

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

**Análise dos efeitos da estimulação transcraniana por corrente
contínua anódica do córtex parietal posterior em tarefa de apontamento
durante a geração de *drift* proprioceptivo**

Belo Horizonte -MG

2021

João Roberto Ventura de Oliveira

Análise dos efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica do córtex parietal posterior em tarefa de apontamento durante a geração de *drift* proprioceptivo

Tese apresentada à Banca Examinadora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte (PPGCE), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito parcial para o doutoramento.

Área de concentração: Treinamento Esportivo.

Linha de Pesquisa: Aspectos psicobiológicos envolvidos no desempenho humano.

Orientador: Dr. Guilherme Menezes Lage

Belo Horizonte - MG

2021

O48a Oliveira, João Roberto Ventura de
2021 Análise dos efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica do córtex parietal posterior em tarefa de apontamento durante a geração de *drift* proprioceptivo. [manuscrito] / João Roberto Ventura de Oliveira – 2021.
79 f.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 61-72

1. Neurologia – Teses. 2. Aprendizagem motora – Teses. 3. Capacidade motora - Teses. 4. Cortex cerebral – Teses. I. Lage, Guilherme Menezes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796,012,1

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: nº 3132, 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

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DOS EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA ANÓDICA DO CÓRTEX PARIETAL POSTERIOR EM TAREFA DE APONTAMENTO DURANTE A GERAÇÃO DE DRIFT PROPRIOCEPTIVO.

JOÃO ROBERTO VENTURA DE OLIVEIRA

88ª tese submetida à comissão examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós Graduação em Ciências do Esporte, como requisito para obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS DO ESPORTE, área de concentração TREINAMENTO ESPORTIVO.

Aprovada, em 10 de dezembro de 2021, pela comissão constituída pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (orientador) – UFMG

Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque – UFMG

Profa. Dra. Andressa da Silva de Mello – UFMG

Prof. Dr. Gustavo de Conti Teixeira Costa – UFG

Prof. Dr. Tercio Apolinário de Souza – I.M. Izabela Hendrix

Belo Horizonte, 10 de dezembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Andressa da Silva de Mello, Chefe de departamento**, em 27/12/2021, às 10:45, 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 **Tércio Apolinário de Souza, Usuário Externo**, em 27/12/2021, às 17:33, 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, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 27/12/2021, às 21:59, 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 **Gustavo De Conti Teixeira Costa, Usuário Externo**, em 12/01/2022, às 09:30, 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 **Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor do Magistério Superior**, em 07/02/2022, às 10:22, 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 **1167997** e o código CRC **AE87482A**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos membros da minha família que sempre estiveram ao meu lado. Especialmente aos meus pais que, mesmo diante das dificuldades que se impuseram, me ensinaram os valores e princípios que possuo, além disso, à minha esposa Ingrid que sempre foi o meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me permitiu continuar minha caminhada com perseverança e honestidade.

Em 2009, num evento realizado pelo GEDAM, ouvi do Prof. Rodolfo que eu deveria procurar uma pessoa chamada Guilherme Lage, pois era um professor que teria afinidades com os anseios apresentados por mim. Ao conhecê-lo tive certeza que poderia dar continuidade à minha formação acadêmica e, conseqüentemente, dar vazão às investigações de interesse. Assim, em 2010 pude publicar meu primeiro artigo ao lado dele. Após alguns anos, e preparado para concorrer a uma vaga no mestrado em Ciências do Esporte pelas suas orientações, senti o sabor de ter conquistado a vaga para a Pós-graduação por méritos próprios, sentimento este tão importante por razões que apenas aqueles que me conhecem entenderão. A partir da minha entrada no PPGCE, o Prof. Guilherme, com muita parcimônia e sabedoria, foi me conduzindo a perceber o que eu deveria melhorar, o que era possível idealizar e me fez enxergar o mundo de uma forma diferente de antes. Então, até o presente momento, muito do que sou (ou tento ser) é espelhado nas ações que julgo virtuosas observadas ao longo dos anos de convivência com ele. Não seria difícil para mim, por tudo o que descrevi, continuar meus apontamentos positivos sobre o professor e a pessoa Guilherme Lage, porém, na esperança de que o próprio leia esse texto, só me cabe humildemente externar minha eterna gratidão por tudo o que ele me entregou nesses anos, sendo que certamente me servirão para toda a vida.

Todos os eventos descritos acima apenas ocorreram em razão da abnegação e resiliência que minha esposa escolheu adotar para me apoiar e me auxiliar ao longo de todos esses anos dentro da Pós-graduação. Então, Ingrid, ao ler essas palavras espero que você saiba que isso não serão o suficiente para declarar o que você doou para que eu pudesse prosseguir com a minha formação. Portanto, a minha gratidão, o meu respeito e todo o meu amor sempre estarão em você nesta vida e perdurará para além dela.

Além disso, quando escalamos uma montanha dependemos não apenas de nossas habilidades e experiências, mas do apoio que companheiros entregam ao segurar a corda, ao indicar os próximos passos mais seguros ou

para te dizer que não é hora para desistir. Essa talvez é a melhor descrição que posso dar sobre as percepções que tenho das amizades formadas dentro dos grupos que passei, sendo o GEDAM e o NNeuroM. Eu não acredito em coincidências na vida, eu penso que todas as vidas que se cruzam são acontecimentos únicos e que nos tornam pessoas melhores. Dessa forma, deixo aqui também minha justa e eterna gratidão a todos que fizeram parte da minha história, desde aquele que arrancou um simples sorriso meu em conversas na cantina da EEFFTO até os que estavam comigo no último minuto da finalização do meu trabalho.

RESUMO

O córtex parietal posterior (CPP) está envolvido com a geração de um fenômeno conhecido como *drift* proprioceptivo, observado durante a execução de apontamentos sob condição de privação visual, ocasionado pela degradação de representação multimodal do movimento somada à adição de informações proprioceptivas errôneas da trajetória. Para maior compreensão do fenômeno, foi pensado na administração de ETCC anódica no CPP, aumentando a excitabilidade das membranas neuronais, a fim de observar seus efeitos durante a geração de *drift* proprioceptivo enquanto se realiza apontamentos sob condição de privação visual. É proposto que uma regulação homeostática do CPP, ou estabilização da atividade neuronal, em razão da sobrecarga imposta pelo processamento de informações visuais das células da região somadas aos efeitos causados via ETCC anódica. Entretanto, não é certo se a ETCC anódica no CPP traria benefícios, reduzindo o nível de *drift* apresentado, ou não, promovendo um aumento no *drift* proprioceptivo e mudanças nos mecanismos de controle presentes na execução de apontamento. Dessa forma, o objetivo geral deste estudo foi analisar os efeitos da modulação do CPP via ETCC anódica em tarefa de apontamento durante a geração de *drift* proprioceptivo. Foi hipotetizado que após a modulação do CPP via ETCC anódica, haveria maior nível de *drift* proprioceptivo em apontamentos sob condição de privação visual e, paralelamente, que haveria uma menor participação do mecanismo de pré-programação e uma maior participação do mecanismo de controle *online* nos apontamentos executados sob as mesmas condições. Para tanto, 24 participantes, com idade entre 18 a 35 anos, destros e de ambos os sexos, passaram por duas condições. A primeira condição com visão disponível (CV), na qual a metade dos voluntários realizaram os apontamentos conjuntamente à modulação do CPP via ETCC anódica e a outra metade por um protocolo placebo. A segunda condição, a condição sem visão (CSV), na qual todos os voluntários executaram apontamentos com os olhos vendados para provocar a geração do *drift* proprioceptivo. Os resultados do presente estudo não confirmaram as hipóteses levantadas. O nível de *drift* proprioceptivo foi o mesmo apresentado pelos dois grupos, diferindo apenas entre as condições de execução. O desempenho nos apontamentos se assemelham para ambos os grupos, com exceção do nível de planejamento observado nos sujeitos que tiveram o CPP modulado. Interessantemente, foi observado uma diminuição do mecanismo de controle *online* com a modulação anódica e um aumento desse mecanismo para os sujeitos que passaram pelo placebo, sendo o mecanismo de pré-programação similar para ambos os grupos. Essas alterações, principalmente no controle *online* dos apontamentos sob a condição CSV, pode ter ocorrido por algum grau da regulação homeostática provocada na condição CV como um efeito aditivo entre a modulação e o processamento constante das informações, impedindo o uso da propriocepção para tentativas de correções. Isso contribui com a premissa de que o *drift* é resultado tanto da degradação das informações sustentadas como da entrada de propriocepção sob condições sem a visão. Conclui-se com o presente estudo que a modulação via ETCC anódica do CPP está mais associada com mudanças no mecanismo de controle *online* em apontamentos sob condição de privação visual.

Palavras-chave: Movimento, Propriocepção e Estimulação Transcraniana por Corrente contínua.

ABSTRACT

The posterior parietal cortex (PPC) is related of a phenomenon known as proprioceptive *drift*, observed during aiming executed under visual deprivation condition, caused by the degradation of the movement multimodal representation added in addition of incorrect proprioceptive information of aiming trajectory. For understanding the phenomenon, was considered the modulation of PPC via anodal tDCS, increasing the excitability of neuronal membranes, in order to observe its effects during proprioceptive *drift* while aiming are executing under visual deprivation condition. It is proposed that a homeostatic regulation of PPC, or stabilization of neuronal activity, due to the overload imposed by the natural processing of visual information in the region, added to effects related with anodic tDCS. However, it is not certain whether anodal tDCS in PPC would bring benefits, decreasing proprioceptive *drift* level, or not, and changes in the control mechanisms in aiming executions. Thus, the main objective of this study was to analyze the anodal tDCS modulating effects of PPC in a aiming task during proprioceptive *drift* generation. It was hypothesized that, after modulating PPC by anodal tDCS, there would be a higher level of proprioceptive *drift* in aimings under visual deprivation condition and, same time, that there would be a lower participation of the pre-programming mechanism and a greater participation of the *online* control mechanism in aimings under same conditions. Therefore, 24 participants, aged between 18 and 35 years old, right-handed and both sexes, went through two conditions, the first condition being with available vision (VC), in which half of the volunteers performed the aimings same time that happened modulation of PPC by anodal tDCS and the other half by a placebo protocol, and a second condition, blindfolded condition (BC), in which all volunteers performed aimings with blindfolded eyes to generate proprioceptive *drift*. The results of the present study did not confirm the hypotheses. The proprioceptive *drift* level was the same presented by the both groups, differing only between the execution conditions. In general, aiming performance is similar for both groups, except for same level of planning observed by the tDCS group. Interestingly, a decreasing in *online* control mechanism was observed after anodal modulation and an increasing for subjects who underwent placebo, with the pre-programming mechanism being similar for both groups. These changes, particularly in *online* control of aiming under BC condition, may have occurred due to some degree of homeostatic regulation caused in the VC condition as an additive effect between the modulation and the constant processing of information, preventing the use of proprioception for correction attempts. These results contribute to the premise that *drift* is derived of both degradation of sustained representation and the proprioception inputs under without vision. It is concluded with the present study that the PPC modulation by anodal tDCS are more associated with changes in the *online* control mechanism in aimings executed in blindfolded condition.

Keywords: movement; proprioception; transcranial direct current stimulation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3 HIPÓTESES DE ESTUDO	18
4 REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1 A participação do córtex parietal posterior no controle de movimentos manuais.....	19
4.2 Efeitos neurofisiológicos e comportamentais da estimulação transcraniana por corrente contínua no CPP	23
4.3 O envolvimento do CPP na geração de <i>drift</i> proprioceptivo em movimento de apontamento	27
5 MATERIAIS E MÉTODO	37
5.1 Participantes.....	37
5.2 Instrumentos e Tarefa	37
5.2.1 Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua	38
5.2.2 Tarefa Motora.....	39
5.3 Delineamento e Procedimentos	40
5.4 Variáveis e Análise dos Dados.....	41

6 RESULTADOS	45
6.1 Tempo de Reação (TR).....	45
6.2 Tempo de Movimento (TM)	46
6.3 Tempo de Resposta (TResp).....	47
6.4 Erro Radial (ER).....	48
6.5 Pico de Velocidade (PV).....	49
6.6 Tempo Relativo para o Pico de Velocidade (TRPV).....	50
6.7 Número de Correções (NC).....	51
6.8 Taxa de <i>Drift</i> Proprioceptivo (TD).....	52
7 DISCUSSÃO	53
8 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

O córtex parietal posterior (CPP) é uma área cortical terciária ¹ (BERLUCCHI; VALLAR, 2018) de grande importância para diversos movimentos manuais (ANDERSEN, 1995; WHITLOCK, 2017). Em geral, o CPP participa tanto no planejamento motor quanto nas atualizações ao longo de execuções, ocorrendo principalmente pelo processamento de informações visuais e propriocepção (BATISTA *et al.*, 1999; WENDEROTH *et al.*, 2006; KRIGOLSON; HOLROYD, 2007; KANDEL *et al.*, 2012).

Esse processamento leva à integração sensorial através do armazenamento temporário na forma de uma representação multimodal no próprio CPP. As codificações realizadas por sub-regiões próximas de áreas visuais fazem atualizações constantes para que a representação seja recalibrada periodicamente (BATISTA *et al.*, 1999; MORRIS; CHAMBERS; MATTINGLEY, 2007a). Somado a isso, a propriocepção ligada aos movimentos executados são codificados por áreas corticais somatossensoriais e adicionam à representação dados sobre força produzida ou posições articulares do membro efetor (FILIMON *et al.*, 2009; REICHENBACH *et al.*, 2014)

Um determinado avanço sobre as funções do CPP durante a execução de movimentos manuais ocorreu por meio do uso de técnicas de modulação não invasiva, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). A ETCC é uma técnica de modulação não invasiva que tem recebido destaque desde o final da década de 1990, pois induz efeitos dependentes de polaridades positiva e negativa em correntes elétricas de baixa intensidade administradas no couro cabeludo (POLITIS; ZANAKIS; ALBALA, 1988; NITSCHKE *et al.*, 2003a; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018). Geralmente, os efeitos da ETCC estão associados à alterações de limiar de potenciais de ação das membranas neuronais moduladas, sendo uma maior excitabilidade neuronal atrelada ao

¹ Classificação funcional de uma determinada área cortical relacionada com funções cognitivas, como memória de trabalho e atenção sustentada, ou com outros processos psíquicos superiores, como processos simbólicos e abstrações. Os termos áreas primárias (de conexões), secundárias (vinculadas aos processamentos sensorial e motor) e terciárias (ligas a funções cognitivas) foram cunhados inicialmente por Luria e Broadmann, em 1903 (BERLUCCHI; VALLAR, 2018).

eletrodo anodo (carga positiva) e a diminuição ou inibição das membranas neuronais pelo uso de um eletrodo catodo (carga negativa).

Os efeitos neurofisiológicos agudos (imediatos à administração) e mais duradouros (entre poucos minutos de administração a horas após) são bem documentados para áreas motoras (POLITIS; ZANAKIS; ALBALA, 1988; NITSCHKE *et al.*, 2003b; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018). Para os efeitos agudos, o mais defendido é que a ETCC anódica (via eletrodo anodo) gera a despolarização das membranas neuronais e a ETCC catódica (via eletrodo catodo) gera a hiperpolarização das membranas, diminuindo a participação da área modulada em diversas tarefas (NITSCHKE *et al.*, 2003b; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018).

Já os efeitos mais duradouros estão relacionados à mudanças na plasticidade neural da área cortical modulada. Isso pode levar a um maior fortalecimento sináptico entre neurônios, induzindo reações entre estruturas pré-sináptica para regiões pós-sinápticas (NITSCHKE *et al.*, 2003b; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018). E, ao se usar a ETCC catódica, é esperado que haja uma depressão das sinapses entre os neurônios modulados, causando uma diminuição dos processos pós-sinápticos e uma hiperpolarização somática (ANTAL *et al.*, 2008; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018).

