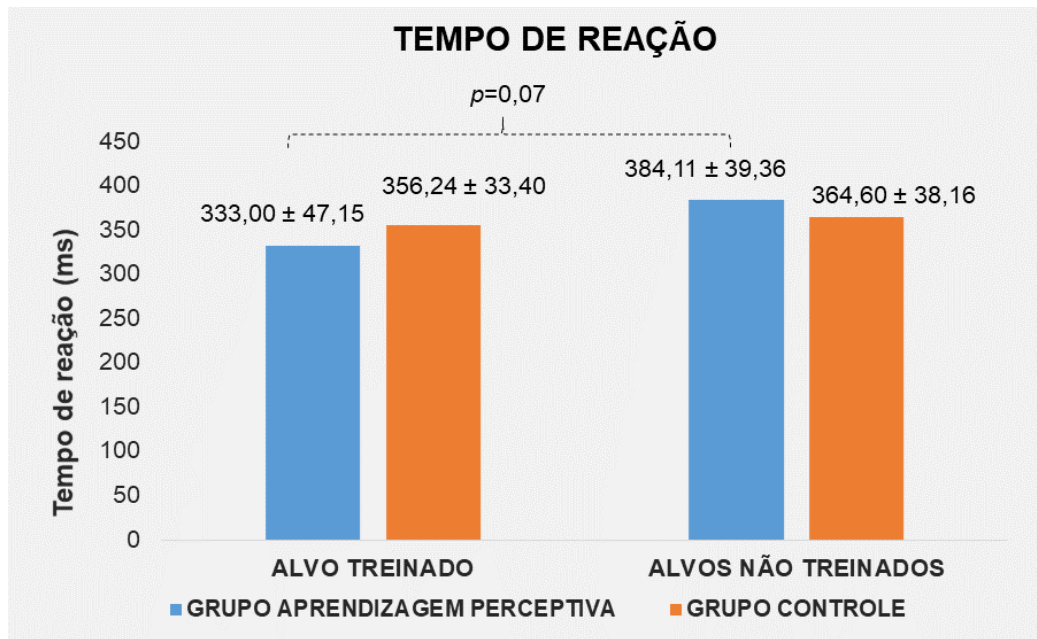


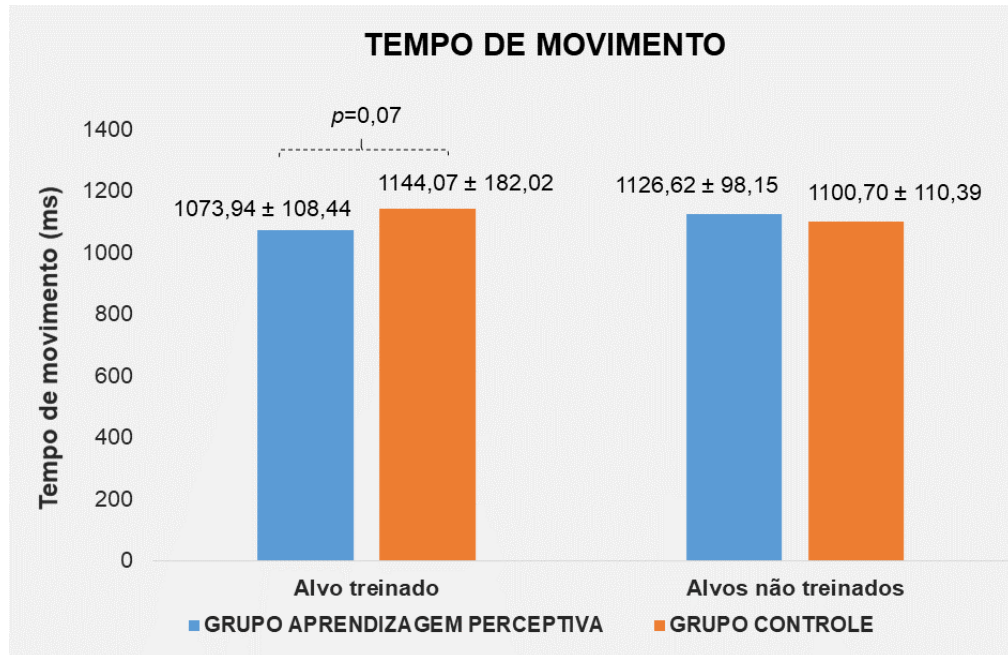
GRÁFICO 19 - Análise descritiva da interação grupo x alvo da variável tempo de reação na condição *baseline*. A linha tracejada indica a tendência de diferença significativa.



Tempo de movimento

A ANOVA *two-way* na condição *baseline* não encontrou nenhuma diferença significativa nos fatores alvo [$F(1, 23) = 0,024, p > 0,05, \eta^2 = 0,00$] e grupo [$F(1, 23) = 0,174, p > 0,05, \eta^2 = 0,01$] na variável tempo de movimento. Houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 23) = 5,570, p < 0,05, \eta^2 = 0,21$] na variável tempo de movimento. Contudo, a análise de *post hoc* não encontrou diferença significativa ($p > 0,05$). O gráfico 20 apresenta a média e o desvio padrão da interação grupo x alvo da variável tempo de movimento na condição *baseline*.

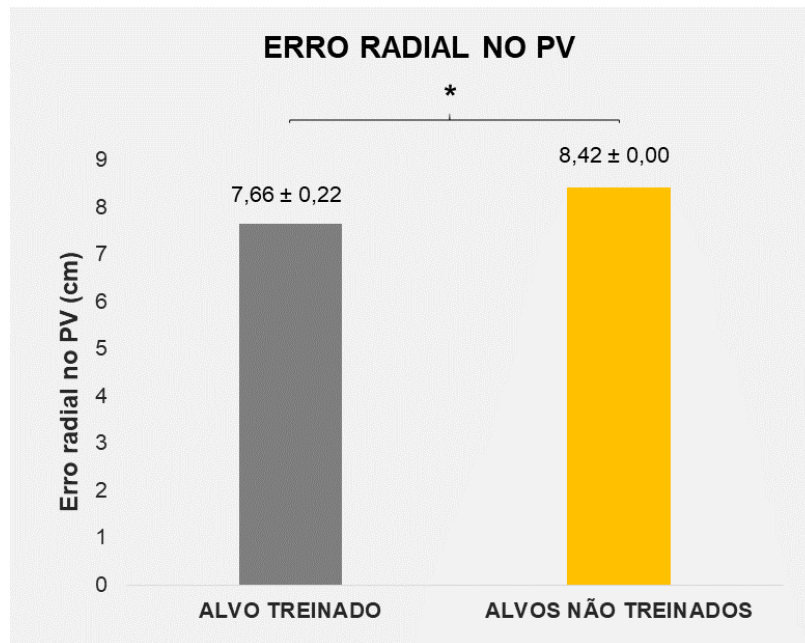
GRÁFICO 20 - Análise descritiva da interação grupo x alvo da variável tempo de movimento na condição *baseline*. A linha tracejada indica a tendência de diferença significativa.



Erro radial no pico de velocidade (ER_PV)

A ANOVA *two-way* na condição *baseline* encontrou uma diferença significativa no fator alvo [$F(1, 23) = 4,237$, $p=0,05$, $\eta^2= 0,17$] na variável erro radial no pico de velocidade. A análise de *post hoc* indicou que o alvo em que a direção foi treinada apresentou um menor ER_PV que os alvos em que a direção não foi treinada ($p=0,05$). Não houve diferença significativa para o fator grupo [$F(1, 23) = 0,515$, $p>0,05$, $\eta^2= 0,02$] ou interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 23) = 0,118$, $p>0,05$, $\eta^2= 0,01$] na variável erro radial no pico de velocidade. O gráfico 21 apresenta a média e o desvio padrão do fator alvo da variável erro radial no pico de velocidade (PV) na condição *baseline*.

GRÁFICO 21 - Análise descritiva do fator alvo da variável erro radial no PV na condição *baseline*. * = $p < 0,05$.



Erro radial no final do movimento (ER_FINAL)

A ANOVA *two-way* na condição *baseline* encontrou uma diferença significativa no fator alvo [$F(1, 23) = 38,155, p < 0,05, \eta^2 = 0,65$] na variável erro radial no final do movimento. A análise de *post hoc* indicou que o alvo em que a direção foi treinada apresentou um menor ER_FINAL que os alvos em que a direção não foi treinada ($p = 0,05$). O gráfico 21 apresenta a média e o desvio padrão do fator alvo da variável erro radial no final do movimento (FINAL) na condição *baseline*. Houve também uma diferença significativa para o fator grupo [$F(1, 23) = 7,094, p < 0,05, \eta^2 = 0,25$] na variável erro radial no final do movimento. O grupo de aprendizagem perceptiva apresentou um maior ER_FINAL que o grupo controle. O gráfico 22 apresenta a média e o desvio padrão do fator grupo da variável erro radial no final do movimento (FINAL) na condição *baseline*. Não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 23) = 1,142, p > 0,05, \eta^2 = 0,05$] na variável erro radial no final do movimento.

GRÁFICO 22 - Análise descritiva do fator alvo da variável erro radial no FINAL na condição *baseline*. * = $p < 0,05$.

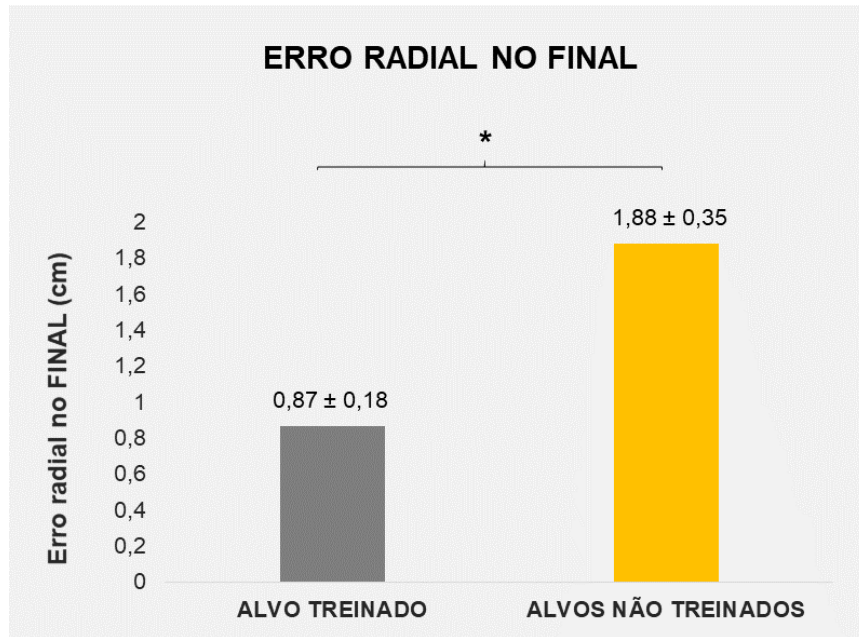
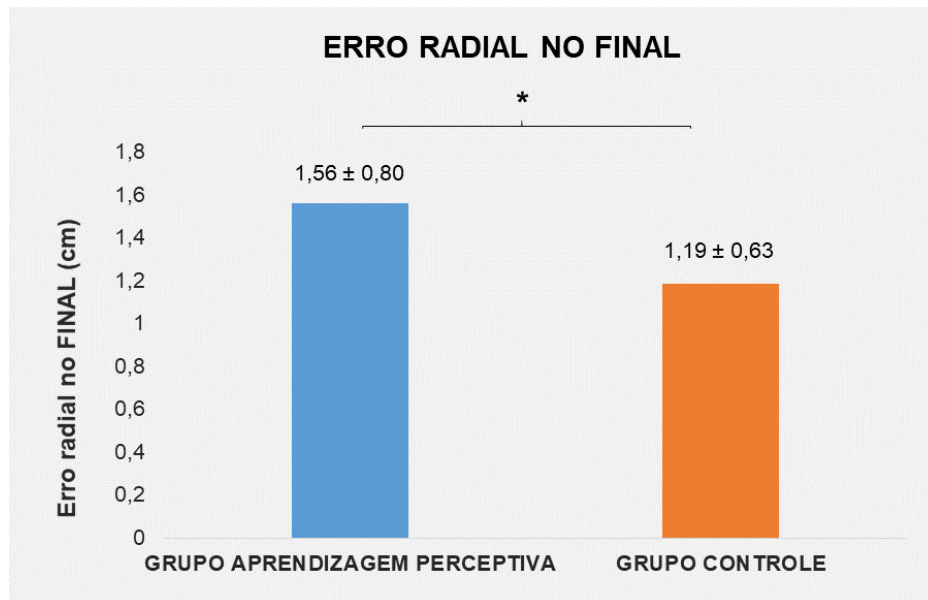


GRÁFICO 23 - Análise descritiva do fator grupo da variável erro radial no FINAL na condição *baseline*. * = $p < 0,05$.

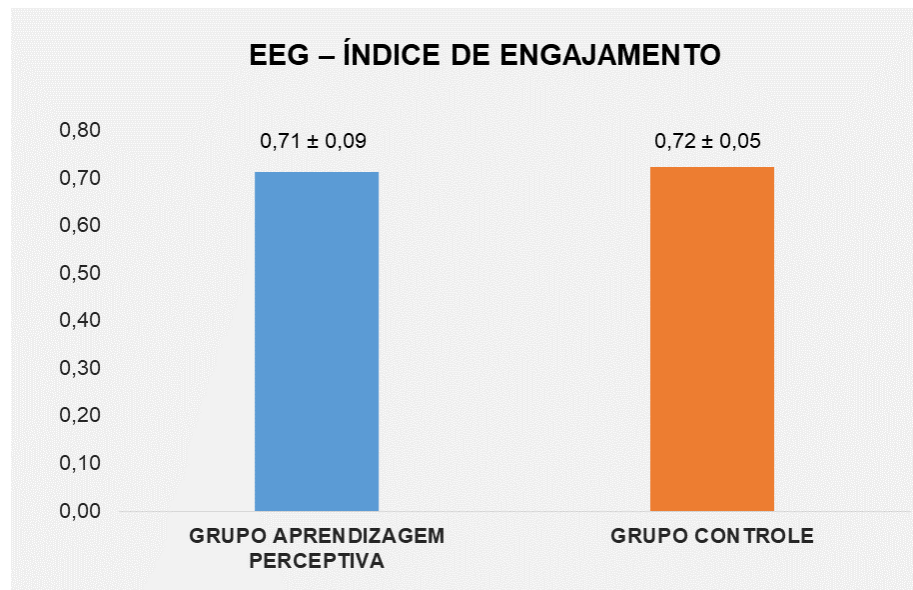


EEG – Índice de engajamento

A ANOVA *one-way* não encontrou nenhuma diferença significativa para entre os grupos de aprendizagem perceptiva e controle na variável EEG – Índice de

engajamento na condição *baseline* [$F(1,24) = 0,430, p>0,05, \eta^2= 0,02$]. O gráfico 24 apresenta a média e o desvio padrão da variável do EEG – Índice de engajamento na condição *baseline* da fase de aprendizagem motora.

GRÁFICO 24 - Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na condição *baseline* da fase de aprendizagem motora. $p>0,05$ para todas as comparações entre os grupos.



5.2.3 Resultados da condição *distorção_parte1*

Tempo de reação

A ANOVA *two-way* na condição *distorção_parte1* não encontrou nenhuma diferença significativa nos fatores alvo [$F(1, 22) = 2,800, p>0,05, \eta^2= 0,12$] e grupo [$F(1, 22) = 2,391, p>0,05, \eta^2= 0,10$] e não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 22) = 0,012, p>0,05, \eta^2= 0,00$].

Tempo de movimento

A ANOVA *two-way* na condição *distorção_parte1* não encontrou nenhuma diferença significativa nos fatores alvo [$F(1, 22) = 0,504, p>0,05, \eta^2= 0,02$] e grupo [$F(1,$

22) = 0,069, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,03$] e não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 22) = 1,454$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,07$].

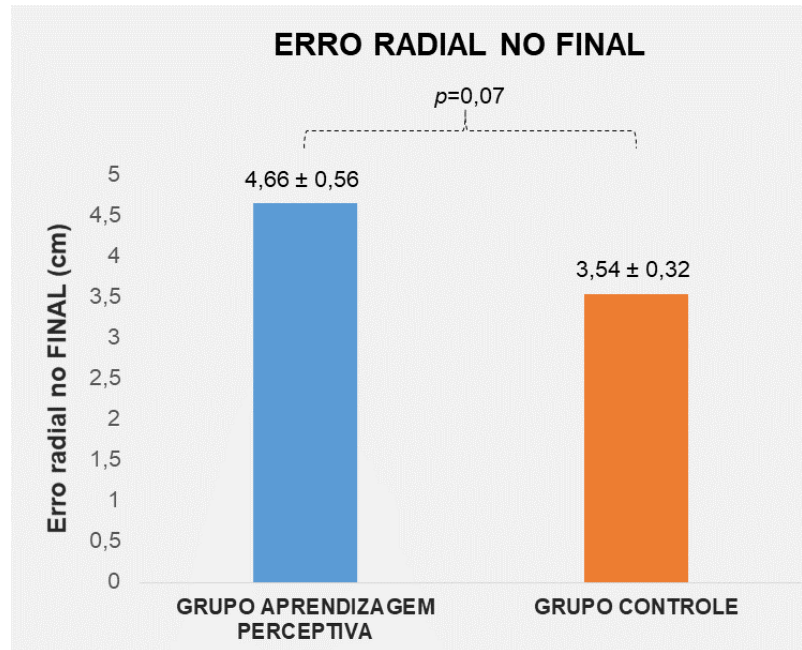
Erro radial no pico de velocidade (ER_PV)

A ANOVA *two-way* na condição *distorção_parte1* não encontrou nenhuma diferença significativa nos fatores alvo [$F(1, 22) = 2,066$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,09$] e grupo [$F(1, 22) = 1,786$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,08$] e não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 22) = 0,000$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,00$].

Erro radial no final do movimento (ER_FINAL)

A ANOVA *two-way* na condição *distorção_parte1* não encontrou nenhuma diferença significativa no fator alvo [$F(1, 22) = 0,276$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$] e não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 22) = 2,623$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,12$]. Houve uma tendência de diferença significativa para o fator grupo. O grupo de aprendizagem perceptiva tendeu a apresentar um maior ER_FINAL que o grupo controle [$F(1, 22) = 3,724$, $p = 0,07$, $\eta^2 = 0,16$]. O gráfico 25 apresenta a média e o desvio padrão do fator grupo da variável erro radial no final do movimento (FINAL) na condição *distorção_parte1*.

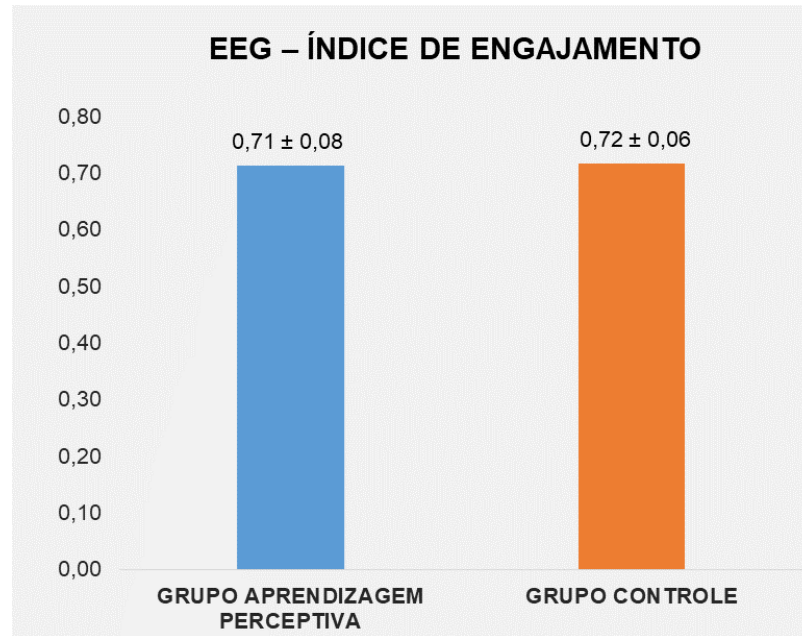
GRÁFICO 25 - Análise descritiva do fator grupo da variável erro radial no FINAL na condição *distorção_parte1*. A linha tracejada indica a tendência de diferença significativa.



EEG – Índice de engajamento

A ANOVA *one-way* não encontrou nenhuma diferença significativa para entre os grupos de aprendizagem perceptiva e controle na variável EEG – Índice de engajamento na condição *baseline* [$F(1,24) = 0,214$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$]. O gráfico 26 apresenta a média e o desvio padrão da variável do EEG – Índice de engajamento na condição *distorção_parte1* da fase de aprendizagem motora.

GRÁFICO 26 - Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na condição *distorção_parte1* da fase de aprendizagem motora. $p > 0,05$ para todas as comparações entre os grupos.



5.2.4 Resultados da condição *recall*

Tempo de reação

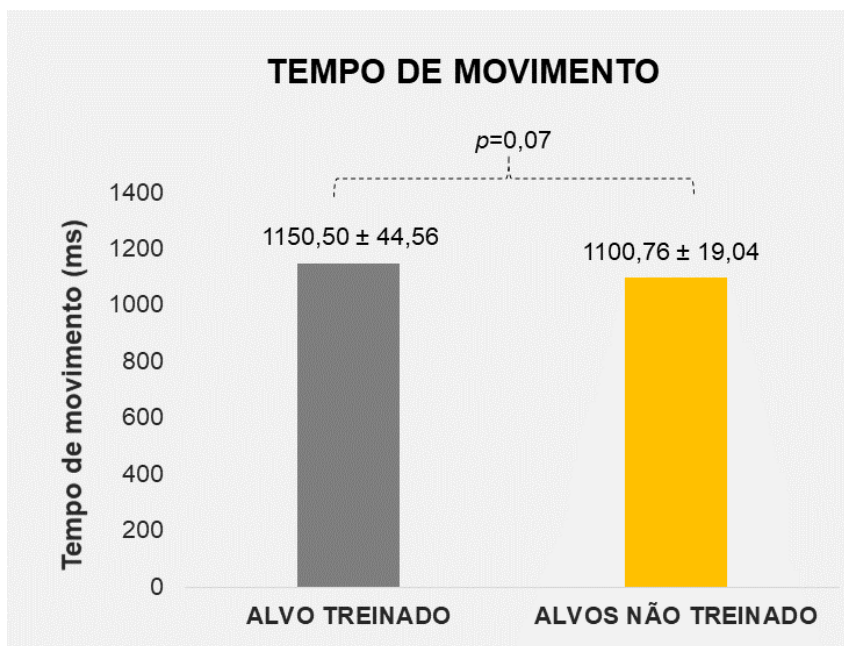
A ANOVA *two-way* na condição *recall* não encontrou nenhuma diferença significativa nos fatores alvo [$F(1, 23) = 0,696, p > 0,05, \eta^2 = 0,03$] e grupo [$F(1, 23) = 0,237, p > 0,05, \eta^2 = 0,01$] e não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 23) = 0,015, p > 0,05, \eta^2 = 0,00$].

Tempo de movimento

A ANOVA *two-way* na condição *recall* não encontrou nenhuma diferença significativa no fator grupo [$F(1, 23) = 0,382, p > 0,05, \eta^2 = 0,02$] e não houve interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 23) = 3,003, p > 0,05, \eta^2 = 0,12$]. Houve uma tendência de encontrar diferença significativa para o fator alvo [$F(1, 23) = 3,678, p = 0,07, \eta^2 = 0,15$]. O alvo em que a direção foi treinada tendeu a apresentar um maior tempo de movimento

que os alvos em que a direção não foi treinada ($p=0,07$). O gráfico 27 apresenta a média e o desvio padrão do fator alvo da variável tempo de movimento na condição *recall*.

GRÁFICO 27 - Análise descritiva do fato alvo da variável tempo de movimento na condição *recall*. A linha tracejada indica a tendência de diferença significativa.



Erro radial no pico de velocidade (ER_PV)

A ANOVA *two-way* na condição *distorção_parte2* encontrou diferença significativa no fator alvo [$F(1, 23) = 24,233, p < 0,05, \eta^2 = 0,54$]. A análise de *post hoc* indicou que o alvo em que a direção foi treinada apresentou um maior ER_PV que os alvos em que a direção não foi treinada ($p=0,00$). Não foi encontrada diferença significativa para o fator grupo [$F(1, 23) = 0,178, p > 0,05, \eta^2 = 0,00$] ou para a interação grupo x alvo [$F(1, 23) = 0,209, p > 0,05, \eta^2 = 0,01$].

Erro radial no final do movimento (ER_FINAL)

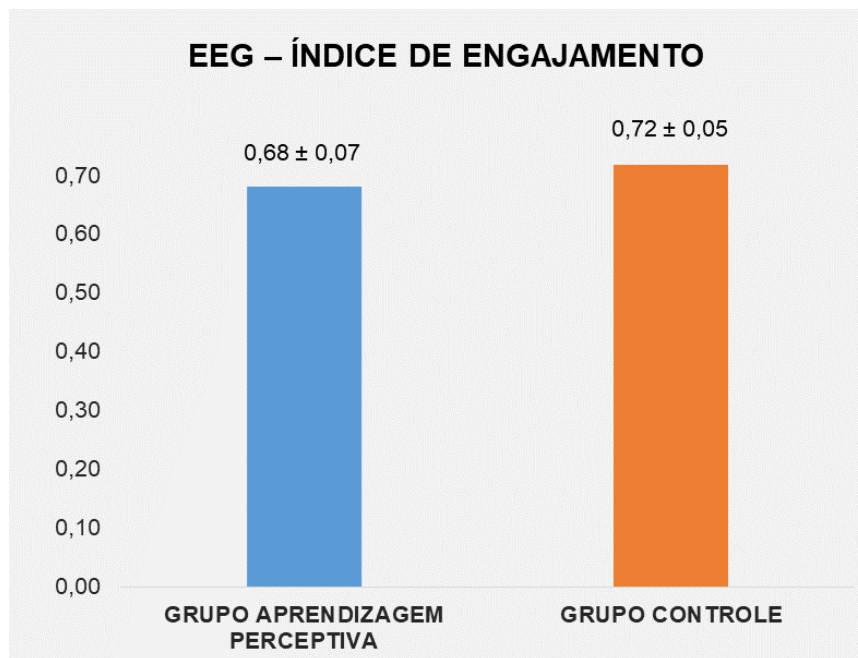
A ANOVA *two-way* na condição *washout* não encontrou nenhuma diferença significativa nos fatores alvo [$F(1, 23) = 1,957, p > 0,05, \eta^2 = 0,08$] e grupo [$F(1, 23) = 0,057,$

$p > 0,05$, $\eta^2 = 0,00$]. Não houve também interação significativa para grupo x alvo [$F(1, 23) = 2,778$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,12$].

EEG – Índice de engajamento

A ANOVA *one-way* não encontrou nenhuma diferença significativa para entre os grupos de aprendizagem perceptiva e controle na variável EEG – Índice de engajamento na condição *baseline* [$F(1,23) = 1,966$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,09$]. O gráfico 28 apresenta a média e o desvio padrão da variável do EEG – Índice de engajamento na condição *recall* da fase de aprendizagem motora.

GRÁFICO 28 - Análise descritiva da variável EEG – Índice de engajamento na condição *recall* da fase de aprendizagem motora. $p > 0,05$ para todas as comparações entre os grupos.