Entretanto, o mesmo não pode ser afirmado ao se usar ETCC anódica ou catódica no CPP. Devido às diversas conexões com outras áreas corticais e pelo seu envolvimento em diversas funções, tem sido encontrado na literatura efeitos conflitantes (ROMERO LAURO *et al.*, 2014a; VAROLI *et al.*, 2018; ALSULTAN *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020; PALADINI *et al.*, 2020). Resultados de estudos indicam efeitos contrários aos postulados para áreas motoras, observados pelo baixo desempenho em tarefas motoras ou com demandas cognitivas pelo uso da ETCC anódica (SANDRINI *et al.*, 2012; ALSULTAN *et al.*, 2019; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020). Efeitos excitatórios também são observados no uso de ETCC catódica, estando associado à melhoria do desempenho em tarefas envolvendo funções cognitivas (VICARIO; MARTINO; KOCH, 2013; FILMER; DUX; MATTINGLEY, 2015b). Apesar disso, ainda é possível observar efeitos inibitórios pela ETCC catódica no CPP em alguns estudos (RIVERA-URBINA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2019)

Duas explicações são levantadas aqui para compreender os efeitos encontrados no CPP. Para o efeito negativo via ETCC anódica, é possível assumir que uma redução considerável da excitabilidade neuronal do CPP, ou uma regulação homeostática é acionada pela elevada estimulação pela soma da ativação natural através de sinais luminosos e da polaridade positiva produzida pela ETCC (BIENENSTOCK; COOPER; MUNRO, 1982), levando a diminuição da participação do CPP no desempenho de tarefas (GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020). Por outro lado, a ETCC catódica parece induzir uma depressão de interneurônios pertencentes à região parietal e, conseqüentemente, impedindo processos inibitórios dessas estruturas (MONTI *et al.*, 2008). E, em relação aos efeitos inibitórios via ETCC catódica, indícios mostram que a polaridade negativa no CPP provoca uma modulação remota em áreas motoras, refletindo na piora do desempenho apresentado após sua administração (RIVERA-URBINA *et al.*, 2015).

Sabendo dessas divergências envolvendo mecanismos que sejam específicos ao CPP, uma questão lançada é de que tais achados estão relacionados fortemente à recalibração por informações visuais, que tem relação com o que ocorre quando se é solicitado a deslocar um membro efetor de um ponto a um alvo fixo, entendido como apontamento. Separando o apontamento em dois submovimentos, é possível entender o uso da visão e propriocepção tanto para o planejamento quanto para a avaliação das conseqüências sensoriais do movimento.

No submovimento primário há a associação com um mecanismo de pré-programação, no qual o executante identifica o ponto de início do movimento e o alvo pretendido para preparar a trajetória, considerado como uma parte balística do movimento (ELLIOTT; MADALENA, 1987; ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001). E, com o segundo submovimento, relacionado com o mecanismo de controle *online*, o executante realiza correções na trajetória do movimento usando os feedbacks visuais e proprioceptivos, garantindo a chegada precisa ao alvo (CHUA; ELLIOTT, 1993; KHAN *et al.*, 2006; DE GROSBOIS; TREMBLAY, 2018b). Sendo que tal estratégia de controle, pela adoção de mecanismos central e periférico, não ocorre em condição de privação visual (HEATH; ELLIOTT; BINSTED, 1999; ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2019)

O apontamento executado em condições parciais ou totais de privação visual está ligado a um fenômeno conhecido como *drift* proprioceptivo (WANN; IBRAHIM, 1992a). O *drift* proprioceptivo é entendido como a relação entre uma degradação da representação do movimento e a adição de informações proprioceptivas durante a ausência da visão (WANN; IBRAHIM, 1992a; SMEETS *et al.*, 2006). As características preponderantes ligadas à geração de *drift* proprioceptivo é um aumento dos erros espaciais, até um determinado nível, e a captação de informações sobre a velocidade e posições articulares dos apontamentos realizados (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003; TSAKIRIS, 2010a).

Alguns achados mostram a participação do CPP durante a geração do *drift* proprioceptivo, muito em razão dos processos que ocorrem nesta área e que já foram levantados anteriormente (DESMURGET; GRAFTON, 2000; LIRA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Contudo, os mecanismos que levam o CPP à participar na geração do *drift* proprioceptivo ainda não estão claros. Em estudo anterior, Oliveira *et al.* (2019) encontraram que a administração de ETCC catódica no CPP esquerdo aumenta o *drift* manifestado durante a execução de apontamentos na privação visual. E, também, que o *drift* proprioceptivo não surge em momentos de disponibilidade visual, mesmo com a execução de apontamentos ocorrendo sob a modulação catódica.

Para o aprofundamento dos mecanismos responsáveis pela geração de *drift* proprioceptivo então é necessário a administração da ETCC anódica sob as mesmas condições usadas anteriormente (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Assim seria possível esperar que a regulação homeostática provocaria um efeito igual ou maior do que o observado pela ETCC catódica no CPP esquerdo (BIENENSTOCK; COOPER; MUNRO, 1982; GRASSO; TONOLLI; MINIUSI, 2020), bem como a reprodução dos efeitos encontrados pelo uso da ETCC catódica na referida área cortical (RIVERA-URBINA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho foi analisar os efeitos modulatórios do CPP via ETCC anódica em apontamentos durante a geração de *drift* proprioceptivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica do córtex parietal posterior em tarefa de apontamento durante a geração de *drift* proprioceptivo.

2.2 Objetivos Específicos

Comparar o nível de drift proprioceptivo em apontamentos sob condição de privação visual com e sem modulação do CPP via estimulação transcraniana por corrente contínua anódica.

Analisar o mecanismo de pré-programação de apontamentos sob efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica no córtex parietal posterior durante a geração de *drift* proprioceptivo.

Analisar o mecanismo de controle *online* de apontamentos sob efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica no córtex parietal posterior durante a geração de *drift* proprioceptivo.

3 HIPÓTESES DE ESTUDO

O CPP gerará maior nível de *drift* proprioceptivo quando modulado via ETCC anódico.

Haverá uma menor participação do mecanismo de planejamento motor em apontamentos com a geração de *drift* proprioceptivo após estimulação transcraniana anódica do CPP.

Haverá maior participação do mecanismo de controle *online* em apontamentos com a geração de *drift* proprioceptivo após estimulação transcraniana anódica do CPP.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A participação do córtex parietal posterior no controle de movimentos manuais

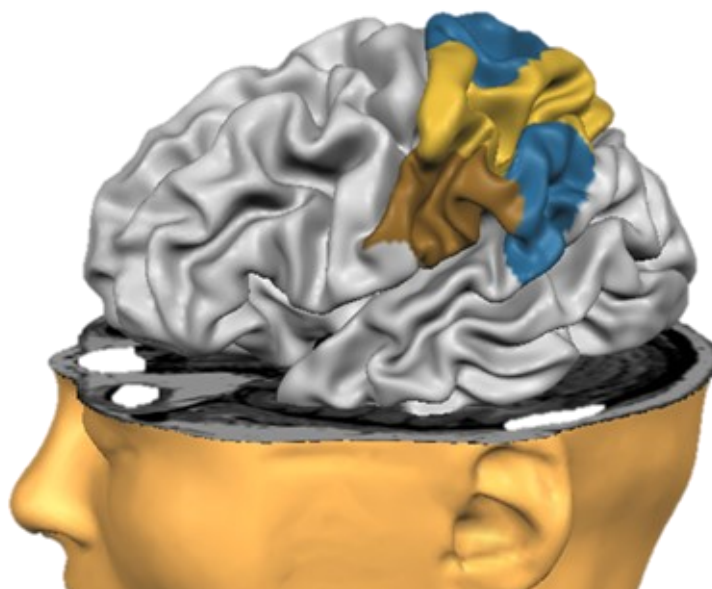
Durante a realização de movimentos que necessitam de manutenção da precisão espacial, como movimentos manuais direcionados a meta, é esperado o maior envolvimento de áreas corticais ligadas ao processamento de informações (SPORNS; TONONI; EDELMAN, 2002; BUNEO; ANDERSEN, 2006; KRAMER; KANDEL, 2012). Uma região cortical terciária conhecida como córtex parietal posterior (CPP) possui relevância neste tipo de controle motor, pois não está ligada apenas às funções, como a atenção sustentada ou a percepção, mas também por participar diretamente na geração de movimentos (MOUNTCASTLE, 1978; BUNEO; ANDERSEN, 2006; WHITLOCK, 2017).

O CPP é entendido como uma região cortical composta pelas áreas conhecidas como CPP superior (áreas 7 e 5 de Brodmann) e CPP inferior (áreas 39 e 40 de Brodmann). O CPP superior se estende desde estruturas próximas ao sulco intraparietal lateral até as localizadas no sulco intraparietal ventral. Já o CPP inferior compreende as áreas da junção temporoparietal, do giro supramarginal e do giro angular (MOUNTCASTLE *et al.*, 1975; LINDNER *et al.*, 2010). Todo este substrato é encarregado de processar, integrar e sustentar informações visuais e proprioceptivas.

No caso de informações visuais, áreas próximas ao córtex visual primário (V1), como a área 7 de Brodmann, apresenta neurônios que são modulados por mudanças na posição orbital dos olhos, além de ter células que são moduladas durante movimentos manuais usando a visão, podendo ter campos visuais receptivos (partes neuronais que respondem aos sinais luminosos) cuja sensibilidade aos estímulos visuais também varia com mudanças na posição ocular (MOUNTCASTLE *et al.*, 1975; MOUNTCASTLE; ANDERSEN; MOTTER, 1981; ANDERSEN, 1995). Por sua vez, as sub-regiões do CPP próximas aos córtices somatossensorial primário (S1) e secundário (S2), especialmente contidas na área 5 de Brodmann, lidam mais com informações proprioceptivas, como é o caso dos neurônios que respondem ao deslocamento da cabeça durante a execução de movimentos manuais ou pelo reconhecimento de

posições articulares de movimentos já realizados (BOLOGNINI; MARAVITA, 2007; RAWLEY; CONSTANTINIDIS, 2009; BONINO *et al.*, 2015)

Figura 1: Localização dos córtices parietais posteriores superior (em azul) e inferior (em amarelo).



Fonte: Figura construída à partir da biblioteca *ggseg* (R 3.6.3).

A diversidade de conexões está associada à variedade de comportamentos em que participa o CPP, incluindo tomada de decisão, atenção espacial, memória de trabalho, planejamento de movimento, além do processamento de sinais visuais e proprioceptivos já mencionados (KANDEL *et al.*, 2012; WHITLOCK, 2017). Além disso, o CPP também pode ser considerada como uma área associativa, pois há a combinação de insumos provenientes de áreas frontais, temporais e occipitais, somados à integração de propriocepção proveniente de regiões subcorticais (BATISTA *et al.*, 1999; BUNEO; ANDERSEN, 2006; WHITLOCK, 2017).

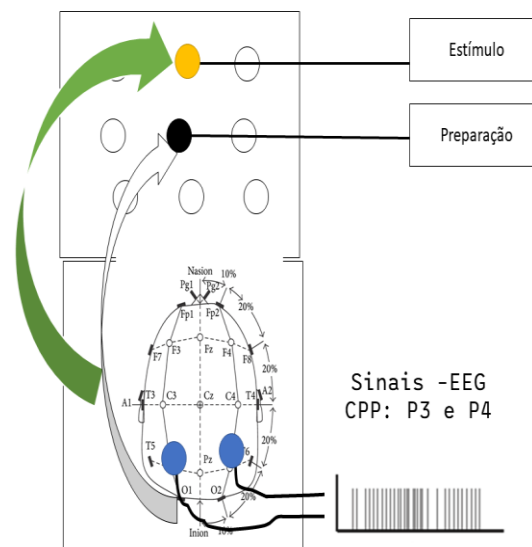
Essa combinação de informações realizada pelo CPP é responsável pela integração sensorial através da formação e sustentação de representações multimodais, ou seja, o armazenamento de informações provenientes de diferentes fontes sensoriais por um determinado período de tempo (WENDEROTH *et al.*, 2006; BOLOGNINI *et al.*, 2010a; TSAKIRIS, 2010b; ZMIGROD, 2014; LIRA *et al.*, 2018). A partir disso, é esperado que tais

informações integradas sejam encaminhadas para áreas motoras, como o córtex motor primário (M1), e pré-motoras, como o córtex pré-motor (CPM) ou área motora suplementar (AMS), para a continuidade dos processos envolvidos na execução de um movimento (TUNIK *et al.*, 2007; ARCHAMBAULT *et al.*, 2015). Isso se deve em razão das entradas e saídas que os neurônios do CPP geram a um grande número de áreas nas demais partes do córtex e regiões subcorticais (WHITLOCK, 2017).

É de se esperar que o CPP, através das execuções de movimentos, receba novas entradas sensoriais sobre o que foi realizado como a visão sobre o ponto final do membro utilizado ou informações sobre a velocidade empregada para a concretização do próprio movimento. Dessa forma, é possível recalibrar continuamente a representação multimodal sustentada (BUNEO; ANDERSEN, 2006; WENDEROTH *et al.*, 2006; CIAVARRO *et al.*, 2013). Essas codificações neurais permitem que haja um realinhamento entre membro efetor utilizado, movimentos oculares e planejamento sobre o ponto final de uma dada execução (ANDERSEN, 1995; BUNEO; ANDERSEN, 2006; WENDEROTH *et al.*, 2006; WHITLOCK, 2017).

Isso pode ser observado em estudos que se utilizam de tarefas motoras que envolvam responder rapidamente a um estímulo. Em estudos que coletaram sinais de eletroencefalografia (EEG) das regiões P3 e P4, sendo o CPP direito e CPP esquerdo respectivamente, juntamente com dados sobre o tempo de reação de sujeitos é possível observar a participação das referidas áreas corticais (FIGURA 2). O que é defendido é que a codificação neural mencionada anteriormente serve como uma forma de atualizar a representação sustentada e modificar os futuros planejamentos motores (ANDERSEN, 1995; HILL; RAAB, 2005; MUTHA *et al.*, 2014).

Figura 2: Representação do paradigma de alcance utilizado durante leitura dos sinais de eletroencefalografia (EEG) no CPP.



Fonte: Adaptado de Whitlock (2017).

Apesar de se conhecer mais sobre o CPP atualmente, ainda existem divergências sobre quais seriam de fato os mecanismos neurofisiológicos específicos desta área cortical ou a extensão de seu envolvimento na sustentação da representação do movimento a ser executado (JUAN; TSENG; HSU, 2017; WHITLOCK, 2017; VAROLI *et al.*, 2018). Uma forma de obter mais aprofundamento sobre os papéis e mecanismos neurobiológicos e neuropsicológicos do CPP em movimentos manuais pode se dar através da modulação cortical não invasiva via estimulação transcraniana por corrente contínua.

RESUMO DO CAPÍTULO

O córtex parietal posterior (CPP) exerce importantes funções neurofisiológicas e neuropsicológicas que podem ser observadas quando alguém executa um determinado movimento que requeira precisão espacial. O CPP é uma área cortical terciária e que possui ligações entre áreas primárias de processamento sensorial, como o córtex visual primário (V1), áreas somatossensoriais primária (S1) e secundária (S2) e regiões temporais, bem como conexões com o lobo frontal, como o córtex motor primário (M1), córtex

pré-motor (CPM) e área motora suplementar (AMS). Devido às diversas conexões, o CPP faz a integração sensorial pela formação de uma representação multimodal, sustentando e atualizando informações usadas em movimentos direcionados à meta. Apesar da diversidade de funções ligadas ao próprio CPP, existem ainda questões sobre quais são de fato os papéis e mecanismos pertencentes a essa área cortical, inerentes a execução de movimentos com maior demanda em precisão espacial.

4.2 Efeitos neurofisiológicos e comportamentais da estimulação transcraniana por corrente contínua no CPP

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de modulação cortical não invasiva e que se utiliza de polaridades positivas e negativas para isso (NITSCHKE; PAULUS, 2001; NITSCHKE *et al.*, 2003b). No geral, os efeitos neurofisiológicos da ETCC são derivados do uso de eletrodos catodo (eletrodo com carga negativa) e anodo (eletrodo com carga positiva) no couro cabeludo que, por sua vez, geram um fluxo de corrente elétrica pelo cérebro (NITSCHKE *et al.*, 2003a; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018).

A corrente elétrica em torno da região modulada resulta em uma polarização das membranas celulares nos neurônios estimulados, atingindo as áreas somáticas, dendríticas e axônicas (POLITIS; ZANAKIS; ALBALA, 1988; RUOHONEN; KARHU, 2012). Geralmente, o uso de um anodo em uma área cortical de interesse gerará a despolarização somática dos seus neurônios, bem como é observado uma hiperpolarização somática no uso de um catodo em neurônios de interesse (NITSCHKE *et al.*, 2008; STAGG; NITSCHKE, 2011b; BIKSON; RAHMAN, 2013). Os efeitos agudos (alguns minutos de administração da corrente elétrica) e mais prolongados (desde minutos durante a administração da ETCC até 1 hora após o seu uso) geralmente estão ligados à excitabilidade cortical e potencialização ou depressão corticais de longo prazo (NITSCHKE *et al.*, 2008; BIKSON; RAHMAN, 2013).

Os mecanismos, dos neurofisiológicos aos neuropsicológicos, já são bem documentados para o M1 (NITSCHKE; PAULUS, 2001; NITSCHKE *et al.*, 2003a, 2003c, 2008; RAHMAN *et al.*, 2013; APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2016; MOLERO-CHAMIZO *et al.*, 2018). Alguns efeitos agudos em sujeitos

saudáveis são observados pela aplicação de ETCC no M1, afetando os níveis de excitabilidade cortical de forma dependente da polaridade. Similar ao que foi mencionado no início deste capítulo, um maior nível de potencial de membrana é encontrado ao se usar modulação anódica e uma diminuição no nível desse potencial é alcançado via modulação catódica (NITSCHKE *et al.*, 2003b; STAGG *et al.*, 2009). Esses efeitos neurofisiológicos podem persistir por até aproximadamente 90 minutos após o uso da ETCC (STAGG *et al.*, 2009; MOLERO-CHAMIZO *et al.*, 2018). Consequentemente, facilitando ou inibindo a participação da área cortical durante a execução de algum movimento.

Entretanto, o mesmo não pode ser dito sobre os efeitos adversos encontrados no CPP (BERRYHILL; OLSON, 2008; STAGG *et al.*, 2009; TSENG *et al.*, 2012; ROMERO LAURO *et al.*, 2014a; FILMER; DUX; MATTINGLEY, 2015a; JUAN; TSENG; HSU, 2017; RIVERA-URBINA *et al.*, 2017; ALSULTAN *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020). Desses estudos encontrados, que utilizaram os protocolos anódico, catódico e placebo da ETCC para os dois hemisférios do CPP, houve maior interesse de verificar mudanças comportamentais em sujeitos adultos saudáveis.

O maior enfoque encontrado foi dado para funções cognitivas, como a atenção visual e a memória de trabalho visual, sendo observada à participação para ambos os hemisférios nas tarefas realizadas após a administração da ETCC (BERRYHILL *et al.*, 2010; BOLOGNINI *et al.*, 2010b; TSENG *et al.*, 2012; BALCONI; CANAVESIO; VITALONI, 2014; CALLAN *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2016; KAUFMANN *et al.*, 2018; BJEKIĆ *et al.*, 2019; CROSSMAN *et al.*, 2019; ALSULTAN *et al.*, 2020), bem como alterações nas representações corporais formadas por informações proprioceptivas (HEINEN *et al.*, 2016; LIRA *et al.*, 2018; PALADINI *et al.*, 2020). No nível neurofisiológico, é interessante apontar que houve o uso de diferentes técnicas para a observação da ativação da área cortical de interesse antes e após a administração da ETCC, sendo o uso de pulso único ou repetitivo através de estimulação transcraniana magnética (TMS) para análise da excitabilidade corticoespinal (CONVENTO *et al.*, 2013; ROMERO LAURO *et al.*, 2014a; BASHIR *et al.*, 2020), a análise de neuroimagens por ressonância magnética funcional (CALLAN *et al.*, 2016), e a análise de sinais das bandas alfa e teta de EEG antes e após a ETCC (HSU *et al.*, 2014).

Os resultados de estudos encontrados que, apesar de apresentarem uma variação entre a duração da administração e intensidade da corrente elétrica, parece indicar que há uma modulação dependente da polaridade utilizada, sendo similar ao descrito para as áreas motoras. Em outras palavras, a modulação anódica aumenta a ativação da região cortical e a modulação catódica diminui ou inibe as funções da região cortical (BERRYHILL *et al.*, 2010; BOLOGNINI *et al.*, 2010b; BARDI *et al.*, 2013; VICARIO; MARTINO; KOCH, 2013; CALLAN *et al.*, 2016; BJEKIĆ *et al.*, 2019).

De forma contrária, também é possível indicar resultados opostos aos postulados iniciais, encontrando um melhor desempenho em estudos que administraram a modulação catódica no CPP (CHECHLACZ *et al.*, ; VICARIO; MARTINO; KOCH, 2013; ENGLAND *et al.*, 2015; HEINEN *et al.*, 2016; ALSULTAN *et al.*, 2019; PALADINI *et al.*, 2020), um pior desempenho em tarefas após a administração de ETCC anódica (BALCONI; CANAVESIO; VITALONI, 2014; ALSULTAN *et al.*, 2020) ou até mesmo não encontrar diferenças significantes (VICARIO; MARTINO; KOCH, 2013; FILMER; DUX; MATTINGLEY, 2015b).

As prováveis explicações para os efeitos divergentes no uso de ETCC catódica e ETCC anódica ainda não estão bem estabelecidas (STAGG; NITSCHKE, 2011b; ROMERO LAURO *et al.*, 2014b; VAROLI *et al.*, 2018). Mesmo assim, é possível levantar algumas hipóteses explicativas através da literatura em questão. No caso do efeito benéfico do uso da ETCC catódica no CPP defende-se que possa haver uma depressão das células conhecidas como interneurônios nessa região cortical, células com função inibitória, induzida pelo eletrodo catodo que, em última instância, provoca a melhora de funções ligadas ao CPP (MONTI *et al.*, 2008; MOOS *et al.*, 2012). Entretanto, essa direção só pode ser assumida em tarefas que permitam o uso da visão em todas as etapas de sua realização. A codificação dos estímulos visuais, mesmo com modulações inibitórias provocadas por TMS no CPP, ainda permitem a atualização da representação mental sustentada através de neurônios ativados por informações visuais (MORRIS; CHAMBERS; MATTINGLEY, 2007b; MORRIS *et al.*, 2012).

Uma outra possibilidade de explicação sobre efeitos do ETCC catódico no CPP, referente à inibição da região cortical, pode ser vista em alguns achados que encontraram diferenças significantes para potenciais motores evocados

após a administração do protocolo catódico no CPP (ALSULTAN *et al.*, 2019). Estes dados foram associados com as conectividades em as áreas M1 e CPP que permitem a propagação da polaridade induzida e, conseqüentemente, provocando o efeito primário do protocolo (ALSULTAN *et al.*, 2019).

Por fim, para os efeitos opostos encontrados via ETCC anódica no CPP, parece haver interferência negativa pela interação de eventos que geram o aumento do limiar do potencial de ação da membrana neuronal (GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020). Isso pode ser explicado através de um modelo neurocomputacional, conhecido como modelo de Bienenstock, Cooper e Munro (BCM), que propõe que um aumento excessivo ou diminuição da taxa de disparo neuronal gera uma estabilização da atividade neuronal, sendo assegurada pela adaptação dinâmica do limiar de modulação pelo nível de atividade pós-sináptica acima ou abaixo para a indução de mudanças mais duradouras (BIENENSTOCK; COOPER; MUNRO, 1982; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020)..

Assim, não é esperado que haja uma maior excitabilidade neuronal do CPP quando se tem a combinação da realização de uma tarefa de demanda visoespacial e a administração da ETCC anódica, pois o platô de ativação estabelecido pela tarefa persistirá até o final de sua execução. E, via ETCC anódica, haveria uma diminuição dessa excitabilidade para uma regulação homeostática da região (POURTOIS *et al.*, 2001; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020).

Apesar de haver ainda poucas possibilidades de explicar os efeitos contraditórios no CPP via ETCC, é possível visualizar um campo extenso de investigação, no qual o desafio está em verificar se sujeitos postos em tarefa em privação visual, diferentemente da maioria dos estudos levantados, modificaria as alterações provocadas pela estabilização excitatória ou se, nestas mesmas condições desafiadoras, os sujeitos teriam apenas a diminuição do desempenho via tanto ETCC anódica quanto ETCC catódica.

RESUMO DO CAPÍTULO

Desde o final da década de 1990, muitos estudos foram conduzidos para a compreensão dos efeitos neurofisiológicos e cognitivos associados ao uso da modulação cortical não invasiva conhecida por estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). A partir disso, pode-se afirmar que já está mais bem estabelecido o entendimento de mecanismos ligados ao córtex motor primário (M1). Entretanto, achados divergentes encontrados para o córtex parietal posterior (CPP), área envolvida com funções cognitivas (p. ex., memória de trabalho e atenção espacial) e envolvimento com o controle de movimentos manuais, permite um campo de pesquisa para o aprofundamento dos reais papéis exercidos por essa estrutura cerebral. Por ser uma região cortical com várias conexões córtico-corticais e córtico-espinhais, o CPP pode apresentar efeitos neurofisiológicos, mas não necessariamente cognitivos, contrários ao M1. Contudo, ainda não se sabe sobre os efeitos cognitivos e neurofisiológicos em uma tarefa que exija diferentes condições de execução, como executar movimentos manuais na ausência da visão, pois a maioria dos achados estão atrelados às prováveis codificações que neurônios do CPP realizam por meio de informações visuais durante a administração da ETCC catódica e da ETCC anódica.

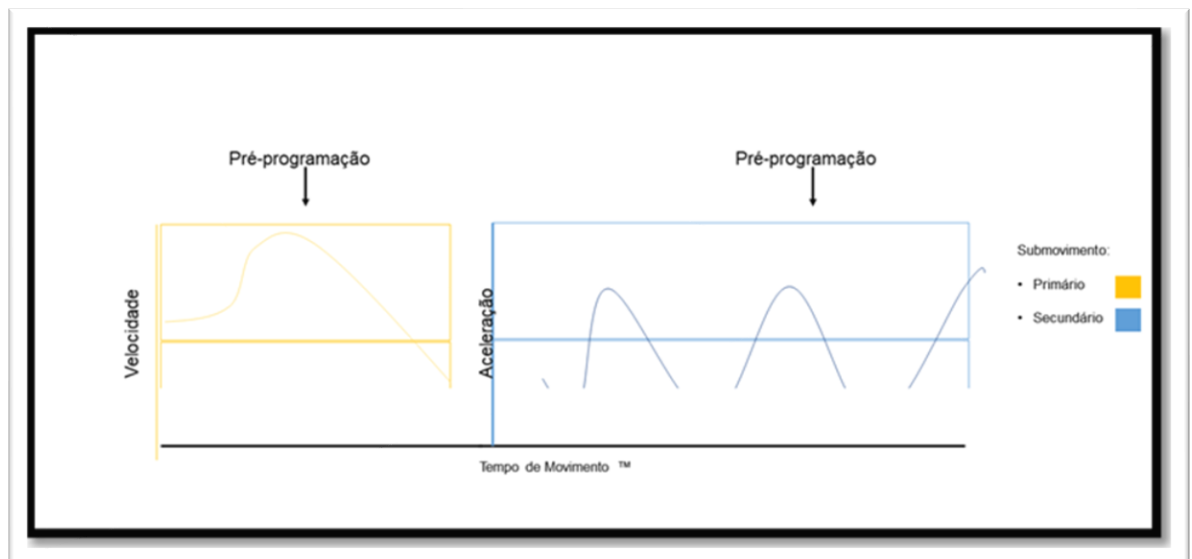
4.3 O envolvimento do CPP na geração de *drift* proprioceptivo em movimento de apontamento

A compreensão sobre a participação do CPP no controle motor pode ser expandida através de estudos comportamentais em que houve a análise de movimentos manuais em diferentes condições de execução, como movimentos usando a visão e movimentos com a privação visual. Movimentos manuais estão presentes em diversas situações que vão de atividades do cotidiano à esportivas, como é o caso de uma classe de movimentos manuais conhecida como apontamento manual. O apontamento é definido como o deslocamento de um ponto a um alvo fixo, sendo algo que demanda precisão espacial (ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001). Tal ação tem garantida a precisão espacial por meio da integração de informações visuais e proprioceptivas (HELSEN *et al.*, ; CHUA; ELLIOTT, 1993; LAGE *et al.*, 2012).

A análise do movimento de apontamento pode ser feita através de um modelo que o separa em dois submovimentos (ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001; WOODWORTH, 1899). O primeiro submovimento, denominado de fase de impulso inicial, e um segundo submovimento, definido como fase de controle *online* (WOODWORTH, 1899; HEATH; ELLIOTT; BINSTED, 1999; ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001). O primeiro submovimento está associado ao planejamento motor, e possui a função de aproximar a mão do alvo de forma balística. O registro do primeiro pico de velocidade (PV), em um perfil cinemático, permite a observação deste primeiro componente (RICKER *et al.*, 1999; NOVAK; MILLER; HOUK, 2003). Com o membro próximo ao alvo é iniciado o segundo submovimento, caracterizado por um controle *online*, ou seja, pela utilização de *feedback* visual e proprioceptivo das posições do membro e alvo para possíveis ajustes na trajetória para atingir o alvo precisamente. Isto é representado no perfil cinemático por meio da curva de acelerações após o PV. Ao final do PV, após a curva de velocidade cruzar pela segunda vez o ponto zero, a soma de todos os registros de inflexão na aceleração são computadas como o número de correções no segundo submovimento (NC) (CHUA; ELLIOTT, 1993; HEATH; ELLIOTT; BINSTED, 1999).

A Figura 3 (adaptada de Elliott *et al.*, 2010) exemplifica o modelo híbrido de Woodworth. Após alcançar o pico de velocidade (submovimento 1), ajustes de forma *online* podem ser observados na forma de alterações na aceleração até o alvo (submovimento 2). Interessante salientar que o tempo de movimento (TM) usado aumenta na mesma proporção em que a demanda por precisão espacial também aumenta (FITTS; PETERSON, 1964; ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001; ELLIOTT *et al.*, 2010).

Figura 3: Movimento de apontamento composto por dois submovimentos.



Fonte: Adaptado de Elliott *et al.* (2010).

Essa exigência ligada à precisão ao se executar apontamentos está atrelada com a importante integração entre visão e propriocepção para o planejamento e as correções *online* (CARLTON, 1981; ELLIOTT *et al.*, 1990; HEATH; ELLIOTT; BINSTED, 1999; DE GROSBOIS; TREMBLAY, 2016, 2018a, 2018b; HELSEN *et al.*, 2016). Entretanto, a maioria dos estudos direciona as explicações para os dados de desempenho ou cinemáticos encontrados em torno das contribuições que a visão oferece (ELLIOTT *et al.*, 1991; VEILLEUX; PROTEAU, 2011; DE GROSBOIS; TREMBLAY, 2018b).

Apesar da propriocepção ter sido negligenciada nas análises comportamentais em apontamentos, é possível levantar uma questão que confronta a ideia de uma representação puramente visual do movimento (CHUA; ELLIOTT, 1993). Como é o caso do impasse sobre as observações entre as curvas de velocidade e de aceleração de apontamentos executados em condições normais (ELLIOTT; MADALENA, 1987; CHUA; ELLIOTT, 1993; DE GROSBOIS; TREMBLAY, 2018b).