6 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora. As hipóteses eram de que o grupo de aprendizagem perceptiva apresentaria 1) um melhor desempenho perceptivo, tanto na medida de EEG quanto na de discriminação de direção do movimento coerente, no pós-teste da fase de aprendizagem perceptiva; 2) um melhor desempenho motor (menor TR e menor ER_PV) nas condições *baseline*, *distorção_parte1* e *recall* da fase de aprendizagem motora e 3) um melhor desempenho perceptivo (EEG) na condição *baseline* da fase de aprendizagem motora. De forma geral, as hipóteses foram parcialmente confirmadas.

Na fase de aprendizagem perceptiva, o desempenho no acerto da direção treinada de movimento coerente melhorou do pré para o pós-teste (GRÁFICO 3). Além disso, o grupo de aprendizagem perceptiva apresentou mais acertos na direção treinada de movimento coerente do que o grupo controle (GRÁFICO 1), sendo que o grupo de aprendizagem perceptiva teve um número de acertos maior na direção treinada do que nas direções não treinadas no pós-teste (GRÁFICO 5). Estes achados em conjunto indicam que houve aprendizagem perceptiva. A eficácia da aprendizagem perceptiva é longamente reportada na literatura e inúmeros estudos encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo (ex.: WATANABE *et al.*, 2002; SHIBATA *et al.*, 2016; FRANK *et al.*, 2021; BRUNS; WATANABE, 2019; CHANG *et al.*, 2014). Frank *et al.* (2021) encontraram uma melhor discriminação da direção treinada de movimento coerente quando comparada às direções não treinadas. Shibata *et al.* (2016) também encontraram um melhor desempenho na direção treinada e, além disso, reportaram que a resposta de ativação da área V3a no córtex visual, que é associada à percepção de movimento, foi específica à direção treinada. O presente estudo, portanto, adiciona à literatura mais um achado positivo em relação à eficácia da aprendizagem perceptiva na melhora da percepção da direção de movimento coerente.

Além do aumento do número de acertos na direção treinada do pré para o pós-teste, também foi encontrado um aumento do número de acertos nas direções não treinadas entre os testes no grupo de aprendizagem perceptiva (GRÁFICO 4). Este

achado corrobora o estudo de Frank *et al.* (2021) que, além de encontrarem um efeito da aprendizagem perceptiva na direção treinada, também encontraram uma melhora na direção não treinada 60° menor que a treinada do pré para o pós-teste. De acordo com Bruns e Watanabe (2019), a ocorrência deste resultado é possível e dependente da distância entre a direção treinada e as não treinadas e da dificuldade de identificação dos estímulos no centro da tarefa. Parece que quanto maior é a distância e quanto menor é a dificuldade da tarefa central, maior é a possibilidade de haver uma generalização da aprendizagem para as direções não treinadas (BRUNS; WATANABE, 2019; LIU, 1999). No estudo de Bruns e Watanabe (2019), um grupo em que a distância entre as direções era de 10° foi comparado a um grupo em que a distância era 60° e no grupo de 10° não foi encontrada melhora no desempenho nas direções não treinadas. Marzol e Watanabe (2021) também reportaram uma melhoria no desempenho nas direções não treinadas que estavam mais distantes da direção treinada ($\pm 154^\circ$). Já Seitz e Watanabe (2003) utilizaram uma distância grande entre as direções (90°), mas ainda assim encontraram melhora do desempenho somente na direção treinada. No entanto, a dificuldade de identificação dos estímulos no centro da tarefa foi grande neste estudo (máximo de 80% de acerto no final da prática perceptiva, enquanto Bruns e Watanabe (2019) encontraram cerca de 95% de acerto no final da prática perceptiva). Segundo Seitz e Watanabe (2005 e 2009), a aprendizagem perceptiva visual subatencional se beneficia de situações em que há maior incerteza quanto a identificação da tarefa central, pois a demanda atencional seria direcionada para o centro da tarefa e os estímulos não relacionados à meta não seriam inibidos.

No presente estudo, foi encontrada uma média de 94,42% de acerto na identificação dos estímulos no centro da tarefa ao final da prática perceptiva (vide APÊNDICE 3). Este resultado se aproxima do achado de Bruns e Watanabe (2019), sendo assim, é possível que o nível de dificuldade da identificação dos estímulos apresentados no centro da tarefa pode ter contribuído para que a incerteza da identificação diminuísse, levando a uma generalização da aprendizagem de direção para as direções não treinadas. Estas explicações, contudo, ainda não são robustas o suficiente para se entender completamente o que pode ter acontecido. Mais estudos precisam ser feitos nessa direção. Contudo, ainda que a melhoria no desempenho nas

direções não treinadas tenha acontecido, a interação grupo x direção x teste na variável discriminação de movimento coerente evidenciou que o número de acertos na direção treinada no pós-teste foi maior que o número de acertos nas direções não treinadas no grupo de aprendizagem perceptiva. Sendo assim, ainda que as direções não treinadas tenham de alguma forma se beneficiado da aprendizagem perceptiva, o maior efeito da aprendizagem perceptiva se deu sobre a direção treinada, conforme esperado.

Além dos resultados esperados mencionados acima, alguns resultados inesperados foram encontrados. O grupo de aprendizagem perceptiva teve um melhor desempenho na direção treinada do que o grupo controle já no pré-teste (antes das sessões de aprendizagem perceptiva começarem) (GRÁFICO 5). Este resultado parece ser um resultado anômalo, visto que os grupos foram pareados quanto ao limiar de percepção de movimento coerente antes do experimento se iniciar. Como resultado, o par de participantes - seja o participante que treinou perceber uma direção de movimento coerente, seja o participante que não treinou perceber - iniciou o experimento com limiares perceptivos semelhantes, implicando que o par teria uma competência semelhante em perceber as direções de movimento coerente no pré-teste (LENGYEL; FISER, 2019). Portanto, parece que este resultado aconteceu ao acaso. Além de o grupo de aprendizagem perceptiva ter apresentado um melhor desempenho na direção treinada que o grupo controle no pré-teste, o número de acertos na direção treinada do grupo de aprendizagem perceptiva também foi maior que o número de acertos nas direções não treinadas no pré-teste. Esperava-se não encontrar diferença significativa entre as direções no pré-teste (WATANABE; NÁÑEZ; SASAKI, 2001), uma vez que as sessões de aprendizagem perceptiva não haviam ainda sido iniciadas.

Outro resultado não esperado foi a melhora significativa do grupo controle apenas no acerto das direções treinadas pelo grupo de aprendizagem perceptiva enquanto que não houve melhora no desempenho do grupo controle nas direções não treinadas. Nenhuma melhora entre o pré e o pós-teste era esperada para o grupo controle, visto que este grupo não praticou a tarefa de aprendizagem perceptiva (WATANABE; NÁÑEZ; SASAKI, 2001). De maneira geral, houve uma melhora na variável discriminação de direção de movimento coerente entre os testes independentemente do grupo ou da direção do movimento (GRAFICO 2). Apesar de os testes terem ocorrido

entre um intervalo de tempo correspondente à 12 sessões de prática perceptiva, é possível que o fato de a tarefa já ter sido experimentada anteriormente no pré-teste tenha influenciado no melhor desempenho observado no grupo controle. É possível, portanto, que a lembrança de terem praticado a tarefa do pós-teste no pré-teste tenha permitido aos participantes desempenharem a tarefa melhor no pós-teste.

Hipotetizou-se que a demanda por aspectos perceptivos medida pela variável EEG – Índice de engajamento diminuiria no pós-teste no grupo de aprendizagem perceptiva quando comparado ao pré-teste e ao grupo controle. Contudo, não foi encontrada diferença significativa nesta variável entre os testes e entre os grupos (GRÁFICO 6). O índice de engajamento relaciona-se à processos envolvidos no processamento sensorial de informações, como a varredura visual, a captação de informação e a atenção sustentada (BERKA *et al.*, 2004; 2007; BERKA; LEVENDOWSKI, 2006). Na tarefa de aprendizagem perceptiva, os participantes deveriam intencionalmente direcionar sua atenção para a identificação dos animais no centro da tarefa e não para os círculos que se deslocavam. Os círculos se movimentavam no entorno do centro da tarefa e a movimentação deles era percebida pelos participantes de forma subatencional. O objetivo da fase de aprendizagem perceptiva era aprender a discriminar a direção do movimento coerente e este objetivo foi alcançado. É possível que, como a aprendizagem da direção do movimento coerente tenha acontecido de maneira subatencional, os aspectos do processamento de informação que são medidos pelo EEG – Índice de engajamento não tenham sido grandemente demandados. A atenção foi direcionada e sustentada aos animais apresentados no centro da tarefa (SEITZ; WATANABE, 2003; YOTSUMOTO; WATANABE, 2008) e a busca e captação de informação foram direcionadas também à identificação dos animais. Sendo assim, é possível que o EEG – Índice de engajamento medido nos testes não tenha sido sensível o suficiente para captar as mudanças de processamento sensorial ocasionadas pela prática de uma tarefa perceptiva com demanda subatencional. Sugere-se que outras análises eletroencefalográficas sejam realizadas a fim de captar os efeitos da aprendizagem perceptiva.

Na fase de aprendizagem motora, de maneira geral, a falta de diferença entre grupos ou interações significativas envolvendo os grupos não permite que seja afirmado

categoricamente que houve efeito da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora. Contudo, como houve diferença entre os alvos nas direções treinada e não treinadas e interações marginais envolvendo os grupos, é possível discutir que o grupo de aprendizagem perceptiva tenha contribuído para o melhor desempenho no apontamento do alvo na direção treinada, indicando um possível efeito da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora. A discussão dos resultados da aprendizagem motora seguirá nesta lógica.

Na fase de aprendizagem motora, era esperado que o tempo de reação fosse menor no grupo de aprendizagem perceptiva na condição *baseline* quando comparado ao grupo controle, indicando que a aprendizagem perceptiva teria influenciado positivamente o planejamento da habilidade na tarefa motora. Ao se analisar a condição *baseline*, foi encontrado que os participantes realizaram um menor tempo de reação para alcançar o alvo na direção treinada em comparação com os alvos nas direções não treinadas (GRÁFICO 18). Além disso foi encontrada uma tendência de o grupo de aprendizagem perceptiva ter realizado um tempo de reação menor no alvo na direção treinada do que nos alvos nas direções não treinadas enquanto o grupo controle não apresentou diferença significativa entre os alvos (GRÁFICO 19). Apesar de não ter havido uma diferença significativa entre os grupos, estes achados parecem indicar que a diferença observada entre os alvos foi influenciada pela aprendizagem perceptiva, visto que a tendência de diferença aconteceu somente no grupo de aprendizagem perceptiva. Sendo assim, há um indicativo de ter havido um efeito da aprendizagem perceptiva visual no planejamento motor no estágio inicial da aprendizagem.

Para realizar um movimento, o indivíduo necessita primeiramente identificar e reconhecer as informações disponíveis, seja no ambiente ou em seu próprio corpo (MARTENIUK, 1976; SCHMIDT, 1975). Após esta identificação, o indivíduo seleciona o que será feito (MARTENIUK, 1976). Por fim, o indivíduo programa o movimento que será executado e o executa (MARTENIUK, 1976). O planejamento se reflete no tempo de reação (SCHMIDT *et al.*, 2018). Quanto mais longo ou difícil é o processo de identificar e selecionar as informações, mais longo é o tempo de reação (SCHMIDT *et al.*, 2018). A tarefa motora deste estudo demandava alcançar um alvo que poderia aparecer em seis posições diferentes. Antes de realizar o movimento de apontamento em direção ao alvo, o

participante foi exposto subatencionalmente a uma pista de onde o alvo iria aparecer. Além disso, anteriormente, o participante do grupo de aprendizagem perceptiva foi treinado a perceber essa pista na fase de aprendizagem perceptiva. Era esperado, portanto, que o fato de o participante ter sido treinado a perceber a pista facilitasse a identificação e reconhecimento da pista como informação relevante para o planejamento motor. Em resumo, esperava-se que a melhora da percepção da pista otimizaria o planejamento motor, o tornando mais pré-programado, e, então, o tempo de reação para o alvo na direção treinada seria menor no grupo de aprendizagem perceptiva do que no grupo controle. Os resultados encontrados na condição *baseline* confirmam parcialmente esta hipótese, uma vez que o tempo de reação foi menor no alvo na direção treinada em relação aos alvos nas direções não treinadas e que houve uma tendência de o tempo de reação ter sido menor no grupo de aprendizagem perceptiva no alvo na direção treinada.

Quando comparando as condições da tarefa motora entre si, encontrou-se que o tempo de reação foi menor na condição *washout* do que na condição *baseline* nos alvos nas direções não treinadas (GRÁFICO 7). Além disso, encontrou-se uma tendência de o tempo de reação na condição *washout* ter sido menor que na condição *distorção_parte1* nos alvos nas direções não treinadas. Na condição *washout*, a distorção é retirada e esta condição tem como objetivo retornar o indivíduo ao mapeamento visuomotor da tarefa motora pré-distorção e observar o efeito da distorção nessa retomada (KRAKAEUR *et al.*, 2019). É esperado que nesta condição o desempenho seja melhor do que nas condições com distorção e é possível também que o desempenho seja melhor ou similar ao da condição *baseline* (KRAKAEUR *et al.*, 2019). O resultado parece indicar que os participantes conseguiram retornar ao mapeamento visuomotor da tarefa motora nos alvos nas direções não treinadas, visto que o desempenho nestes alvos tendeu a ser melhor que na *distorção_parte1* e foi melhor que no *baseline*. Houve também uma tendência de o tempo de reação ter sido menor na condição *recall* do que na condição *distorção_parte1* nos alvos nas direções não treinadas. Na condição *recall*, a distorção é inserida mais uma vez na tarefa motora e é observado o desempenho do indivíduo em se readaptar à distorção (KRAKAEUR *et al.*, 2019). É esperado que, a experiência prévia do indivíduo com a distorção facilite o processo de readaptação (*savings*), refletindo no desempenho, que seria melhor do que no primeiro momento de prática com distorção

(EBBINGHAUS, 1913; CASSADY *et al.*, 2018; KRAKAEUR *et al.*, 2019). O resultado encontrado parece indicar que o desempenho no *recall* nos alvos nas direções não treinadas tendeu a ser melhor que na distorção_parte1, indicando que o processo de readaptação possa ter acontecido de maneira facilitada nesses alvos.