Alguns estudos que fizeram suas análises se baseando no modelo de Woodworth acabaram verificando, e sem muitos destaques, que entre o final do PV e início da aceleração (durante o segundo cruzamento no ponto zero) havia uma alteração que não era devidamente explicada pela presença de uma representação visual (ELLIOTT; MADALENA, 1987; CHUA; ELLIOTT, 1993). Este ponto em especial possibilitou que, em anos mais tarde, houvesse os

primeiros avanços para o entendimento disso. No caso, através da análise do domínio da frequência das amostragens de apontamentos realizados, foi possível identificar a participação da visão e da propriocepção em momentos diferentes durante a execução motora (DE GROSBOIS; TREMBLAY, 2018a, 2018c)

Isso entra em consonância com as evidências sobre codificações neurais presentes no CPP durante a execução de movimentos manuais similares ao apontamento relatada anteriormente. Mesmo tendo a necessidade de serem processadas em sub-regiões do CPP em tempos diferentes, sendo o processamento visual o mais prolongado por volta de 200 milissegundos, todas essas informações cumprem com uma recalibração, ou atualização, ao se integrarem à representação já existente no próprio CPP (DESMURGET; GRAFTON, 2000; WENDEROTH *et al.*, 2006; KRIGOLSON *et al.*, 2008; DESMURGET; SIRIGU, 2009; WHITLOCK, 2017). E, à partir da recalibração, é alcançado a precisão espacial necessária. Adicionalmente, também é esperado que a diminuição ou interrupção da visão, como em tarefas de apontamento com oclusão parcial ou total da visão de ponto inicial e alvo, provoque consequências tanto na representação sustentada no CPP quanto no desempenho de apontamento (DESMURGET; GRAFTON, 2000; LIRA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Comparada à condição com visão, a privação visual em tarefas de apontamento leva a perfis cinemáticos distintos, quer seja pela oclusão do alvo, quer seja pela oclusão do membro que executa a tarefa (HEATH; ELLIOTT; BINSTED, 1999). As mudanças nas estratégias de controle mostram a adoção de um maior tempo para o primeiro submovimento, permitindo que o membro consiga chegar mais próximo possível do alvo na tentativa de utilizar a representação formada anteriormente (HEATH; ELLIOTT; BINSTED, 1999; ELLIOTT *et al.*, 2010).

No estudo de Carlton (1981), participantes realizaram movimentos de apontamento, deslocando uma caneta até um alvo com um estímulo luminoso. Foram manipuladas condições que disponibilizavam completamente a visão ou obstruíam 25%, 50%, 75% ou 93% do movimento realizado. O tempo de movimento (TM) foi comparado entre as condições. Os resultados indicaram, pela análise da manipulação visual, que houve diferença significativa no TM para

as condições que ocluíam a visão de 75% e 93% do movimento executado, sendo que TM maiores foram obtidos nessas condições. Sugere-se que os resultados encontrados estão associados a uma maior participação da fase de planejamento motor, diminuindo assim o número de possíveis correções (CARLTON, 1981).

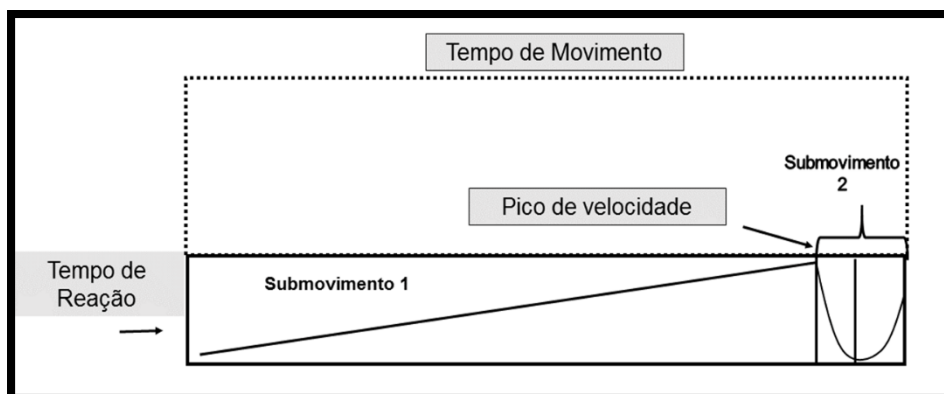
Elliott *et al.* (1991) solicitaram a dez participantes que realizassem apontamentos deslizando uma caneta sensor sobre uma mesa digitalizadora a uma distância de 40 cm, em uma sala sem iluminação, em três condições, sendo uma com visão do alvo, outra com visão do alvo apenas antes da execução e uma condição sem visão do alvo. Cada sujeito realizou 120 tentativas de forma aleatória, seguida por teste contendo 8 tentativas. Medidas de TM, erro radial (distância entre o alvo e o ponto final do movimento) e erros constante e variável do movimento vertical foram utilizadas. Com a disponibilidade da visão, movimentos com TM maiores, bem como menor erro variável, foram observados quando comparado à condição sem visão. Variáveis cinemáticas utilizadas foram o pico de velocidade (PV), o tempo para pico de velocidade, o pico de velocidade até o fim do movimento e o número de desacelerações. Maiores PV foram atingidos em condição com exigência de velocidade e sem visão do alvo, bem como sujeitos obtiveram maiores tempos após PV e desacelerações para condições que demandavam maior precisão com disponibilidade visual do alvo. Tais resultados apontam para um emprego de informações visuais constantes para a regulação do movimento, bem como uma forma pré-programada de movimento quando há privação visual ao longo da ação motora (ELLIOTT *et al.*, 1991).

Em outro estudo, utilizando-se de medidas de desempenho e cinemática, Chua e Elliott (1993) analisaram o emprego de *feedback* visual *online* na regulação de movimentos de apontamento discretos, manipulando a disponibilidade de informações visuais e o tamanho de alvo. No experimento, 10 adultos jovens, de ambos os sexos e destros, desempenharam apontamentos deslocando um mouse por sobre uma mesa de forma a deslocar um cursor até um alvo específico disposto em um monitor de computador. A visão do braço foi obstruída em todas as tentativas. Foram alteradas, durante as tentativas, a permanência ou não da visão do cursor no monitor e o tamanho do alvo (5, 10 e 20 mm), com uma distância única de 13 cm. Com essa configuração, foram

gerados três índices de dificuldade (ID) diferentes (3,7, 4,7 e 5,7). Os perfis de velocidade e aceleração foram analisados para cada tentativa. Os resultados mostram que, quando a visão do cursor não esteve disponível, TM menores foram encontrados, indicando um perfil de movimento pré-programado. Para erros em relação aos três ID usados, houve grandes quantidades de erros sem visão, sendo que houve maior erro variável para condição sem visão. A análise cinemática mostrou que o tempo para alcance do pico de velocidade foi menor quando a visão estava disponível, indicando um maior tempo para processamento de informações e consequente correção de erros (CHUA; ELLIOTT, 1993).

A Figura 4 ilustra esse comportamento na ausência da visão. Há recentes indicativos de uma busca por informações na privação visual via fonte proprioceptiva (GOODMAN; TREMBLAY, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Figura 4: Apontamento na privação visual. Representação de possível perfil de velocidade na ausência da visão, indicando maior dependência de pré-programação do movimento.



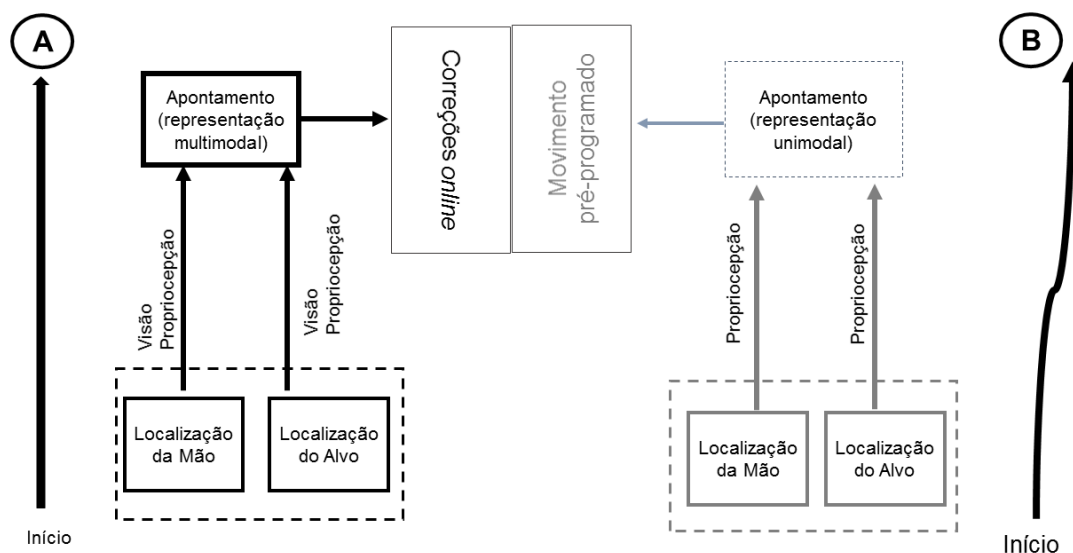
Fonte: Adaptado pelo próprio autor.

Inevitavelmente, a diminuição da precisão espacial acaba ocorrendo ao longo de um determinado tempo de exposição à essas condições desfavoráveis. Abaixo deste desfecho ocorre um fenômeno produzido pelas alterações neurofisiológicas e cognitivas envolvidas na execução do apontamento conhecido como *drift* proprioceptivo (Figura 5).

O *drift* proprioceptivo é definido como a gradual degradação da representação mental, sustentada na privação visual, sendo atualizada por informações proprioceptivas advindas de execuções durante a ausência da visão (WANN; IBRAHIM, 1992a; DESMURGET; GRAFTON, 2000; PATTERSON *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2019). A geração do *drift* proprioceptivo é observada principalmente pelo aumento da magnitude em erros espaciais (WANN; IBRAHIM, 1992a; TSAKIRIS; PRABHU; HAGGARD, 2006; CAMERON; DE MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015). Tal fenômeno tem recebido atenção por se tratar de alterações diretamente associadas à sustentação e alteração de representações (TSAKIRIS *et al.*, 2010; KILTENI *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Duas hipóteses explicativas concorrentes foram atribuídas para explicar tal fenômeno. A primeira hipótese faz relação com acúmulos de erros espaciais, ocorrendo devido a falha em detectar erros sobre a posição do membro (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003; CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015). Já a segunda hipótese, sugere que a ocorrência do *drift* se dá por uma perda da representação original do movimento e, na tentativa de recalibrar a representação, usa-se informações proprioceptivas ainda disponíveis (WANN; IBRAHIM, 1992a; KEIZER *et al.*, 2014; PATTERSON *et al.*, 2017).

Figura 5: O indivíduo possui informações do braço e alvo e a trajetória é recalibrada por correções *online* para oferecer precisão no movimento. (B) Tarefa de apontamento com privação visual. Neste caso, mesmo se o indivíduo souber previamente posições de braço e/alvo, informações proprioceptivas remanescentes degradarão em função do tempo ou erros se acumularão (tentativa após tentativa), tornando o movimento impreciso e estereotipado.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2016).

Alguns estudos mais recentes indicam que a manifestação do *drift* proprioceptivo tem relação com as alterações observadas no CPP quando não há a chance da recalibração da representação que está sendo sustentada (KANAYAMA *et al.*, 2017; LIRA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Ao se iniciar o *drift*, as sub-regiões responsáveis pelo processamento visual diminuem sua ativação, o que é plausível com a hipótese de degradação da representação (KANAYAMA *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Um avanço foi dado com o uso de ETCC catódico no CPP esquerdo, induzindo o aumento da magnitude do *drift* proprioceptivo, interferindo negativamente tanto na sustentação da representação multimodal construída antes da privação visual quanto nas entradas de informações proprioceptivas durante a condição de privação visual (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Além disso, o estudo de Oliveira *et al.* (2019) mostrou claramente que, mesmo com a realização de apontamentos sob a administração de ETCC catódica, o *drift* apenas surgiu após a oclusão da visão, indicando a contribuição das informações visuais.

Entretanto, tais efeitos ainda não esclarecem completamente os mecanismos subjacentes ao *drift* proprioceptivo. Uma vez assumindo que a modulação do CPP através da ETCC torna possível o aprofundamento dessas questões, é possível esperar que seus efeitos deletérios ocorram para qualquer uma das modulações empregadas, no caso de apontamentos realizados antes e depois da privação visual.

Assumindo que os efeitos inibitórios da modulação catódica no CPP esquerdo, encontrados no estudo de Oliveira *et al.* (2019), provocou a diminuição da excitabilidade pós-sináptica dos neurônios enquanto a condição com visão era realizada, de fato o que foi observado seria uma soma entre o mecanismo da ETCC e os efeitos naturais da privação visual já documentado (FATTORI *et al.*, 2012; STAGG; ANTAL; NITSCHKE, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Já para o uso da modulação anódica do CPP, há uma chance de serem encontrados resultados similares aos de Grasso, Tonolli e Miniussi, (2020)). Isso significa que a elevação da excitabilidade via ETCC anódica em adição às altas taxas de ativação dos neurônios no CPP, devido ao processamento visual constante, geraria uma regulação homeostática durante a condição sem visão e, por consequência, refletiria também em um pior desempenho nos apontamentos executados (BIENENSTOCK; COOPER; MUNRO, 1982; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020).

Dessa forma, este estudo tem o objetivo de aprofundar a compreensão sobre os mecanismos envolvidos em uma tarefa de apontamento que provoque a geração de *drift* proprioceptivo através das comparações entre as modulações via ETCC anódica e ETCC catódica no CPP.

RESUMO DO CAPÍTULO

O apontamento, ou deslocamento de um segmento corporal de um ponto a um alvo fixo de forma precisa, é um tipo de movimento presente em diversas situações, do cotidiano quanto esportivos. Em um nível comportamental, o executante é requerido a utilizar de mecanismos de controle para atender a precisão espacial presente, sendo os mecanismos de pré-programação e de controle online respectivamente. As informações usadas para preparar a execução (pré-programação) e as informações obtidas durante a execução

motora contribuem para a formação de uma representação mental, que tem a participação do CPP. Quando essas informações não estão mais disponíveis, como em condições de privação visual, os apontamentos começam a apresentar erros espaciais devido à geração de um fenômeno conhecido como drift proprioceptivo. O drift é a deterioração da representação mental formada em condições adequadas e, por essa razão, parece influenciar nas estratégias de controle adotadas pelos executantes. Essas alterações no controle, devido a participação do CPP, Podem ser um caminho para maior aprofundamento sobre a geração do drift proprioceptivo.

5 MATERIAIS E MÉTODO

5.1 Participantes

Participaram do estudo 24 sujeitos, de ambos os sexos, considerados destros pelo Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (verificar o item 5.2), com idade entre 18 a 35 anos, bem como a auto-declaração de não apresentarem nenhum comprometimento neurológico e não utilizar implantes de metal no crânio ou marca-passos cardíacos. Os critérios de exclusão da amostra foram: as queixas de cefaleia recorrentes, declaração de gravidez, histórico recente de epilepsia e ingestão de medicamentos que sejam susceptíveis à alteração da excitabilidade do cérebro (NITSCHE *et al.*, 2008).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, respeitando todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde para pesquisas com seres humanos, com o CAAE 51014615.1.0000.5149 (ANEXO 1). Além disso, foi realizado inicialmente um piloto com 12 voluntários para determinar o tamanho amostral, sendo realizado através do *software* G*Power (versão 3.1). O apêndice 1 apresenta os dados utilizados no cálculo amostral.

5.2 Instrumentos e Tarefa

Foram utilizados para esse estudo os seguintes instrumentos: (1) mesa digitalizadora com uma caneta-sensor (WACOM Intuos 3, com velocidade de captura de 200 Hz, com dimensões de 30 X 30 cm e RMS accuracy 0,01); (2) software construído por um membro do grupo de pesquisa Núcleo de Neurociências do Movimento (NNeuroM), (3) Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971); (4) o equipamento de estimulação transcraniana por corrente contínua (ver item 5.2.1); (5) um computador para análise dos dados.

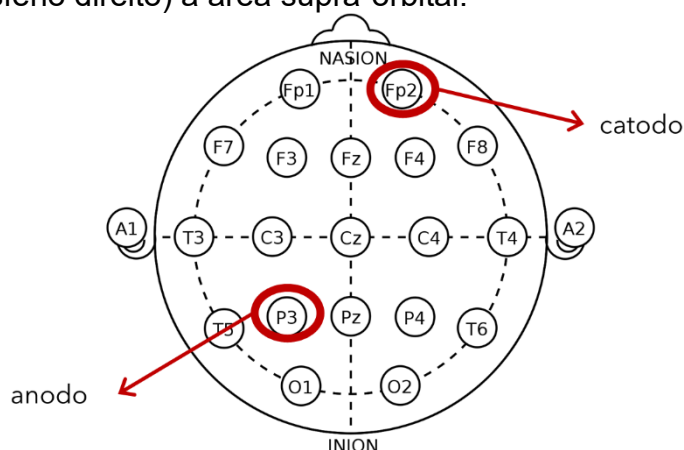
O Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) foi utilizado em todos os participantes para a determinação do índice de dominância manual, sendo que todos apresentaram índice de preferência manual acima de 80 pontos para a mão direita.

5.2.1 Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de estimulação segura e indolor e de fácil administração. Alguns protocolos definem a administração de uma corrente constante de 1mA por 10 a 20 minutos, antes ou durante a tarefa motora, sendo considerados seguros (NITSCHKE *et al.*, 2003b, 2008; BERRYHILL; OLSON, 2008; STAGG *et al.*, 2011; STAGG; NITSCHKE, 2011a).

O equipamento de ETCC utilizado foi o Kit HDC (Magstim, North Carolina, USA). Foram utilizados os eletrodos anodo (com carga negativa) e o catodo (com carga positiva) em duas regiões corticais distintas, o CPP e a região supra-orbital contralateral. A determinação do posicionamento de ambos os eletrodos foi feita usando as referências do sistema 10-20 de eletroencefalografia (EEG). A região P3, do sistema 10-20, foi indicada como o CPP esquerdo, e a região Fp2 como a região supra-orbital direita (ver a Figura 6). Além disso, os eletrodos foram protegidos por esponjas embebidas em solução salina, composta por concentração entre 40 a 150 nM de NaCl diluídos em água deionizada, para eliminar o contato direto do eletrodo com a pele e, assim, minimizar possíveis reações desagradáveis (NITSCHKE *et al.*, 2008).

Figura 6: Posições dos eletrodos seguindo o sistema 10-20 de EEG. A posição P3 (hemisfério esquerdo) equivale ao CPP e a posição Fp2 (hemisfério direito) à área supra-orbital.



Fonte: Adaptado de Nitsche *et al.* (2008).

Este experimento contou com dois protocolos ao se utilizar do equipamento de ETCC, sendo o protocolo de modulação do CPP por meio da ETCC anódica (ETCCa) e o protocolo placebo. O protocolo ETCCa se deu

posicionando o eletrodo anodo na região P3 e o eletrodo catodo na região Fp2 do couro cabeludo dos participantes. O protocolo placebo foi realizado seguindo os mesmos passos da modulação via ETCCa, entretanto a modulação permaneceu nos 36 segundos iniciais. Além disso, a gradual diminuição da corrente elétrica foi feita automaticamente pelo equipamento de ETCC.

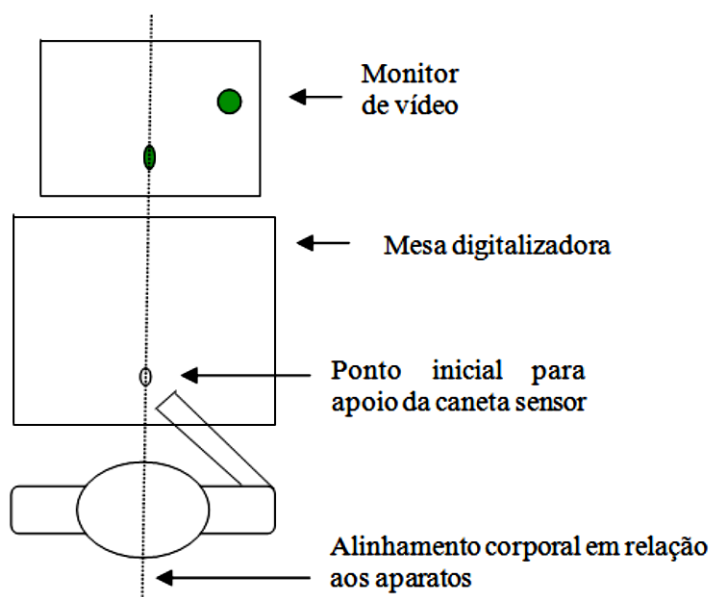
A intensidade da corrente elétrica foi de 1mA (densidade de corrente de 0,04 mA/cm²; com carga total de 0,048 C/cm²). A ETCC foi administrada durante a primeira condição do experimento (ver item 5.3). Assim, através da sustentação de uma representação mental do movimento, formada em condição mais adequada de execução, foi possível a observação dos efeitos modulatórios da ETCC na condição de execução geradora de *drift* proprioceptivo (OLIVEIRA *et al.*, 2019). O tempo de estimulação, dentro do protocolo ETCC anódica, teve uma média 13,64 s (DP = 2,72).

5.2.2 Tarefa Motora

Foi adotada para esse experimento a tarefa de apontamento, consistindo em deslocar uma caneta-sensor sobre uma mesa digitalizadora com a mão direita de forma que o cursor gerado pelo *software*, apresentado no monitor, se desloque partindo de um ponto inicial para um alvo, sendo que este alvo ficou a uma distância de 19 cm do ponto inicial (de centro a centro), em um ângulo de 45° no quadrante superior direito (ver a Figura 7).

Tais características da tarefa são iguais às utilizadas por Oliveira *et al.* (2019). A meta foi executar o movimento de forma mais rápida e precisa possível. A caneta sensor foi posicionada na mesa digitalizadora após o surgimento do ponto inicial, representado em um monitor, ocorrendo concomitantemente com o surgimento do alvo e um sinal de partida para iniciar o apontamento. O alvo possuiu 1 cm de diâmetro, e um ID de 5,2 bits (FITTS, 1954). A Cada tentativa da tarefa se encerrava após 2 segundos pelo próprio *software*.

Figura 7: Tarefa de apontamento e instrumentos utilizados.



Fonte: Adaptado de LAGE (2010).

5.3 Delineamento e Procedimentos

A coleta de dados foi realizada pelo próprio discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte (PPGCE) da UFMG, com a colaboração de dois outros discentes do PPGCE e um graduando do curso de Educação Física. Todas as coletas de dados foram realizadas na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG. Inicialmente, os participantes serão recrutados por meio de convite pessoal e anúncio local dentro da EEFFTO. Inicialmente, foi apresentado o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), que foi assinado pelos voluntários (ANEXO 2).

Após a assinatura do TCLE, todos os participantes foram distribuídos aleatoriamente, contrabalanceados por sexo em dois grupos, formados à partir do protocolo de modulação adotado para cada um, sendo: (1) grupo que recebeu estimulação anódica no CPP esquerdo (ETCCa) e (2) grupo que passou pelo protocolo placebo (Placebo).

Em seguida, os procedimentos de posicionamento dos eletrodos do equipamento de ETCC no couro cabeludo foram feitos, e instruções sobre a tarefa motora foram fornecidas a todos os voluntários.

Com o início do experimento, a tarefa motora foi desempenhada em três momentos, a saber: (1) familiarização da tarefa, (2) condição com visão e (3) condição sem visão.

Na familiarização, cada sujeito realizou 5 tentativas da tarefa motora, mas não houve registro dos dados dessas tentativas. Adiante, na condição com visão (CV), os participantes utilizaram da visão e propriocepção para realizar 30 tentativas da tarefa e, assim, formar uma representação mental do movimento de apontamento. E por fim, na condição sem visão (CSV), os participantes, de olhos vendados, executaram outras 30 tentativas de apontamento apenas com as informações proprioceptivas, sem receber informações sobre acertos e erros ao alvo. Para a última condição, antes de cada tentativa, a mão do participante foi posicionada no ponto inicial por um dos membros da equipe de pesquisa.

Em todas as condições, CV e CSV, o alvo (com 1 cm de diâmetro) foi apresentado em uma mesma distância, de 19 cm, e posicionado em um ângulo de 45° em relação a posição inicial. Esta configuração gerou um índice de dificuldade (ID) de 5,2 bits (FITTS, 1954). O alvo era apresentado em um período máximo de 2 segundos, após esse intervalo a tarefa era finalizada e caso o participante, que recebia essa informação, não tivesse ainda atingido o alvo era computado um erro de acerto ao alvo. As execuções foram realizadas com o membro superior direito e a região medial do corpo ficou alinhada ao ponto inicial de movimento (LAGE *et al.*, 2012).

Antes de cada tentativa, em ambas as condições, ponto inicial e alvo surgiram no monitor, indicando aos voluntários que tocassem a caneta sensor no campo referente ao início da tarefa. Este estímulo ficou disponível na tela por aproximadamente 2,5 segundos. Logo em seguida, houve um estímulo sonoro para dar início à tarefa motora

5.4 Variáveis e Análise dos Dados

As variáveis independentes do estudo são a estimulação cortical e a *condição de execução da tarefa*. As variáveis dependentes foram separadas em variáveis motoras de desempenho e variáveis motoras cinemáticas.

As variáveis motoras de desempenho analisadas foram: (1) desempenho motor, representada pelas medias de tempo de reação (TR), tempo de

movimento (TM), tempo de resposta (TResp), (2) erro espacial, representada pelas medidas de erro radial (ER), e (3) a taxa de *drift* (TD).

O TR corresponde ao período de tempo entre o surgimento do estímulo e o início do movimento (TEIXEIRA, 2006). Os valores de TR abaixo de 120 ms foram considerados como antecipação (LAGE, 2010). O TM, por sua vez, compreende ao período de tempo entre o início e o fim do movimento (TEIXEIRA, 2006).

O registro do TR no *software* ocorreu com a detecção da primeira frequência produzida com o deslocamento da caneta sensor após o estímulo para iniciar a tarefa, ou seja, do início da amostragem (sample = 0) até o começo do ponto da primeira segmentação. O registro do TM pelo *software foi considerado como* o intervalo, em segundos, da primeira até a última amostragem da ação desempenhada (TEULINGS; ROMERO, 2003)

Os erros espaciais, medida que está associada ao *drift* proprioceptivo (WANN; IBRAHIM, 1992b; CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015), podem ser representadas pela medida de erro radial (ER) entre o final do apontamento e o centro do alvo (WANN; IBRAHIM, 1992b; NOUGIER *et al.*, 1996; ERRO *et al.*, 2018). Em se tratando de movimentos bidimensionais, é possível utilizar das proposições oriundas de planos cartesianos, que sugerem que os erros espaciais podem ser determinados pela distância entre o raio do alvo e o ponto final do movimento, bem como pelo tamanho que o traçado teve ao final da execução motora (HANCOCK; BUTLER; FISCHMAN, 1995). Assim, a distância entre alvo e ponto final permaneceu com a denominação de erro radial (ER). (Amp).

Abaixo é destacado a fórmula para se obter os dados em ER.

$$ER = \sqrt{(x - x)^2 + (y - y)^2}$$

Sendo que:

x = o valor do eixo x (x,0) determinado como meta (8,75 cm);

y = o valor do eixo y (0,y) determinado como meta (9,75 cm);

x^2 = valor do eixo x (x,0) obtido em Pf elevado ao quadrado;

y^2 = valor do eixo y (0,y) obtido em Pf elevado ao quadrado.

A taxa de *drift* proprioceptivo (TD) foi uma análise utilizada para verificar o grau de mudança dos erros espaciais, baseando-se na ER, para a condição CSV. Para tanto, foram realizadas regressões lineares simples para cada sujeito de cada grupo e, em seguida, foi extraído o coeficiente Slope das regressões, sendo esses dados considerados para essa medida (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

As variáveis motoras cinemáticas analisadas foram: (1) planejamento motor, representada pelas medidas de pico de velocidade (PV) e tempo relativo para o pico de velocidade (TRPV); (2) correção *online*, sendo representada pela medida de número de correções no segundo submovimento (NC).

O PV, dado em cm/seg, refere-se ao maior valor de velocidade atingido durante a trajetória em direção ao alvo (LAGE, 2010). O PV permite inferências sobre as diferenças no controle de força produzido pelo membro durante o primeiro submovimento (LAGE *et al.*, 2007). O TRPV é o intervalo relativo ao tempo total que ocorre entre o início do movimento e a primeira transição da curva de aceleração (zero crossing) após o PV (ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001). O TRPV permite inferências sobre a duração da fase pré-programada, ou primeiro submovimento. O NC é calculado como o número de descontinuidades no perfil de aceleração após o PV, possibilitando inferências sobre o número de correções na fase de controle *online*, ou segundo submovimento. No NC, o número de descontinuidades no perfil de aceleração é representado pelos picos de aceleração positivos e negativos, acelerações e desacelerações (CHUA; ELLIOTT, 1993).

Para o tratamento e a análise dos dados foi utilizado o R (v 3.6.3), bem como os pacotes estatísticos tidyverse, rstatix, rcompanion e ARTool.

Foi realizada uma redução dos dados (análise dos outliers) por meio de duas formas, intra-sujeitos e intra-grupos. A redução intra-sujeito foi realizada através da média e desvio padrão das tentativas do sujeito, para cada uma das condições do experimento (CV e CSV). A redução intra-grupos foi realizada através da média e desvio padrão do grupo no qual o sujeito estava inserido, sendo que a redução intra-grupo também ocorrerá para cada uma das condições (CV e CSV).

Os dados de ambos os grupos (ETCCa e Placebo) foram organizados em dois blocos, respeitando as condições CV e CSV. Para a estatística descritiva,

foram utilizadas medidas de tendência central e dispersão, sendo média (M), mediana (Med) e desvio padrão (DP) e intervalo interquartil (IQR).

O valor de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. A distribuição normal dos dados foi verificada através do teste Shapiro-Wilk. A homocedasticidade dos dados foi observada pelo teste de Levene. Os dados passaram por correção da esfericidade, quando necessário, por meio da fórmula de Greenhouse-Geisser, presente na biblioteca *rstatix* para R 3.6.3 (KASSAMBARA, 2021).

Os dados para as medidas TR, ER, PV e NC não apresentaram distribuição normal. Foram realizadas as transformações logarítmica, usando base 10, e padronização dos dados, pelo Escore Z. Posteriormente, foi novamente realizado o teste de normalidade das 4 medidas transformadas, sendo que TR e NC apresentaram distribuição normal, e as medidas ER e PV não apresentaram. Todas as outras medidas indicaram distribuição normal. Todas as medidas, após as transformações, apresentaram homogeneidade entre as variâncias, com exceção às medias ER e PV.

Para a análise inferencial, com os pressupostos de normalidade e homogeneidade atendidos, foram utilizadas Anovas two-way com medidas repetidas no segundo fator (2 grupos X 2 condições). O teste *post hoc* de Tukey foi utilizado para a identificação das diferenças.

Adicionalmente, para a análise inferencial das medidas que não atenderam aos pressupostos mencionados acima foi utilizado uma análise de variância denominada de Aligned Rank Transformation Anova, sendo neste estudo referida como Anova ART, sendo um teste estatístico análogo à Anova two-way (WOBBROCK *et al.*, 2011; GOTTWALD *et al.*, 2021). Também foi adotado o teste *post hoc* de Tukey, quando necessário, para identificação das diferenças.

Por fim, para a análise da medida TD foi adotado um test t Student para amostras independentes para análise das médias dos *slopes* de cada um dos grupos (ETCCa e Placebo).

6 RESULTADOS

6.1 Tempo de Reação (TR)

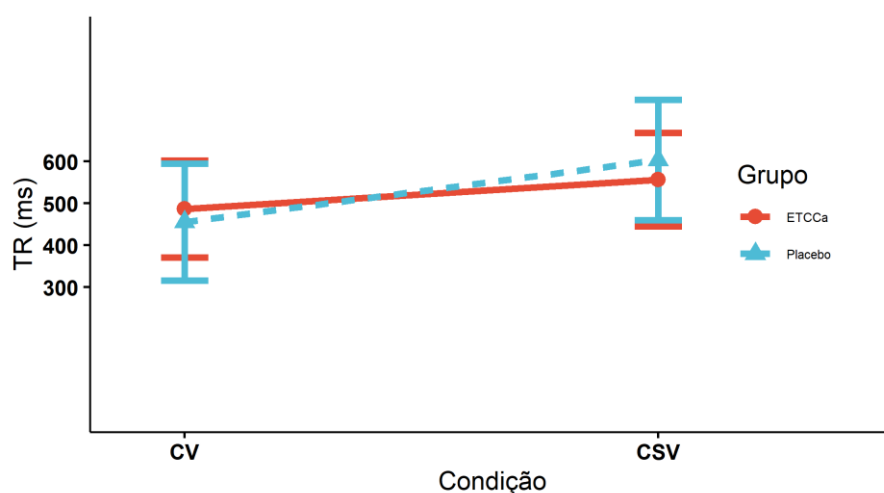
A medida TR foi transformada pelo método de transformação logarítmica e, após isso, apresentou distribuição normal.