No entanto, este comportamento do desempenho ao longo das condições da tarefa motora é esperado como um efeito da prática para todos os alvos independente de algum deles ter sido treinado antes ou não. Não houve diferença significativa entre as condições em relação ao alvo na direção treinada. Como visto acima, analisando o comportamento do tempo de reação apenas na condição *baseline*, observa-se um melhor desempenho no alvo na direção treinada do que nos alvos nas direções não treinadas. Na condição *baseline*, a distorção não havia ainda sido inserida na tarefa motora, permitindo que o possível efeito da aprendizagem perceptiva fosse observado antes de a adaptação ser demandada. Ao ser inserida, para que o alvo fosse de fato acertado, era necessário que os participantes aprendessem a lidar com o *feedback* visual distorcido adaptando a representação visual da tarefa motora à distorção (KRAKAEUR *et al.*, 2019; SEIDLER, 2010). Assumindo-se que o efeito da aprendizagem perceptiva tenha de fato ocorrido na condição *baseline* e que este efeito tenha se estendido para a condição de distorção_parte1, é possível que o efeito da aprendizagem perceptiva tenha influenciado negativamente a competência dos indivíduos de se adaptar à distorção do indivíduo na tarefa motora. A aprendizagem perceptiva melhora a percepção especificamente do estímulo treinado (SEITZ; WATANABE, 2003) e o objetivo da distorção é promover a adaptação da representação da habilidade motora (SEIDLER; BO; ANGUERA, 2012). É possível que tenha havido um conflito entre o efeito da aprendizagem perceptiva e o objetivo da adaptação, refletindo no comportamento dos participantes no apontamento do alvo na direção treinada, explicando a falta de diferença significativa entre as condições e também entre os grupos na variável tempo de reação na condição distorção_parte1. O entendimento e a resolução do dilema estabilidade-plasticidade nas áreas sensoriais para se adaptar às mudanças ambientais e ao mesmo tempo manter estável as informações aprendidas é recorrente nos estudos de aprendizagem perceptiva (SEITZ; WATANABE, 2005; LENGYEL; FISER, 2019). Mudanças plásticas decorrentes de aprendizagem perceptiva nos níveis mais iniciais do processamento visual tendem a ser mais

específicas, uma vez que células nestes níveis têm campos receptivos menores e mais especializados (FAHLE; EDELMAN; POGGIO, 1995). A maior especificidade do que foi aprendido pode resultar em uma maior rigidez da aprendizagem (SEITZ; WATANABE, 2005). É possível que a aprendizagem perceptiva tenha resultado em uma representação da direção treinada mais rígida, dificultando que a representação da direção treinada se adaptasse à nova demanda visuomotora da tarefa motora nas condições com distorção.

Na fase de aprendizagem motora, era esperado que o erro radial no pico de velocidade fosse menor no grupo de aprendizagem perceptiva no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle na condição *baseline*. Assim como o tempo de reação, o erro no pico de velocidade reflete o planejamento motor (SEIDLER, 2004). Esperava-se que os participantes que tivessem sido treinados a perceber a direção do movimento coerente na fase de aprendizagem perceptiva se tornassem mais sensíveis a perceber a pista de onde o alvo iria aparecer na tarefa motora. A percepção aprimorada da pista otimizaria o planejamento motor, que passaria a ser mais pré-programado, e, então, o apontamento se aproximaria mais do alvo já no primeiro submovimento, resultando em um menor erro radial no pico de velocidade. Considerando que o efeito da aprendizagem perceptiva influenciou o planejamento motor como discutido para a variável tempo de reação, esta hipótese foi parcialmente confirmada, uma vez que os participantes apresentaram menor erro radial no pico de velocidade no alvo na direção treinada do que nos alvos nas direções não treinadas no *baseline* (GRÁFICO 12 e GRÁFICO 18). É possível que o desempenho do grupo de aprendizagem perceptiva tenha contribuído para o achado de menor erro radial no pico de velocidade no alvo na direção treinada, ainda que não tenha sido encontrada diferença entre os grupos.

Era esperado também que o erro radial no pico de velocidade fosse menor no grupo de aprendizagem perceptiva no alvo na direção treinada quando comparado ao grupo controle na condição *distorção_parte1*. Contudo, não foi encontrada diferença significativa nem para grupos e nem entre os alvos nesta condição. Este fato reforça a discussão de que a rigidez da aprendizagem da direção do movimento pode ter prejudicado a adaptação à distorção, não resultando em uma vantagem para os participantes do grupo de aprendizagem perceptiva.

Já em relação as mudanças do erro radial no pico de velocidade entre as condições, foi encontrado que o erro radial no pico de velocidade foi maior na *distorção_parte1* do que nas outras condições, excetuando a *distorção_parte2*, independente do grupo e ou do alvo (GRÁFICO 9). A dificuldade das condições em que a *distorção* está presente é maior do que nas condições sem *distorção*, visto que o indivíduo necessita entender novamente a relação do movimento de apontamento com o *feedback* visual que é disponibilizado (SEIDLER, 2010; SEIDLER; BO; ANGUERA, 2012). Ele tem que conseguir entender que o que ele risca com a caneta na mesa digitalizadora não é exatamente o que é mostrado na tela do computador e ele deve fazer isso no mesmo espaço de tempo das condições em que não há *distorção* do *feedback* visual. O maior erro radial no pico de velocidade encontrado na *distorção_parte1* em relação às outras condições, exceto a *distorção_parte2*, independente de grupo ou alvo, parece refletir esta maior dificuldade. Os participantes tiveram que aprender a lidar com a *distorção* e ajustar o planejamento da habilidade motora que vinham fazendo na condição *baseline*. O erro radial no pico de velocidade reflete o erro de planejamento da habilidade (SEIDLER, 2004). Após a prática com a *distorção*, o erro no pico de velocidade tende a diminuir em decorrência do progresso do entendimento em como lidar com a *distorção* (SEIDLER, 2004; SEIDLER; NOLL; CHINTALAPATI, 2006). Os menores valores de erro radial no pico de velocidade observados nas condições de *washout* e *recall* em relação à *distorção_parte1* evidenciam este comportamento.

O comportamento do erro radial no pico de velocidade entre os alvos na direção treinada e nas direções não treinadas também se diferiu ao longo das condições. O erro radial no pico de velocidade foi menor na condição *baseline* do que nas condições *distorção_parte 1* e *recall* no alvo na direção treinada (GRÁFICO 10). Além disso, a condição *washout* apresentou um menor erro radial no pico de velocidade que a condição *distorção_parte1* no alvo na direção treinada (GRÁFICO 10). Este comportamento indica que o planejamento do apontamento do alvo na direção treinada começou mais preciso no *baseline*, foi dificultado quando a *distorção* foi inserida, voltou a ser mais preciso quando a *distorção* foi retirada e voltou a ser dificultado quando a *distorção* foi reinserida. Já nos alvos nas direções não treinadas, a diferença entre as condições começou apenas a partir da inserção da *distorção*, sendo que a condição *distorção_parte1* apresentou um

erro radial no pico de velocidade maior que o das condições sem distorção subsequentes e a condição *distorção_parte2* apresentou um erro radial no pico de velocidade maior que o da condição *washout* (GRÁFICO11). Não houve diferença significativa entre *baseline* e nenhuma condição com distorção nos alvos nas direções não treinadas, indicando que o erro radial no pico de velocidade foi semelhante entre essas condições (GRÁFICO 11). Estes resultados indicam que o planejamento do apontamento dos alvos nas direções não treinadas passou a ser mais preciso apenas com o avançar da prática motora e não já no início da prática, como evidenciado nos achados do alvo na direção treinada. Em conjunto, estes resultados parecem sugerir que, enquanto o planejamento do apontamento nos alvos nas direções não treinadas melhorou com o decorrer da prática motora, o planejamento do apontamento no alvo treinado já começou mais preciso já no início da aprendizagem motora. Estes resultados sugerem ter havido um efeito positivo da aprendizagem perceptiva visual no planejamento do apontamento no alvo na direção treinada no início da aprendizagem motora.

O efeito da experiência em perceber informações visuais no desempenho em habilidades motoras foi recentemente observado por Chen, Chang e Huang (2022). As autoras investigaram a participação da experiência perceptiva de jogadores de baseball e não jogadores na antecipação do destino final de arremessos e concluíram que a competência em antecipar uma ação parece ter sido aumentada em maior extensão pela experiência perceptiva do que pela experiência motora. Rebatedores são considerados especialistas perceptivos em habilidades de arremesso (CHEN *et al.*, 2017) e apresentaram uma maior atividade no córtex visual estriado para discriminar se o arremesso seria um “*strike*” ou um “*ball*” do que arremessadores, que são considerados especialistas na ação motora de arremessar (CHEN *et al.*, 2017) e não jogadores. O córtex estriado corresponde ao córtex visual primário (V1) e participa dos estágios iniciais do processamento visual. As autoras discutem que a maior atividade em áreas visuais se associou ao processamento de informações visuais relevantes por meio da observação da cinemática e trajetória do movimento do arremessador e que esta atividade foi maior em rebatedores, uma vez que eles são mais experientes em captar informações corporais para prever o resultado do arremesso (Chen; Chang; Huang, 2022). É possível que, assim como o estudo de Chen, Chang e Huang (2022), a experiência em perceber a direção do

movimento fornecida pela aprendizagem perceptiva possa ter facilitado o entendimento da pista sobre a posição onde o alvo apareceria na tarefa motora, facilitando o planejamento da habilidade motora já nos estágios iniciais da aprendizagem motora (*baseline*). Enquanto que é possível que os participantes não experientes em perceber a direção do movimento tenham melhorado seu desempenho na tarefa motora por meio apenas da testagem de estratégias para solucionar o problema-motor proporcionado pela prática.

De maneira semelhante aos achados do tempo de reação, os resultados da variável erro radial no pico de velocidade indicam que o desempenho no alvo na direção treinada na condição *recall* foi pior do que nos alvos nas direções não treinadas (GRÁFICO 12). Esperava-se que o resultado contrário, visto que hipotetizou-se que a estratégia para se adaptar se beneficiaria de percepção melhorada e, logo, a readaptação se beneficiaria da lembrança dessa estratégia. Como discutido anteriormente, é possível que a especificidade da representação da direção treinada via aprendizagem perceptiva tenha prejudicado o processo de readaptação à distorção do *feedback* visual. A rigidez da representação da direção pode não ter permitido que os ajustes que eram necessários ser feitos no planejamento para a readaptação fossem realizados com sucesso, refletindo na maior magnitude de erro no pico de velocidade no alvo na direção treinada.

Além disso, o achado de menor erro radial no pico de velocidade na condição *recall* quando comparado à condição *distorção_parte1* somente no apontamento dos alvos nas direções não treinadas parece evidenciar que não houve a ocorrência de *savings* no alvo na direção treinada (GRÁFICO 10). A exposição prévia à distorção do *feedback* visual permite que a readaptação à perturbação aconteça com menores custos ao desempenho (EBBINGHAUS, 1913). Yin e Mei (2020) sugerem que a readaptação se baseia tanto na lembrança da estratégia cognitiva traçada para lidar com a distorção e acertar o alvo quanto na lembrança do processo de reconhecimento e correção de erros para acertar o alvo. A estratégia cognitiva pode ser entendida como sendo quando o indivíduo mira deliberadamente em uma distância diferente da do alvo em vez de mirar diretamente no alvo, pois entende que assim o seu movimento de fato acertará o alvo (YIN; MEI, 2020). Entende-se que a estratégia cognitiva se relacionaria à pré-programação do movimento. Desta forma, o erro radial no pico de velocidade representaria o erro da estratégia cognitiva. De acordo com Morehead *et al.* (2015),

quando a estratégia cognitiva para se adaptar não é criada no primeiro momento de exposição à perturbação, não há ocorrência de *savings*. É possível que a potencial rigidez da representação da direção do movimento estabelecida via aprendizagem perceptiva tenha prejudicado a elaboração da estratégia cognitiva de adaptação à perturbação no primeiro momento de exposição à distorção. Como consequência, não havia estratégia a ser lembrada na readaptação e por isso, não houve a ocorrência de *savings* na variável erro radial no pico de velocidade no alvo na direção treinada.

O comportamento da variável erro radial no final do movimento ao longo das condições da tarefa motora se assemelhou ao comportamento do erro radial no pico de velocidade, uma vez que o erro radial no final do movimento foi maior na distorção_parte1 do que nas outras condições independente de alvo e grupo (GRÁFICO 13). Contudo, diferindo-se do erro radial no pico de velocidade, o erro radial no final do movimento foi menor na condição *baseline* do que nas outras condições independentemente de alvo e grupo (GRÁFICO 13). Esperava-se que não fosse haver diferenças significativas na variável erro radial no final do movimento, visto que esperava-se que o efeito da aprendizagem perceptiva influenciaria o planejamento motor e não as correções. A primeira parte do movimento de apontamento é caracterizada pela execução ser determinada pelo que foi pré-programado, enquanto que a segunda parte é determinada pelas correções que são feitas durante o movimento utilizando o *feedback* disponível (WOODWORTH, 1899). Enquanto o erro radial no pico de velocidade reflete a eficiência da pré-programação motora, o erro radial no final do movimento refletiria a eficiência em corrigir o movimento. Tanto o apontamento para o alvo na direção treinada quanto nas direções não treinadas apresentaram menores valores de erro radial no final do movimento no *baseline* quando comparados às outras condições. Este comportamento parece indicar que, apesar de o erro radial no pico de velocidade nos alvos nas direções não treinadas não ter sido diferente do das condições com distorção, as correções no movimento que foram feitas após o pico de velocidade foram eficientes o suficiente para que o erro radial no final do movimento ser menor que o das condições com distorção. Parece, portanto, que o sucesso na segunda parte do movimento não dependeu da eficiência do planejamento da habilidade motora.

Contudo, é possível que a eficiência em perceber a pista da tarefa motora tenha influenciado nas correções do apontamento na condição *baseline*, uma vez que, apesar do grupo de aprendizagem perceptiva ter apresentado mais erros radiais no final do movimento do que o grupo controle, ambos os grupos erraram menos o alvo na direção treinada do que os alvos nas direções não treinadas (GRÁFICO 16). É possível que, como o planejamento do apontamento no alvo na direção treinada foi mais preciso, uma menor necessidade de ajustar o movimento tenha acontecido, resultando em um menor erro radial no final do movimento. Um comportamento oposto foi encontrado na condição *washout*. O erro radial no final do movimento foi maior no alvo na direção treinada do que nos alvos nas direções não treinadas (GRÁFICO 16). Além disso, o erro radial no final do movimento no alvo na direção treinada no *washout* foi maior que no *baseline* (GRÁFICO 14). Estes resultados parecem indicar que os participantes não conseguiram retornar ao mapeamento visuomotor da tarefa motora nos alvos na direção treinada após a retirada da distorção. É possível que o efeito da aprendizagem perceptiva tenha interferido na adaptação da representação da habilidade motora no primeiro submovimento e isto tenha se refletido no segundo submovimento, prejudicando a realização de ajustes no movimento para o alcance do alvo.

O achado de menor erro radial no final do movimento na condição *recall* quando comparado à condição *distorção_parte1* no apontamento dos alvos em ambas as direções (treinada ou não treinadas) parece evidenciar que houve a ocorrência de *savings* (GRÁFICOS 14 e 15). Como visto anteriormente, a readaptação à perturbação também baseia na lembrança do processo de reconhecimento e correção de erros para acertar o alvo. O processo de reconhecimento e ajuste de erros seria a atualização do comando motor via percepção dos sinais detectados pelos sistemas sensoriais para a correção de erros que pode ser utilizada tanto imediatamente (se houver tempo disponível) quando em tentativas futuras (SEIDLER *et al.*, 2013). Entende-se que o processamento de erros se relacionaria ao controle corrente do movimento (YIN; MEI, 2020). Desta forma, o erro radial no final do movimento representaria o erro do ajuste do comando motor. Durante a condição *recall*, ao perceber que estavam novamente sendo expostos à distorção do *feedback* visual, os participantes possivelmente relembrou os ajustes de erros que eram necessários ser feitos para acertar o alvo quando foram previamente expostos à

distorção (distorção_parte1). Esta lembrança resultou em menores valores no erro radial no final do movimento, configurando a ocorrência de *savings*. A ocorrência de *savings* via lembrança do processo de reconhecimento e correções de erros não parece ter sido influenciada pelo efeito da aprendizagem perceptiva, uma vez que a readaptação foi observada tanto no apontamento do alvo na direção treinada quanto dos alvos nas direções não treinadas e não houve diferença entre os grupos.

Quanto ao tempo de movimento, na condição *baseline*, foi encontrada uma diferença significativa para a interação grupo x alvo, contudo, o *post hoc* apenas indicou uma tendência de o grupo de aprendizagem perceptiva ter apresentado um menor tempo de movimento que o grupo controle no alvo na direção treinada (GRÁFICO 20). Este achado, ainda que não significativo, permite considerar que o possível efeito da aprendizagem perceptiva no planejamento motor do *baseline* se refletiu na duração do movimento. Foi encontrado no *baseline* um menor tempo de reação e um menor erro radial no pico de velocidade no alvo na direção treinada. Estes achados indicam um planejamento mais eficiente. A parte mais rápida do movimento é o primeiro submovimento (TEULINGS, 2001). Como o erro do submovimento mais rápido foi menor no alvo na direção treinada, isto indica que a parte mais rápida do movimento já chegou muito próxima ao alvo, havendo pouca necessidade de se fazer correções e, por fim, refletindo em uma menor duração do movimento.

Além disso, foi encontrado que o grupo controle apresentou um maior tempo de movimento no alvo na direção treinada pelo par (GRÁFICO 8). Visto que os participantes no grupo controle não foram treinados a perceber nenhuma direção em específico, não se esperava que o desempenho do grupo controle se distinguisse entre os alvos. É possível que este resultado tenha sido causado pelo efeito da aprendizagem da tarefa ou tenha acontecido ao acaso.

Assim como na fase de aprendizagem perceptiva, o EEG – Índice de engajamento não foi diferente entre as condições e os grupos na fase de aprendizagem motora (GRÁFICO 17). Havia sido hipotetizado que o grupo de aprendizagem perceptiva apresentaria um menor EEG - Índice de engajamento na condição *baseline* quando comparado ao grupo controle, uma vez que a percepção dos participantes do grupo de aprendizagem perceptiva estaria mais eficiente em perceber a direção da movimentação

da pista. Os resultados indicam que a demanda por aspectos perceptivos se manteve semelhante entre os grupos durante todas as condições da tarefa motora. Visto que houve diferença no desempenho motor entre as condições e também algumas diferenças entre os grupos nas variáveis motoras, especula-se que a medida eletroencefalográfica utilizada não tenha sido sensível o suficiente para evidenciar a diferença na demanda por aspectos perceptivos. Como discutido anteriormente, é possível que a variável EEG - Índice de engajamento não tenha sido sensível o suficiente para captar as mudanças de processamento sensorial ocasionadas pela aprendizagem perceptiva. Sugere-se que outras análises eletroencefalográficas sejam realizadas.

Uma medida eletroencefalográfica possível é o potencial evocado. Nesta medida, o padrão específico da atividade elétrica de uma parte do cérebro em resposta a um estímulo é registrado (DENGLER *et al.*, 2020). Esta medida tem sido utilizada em estudos de aprendizagem para, por exemplo, a investigação de identificação de erros e de respostas a recompensas (LIU; JIANG; LI, 2022). Uma vez que a aprendizagem perceptiva visual acarretaria em uma melhor percepção da pista na tarefa motora, é possível que, ao identificar a pista, a atividade elétrica cerebral se alterasse em resposta a essa percepção, gerando um potencial evocado. O registro desse potencial poderia fornecer achados em relação às mudanças no processamento perceptivo resultadas na aprendizagem perceptiva visual subatencional.

Visto que parece ter havido o efeito positivo da aprendizagem perceptiva visual na aprendizagem motora apenas na condição de *baseline* (sem distorção) e que este efeito parece ter sido negativo na condição de inserção da distorção (*distorção_parte1*) e também nas subsequentes, sugere-se que estudos futuros utilizem tarefas de aprendizagem em que não haja a inserção de perturbação para que se possa averiguar o efeito da aprendizagem perceptiva visual sem a demanda por adaptação. Uma limitação do estudo foi que a medida eletroencefalográfica não foi separada entre as direções e os alvos. A separação permitiria que a atividade eletroencefalográfica relacionada ao efeito da aprendizagem perceptiva fosse investigada entre as direções e os alvos, aumentando a acurácia dos resultados. Sugere-se que estudos futuros realizem esta separação para melhor observar o comportamento perceptivo entre as direções e os alvos. Uma quarta sugestão seria de treinar o indivíduo a perceber um estímulo em que ele precisasse

direcionar a sua atenção para aprendê-lo. No presente estudo, a aprendizagem da direção aconteceu de maneira subatencional e foram encontrados resultados positivos do efeito da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora. Especula-se que aprender a perceber um estímulo de forma intencional também possa ser benéfico para a aprendizagem motora.

7 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que houve aprendizagem perceptiva visual no grupo de aprendizagem perceptiva e parece que o planejamento motor foi influenciado pela maior eficiência perceptiva, visto que um menor tempo de reação e erro radial de pico de velocidade foram encontrados na fase inicial de aprendizagem motora. Contudo, a melhoria da percepção parece não ser adaptável, visto que não contribuiu positivamente para a adaptação sensório-motora demandada nas condições com distorção do *feedback* visual. A representação do estímulo treinado via aprendizagem perceptiva parece ser pouco adaptável, dificultando a elaboração do novo mapa visuomotor. Em suma, os achados mostram que a melhoria da percepção visual pode beneficiar o planejamento na aprendizagem motora, contudo, pode não contribuir em situações em que há demanda por adaptação visuomotora.

REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, B. Anticipation in squash: Differences in advance cue utilization between expert and novice players. **Journal of sports sciences**, v. 8, n. 1, p. 17-34, 1990.
- ADVANCED BRAIN MONITORING. **B-Alert live software user manual**. Carlsbad, CA, 2009, 76 p.
- RODRIGUEZ DEL ÁGUILA, M. M.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, A. R. Sample size calculation. **Allergologia et immunopathologia**, v. 42, n. 5, p. 485-492, 2014.
- APOLINÁRIO-SOUZA, T.; FERNANDES, L. A. Processamento de informações e intervenção do profissional: tomada de decisão em foco. **Arquivos de Ciências do Esporte**, v. 6, n. 3, 2018.
- AVRAHAM, G.; MOREHEAD, J. R.; KIM, H. E.; IVRY, R. B. Reexposure to a sensorimotor perturbation produces opposite effects on explicit and implicit learning processes. **PLoS biology**, v. 19, n. 3, e3001147, 2021.
- AWADA, A.; BAKHTIARI, S.; PACK, C. C. Visual perceptual learning generalizes to untrained effectors. **Journal of Vision**, v. 21, n. 3, p. 10-10, 2021.
- BALDO, M. V. C.; HADDAD, H. Ilusões: o olho mágico da percepção. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 25, p. 6-11, 2003.
- BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J. Correlation between expected workload and EEG indices of cognitive workload and task engagement. In: 50TH ANNUAL MEETING OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 2006, San Francisco. **Proceedings of 50th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society**.
- BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J.; CVETINOVIC, M. M.; PETROVIC, M. M.; DAVIS, G.; LUMICAO, M. N.; ZIVKOVIC, V. T.; POPOVIC, M. V.; OLMSTEAD, R. Real-EEG analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 17, n.2, p. 151–170, 2004.
- BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J.; LUMICAO, M. N.; YAU, A.; DAVIS, G.; ZIVKOVIC, V. T.; OLMSTEAD, R. E.; TREMOULET, P. D.; CRAVEN, P. L. EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 78, n.5, p. B231–B244, 2007.
- BICALHO, L. E. A.; ALBUQUERQUE, M. R.; UGRINOWITSCH, H.; DA COSTA, V. T.; PARMA, J. O.; DOS SANTOS RIBEIRO, T.; LAGE, G. M. Oculomotor behavior and the level of repetition in motor practice: Effects on pupil dilation, eyeblinks and visual scanning. **Human movement science**, v. 64, p. 142-152, 2019.

BRADDICK, O. J.; O'BRIEN, J. M.; WATTAM-BELL, J.; ATKINSON, J.; HARTLEY, T.; TURNER, R. Brain areas sensitive to coherent visual motion. **Perception**, v. 30, n. 1, p. 61-72, 2001.

BRESLIN, G.; HODGES, N. J.; STEENSON, A.; WILLIAMS, A. M. Constant or variable practice: recreating the especial skill effect. **Acta Psychologica**, v. 140, p. 154-157, 2012.

BRUNS, P.; WATANABE, T. Perceptual learning of task-irrelevant features depends on the sensory context. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1666, 2019.

CASSADY, K.; RUITENBERG, M.; KOPPELMANS, V.; REUTER-LORENZ, P.; DE DIOS, Y.; GADD, N.; WOOD, S.; CASTENADA, R. R.; KOFMAN, I.; BLOOMBERG, J.; MULAVARA, A.; SEIDLER, R. Neural predictors of sensorimotor adaptation rate and savings. **Human brain mapping**, v. 39, n. 4, p. 1516-1531, 2018.

CENSOR, N.; SAGI, D. Benefits of efficient consolidation: short training enables long-term resistance to perceptual adaptation induced by intensive testing. **Vision Research**, v. 48, n. 7, p. 970-977, 2008.

CENSOR, N.; SAGI, D. Global resistance to local perceptual adaptation in texture discrimination. **Vision Research**, v. 49, n. 21, p. 2550-2556, 2009.

CENSOR, N.; SAGI, D.; COHEN, L. G. Common mechanisms of human perceptual and motor learning. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 13, n. 9, p. 658-664, 2012.

CHALAVI, S.; PAUWELS, L.; HEISE, K. F.; ADAB, H. Z.; MAES, C.; PUTS, N. A.; EDDEN, R. A. E.; SWINNEN, S. P. The neurochemical basis of the contextual interference effect. **Neurobiology of aging**, v. 66, p. 85-96, 2018.

CHANG, L-H.; SHIBATA, K.; ANDERSEN, G. J.; SASAKI, Y.; WATANABE, T. Age-related declines of stability in visual perceptual learning. **Current Biology**, v. 24, p. 1-4, 2014.

CHASE, W. G.; SIMON, H. A. Perception in chess. **Cognitive Psychology**, v. 4, p. 55-81, 1973.

CHEN, Y-H; CHANG, C-Y; HUANG, S-K. Strike or ball? Batters know it better: an fMRI study of action anticipation in baseball players. **Cerebral Cortex**, v. 33, p. 6, p. 3221-3238, 2022.

CHEN, Y. H.; LEE, P. H.; LU, Y. W.; HUANG, S. K.; YEN, N. S. Contributions of perceptual and motor experience of an observed action to anticipating its result. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 43, n. 2, p. 307-316, 2017.

CHIVIAKOWSKY, S.; TANI, G. Efeitos da frequência do conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.7, n.1, p. 45-57, 1993.