A ANOVA twoway indicou que não houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [F (1,22) = 2,635, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,107$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TR [F (1,22) = 21,921, $p \leq 0,05$, $\eta^2 = 0,49$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TR [F (1,22) = 0,0008, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,0001$].

Gráfico 1: Anova *two-way* para TR entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão; ms: milissegundos.

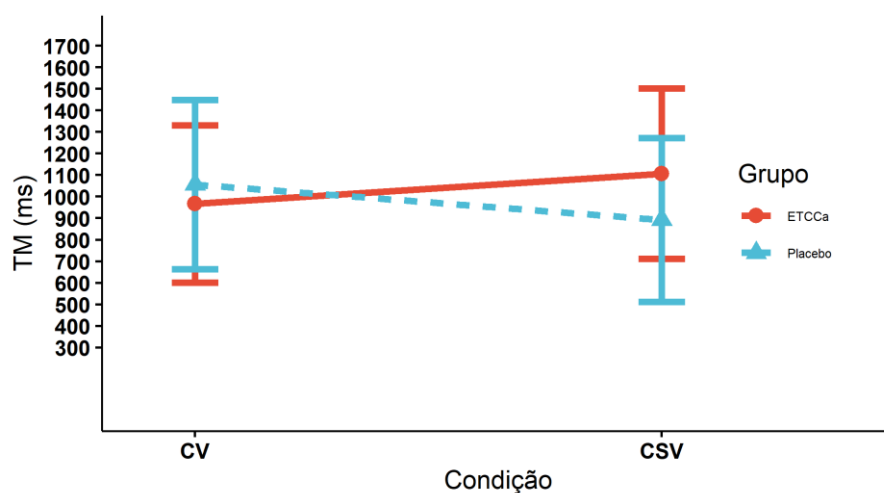
6.2 Tempo de Movimento (TM)

A ANOVA twoway indicou que não houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [$F(1,22) = 6,371$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,225$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TM [$F(1,22) = 0,039$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,002$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TM [$F(1,22) = 0,184$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,008$].

Gráfico 2: Anova *two-way* para TM entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão; ms: milissegundos.

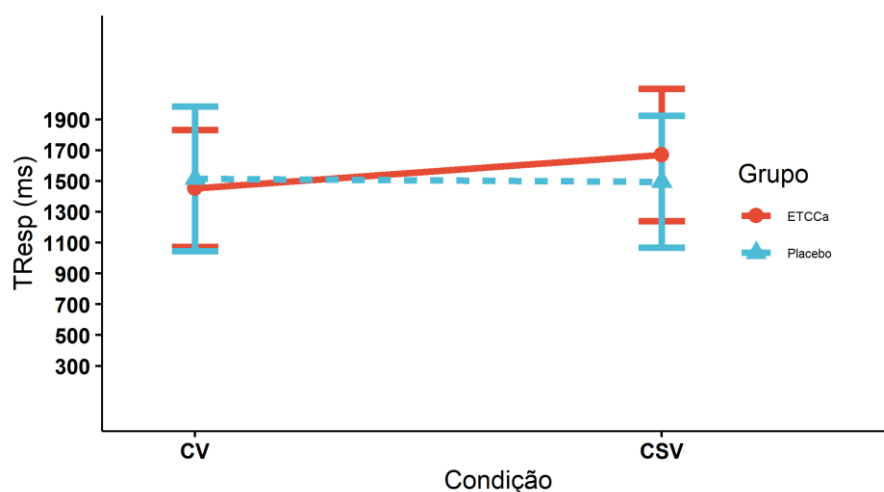
6.3 Tempo de Resposta (TResp)

A ANOVA twoway indicou que não houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [$F(1,22) = 3.401$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,134$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TResp [$F(1,22) = 2,427$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,099$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TResp [$F(1,22) = 0,120$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,005$].

Gráfico 3: Anova *two-way* para TResp entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão; ms: milissegundos.

6.4 Erro Radial (ER)

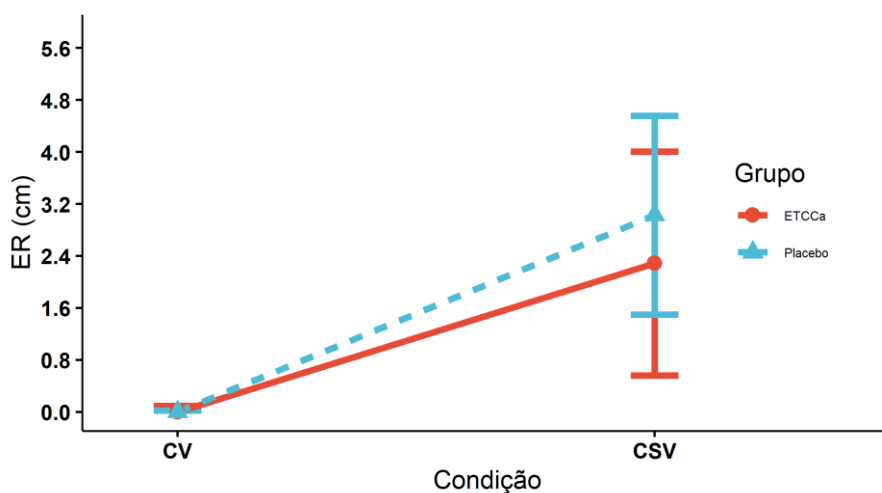
A medida erro radial (ER) passou pela transformação logarítmica e padronização em escore Z, contudo não se observou distribuição normal em nenhuma delas. Também não foi observado homogeneidade entre os dados.

A ANOVA ART indicou que não houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [$F(1,22) = 1,378$, $p \geq 0,05$; $\eta^2 = 0,058$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre ER [$F(1,22) = 88,627$, $p \leq 0,05$; $\eta^2 = 0,801$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre ER [$F(1,22) = 0,22$, $p \geq 0,05$; $\eta^2 = 0,009$].

Gráfico 4: Anova ART para ER entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão; cm: centímetros.

6.5 Pico de Velocidade (PV)

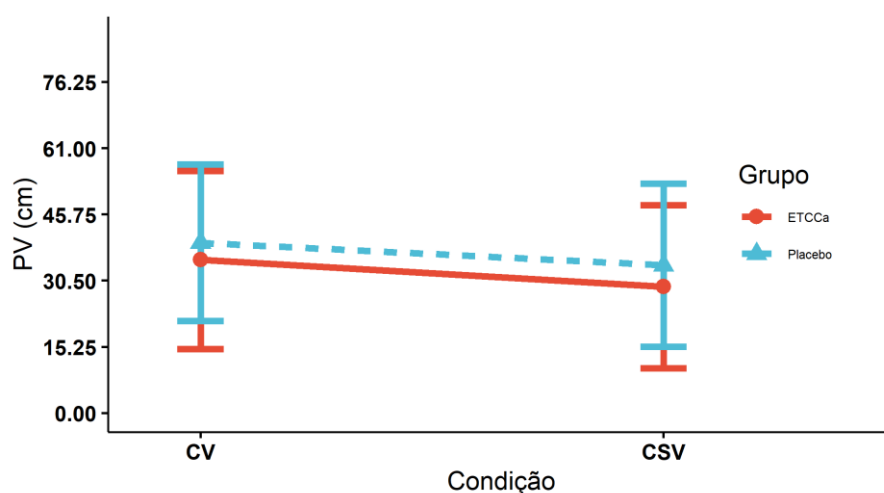
A medida pico de velocidade (PV) passou pelas mesmas transformações que a medida ER e, da mesma forma, não apresentou distribuição normal nem tampouco homogeneidade entre as variâncias.

A ANOVA ART indicou que não houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [F (1,22) = 0,096, $p \geq 0,05$; $\eta^2 = 0,004$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre ER [F (1,22) = 10,016, $p \leq 0,05$; $\eta^2 = 0,312$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre ER [F (1,22) = 1,053, $p \geq 0,05$; $\eta^2 = 0,045$].

Gráfico 5: Anova ART para PV entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão; cm/s: centímetros por segundo.

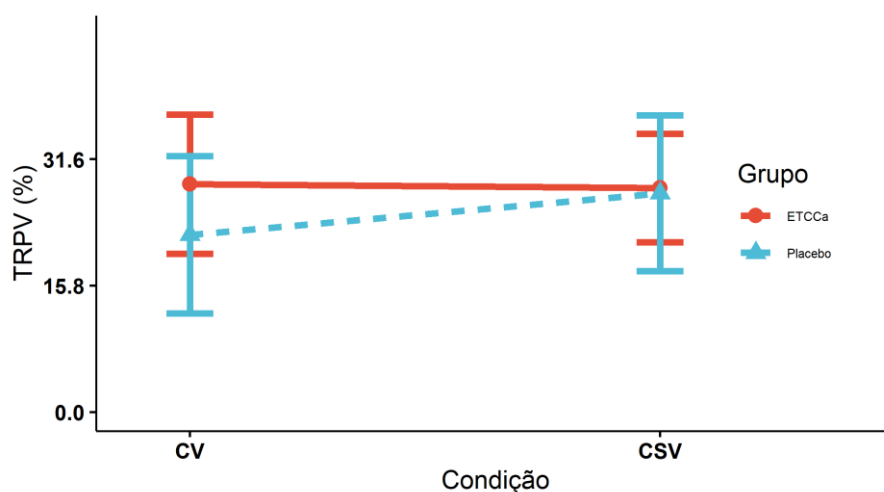
6.6 Tempo Relativo para o Pico de Velocidade (TRPV)

A ANOVA twoway indicou que não houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [$F(1,22) = 2,426$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,09$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TRPV [$F(1,22) = 1,689$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,071$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre TRPV [$F(1,22) = 1,254$, $p \geq 0,05$, $\eta^2 = 0,054$].

Gráfico 6: Anova *two-way* para TRPV entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão; %: porcentagem.

6.7 Número de Correções (NC)

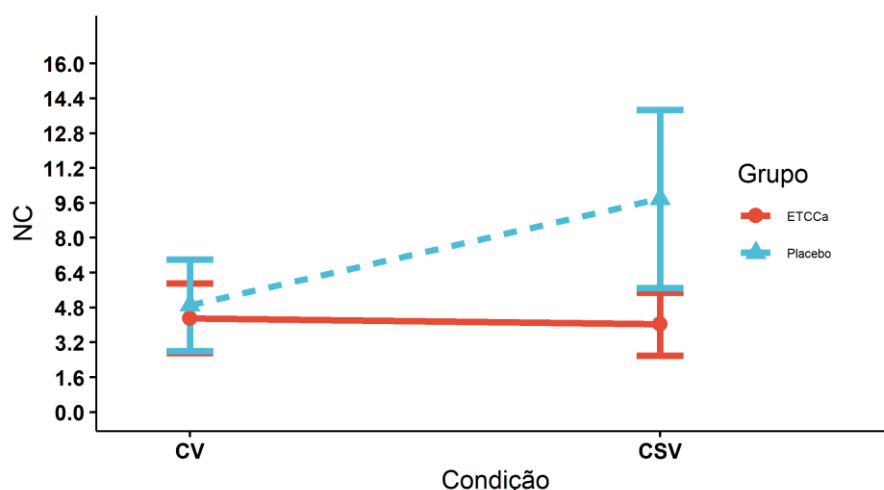
A medida número de correções (NC) passou pela transformação logarítmica e, após isso, apresentou distribuição normal e homogeneidade entre as variâncias.

A ANOVA twoway indicou que houve uma interação estatisticamente significativa entre os efeitos dos grupos e das condições [F (1,22) = 23,57; $p \leq 0,05$; $\eta^2 = 0,517$]. O *post hoc* de Tukey mostrou que há uma diminuição do NC da condição CV (M = 4,3, DP = 1,6) para a condição CSV (M = 4,03, DP = 1,45) quando há a modulação do CPP via ETCCa. E, ao contrário, há um aumento do NC da condição CV (M = 4,9, DP = 21) para a condição CSV (M= 9,78, DP = 4,08) quando não há a modulação cortical.

A análise de efeitos principais simples mostrou que as condições tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre NC [F(1,22) = 18.90, $p \leq 0,05$, $\eta^2 = 0.462$].

A análise de efeitos principais simples mostrou que os grupos não tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre NC [F(1,22) = 10.90, $p \leq 0,05$, $\eta^2 = 0.331$].

Gráfico 7: Anova *twoway* para NC entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).

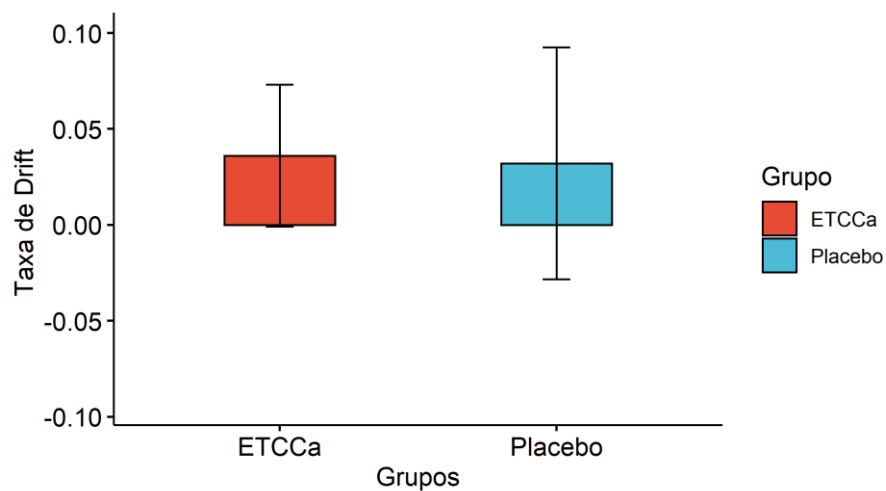


Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (círculo vermelho com linha vermelha); Placebo: protocolo placebo (triângulo azul com linha tracejada azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão.

6.8 Taxa de *Drift* Proprioceptivo (TD)

A análise do teste t Student para amostras independentes não indicou efeito da modulação do CPP via ETCCa na medida taxa de *drift* proprioceptivo (TD) [$t(18,25) = 0.1977878$; $p \geq 005$, $d = 0,08$].

Gráfico 8: Teste t Student para TD entre o grupo Placebo e o grupo ETCCa nas condições com visão (CV) e sem visão (CSV).



Legenda: ETCCa: estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (barra vermelha); Placebo: protocolo placebo (cor azul); CV: condição com visão; CSV: condição sem visão.

7 DISCUSSÃO

O objetivo geral do presente estudo foi analisar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (ETCCa) do córtex parietal posterior (CPP) esquerdo em tarefa de apontamento durante a geração de *drift* proprioceptivo. Os objetivos específicos foram comparar o desempenho de apontamentos entre condições com e sem disponibilidade da visão após modulação do CPP via ETCCa e analisar os mecanismos de controle de apontamentos, sendo o mecanismo de pré-programação e o mecanismo de controle *online* do movimento, após a modulação do CPP via ETCCa. Em geral, os resultados encontrados não confirmam as hipóteses levantadas nesse estudo. Uma diminuição da participação do mecanismo de controle *online* e uma manutenção do envolvimento do mecanismo de pré-programação estão associados a apontamentos em privação visual, executados após a modulação do CPP via ETCCa. Em comparação ao grupo controle, um mesmo nível de *drift* proprioceptivo foi apresentado pelos voluntários que passaram pela modulação cortical. Embora haja na literatura uma associação entre a geração de *drift* proprioceptivo e a participação do CPP em movimentos manuais (DESMURGET; GRAFTON, 2000; LIRA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019), esse estudo buscou expandir a compreensão do fenômeno por meio dos mecanismos presentes em uma tarefa de apontamento.