CHOWDHURY, S. A.; DEANGELIS, G. C. Fine discrimination training alters the causal contribution of macaque area MT to depth perception. **Neuron**, v. 60, n. 2, p. 367-377, 2008.

CRIST, R. E.; KAPADIA, M. K.; WESTHEIMER, G.; GILBERT, C. D. Perceptual learning of spatial localization: specificity for orientation, position, and context. **Journal of neurophysiology**, v. 78, n. 6, p. 2889-2894, 1997.

CRIST, R. E.; LI, W.; GILBERT, C. D. Learning to see: experience and attention in primary visual cortex. **Nature neuroscience**, v. 4, n. 5, p. 519-525, 2001.

DENGLER, R.; DE CARVALHO, M.; SHAHRIZAILA, N.; NODERA, H.; VUCIC, S.; GRIMM, A.; PADUA, L.; SCHREIBER, S.; KNEISER, M. K.; HOBSON-WEBB, L. D.; BOON, A. J.; SMITH, B. E.; LITCHY, W. J.; LI, Y.; LENIHAN, M.; THOMPSON, B.; STALBERG, E.; SANDERS, D. B.; KINCAID, J. C. AANEM-IFCN glossary of terms in neuromuscular electrodiagnostic medicine and ultrasound. **Muscle & Nerve**, v. 62, n. 1, p. 10-12, 2020.

DILL, M.; FAHLE, M. The role of visual field position in pattern–discrimination learning. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 264, n. 1384, p. 1031-1036, 1997.

EBBINGHAUS H. **Memory: A Contribution to Experimental Psychology**. New York: Teachers College Press, 1913.

FAHLE, M.; EDELMAN, S.; POGGIO, T. Fast perceptual learning in hyperacuity. **Vision research**, v. 35, n. 21, p. 3003-3013, 1995.

Field, A. **Discovering statistics using spss**. 2009.

FRANK, S. M.; BRÜNDL, S.; FRANK, U. I.; SASAKI, Y.; GREENLEE, M. W.; WATANABE, T. Fundamental differences in visual perceptual learning between children and adults. **Current Biology**, v. 31, n. 2, p. 427-432. e5, 2021.

FURMANSKI, C. S.; SCHLUPPECK, D.; ENGEL, S. A. Learning strengthens the response of primary visual cortex to simple patterns. **Current Biology**, v. 14, n. 7, p. 573-578, 2004.

GAZZANIGA, M.; HEATHERTON, T.; HALPERN, D. **Ciência psicológica**. 5ed. Artmed Editora, 2018.

GILBERT, C. D.; LI, W. Adult visual cortical plasticity. **Neuron**, v. 75, n. 2, p. 250-264, 2012.

GILBERT, C. D.; LI, W. Top-down influences on visual processing. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 14, n. 5, p. 350-363, 2013.

- GILBERT, C. D.; SIGMAN, M.; CRIST, R. E. The neural basis of perceptual learning. **Neuron**, v. 31, n. 5, p. 681-697, 2001.
- GOLD, J. I.; SHADLEN, M. N. The neural basis of decision making. **Annual review of neuroscience**, v. 30, 2007.
- GOLD, J. I.; WATANABE, T. Perceptual learning. **Current Biology**, v. 20, n. 2, p. 1-4, 2010.
- GOLDSTEIN, E. B. **Sensation and perception**. 9ed. Cengage Learning, 2013.
- GOLLISCH, T.; MEISTER, M. Eye smarter than scientists believed: neural computations in circuits of the retina. **Neuron**, v. 65, n. 2, p. 150-164, 2010.
- GREFKES, C., RITZL, A.; ZILLES, K.; FINK, G. R. Human medial intraparietal cortex subserves visuomotor coordinate transformation. **Neuroimage**, v. 23, p. 1494–1506, 2004.
- DE GROOT, A. D. Thought and choice in chess. In: **Thought and Choice in Chess**. De Gruyter Mouton, 2014.
- GRZECZKOWSKI, L.; CRETENOU, A. F.; MAST, F. W.; HERZOG, M. H. MOTOR response specificity in perceptual learning and its release by double training. **Journal of vision**, v. 19, n. 6, p. 4-4, 2019.
- HAUFLER, A. J.; SPALDING, T. W.; SANTA MARIA, D. L.; HATFIELD, B. D. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. **Biological Psychology**, v. 53, p. 131-160, 2000.
- HENZ, D.; JOHN A.; MERZ, C.; SCHÖLLHORN, W. I. Post-task on EEG brain activity differ for various differential learning and contextual interference protocols. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 12, article 10, p. 1-10, 2018.
- HEEKEREN, H. R.; MARRETT, S.; BANDETTINI, P. A.; UNGERLEIDER, L. G. A general mechanism for perceptual decision-making in the human brain. **Nature**, v. 431, n. 7010, p. 859-862, 2004.
- HIRSCH, L. J.; BRENNER, R. P. **Atlas of EEG in critical care**. Wiley-Blackwell, 2010.
- HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N. Brain mechanisms of vision. **Scientific American**, v. 241, n. 3, p. 150-163, 1979.
- IM, H. Y.; BÉDARD, P.; SONG, J-H. Encoding attentional states during visuomotor adaptation. **Journal of vision**, v. 15, n. 8, p. 20-20, 2015.
- INOUE, K.; KAWASHIMA, R.; SATOH, K.; KINOMURA, S.; GOTO, R.; SUGIURA, M.; ITO, M.; FUKUDA, H. Activity in the parietal area during visuomotor learning with optical rotation. **Neuroreport**, v. 8, n. 18, p. 3979-3983, 1997.

INOUE, K.; KAWASHIMA, R.; SATOH, K.; KINOMURA, S.; SUGIURA, M.; GOTO, R.; ITO, M.; FUKUDA, H. A PET study of visuomotor learning under optical rotation. **Neuroimage**, v. 11, n. 5, p. 505-516, 2000.

JACKSON, R. C.; WARREN, S.; ABERNETHY, B. Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement. **Acta psychologica**, v. 123, n. 3, p. 355-371, 2006.

JASPER, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 10, p. 370-375, 1958.

JOHNSON, R. R.; POPOVIC, D. P.; OLMSTEAD, R. E.; STIKIC, M.; LEVENDOWSKI, D. J.; BERKA, C. Drowsiness/alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. **Biological psychology**, v. 87, n. 2, p. 241-250, 2011.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH. **Principles of neural science**. 5th ed. McGraw-Hill, 2013.

KAHNT, T.; GRUESCHOW, M.; SPECK, O.; HAYNES, J. D. Perceptual learning and decision-making in human medial frontal cortex. **Neuron**, v. 70, n. 3, p. 549-559, 2011.

KARNI, A.; SAGI, D. The time course of learning a visual skill. **Nature**, v. 365, n. 6443, p. 250-252, 1993.

KLORFELD-AUSLENDER, S.; CENSOR, N. Visual-oculomotor interactions facilitate consolidation of perceptual learning. **Journal of vision**, v. 19, n. 6, p. 11-11, 2019.

KOYAMA, S.; SASAKI, Y.; ANDERSEN, G. J.; TOOTELL, R. B.; MATSUURA, M.; WATANABE, T. Separate processing of different global-motion structures in visual cortex is revealed by fMRI. **Current Biology**, v. 15, n. 22, p. 2027-2032, 2005.

KRAKAUER, J. W.; HADJIOSIF, A. M.; XU, J.; WONG, A. L.; HAITH, A. M. Motor learning. **Comprehensive Physiology**, v. 9, n. 2, p. 613-663, 2019.

KUSUNOKI, M.; GOTTLIEB, J.; GOLDBERG, M. E. The lateral intraparietal area as a salience map: the representation of abrupt onset, stimulus motion, and task relevance. **Vision research**, v. 40, n. 10-12, p. 1459-1468, 2000.

LAGE, G. M.; MALLOY-DINIZ, L. F.; NEVES, F. S.; GALLO, L. G.; VALENTINI, A. S.; CORRÊA, H. A kinematic analysis of manual aiming control on euthymic bipolar disorder. **Psychiatry research**, v. 208, n. 2, p. 140-144, 2013.

LAGE, G. M.; MIRANDA, D. M.; ROMANO-SILVA, M. A.; CAMPOS, S. B.; ALBUQUERQUE, M. R.; CORREA, H.; MALLOY-DINIZ, L. F. Association between the catechol-O-methyltransferase (COMT) Val158Met polymorphism and manual aiming control in healthy subjects. **PLoS one**, v. 9, n. 6, e99698, 2014.

LAGE, G. M.; UGRINOWITSCH, H; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; VIERIA, M. M.; ALBUQUERQUE, M. R.; BENDA, R. N. Repetition and variation in motor practice: a review of neural correlates. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 57, p. 132-141, 2015.

LAVIN, C.; MELIS, C.; MIKULAN, E. P.; GELORMINI, C.; HUEPE, D.; IBAÑEZ, A. The anterior cingulate cortex: an integrative hub for human socially-driven interactions. **Frontiers in neuroscience**, v. 7, p. 64, 2013.

LAW, C-T; GOLD, J. I. Neural correlates of perceptual learning in a sensory-motor, but not a sensory, cortical area. **Nature neuroscience**, v. 11, n. 4, p. 505-513, 2008.

LEE, T. D.; MAGILL, R. A. Can forgetting facilitate skill acquisition? In: GOODMAN, D.; WILBERG, R. B.; FRANKS, I. M. (Eds.). **Differing Perspectives in Motor learning, Memory and Control**. Amsterdam: North Holland, 1985, p. 3-22.

LEE, T. D.; MAGILL, R.A. The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 9, p. 730-746, 1983.

LENGYEL, G.; FISER, J. The relationship between initial threshold, learning, and generalization in perceptual learning. **Journal of Vision**, v. 19, n. 4, p. 28-28, 2019.

LELIS-TORRES, N.; UGRINOWITSCH, H; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; BENDA, R.; LAGE, G. M.; Task engagement and mental workload involved in variation repetition of a motor skill. **Scientific Reports**, v. 7: 14764, p. 1-10, 2017.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência. 2.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

LI, Y.; WRIGHT, D. L. An assessment of the attention demands during random- and blocked-practice schedules: research, theory, and practice. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, p. 591-606, 2000.

LIU, Z. Perceptual learning in motion discrimination that generalizes across motion directions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 24, p. 14085-14087, 1999.

LIU, F.; JIANG, Y.; LI, S. The dissociating of reward feedback on familiarity and recollection processing: evidence from event-related potential. **NeuroReport**, v. 33, n. 10, p. 429-436 2022.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora:** conceitos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MARTENIUK, R. G. **Information processing in motor skills**. Holt, Rinehart and Winston, 1976.

MARZOLL, A.; WATANABE, T. Task-irrelevant perceptual learning of moving natural stimuli induces a bias away from the exposed movement direction. **Journal of Vision**, v. 21, n. 9, p. 2164-2164, 2021.

MAYHEW, S. D.; KOURTZI, Z. Dissociable circuits for visual shape learning in the young and aging human brain. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 7, p. 75, 2013.

MCMANUS, J. N. J.; LI, W.; GILBERT, C. D. Adaptive shape processing in primary visual cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 24, p. 9739-9746, 2011.

MEHTA, A. D.; ULBERT, I.; SCHROEDER, C. E. Intermodal selective attention in monkeys. II: physiological mechanisms of modulation. **Cerebral Cortex**, v. 10, n. 4, p. 359-370, 2000.

MILNER, A. D.; GOODALE, M. A. **The visual brain in action**. Oxford, England: Oxford University Press, 1995.

MILTON, J.; SOLODKIN, A.; HLUŠTÍK, P.; SMALL, S. L. The mind of expert motor performance is cool and focused. **Neuroimage**, v. 35, n. 2, p. 804-813, 2007.

MISHKIN, M.; UNGERLEIDER, L. G.; MACKO, K. A. Object vision and spatial vision: two cortical pathways. **Trends in neurosciences**, v. 6, p. 414-417, 1983.

MIYASHITA, Y. Inferior temporal cortex: where visual perception meets memory. **Annual review of neuroscience**, v. 16, n. 1, p. 245-263, 1993.

MOREHEAD, J. R.; QASIM, S. E.; CROSSLEY, M. J.; IVRY, R. Savings upon re-aiming in visuomotor adaptation. **Journal of neuroscience**, v. 35, n. 42, p. 14386-14396, 2015.

MOXLEY, S. E. Schema: the variability of practice hypothesis. **Journal of Motor Behavior**, v.11, p. 65-70, 1979.

MUKAI, I.; KIM, D.; FUKUNAGA, M.; JAPEE, S.; MARRETT, S.; UNGERLEIDER, L. G. Activations in visual and attention-related areas predict and correlate with the degree of perceptual learning. **Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 42, p. 11401-11411, 2007.

MURATA A.; GALLESE V.; LUPPINO G.; KASEDA M.; SAKATA H. Selectivity for the shape, size, and orientation of objects for grasping in neurons of monkey parietal area AIP. **Journal of Neurophysiology**, v. 85, n. 5, p. 2580-2601, 2000.

NICOLAU, P. F. M.; ROCHA, C. A. M. N. Psiquiatria Geral: o sistema visual humano, 2004. Disponível em: <http://www.psiquiatriageral.com.br/cerebro/figuras.htm>. Acesso em: 02 de fev. De 2021.

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

RASCHE, S. E.; FRANK, S. M.; WATANABE, T. Temporal dynamics of task-irrelevant visual perceptual learning with threshold and suprathreshold stimulus exposure: a pilot study. 2020. No prelo.

RECANZONE, G. H.; MERZENICH, M. M.; JENKINS, W. M.; GRAJSKI, K. A.; DINSE, H. R. Topographic reorganization of the hand representation in cortical area 3b owl monkeys trained in a frequency-discrimination task. **Journal of Neurophysiology**, v. 67, n. 5, p. 1031-1056, 1992.

RECANZONE, G. H.; SCHREINER, C. E.; MERZENICH, M. M. Plasticity in the frequency representation of primary auditory cortex following discrimination training in adult owl monkeys. **Journal of Neuroscience**, v. 13, n. 1, p. 87-103, 1993.

RIESTCHEL, J. C.; MCDONALD, C. G.; GOODMAN, R. N.; MILLER, M. W.; JONES-LUSH, L. M.; WITTENBERG, G. F.; HATFIELD, B. D. Psychophysiological support of increasing attentional reserve during the development of a motor skill. **Biological Psychology**, v. 103, p. 349-356, 2014.

RUSCHEL, M.; KBÖSCHE, T. R.; FRIEDERICI, A. D.; TURNER, R.; GEYER, S.; ANWANDER, A. Connectivity architecture and subdivision of the human inferior parietal cortex revealed by diffusion MRI. **Cerebral Cortex**, v. 24, n. 9, 2014.

SAGI, D. Perceptual learning in vision research. **Vision research**, v. 51, n. 13, p. 1552-1566, 2011.

SCHILTZ, C.; BODART, J. M.; DUBOIS, S.; DEJARDIN, S.; MICHEL, C.; ROUCOUX, A.; CROMMELINCK M.; ORBAN, G. A. Neuronal mechanisms of perceptual learning: changes in human brain activity with training in orientation discrimination. **Neuroimage**, v. 9, n. 1, p. 46-62, 1999.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological review**, v. 82, n. 4, p. 225-260, 1975.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D.; WINSTEIN, C.; WULF, G.; ZELAZNIK, H. N. **Motor control and learning: A behavioral emphasis**. Human kinetics, 2018.

SCHOUPS, A.; VOGELS, R.; QIAN, N.; ORBAN, G. Practising orientation identification improves orientation coding in V1 neurons. **Nature**, v. 412, n. 6846, p. 549-553, 2001.

SCHWARTZ, S.; MAQUET, P.; FRITH, C. Neural correlates of perceptual learning: a functional MRI study of visual texture discrimination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 26, p. 17137-17142, 2002.

SCHWARTZ, S.; VUILLEUMIER, P.; HUTTON, C.; MARAVITA, A.; DOLAN, R. J.; DRIVER, J. Attentional load and sensory competition in human vision: modulation of fMRI responses by load at fixation during task-irrelevant stimulation in the peripheral visual field. **Cerebral cortex**, v. 15, n. 6, p. 770-786, 2004.

SEIDLER, R. D.; BO, J.; ANGUERA, J. A. Neurocognitive contributions to motor skill learning: the role of working memory. **Journal of motor behavior**, v. 44, n. 6, p. 445-453, 2012.

SEIDLER, R. D.; KWAK, Y.; FLING, B. W.; BERNARD, J. A. Neurocognitive mechanisms of error-based motor learning. In: **Progress in Motor Control: Neural, Computational and Dynamic Approaches**. Springer New York, 2013, p. 39-60.

SEIDLER, R. D. Multiple motor learning experiences enhance motor adaptability. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 16, n.1, p. 65-73, 2004.

SEIDLER, R. D. Neural correlates of motor learning, transfer of learning, and learning to learn. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 38, n. 1, p. 3-9, 2010.

SEIDLER, R. D.; NOLL, D. C. Neuroanatomical correlates of motor acquisition and motor transfer. **Journal of neurophysiology**, v. 99, n. 4, p. 1836-1845, 2008.

SEIDLER, R. D.; NOLL, D. C.; CHINTALAPATI, P. Bilateral basal ganglia activation associated with sensorimotor adaptation. **Experimental brain research**, v. 175, p. 544-555, 2006.

SEITZ, A. WATANABE, T. A unified model for perceptual learning. **Trends in cognitive sciences**, v. 9, n. 7, p. 329-334, 2005.

SEITZ, A. R.; WATANABE, T. Is subliminal learning really passive? **Nature**, v. 422 (6927), p. 36-36, 2003.

SEITZ, A. R.; WATANABE, T. The phenomenon of task-irrelevant perceptual learning. **Vision research**, v. 49, n. 21, p. 2604-2610, 2009.

SHEA, J. B; MORGAN, R. L. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**, v. 2, n. 5, p. 179-187, 1979.

SIGMAN, M.; GILBERT, C. D. Learning to find a shape. **Nature neuroscience**, v. 3, n. 3, p. 264-269, 2000.

SHADLEN, M. N.; NEWSOME, W. T. Neural basis of a perceptual decision in the parietal cortex (area LIP) of the rhesus monkey. **Journal of neurophysiology**, v. 86, n. 4, p. 1916-1936, 2001.

SHIBATA, K.; CHANG, L. H.; KIM, D.; NÁÑEZ SR, J. E.; KAMITANI, Y.; WATANABE, T.; SASAKI, Y. Decoding reveals plasticity in V3A as a result of motion perceptual learning. **PLoS one**, v. 7, n. 8, p. e44003, 2012.

SHIBATA, K.; SASAKI, Y.; KAWATO, M.; WATANABE, T. Neuroimaging evidence for 2 types of plasticity in association with visual perceptual learning. **Cerebral Cortex**, v. 26, n. 9, p. 3681-3689, 2016.

SILVEIRA, M. M. **Alternativas para ANOVA e para comparações múltiplas em modelos normalmente distribuídos com fatores fixos que apresentam problema de heterogeneidade de variâncias**. 1999. 56 f. Monografia (Graduação em Estatística) – Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SNYDER, L.; BATISTA, A.; ANDERSEN, R. Coding of intention in the posterior parietal cortex. **Nature**, v. 386, n. 6621, p. 167–170, 1997.

SONG, J.-H. The role of attention in motor control and learning. **Current opinion in psychology**, v. 29, p. 261-265, 2019.

TANI, G. Significado, detecção e correção do erro de performance no processo ensino-aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 3, n. 4, p. 42-49, 1989.

TANI, G.; MEIRA JUNIOR, C. M.; CATTUZZO, M. T. Aprendizagem motora e educação física: pesquisa e intervenção. In: BENTO, J. O.; TANI, G.; PRISTA, A. (Org.). **Desporto e educação física em português**. Porto: Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, 2010, p. 36-56.

TEICH, A. F.; QIAN, N. Learning and adaptation in a recurrent model of V1 orientation selectivity. **Journal of Neurophysiology**, v. 89, n. 4, p. 2086-2100, 2003.

TEULINGS, H. L. Optimization of Movement Duration in Accurate Handwriting Strokes in Different Directions in Young, Elderly, and Parkinsonian Subjects. In: MEULENBROEK, R. G. J.; STEENBERGEN, B. (Eds.), 2001, Nijmegen. **Proceedings of the 10th Biennial Conference of the International Graphonomics Society**. Nijmegen: University of Nijmegen, 2001. p. 40-45.

THÜRER, B.; STOCKINGER, C.; PUTZE, F.; SCHULTZ, T.; STEIN, T. Mechanisms within the parietal cortex correlate with the benefits of random practice in motor adaptation. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, article 403, p. 1-11, 2017.

TRESILIAN, J. **Sensorimotor control and learning**: an introduction to the behavioral neuroscience of action. Reviews, 2012.

TSUSHIMA, Y.; SEITZ, A. R.; WATANABE, T. Task-irrelevant learning occurs only when the irrelevant feature is weak. **Current biology**, v. 18, n. 12, p. R516-R517, 2008.

VAINA, L. M.; BELLIVEAU, J. W.; DES ROZIERS, E. B.; ZEFFIRO, T. A. Neural systems underlying learning and representation of global motion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, n. 21, p. 12657-12662, 1998.

WATANABE, T.; NÁÑEZ SR, J. E.; KOYAMA, S.; MUKAI, I.; LIEDERMAN, J.; SASAKI, Y. Greater plasticity in lower-level than higher-level visual motion processing in a passive perceptual learning task. **Nature neuroscience**, v. 5, n. 10, p. 1003-1009, 2002.

WATANABE, T.; NÁÑEZ, J. E.; SASAKI, Y. Perceptual learning without perception. **Nature**, v. 413, n. 6858, p. 844-848, 2001.

WATANABE, T.; SASAKI, Y. Perceptual learning: toward a comprehensive theory. **Annual review of psychology**, v. 66, p. 197-221, 2015.

WOODWORTH, R. S. The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review**, v. 3 (supplement 2), p. 1-119, 1899.

WU, Y.; ZENG, Y.; ZHANG, L.; WANG, S.; WANG, D.; TAN, X.; ZHU, X.; ZHANG, J.; ZHANG, J. The role of visual perception in action anticipation in basketball athletes. **Neuroscience**, v. 237, p. 29-41, 2013.

XIAO, L. Q.; ZHANG, J. Y.; WANG, R.; KLEIN, S. A.; LEVI, D. M.; YU, C. Complete transfer of perceptual learning across retinal locations enabled by double training. **Current biology**, v. 18, n. 24, p. 1922-1926, 2008.

YANG, T.; MAUNSELL, J. H. R. The effect of perceptual learning on neuronal responses in monkey visual area V4. **Journal of Neuroscience**, v. 24, n. 7, p. 1617-1626, 2004.

YIN, C.; WEI, K. Savings in sensorimotor adaptation without an explicit strategy. **Journal of neurophysiology**, v. 123, n. 3, p. 1180-1192, 2020.

YOTSUMOTO, Y.; WATANABE, T. Defining a link between perceptual learning and attention. **PLoS biology**, v. 6, n. 8, e221, 2008.

ZOHARY, E.; CELEBRINI, S.; BRITTEN, K. H.; NEWSOME, W. T. Neuronal plasticity that underlies improvement in perceptual performance. **Science**, v. 263, n. 5151, p. 1289-1292, 1994.

ZOIA, S.; BIANCOTTO, M.; GUICCIARDI, M.; LECIS, R.; LUCIDI, F.; PELAMATTI, G. M.; CARROZZI, M.; SKABAR, A.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L.; HENDERSON, S. E. An evaluation of the Movement ABC-2 Test for use in Italy: A comparison of data from Italy and the UK. **Research in developmental disabilities**, v. 84, p. 43-56, 2019.

APÊNDICE 1

Estudo piloto

Objetivo

O objetivo do estudo piloto foi confirmar o número de tentativas delineado para o experimento. O número de tentativas foi baseado em estudos anteriores de adaptação motora (IM; BÉDARD; SONG, 2015; SEIDLER, 2004; AVRAHAMM *et al.*, 2021; SEIDLER; NOLL; CHINTALAPATI, 2006).

Amostra

Cinco voluntários de ambos os sexos, destros, com idade entre 18 e 40 anos, sem experiência prévia nas tarefas motora e perceptiva, com visão normal ou corrigida e que declararam não apresentar nenhum comprometimento neurológico, transtornos psiquiátricos ou fazer uso de medicamentos capazes de alterar funções neurais participaram do estudo piloto.

Tarefa

A tarefa motora utilizada foi exatamente a mesma utilizada no estudo. Os participantes foram instruídos a fixar sua atenção no centro da tarefa e identificar a letra do alfabeto que seria apresentada. Após o aparecimento da letra, os participantes deveriam fazer o movimento de apontamento para acertar um alvo riscando uma caneta sensor em uma mesa digitalizadora. Havia seis possíveis posições em que os alvos poderiam aparecer e, em cada tentativa, apenas um alvo era apresentado. Eles deveriam alcançar o alvo o mais rápido e preciso possível. Após o movimento de apontamento, os participantes deveriam relatar qual letra haviam visto.

Delineamento

A tarefa consistiu em cinco condições: *baseline*, *distorção_parte1*, *distorção_parte2*, *washout* e *recall*. Nas condições de prática e de recall, o *feedback* visual do traçado da caneta era distorcido em 45° no sentido horário. Nas outras condições, o *feedback* visual era fidedigno ao traçado riscado na mesa digitalizadora. Cada condição contou com 54 tentativas. Todos os participantes praticaram todas as condições.

Instrumentos

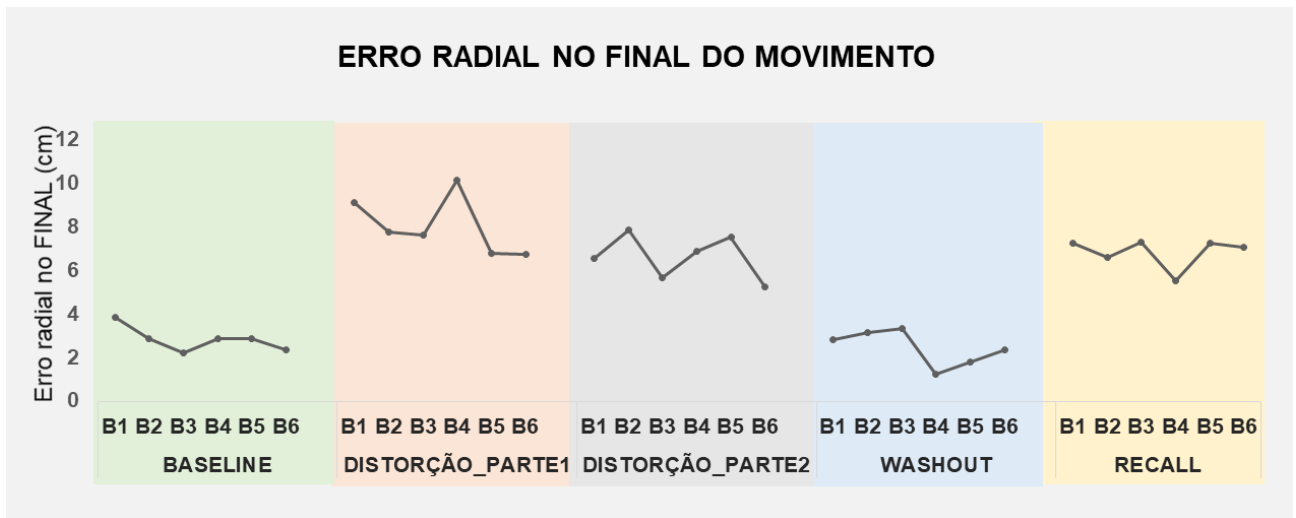
Foram utilizados uma mesa digitalizadora, uma caneta sensor, um microcomputador e um apoio de mesa de testa e queixo. As versões, modelos e marcas são os mesmos descritos no tópico instrumentos.