Ao conhecimento do autor, até o presente momento apenas a pesquisa anterior, de Oliveira *et al.* (2019), que modulou o CPP via ETCC catódica, aprofundou nas associações entre a referida região cortical e os mecanismos de controle envolvidos no movimento de apontamento, enquanto há a geração de *drift* proprioceptivo em condição de privação visual. Nesse mesmo estudo foram observadas mudanças nas estratégias de controle adotadas, referentes aos mecanismos de pré-programação e controle *online* de apontamentos, e uma potenciação do *drift* proprioceptivo após o uso da ETCC catódica no CPP esquerdo durante a geração do fenômeno. A questão sobre os efeitos provocados pela modulação anódica em apontamentos sob as mesmas condições de execução permaneceu incógnita até então. Nesse sentido, foi esperado que uma estimulação Via ETCCa por mais de 10 minutos provocasse um efeito inibitório similar aos estudos mencionados anteriormente e, em um

nível comportamental, que isso refletisse em alterações tanto nos mecanismos quanto no *drift* proprioceptivo de apontamentos (SANDRINI *et al.*, 2012; VAROLI *et al.*, 2018; ALSULTAN *et al.*, 2019; GRASSO; TONOLLI; MINIUSI, 2020).

Esse efeito “inibitório” se daria pela soma entre a atividade neural regular da região do CPP em condições com visão, aliadas à maior excitabilidade neuronal induzida pela modulação da ETCCa. Essa sobrecarga na referida região cortical acionaria um mecanismo de regulação homeostática, observada em áreas parietais, que retornaria a atividade neural para níveis mais estáveis (BIENENSTOCK; COOPER; MUNRO, 1982; GRASSO; TONOLLI; MINIUSI, 2020). Hipotetizou-se que haveria um aumento no nível de *drift* proprioceptivo, ao se usar da modulação anódica no CPP, nas execuções de apontamento sob condição de privação visual pelo aumento na medida de erro radial (ER) e na alteração da taxa de *drift* proprioceptivo (TD). Contrariando a hipótese, não foram observadas diferenças entre o grupo de voluntários que passaram pela modulação e o grupo que passou pelo protocolo placebo, bem como os dois grupos apresentaram a mesma taxa de mudança ao longo da condição com privação visual. As únicas alterações observadas correspondem à mudança entre a condição com visão e a condição sem visão presente no experimento.

A exceção de níveis similares de *drift* proprioceptivo apresentados pelos grupos na condição sem visão, a mudança dos erros espaciais pela privação visual é a maior premissa para tratar sobre o próprio fenômeno (WANN; IBRAHIM, 1992b; TSAKIRIS, 2010c). A necessidade de garantir a geração de algum nível de *drift* se deu com os voluntários passando pela mesma sequência de condições ao se executar a tarefa de apontamento. Isso permitiu a formação e sustentação de uma representação multimodal da tarefa ao longo da primeira condição (CAMERON; DE MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015). E com a privação visual dos voluntários, a condição posterior provocaria a geração do *drift* em decorrência tanto da degradação da representação quanto da entrada de informações proprioceptivas incorretas da condição atual, sendo isso associado aos mecanismos de controle (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Ambos os mecanismos de controle participaram de forma interessante após a modulação do CPP via ETCCa. No caso do mecanismo de pré-programação, não foram observadas alterações nas medidas cinemáticas TRPV e PV entre os grupos. Em contrapartida, um aumento na medida de desempenho

TR, que trata sobre planejamento motor (BARTHELEMY; BOULINGUEZ, 2001; ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001), ocorreu da condição com visão para a condição sem visão apenas para os voluntários que passaram pelo protocolo placebo. Associado a isso, e talvez o ponto de maior mudança visto no experimento, uma menor participação do mecanismo de controle *online* de apontamentos com a modulação do CPP via ETCCa ocorreu durante a condição sem visão, sendo o inverso apresentado pelos voluntários que passaram pelo protocolo placebo. Durante a condição com visão, os dois grupos não diferiram na medida NC, contudo, com a oclusão visual, um aumento de NC foi visto para o grupo Placebo e uma diminuição de NC se deu para o grupo ETCCa. Curiosamente, tais alterações nos mecanismos de controle estão relacionados aos memos TM e TResp para os dois grupos.

Em condições mais adequadas de execução do apontamento, como é o caso da primeira condição do experimento, executantes determinam características temporais e espaciais associadas ao cumprimento da meta da tarefa nas primeiras tentativas realizadas, possibilitando uma forma híbrida de controle (KHAN *et al.*, 2006; ELLIOTT *et al.*, 2010). Há uma coordenação óculo-manual que é alcançada nesse momento, sendo que o executante tende a verificar a posição da mão utilizada milissegundos antes do início do próprio movimento e, após a apresentação do estímulo, levam o olhar para o alvo pretendido (STARKES; HELSEN; ELLIOTT, 2002). De forma complementar, uma correção *online* do movimento, via visão e propriocepção, diminui o tempo para se atingir o pico de velocidade (HELSEN *et al.*, 2000), além de otimizar o controle da força e aceleração na última parte do movimento para atingir com precisão ao alvo (CHUA; ELLIOTT, 1993; ELLIOTT *et al.*, 2010).

Esse controle qualificado de apontamentos passa tanto pelo momento de planejamento do movimento, baseando-se em informações prévias disponíveis associadas às consequências sensoriais presentes em tentativas anteriores da tarefa (ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001; ELLIOTT; HANSEN; GRIERSON, 2009), como pelos ajustes contínuos, ou controle *online*, determinados pelas aferências após o fim do primeiro submovimento (CHUA; ELLIOTT, 1993; ELLIOTT; HANSEN; GRIERSON, 2009; VEILLEUX; PROTEAU, 2010). Isso permite a integração sensorial sobre todo o movimento por meio do CPP que

sustenta e atualiza a sua representação multimodal (DESMURGET *et al.*, 1995; WHITLOCK, 2017).

A mudança na tarefa para uma condição de privação visual, como foi a última condição do experimento, faz com que as informações visuais pertencentes à representação sustentada sejam rapidamente degradadas (ELLIOTT; MADALENA, 1987), haja vista o surgimento do *drift* proprioceptivo (WANN; IBRAHIM, 1992c; TSAKIRIS, 2010b). Nesse caso, a propriocepção se torna a única fonte de informações para avaliação das consequências sensoriais de futuras tentativas e para alterações durante a própria execução do apontamento (DE GROSOIS; TREMBLAY, 2018a, 2018b), como observado pelo aumento do NC do grupo placebo ao longo da condição sem visão. Isso implica em tentar corrigir a trajetória do movimento à partir de aferências captadas de proprioceptores, por exemplo, como os fusos musculares que são sensíveis até mesmo às menores alterações posicionais no comprimento muscular (SHERRINGTON, 1909; BAGESTEIRO; SARLEGNA; SAINBURG, 2006; GOODMAN; TREMBLAY, 2018). E, assim, essas novas informações são retransmitidas e integradas à representação que, gradualmente, é modificada pelas codificações feitas pelo próprio CPP (BATISTA *et al.*, 1999; WHITLOCK, 2017; GOODMAN; TREMBLAY, 2018).

Os resultados de estudos anteriores que modularam o CPP por meio da ETCC catódica têm correspondido aos efeitos observados para áreas motoras (BERRYHILL *et al.*, 2010; STAGG; NITSCHKE, 2011b; CONVENTO *et al.*, 2014; CABRAL *et al.*, 2015; VAROLI *et al.*, 2018). Ao contrário, a literatura não permite realizar as mesmas afirmações quanto à modulação do CPP via ETCCa, que tem apresentado certa divergência ao que já está estabelecido, se aproximando aos efeitos da modulação catódica (SANDRINI *et al.*, 2012; VAROLI *et al.*, 2018; ALSULTAN *et al.*, 2019; GRASSO; TONOLLI; MINIUSI, 2020).

Algumas limitações podem ser levantadas para o presente estudo. Apesar de ainda ser difícil levantar os efeitos da modulação anódica no CPP (BAILEY *et al.*, 2016; GRASSO; TONOLLI; MINIUSI, 2020), os resultados apresentados podem não estar associados à regulação homeostática da região cortical, como proposto anteriormente (BIENENSTOCK; COOPER; MUNRO, 1982; GRASSO; TONOLLI; MINIUSI, 2020). A redução nas correções da trajetória, durante a condição sem visão, associada à modulação do CPP não contribuiu para o

aumento ou a diminuição do *drift* proprioceptivo. Uma possível explicação se dá em torno do próprio design experimental do presente estudo que, mesmo apropriado para a identificação do *drift* proprioceptivo, não permitiu a visualização de maiores mudanças entre CPP e controle do apontamento pela privação visual.

Uma outra provável limitação está envolvida com os efeitos benéficos da modulação via ETCCA, estabelecidos anteriormente pela literatura, que não foram observados neste estudo. Com ou sem a administração da modulação anódica no CPP, os apontamentos executados em condição sem visão apresentaram o mesmo nível de *drift* proprioceptivo dentro de um mesmo período de tempo para execução. Além disso, o que foi alterado pela modulação foi a forma de lidar com as informações remanescentes durante a condição de privação visual, sendo que um maior envolvimento de controle *online* (por meio de propriocepção) está ligado ao CPP não modulado e maior participação de planejamento (uso da representação sustentada) ocorreu após a modulação do CPP.

Para futuros estudos, será necessário considerar as mudanças associadas à plasticidade do CPP e, conseqüentemente, as prováveis relações com a permanência do *drift* proprioceptivo ou não após prática prolongada da tarefa de apontamento em condições de execução mais e menos adversos. Isso pode ser alcançado por meio de modulações do CPP com corrente elétrica que apresente amperagem maior que 1 mA e menor que 3,5 mA (ROMERO LAURO *et al.*, 2014b; BAILEY *et al.*, 2016) e com duração de 20 min (CABRAL *et al.*, 2015; PISONI *et al.*, 2018; GRASSO; TONOLLI; MINIUSSI, 2020), somados à práticas do apontamento em condições que permitam ênfase no fornecimento de informações visuais e proprioceptivas (HATADA; MIALI; ROSSETTI, 2006; KHAN *et al.*, 2006; GOODMAN; TREMBLAY, 2018).

De forma complementar ao estudo anterior de Oliveira *et al.* (2019), os resultados deste estudo formam uma explicação mais aprofundada sobre a geração do *drift* proprioceptivo pela execução de apontamentos em condição de privação visual, bem como as relações entre mecanismos de controle e a participação do CPP na execução da tarefa.

8 CONCLUSÃO

Conclui-se com os resultados deste estudo que os efeitos da modulação do CPP via ETCCa estão mais associados com mudanças no mecanismo de controle *online* em apontamentos sob condição de privação visual.

REFERÊNCIAS

- ALSULTAN, F. *et al.* No effect of the right posterior parietal cortex tDCS in dual-target visual search. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 3, p. 1–10, 2019.
- ALSULTAN, F. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation over frontal, parietal and cerebellar cortex for cognitive function during fasting in healthy adults. **IBRO Reports**, v. 8, n. March, p. 129–135, 2020.
- ANDERSEN, R. A. Encoding of Intention and Spatial Location in the Posterior Parietal Cortex. **Cerebral Cortex**, v. 5, n. 5, p. 457–469, 1 set. 1995.
- ANTAL, A. *et al.* Prior state of cortical activity influences subsequent practicing of a visuomotor coordination task. **NEUROPSYCHOLOGIA**, v. 46, n. 13, p. 3157–3161, nov. 2008.
- APOLINÁRIO-SOUZA, T. *et al.* The primary motor cortex is associated with learning the absolute, but not relative, timing dimension of a task: A tDCS study. **Physiology & Behavior**, n. March, 2016.
- ARCHAMBAULT, P. S. *et al.* Visually-guided correction of hand reaching movements: The neurophysiological bases in the cerebral cortex. **VISION RESEARCH**, v. 110, n. B, SI, p. 244–256, 2015.
- BAGESTEIRO, L. B.; SARLEGNA, F. R.; SAINBURG, R. L. Differential influence of vision and proprioception on control of movement distance. **Experimental Brain Research**, v. 171, n. 3, p. 358–370, 2006.
- BAILEY, N. W. *et al.* TDCS increases cortical excitability: Direct evidence from TMS-EEG. **Cortex**, v. 74, n. 1, p. 320–322, 2016.
- BALCONI, M.; CANAVESIO, Y.; VITALONI, S. Activation of the prefrontal cortex and posterior parietal cortex increases the recognition of semantic violations in action representation. **Brain Stimulation**, v. 7, n. 3, p. 435–442, 2014.
- BARDI, L. *et al.* Direct current stimulation (tDCS) reveals parietal asymmetry in local/global and salience-based selection. **Cortex**, v. 49, n. 3, p. 850–860, 2013.
- BASHIR, S. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation on cortex modulation by stimulation of the primary motor cortex and parietal cortex in humans. **International Journal of Neuroscience**, v. 7454, n. May, 2020.
- BATISTA, A. P. *et al.* Reach plans in eye-centered coordinates. **Science**, v. 285, n. 5425, p. 257–260, 1999.
- BERLUCCHI, G.; VALLAR, G. The history of the neurophysiology and neurology of the parietal lobe. In: **Handbook of Clinical Neurology**. [s.l.: s.n.]151p. 3–30.

BERRYHILL, M. E. *et al.* A selective working memory impairment after transcranial direct current stimulation to the right parietal lobe. **Neuroscience Letters**, v. 479, n. 3, p. 312–316, 2010.

BERRYHILL, M. E.; OLSON, I. R. The right parietal lobe is critical for visual working memory. **Neuropsychologia**, v. 46, n. 7, p. 1767–74, jan. 2008.

BIENENSTOCK, E. L.; COOPER, L. N.; MUNRO, P. W. **THEORY FOR THE DEVELOPMENT OF NEURON SELECTIVITY: ORIENTATION SPECIFICITY AND BINOCULAR INTERACTION IN VISUAL CORTEX** *The Journal of Neuroscience*. [s.l.: s.n.].

BIKSON, M.; RAHMAN, A. Origins of specificity during tDCS: Anatomical, activity-selective, and input-bias mechanisms. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 7, n. OCT, p. 1–5, 2013.

BJEKIĆ, J. *et al.* Transcranial direct current stimulation (tDCS) over parietal cortex improves associative memory. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 157, p. 114–120, 2019.

BOLOGNINI, N. *et al.* Enhancing multisensory spatial orienting by brain polarization of the parietal cortex. **European Journal of Neuroscience**, v. 31, n. 10, p. 1800–1806, 2010a.

BOLOGNINI, N. *et al.* Brain polarization of parietal cortex augments training-induced improvement of visual exploratory and attentional skills. **Brain Research**, v. 1349, p. 76–89, 2010b.

BOLOGNINI, N.; MARAVITA, A. Proprioceptive alignment of visual and somatosensory maps in the posterior parietal cortex. **Current biology : CB**, v. 17, n. 21, p. 1890–5, nov. 2007.

BONINO, D. *et al.* Spatial imagery relies on a sensory independent, though sensory sensitive, functional organization within the parietal cortex: A fMRI study of angle discrimination in sighted and congenitally blind individuals. **Neuropsychologia**, v. 68, n. 1, p. 59–70, 2015.

BROWN, L. E.; ROSENBAUM, D. A.; SAINBURG, R. L. Movement speed effects on limb position *drift*. **Experimental Brain Research**, v. 153, n. 2, p. 266–274, 2003.

BUNEO, C. A.; ANDERSEN, R. A. The posterior parietal cortex: sensorimotor interface for the planning and *online* control of visually guided movements. **Neuropsychologia**, v. 44, n. 13, p. 2594–606, jan. 2006.

CABRAL, M. E. *et al.* Transcranial direct current stimulation: Before, during, or after motor training? **NeuroReport**, v. 26, n. 11, p. 618–622, 2015.

CALLAN, D. E. *et al.* Simultaneous tDCS-fMRI identifies resting state networks correlated with visual search enhancement. **Frontiers in Human Neuroscience**,

v. 10, n. MAR2016, p. 1–12, 2016.

CAMERON, B. D.; DE LA MALLA, C.; LÓPEZ-MOLINER, J. Why do movements *drift* in the dark? Passive versus active mechanisms of error accumulation. **Journal of Neurophysiology**, n. January, p. jn.00032.2015, 2015.

CAMERON, B. D.; DE MALLA, C. L.; LÓPEZ-MOLINER, J. Why do movements *drift* in the dark? Passive versus active mechanisms of error accumulation. **Journal of Neurophysiology**, v. 114, n. 1, p. 390–399, 2015.

CARLTON, L. G. Processing visual feedback information for movement control. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 7, n. 5, p. 1019–1030, 1981.

CHECHLACZ, M. *et al.* Polarity-dependent effects of biparietal transcranial direct current stimulation on the interplay between target location and distractor saliency in visual attention. **MIT Press**.