Medida e análise de dados

A medida utilizada no estudo piloto foi o erro radial no final do movimento. Os dados foram organizados em seis blocos de nove tentativas cada e foram analisados de forma descritiva utilizando média e desvio padrão.

Resultados e discussão

GRÁFICO 29 – Análise descritiva do erro radial no final do movimento no estudo piloto.
FINAL = final do movimento



Houve uma grande diminuição do erro radial no final do movimento do início para o final da prática em todas as condições. Além disso, esperava-se que a inserção da distorção do *feedback* visual aumentaria o erro radial nas condições de distorção e *recall*. Os resultados evidenciam esse comportamento do erro. O valor de erro radial no final do movimento também parece ter sido diferente entre as condições, confirmando que a dificuldade da tarefa varia entre as condições e que elas são delinearmente diferentes. Em estudos de adaptação motora, espera-se que o erro aumente do *baseline* para o momento de exposição à distorção, diminua quando a distorção é retirada e que volte a subir quando a distorção é reinserida. Contudo, espera-se que este aumento seja menor que no primeiro momento em que a distorção foi inserida. Este comportamento evidencia que o indivíduo se adapta às perturbações apresentadas. O resultado do estudo piloto parece indicar que os participantes se adaptaram à distorção inserida. Sendo assim, conclui-se que a quantidade de prática delineada é suficiente para que a adaptação motora ocorra.

APÊNDICE 2

Resultados da quantidade de acerto da letra na tarefa motora

A tabela 2 apresenta a quantidade de acerto dos grupos em relação à letra apresentada na tarefa motora em cada condição. Em cada condição, foi apresentada uma letra por tentativa. Foram praticadas 54 tentativas no total por condição. Os resultados são dados em média e desvio padrão. A média percentual de acerto da letra foi maior que 90% em todas as condições.

TABELA 2 - Análise descritiva da quantidade de acerto da letra na tarefa motora

	Baseline	Distorção_parte1	Distorção_parte2	Washout	Recall
<i>Grupo de aprendizagem perceptiva</i>	51,08 ± 1,83	49,22 ± 2,26	51,67 ± 1,56	52,97 ± 0,96	52,54 ± 1,45
<i>Grupo controle</i>	51,02 ± 1,58	50,29 ± 2,61	52,08 ± 2,39	52,41 ± 1,62	51,17 ± 2,40

Não houve diferença significativa entre os grupos quanto ao número de acerto da letra apresentada em nenhuma condição da tarefa motora: $F(1, 24) = 0,008$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,00$ na condição de baseline; $F(1, 24) = 1,146$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,05$ na condição distorção_parte1; $F(1, 24) = 0,256$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$ na condição distorção_parte2; $F(1, 24) = 1,017$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,04$ na condição washout e $F(1, 24) = 3,889$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,15$ na condição recall. Os resultados indicam que a estratégia de fixar os olhos no centro da tarefa com o objetivo de acertar a letra apresentada funcionou em ambos os grupos.

APÊNDICE 3

Resultados da quantidade de acerto dos animais na tarefa perceptiva

A tabela 3 apresenta a quantidade de acerto dos animais apresentados na tarefa perceptiva ao longo das sessões de prática do grupo de aprendizagem perceptiva. Em cada sessão, foram praticadas um total de 110 tentativas. Em cada tentativa, foram apresentados dois animais. Os participantes tinham que identificar corretamente os animais apresentados e também indicar em que ordem eles foram apresentados. Foi considerado como acerto apenas as respostas em que tanto os animais quanto a ordem de apresentação estavam corretos. Os resultados são dados em média e desvio padrão. A média percentual de acerto dos animais na primeira sessão foi 49,77% e a média percentual de acerto dos animais na última sessão foi 94,42%.

TABELA 3 - Análise descritiva da quantidade de acerto dos animais na tarefa perceptiva

	Sessões de prática											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Grupo de aprendizagem perceptiva</i>	54,8	87,5	95,9	98,8	100,6	101,5	100,4	102,1	99,8	103,0	104,2	103,9
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	22,7	21,2	11,6	9,4	10,4	9,0	8,6	7,3	10,1	6,1	7,4	7,9

APÊNDICE 4

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA O EXPERIMENTO 1 – ENSAIO 2

Título da pesquisa: RELAÇÃO ENTRE APRENDIZAGEM PERCEPTIVA E APRENDIZAGEM MOTORA E CONTROLE MOTOR

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Pesquisador: Guilherme Menezes Lage

Gostaríamos de convidá-lo a participar de forma voluntária de nosso estudo. O nosso objetivo é investigar como a aprendizagem perceptiva (melhoria em, por exemplo, detectar orientação e formas de objetos) influencia a aprendizagem de uma habilidade motora. Assim, esse estudo busca investigar o efeito da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora.

Procedimentos: O experimento demandará a sua participação em 15 dias de testes. Neste experimento, você praticará uma tarefa perceptiva e uma tarefa motora. A tarefa perceptiva consiste em você detectar informações relacionadas a estímulos que aparecerão na tela de um computador (como identificar formas e orientação de objetos). Para isto, você deverá fixar seus olhos na tela e responder aos estímulos pressionando teclas em um teclado. A tarefa motora consiste em você realizar movimentos manuais curtos em direção a alvos (como deslizar uma caneta ou alcançar objetos). Durante a execução das tarefas, você utilizará um equipamento de eletroencefalografia (EEG) que será posicionado superficialmente na sua cabeça de maneira confortável e indolor para medir a sua atividade cerebral. Os procedimentos em cada dia terão uma duração aproximada de 40 minutos.

Riscos e desconfortos: A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Os movimentos realizados exigem movimentação pequenas de dedos e punhos. Se sentir algum desconforto, você deve avisar ao pesquisador para que ele possa avaliar a causa. Ainda que os riscos sejam mínimos, em caso de danos decorrentes da pesquisa, reiteramos que você receberá assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário.

Benefícios esperados: Não há nenhum benefício direto para você. Porém, os resultados desse estudo ajudarão os professores de educação física, os terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas a entender melhor como organizar a prática de habilidades motoras para seus alunos e clientes.

Confidencialidade: Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo. Os dados provenientes da sua participação serão armazenados de maneira confidencial por até 10 anos.

Recusa ou desistência da participação: Sua participação é inteiramente voluntária (não haverá qualquer forma de pagamento pela sua participação na pesquisa) e você está livre para recusar

participar ou desistir do estudo em qualquer momento sem que isso possa lhe acarretar qualquer prejuízo.

Protocolos de coleta de dados durante a pandemia de COVID-19: A execução deste experimento segue o Protocolo de Biossegurança, Adequação do espaço físico, Monitoramento e Controle de surtos e o Plano de retorno de atividades não adaptáveis ao modo remoto da UFMG. Todos os materiais utilizados na coleta de dados serão adequadamente higienizados, haverá álcool em gel disponível, os experimentadores e o voluntários farão uso de máscara durante toda a sessão do experimento, o distanciamento mínimo de dois metros será respeitado, o local de experimentação será adequadamente ventilado e apenas o experimentador, um auxiliar e o voluntário serão permitidos no ambiente de coleta. Além disso, a coleta será suspensa e as autoridades responsáveis serão avisadas em caso de suspeita ou confirmação de contaminação por COVID-19 por qualquer uma das partes diretamente envolvidas no experimento.

Você pode solicitar mais informações ao longo do estudo com o pesquisador responsável pelo projeto (Guilherme Lage), por meio do telefone (31) 988840411 ou pelo email menezeslage@gmail ou também contactar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG) situado à Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – sala 2005 – CEP: 31270-901, Belo Horizonte/MG, pelo telefone (031) 3409-4592 ou pelo e-mail: coep@prpq.ufmg.br. O professor Guilherme Lage é doutor em Neurociência, docente da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG e possui vasta experiência na realização de pesquisas em comportamento motor e neurociências. O currículo lattes do pesquisador pode ser encontrado no link <http://lattes.cnpq.br/7291980478992375>.

Após a leitura completa deste documento, caso concorde em participar do estudo, você deverá assinar o termo de consentimento abaixo e rubricar todas as folhas desse termo.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu li e entendi toda a informação acima. Todas as minhas dúvidas foram satisfatoriamente respondidas e eu concordo em ser um voluntário do estudo.

Assinatura do Voluntário

Data

Assinatura do Pesquisador

Data

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG)

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – sala 2005 – CEP: 31270-901, Belo Horizonte/MG, telefone (031) 3409-4592, e-mail: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 1

COMPROVANTE DE ACEITE DO COEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: RELAÇÃO ENTRE APRENDIZAGEM PERCEPTIVA, APRENDIZAGEM MOTORA E CONTROLE MOTOR

Pesquisador: Guilherme Menezes Lage

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 47631321.0.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.983.411

Apresentação do Projeto:

A mudança na capacidade de desempenhar uma habilidade motora resultante de aprendizagem motora e a capacidade de controlar um movimento envolvem mecanismos subjacentes ao comportamento motor voluntário como a percepção. A interação das informações percebidas permitiria o indivíduo selecionar e realizar a resposta motora mais adequada à meta da habilidade. Sendo assim, a capacidade perceptiva do indivíduo parece ser diretamente relacionada ao sucesso da aprendizagem e do controle motor. A capacidade perceptiva pode ser aprimorada através da aprendizagem perceptiva. Evidências apontam um efeito positivo da aprendizagem perceptiva tanto em jovens, quanto na atenuação de declínios perceptivos relacionados ao envelhecimento em idosos. Quanto aos idosos, a aprendizagem perceptiva poderia apresenta-se como uma estratégia interessante para atenuar os declínios perceptivos do envelhecimento e a manter a capacidade de controlar e aprender novos movimentos em idosos. Dessa forma, será investigada a associação entre aprendizagem perceptiva e aprendizagem motora e controle motor em adultos e idosos de ambos os sexos. Trata-se de um projeto de pesquisa de delineamento longitudinal. O projeto consistirá em dois experimentos. No primeiro, será investigado como a aprendizagem perceptiva realizada antes da aprendizagem motora ou da avaliação do controle motor influencia o comportamento motor de adultos e jovens. No segundo, será avaliado como a variação de aspectos perceptivos durante aprendizagem motora ou da avaliação do controle motor influencia o comportamento motor de adultos e jovens. Participarão desse estudo adultos entre 18 e 85 anos

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 - 2º. Andar - Sala 2005 - Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 4.983.411

de idade. Os participantes praticarão uma tarefa perceptiva e uma tarefa motora. A capacidade de perceber estímulos será avaliada através da análise do limiar de percepção na tarefa perceptiva e variáveis motoras serão avaliadas na execução da tarefa motora. O esforço perceptivo será avaliado em ambas as tarefas através de análise eletroencefalográfica (EEG). O tamanho amostral médio é de 30 participantes em estudos de aprendizagem e controle motor de demanda perceptiva e de 15 participantes em aprendizagem perceptiva.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: O objetivo primário do presente estudo será investigar as relações entre aprendizagem perceptiva, aprendizagem motora e controle motor.

Objetivo Secundário: Os objetivos secundários buscam: a) investigar o efeito da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora em adultos; b) investigar o efeito da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora em idosos; c) investigar as relações da aprendizagem perceptiva e aprendizagem motora no envelhecimento; d) investigar o efeito da aprendizagem perceptiva no controle motor em adultos; e) investigar o efeito da aprendizagem perceptiva no controle motor em idosos e f) investigar as relações da aprendizagem perceptiva e controle motor no envelhecimento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os autores:

Riscos: Os riscos quanto à participação neste estudo são mínimos, como desconforto muscular. Qualquer queixa ou problema apresentado pelo participante (ex., queixa de dor) será encaminhado e avaliado no atendimento de enfermagem da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Benefícios: Não há benefício direto para os participantes. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão dos efeitos da aprendizagem perceptiva na aprendizagem motora. Dessa forma, os resultados desse estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física e Comportamento Motor e de áreas interessadas no estudo do envelhecimento e de aprendizagem perceptiva. Além disso, os resultados desse estudo também irão contribuir para a prática do profissional que atua com o ensino de habilidades motoras.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**



Continuação do Parecer: 4.983.411

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante para a área de conhecimento, conta com financiamento próprio e não possui instituição co-participante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória foram apresentados e encontram-se adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as solicitações de adequação do projeto e TCLE foram atendidas e realizadas pelo pesquisador. SMJ, o parecer é favorável à aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1738964.pdf	24/08/2021 13:01:12		Aceito
Outros	carta_anuencia_local_de_coleta.pdf	24/08/2021 12:53:22	Natália Lelis Torres	Aceito
Outros	carta_resposta_parecer_COEP.pdf	24/08/2021 12:46:55	Natália Lelis Torres	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	COEP_aprendizagem_perceptiva_atualizado.pdf	24/08/2021 12:43:21	Natália Lelis Torres	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	COEP_TCLE_experimento_2.pdf	24/08/2021 09:57:48	Natália Lelis Torres	Aceito
TCLE / Termos de	COEP_TCLE_experimento_1_ensao_2.	24/08/2021	Natália Lelis Torres	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 4.983.411

Assentimento / Justificativa de Ausência	pdf	09:57:30	Natália Lelis Torres	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	COEP_TCLE_experimento_1_ensao_1. pdf	24/08/2021 09:57:02	Natália Lelis Torres	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	02/06/2021 16:25:01	Natália Lelis Torres	Aceito
Outros	COEP_parecer_departamento.pdf	20/04/2021 11:19:29	Natália Lelis Torres	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 17 de Setembro de 2021

Assinado por:
Crissia Carem Paiva Fontainha
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 - 2º. Andar - Sala 2005 - Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@orpq.ufmg.br