CHEN, N. F. *et al.* Source memory performance is modulated by transcranial direct current stimulation over the left posterior parietal cortex. **NeuroImage**, v. 139, p. 462–469, 2016.

CHUA, R.; ELLIOTT, D. Visual regulation of manual aiming. **Human Movement Science**, v. 12, n. 4, p. 365–401, 1993.

CIAVARRO, M. *et al.* RTMS of Medial Parieto-Occipital Cortex Interferes with Attentional Reorienting during Attention and Reaching Tasks. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 25, n. 9, p. 1453–1462, 2013.

CONVENTO, S. *et al.* Neuromodulation of Early Multisensory Interactions... - Google Acadêmico. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 25, n. 5, p. 685–696, 2013.

CONVENTO, S. *et al.* Neuromodulation of parietal and motor activity affects motor planning and execution. **Cortex**, v. 57, p. 51–59, 2014.

CROSSMAN, M. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex on episodic memory reconsolidation. **Cortex**, v. 121, p. 78–88, 2019.

DE GROSBOIS, J.; TREMBLAY, L. Quantifying *online* visuomotor feedback utilization in the frequency domain. **Behavior Research Methods**, v. 48, n. 4, p. 1653–1666, 2016.

DE GROSBOIS, J.; TREMBLAY, L. Which measures of *online* control are least sensitive to offline processes? **Motor Control**, v. 22, n. 3, 2018a.

DE GROSBOIS, J.; TREMBLAY, L. Distinct and flexible rates of *online* control. **Psychological Research**, v. 82, n. 6, p. 1054–1072, 2018b.

DE GROSBOIS, J.; TREMBLAY, L. Distinct and flexible rates of *online* control. **Psychological Research**, v. 82, n. 6, p. 1054–1072, 2018c.

DESMURGET, M. *et al.* Representation of hand position prior to movement and motor variability. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 73, n. 2, p. 262–272, 1995.

DESMURGET, M.; GRAFTON, S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 11, p. 423–431, 2000.

DESMURGET, M.; SIRIGU, A. A parietal-premotor network for movement intention and motor awareness. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 13, n. 10, p. 411–419, 2009.

ELLIOTT, D. *et al.* A visual representation and the control of manual aiming movements **Journal of Motor Behavior**, 1990. .

ELLIOTT, D. *et al.* Discrete vs. continuous visual control of manual aiming. **Human Movement Science**, v. 10, n. 4, p. 393–418, ago. 1991.

ELLIOTT, D. *et al.* Goal-directed aiming: two components but multiple processes. **Psychological bulletin**, v. 136, n. 6, p. 1023–1044, 2010.

ELLIOTT, D.; CHUA, R.; HELSEN, W. F. A century later: Woodworth's (1899) two-component model of goal-directed aiming. **Psychological Bulletin**, v. 127, n. 3, p. 342–357, 2001.

ELLIOTT, D.; HANSEN, S.; GRIERSON, L. E. M. Optimising speed and energy expenditure in accurate visually directed upper limb movements. **ERGONOMICS**, v. 52, n. 4, p. 438–447, 2009.

ELLIOTT, D.; MADALENA, J. The Influence of Premovement Visual Information on Manual Aiming. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A**, v. 39, n. 3, p. 541–559, 1 ago. 1987.

ENGLAND, H. B. *et al.* Transcranial direct current stimulation modulates spatial memory in cognitively intact adults. **Behavioural Brain Research**, v. 283, p. 191–195, 2015.

ERRO, R. *et al.* Judging the position of the artificial hand induces a “visual” *drift* towards the real one during the rubber hand illusion. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

FATTORI, P. *et al.* Vision for Action in the Macaque Medial Posterior Parietal Cortex. **JOURNAL OF NEUROSCIENCE**, v. 32, n. 9, p. 3221–3234, 2012.

FILIMON, F. *et al.* Behavioral/Systems/Cognitive Multiple Parietal Reach Regions in Humans: Cortical Representations for Visual and Proprioceptive Feedback during On-Line Reaching. 2009.

FILMER, H. L.; DUX, P. E.; MATTINGLEY, J. B. Dissociable effects of anodal and cathodal tDCS reveal distinct functional roles for right parietal cortex in the detection of single and competing stimuli. **Neuropsychologia**, v. 74, p. 120–126, 2015a.

FILMER, H. L.; DUX, P. E.; MATTINGLEY, J. B. Dissociable effects of anodal and cathodal tDCS reveal distinct functional roles for right parietal cortex in the detection of single and competing stimuli. **Neuropsychologia**, v. 74, p. 120–126, 1 jul. 2015b.

FITTS, P. M.; PETERSON, J. R. Information capacity of discrete motor responses. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 67, n. 2, p. 103–112, 1964.

GOODMAN, R.; TREMBLAY, L. Using proprioception to control ongoing actions: dominance of vision or altered proprioceptive weighing? **Experimental Brain Research**, v. 236, n. 7, p. 1897–1910, 2018.

GOTTWALD, J. M. *et al.* The Developing Bodily Self: How Posture Constrains Body Representation in Childhood. **Child Development**, v. 92, n. 1, p. 351–366, 2021.

GRASSO, P. A.; TONOLLI, E.; MINIUSI, C. Effects of different transcranial direct current stimulation protocols on visuo-spatial contextual learning formation: evidence of homeostatic regulatory mechanisms. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–14, 2020.

HANCOCK, G. R.; BUTLER, M. S.; FISCHMAN, M. G. On the Problem of Two-Dimensional Error Scores: Measures and Analyses of Accuracy, Bias, and Consistency. **Journal of Motor Behavior**, v. 27, n. 3, p. 241–250, 1995.

HATADA, Y.; MIAL, R. C.; ROSSETTI, Y. Two waves of a long-lasting aftereffect of prism adaptation measured over 7 days. **EXPERIMENTAL BRAIN RESEARCH**, v. 169, n. 3, p. 417–426, mar. 2006.

HEATH, M.; ELLIOTT, D.; BINSTED, G. The control of goal-directed limb movements: Correcting errors in the trajectory. **Human Movement Science**, v. 18, n. 2–3, p. 121–136, 1999.

HEINEN, K. *et al.* Cathodal transcranial direct current stimulation over posterior parietal cortex enhances distinct aspects of visual working memory. **Neuropsychologia**, v. 87, p. 35–42, 2016.

HELSEN, W. *et al.* Manual aiming in healthy aging: does proprioceptive acuity make the difference? **Springer**.

HELSEN, W. F. *et al.* Coupling of eye, finger, elbow, and shoulder movements during manual aiming. **JOURNAL OF MOTOR BEHAVIOR**, v. 32, n. 3, p. 241–248, 2000.

HELSEN, W. F. *et al.* Manual aiming in healthy aging: does proprioceptive acuity make the difference? **AGE**, v. 38, n. 2, p. 45, 4 abr. 2016.

HILL, H.; RAAB, M. Analyzing a complex visuomotor tracking task with brain-electrical event related potentials. **Human Movement Science**, v. 24, n. 1, p. 1–30, 2005.

HSU, T. Y. *et al.* Transcranial direct current stimulation over right posterior parietal cortex changes prestimulus alpha oscillation in visual short-term memory task. **NeuroImage**, v. 98, p. 306–313, 2014.

JUAN, C. H.; TSENG, P.; HSU, T. Y. Elucidating and Modulating the Neural Correlates of Visuospatial Working Memory via Noninvasive Brain Stimulation. **Current Directions in Psychological Science**, v. 26, n. 2, p. 165–173, 2017.

KANAYAMA, N. *et al.* Causal Dynamics of Scalp Electroencephalography Oscillation During the Rubber Hand Illusion. **Brain Topography**, v. 30, n. 1, p. 122–135, 2017.

KANDEL, E. *et al.* **Principles of Neural Science**. 5. ed. New York: McGraw Hill, 2012.

KASSAMBARA, A. **rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R package version 0.7.0**, 2021.

KAUFMANN, B. C. *et al.* The spatial distribution of perseverations in neglect patients during a nonverbal fluency task depends on the integrity of the right putamen. **NEUROPSYCHOLOGIA**, v. 115, n. SI, p. 42–50, jul. 2018.

KEIZER, A. *et al.* Does the experience of ownership over a rubber hand change body size perception in anorexia nervosa patients? **Neuropsychologia**, v. 62, n. 1, p. 26–37, 2014.

KHAN, M. A. *et al.* Inferring *online* and offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 30, n. 8, p. 1106–1121, 2006.

KILTENI, K. *et al.* Extending body space in immersive virtual reality: A very long arm illusion. **PLoS ONE**, v. 7, n. 7, 2012.

KRAMER, J.; KANDEL, A. On accurate localization and uncertain sensors. **INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS**, v. 27, n. 5, p. 429–456, 2012.

KRIGOLSON, O. E. *et al.* Electroencephalographic correlates of target and outcome errors. **EXPERIMENTAL BRAIN RESEARCH**, v. 190, n. 4, p. 401–411, 2008.

KRIGOLSON, O. E.; HOLROYD, C. B. Hierarchical error processing: Different errors, different systems. **BRAIN RESEARCH**, v. 1155, p. 70–80, jun. 2007.

LAGE, G. M. *et al.* A kinematic analysis of the association between impulsivity and manual aiming control. **Human Movement Science**, v. 31, n. 4, p. 811–323, ago. 2012.

LINDNER, A. *et al.* Human Posterior Parietal Cortex Plans Where to Reach and What to Avoid. **JOURNAL OF NEUROSCIENCE**, v. 30, n. 35, p. 11715–11725, 2010.

LIRA, M. *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex reduces the onset time to the rubber hand illusion and increases the body ownership. **Experimental Brain Research**, v. 236, n. 11, p. 2935–2943, 2018.

M, C. *et al.* Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. **Nature Neuroscience**, v. 3, n. 3, p. 292–297, 2000.

MOLERO-CHAMIZO, A. *et al.* Poststimulation time interval-dependent effects of motor cortex anodal tDCS on reaction-time task performance. **COGNITIVE AFFECTIVE & BEHAVIORAL NEUROSCIENCE**, v. 18, n. 1, p. 167–175, 2018.

MONTI, A. *et al.* Improved naming after transcranial direct current stimulation in aphasia. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 79, n. 4, p. 451–453, 1 abr. 2008.

MOOS, K. *et al.* Modulation of top-down control of visual attention by cathodal tDCS over right IPS. **Journal of Neuroscience**, v. 32, n. 46, p. 16360–16368, 2012.

MORRIS, A. P. *et al.* Dynamics of eye-position signals in the dorsal visual system. **Current Biology**, v. 22, n. 3, p. 173–179, 2012.

MORRIS, A. P.; CHAMBERS, C. D.; MATTINGLEY, J. B. Parietal stimulation destabilizes spatial updating across saccadic eye movements. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 21, p. 9069–9074, 2007a.

MORRIS, A. P.; CHAMBERS, C. D.; MATTINGLEY, J. B. Parietal stimulation destabilizes spatial updating across saccadic eye movements. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 21, p. 9069–9074, 22 maio 2007.

MOUNTCASTLE; V. An organizing principle for cerebral function: the unit module and the distributed system. **The Mindful Brain**, 1978.

MOUNTCASTLE, V. B. *et al.* Posterior parietal association cortex of the monkey: command functions for operations within extrapersonal space. **Journal of Neurophysiology**, v. 38, n. 4, p. 871–908, 1975.

MOUNTCASTLE, V. B.; ANDERSEN, R. A.; MOTTER, B. C. The influence of attentive fixation upon the excitability of the light-sensitive neurons of the

posterior parietal cortex. **Journal of Neuroscience**, v. 1, n. 11, p. 1218–1235, 1 nov. 1981.

MUTHA, P. K. *et al.* Frontal and parietal cortex contributions to action modification. **CORTEX**, v. 57, p. 38–50, 2014.

NITSCHKE, M. A. *et al.* **Transcranial Magnetic Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation**. [s.l.: s.n.]v. 56

NITSCHKE, M. A. *et al.* Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. **Journal of Physiology**, v. 553, n. 1, p. 293–301, 2003b.

NITSCHKE, M. A. *et al.* <Nitsche_J_Cogn_Neurosci_2003c.pdf>. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 15, n. 4, p. 619–626, 2003.

NITSCHKE, M. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. **Brain stimulation**, v. 1, n. 3, p. 206–23, jul. 2008.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Sustained Excitability Elevations Induced in the Human Motor Cortex by Weak Transcranial Direct Current Stimulation. **Neurology**, v. 57, n. 10, p. 1899–1901, 2001.

NOUGIER, V. *et al.* Control of single-joint movements in deafferented patients: Evidence for amplitude coding rather than position control. **Experimental Brain Research**, v. 109, n. 3, p. 473–482, 1996.

NOVAK, K. E.; MILLER, L. E.; HOUK, J. C. Features of motor performance that drive adaptation in rapid hand movements. **EXPERIMENTAL BRAIN RESEARCH**, v. 148, n. 3, p. 388–400, 2003.

OLIVEIRA, J. R. V. *et al.* Cathodal tDCS of the Left Posterior Parietal Cortex Increases Proprioceptive *Drift*. **Journal of Motor Behavior**, v. 51, n. 3, p. 272–280, 2019.

PALADINI, R. E. *et al.* The Impact of Cognitive Load on the Spatial Deployment of Visual Attention: Testing the Role of Interhemispheric Balance With Biparietal Transcranial Direct Current Stimulation. **Frontiers in Neuroscience**, v. 13, n. January, p. 1–6, 2020.

PATTERSON, J. R. *et al.* Limb position *drift* results from misalignment of proprioceptive and visual maps. **Neuroscience**, v. 346, p. 382–394, 2017.

PISONI, A. *et al.* Cognitive enhancement induced by anodal tDCS drives circuit-specific cortical plasticity. **Cerebral Cortex**, v. 28, n. 4, p. 1132–1140, 2018.

POLITIS, M. J.; ZANAKIS, M. F.; ALBALA, B. J. Facilitated regeneration in the rat peripheral nervous system using applied electric fields. **Journal of Trauma**, v. 28, n. 9, p. 1375–1381, 1988.

POURTOIS, G. *et al.* Event-related TMS over the right posterior parietal cortex induces ipsilateral visuo-spatial interference. **Lippincott Williams & Wilkins**, v. 12, n. 11, 2001.

RAHMAN, A. *et al.* Cellular effects of acute direct current stimulation: Somatic and synaptic terminal effects. **Journal of Physiology**, v. 591, n. 10, p. 2563–2578, 2013.

RAWLEY, J. B.; CONSTANTINIDIS, C. Neural correlates of learning and working memory in the primate posterior parietal cortex. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 91, n. 2, p. 129–138, 2009.

REICHENBACH, A. *et al.* A key region in the human parietal cortex for processing proprioceptive hand feedback during reaching movements. **NeuroImage**, v. 84, p. 615–625, 2014.

RICKER, K. L. *et al.* The utilization of visual information in the control of rapid sequential aiming movements. **Acta Psychologica**, v. 103, n. 1–2, p. 103–123, 1999.

RIVERA-URBINA, G. N. *et al.* Parietal transcranial direct current stimulation modulates primary motor cortex excitability. **European Journal of Neuroscience**, v. 41, n. 6, p. 845–855, 2015.

RIVERA-URBINA, G. N. *et al.* Parietal transcranial direct current stimulation modulates the physiological and functional responses of the primary motor cortex. **Brain Stimulation**, v. 10, n. 4, p. e40, 2017.

ROMERO LAURO, L. J. *et al.* TDCS increases cortical excitability: Direct evidence from TMS-EEG. **Cortex**, v. 58, p. 99–111, 2014a.

ROMERO LAURO, L. J. *et al.* TDCS increases cortical excitability: Direct evidence from TMS-EEG. **Cortex**, v. 58, p. 99–111, 2014b.

RUOHONEN, J.; KARHU, J. TDCS possibly stimulates glial cells. **Clinical Neurophysiology**, v. 123, n. 10, p. 2006–2009, 2012.

SANDRINI, M. *et al.* Double dissociation of working memory load effects induced by bilateral parietal modulation. **Neuropsychologia**, v. 50, n. 3, p. 396–402, fev. 2012.

SHERRINGTON, C. S. On plastic tonus and proprioceptive reflexes. **Quarterly Journal of Experimental Physiology: Translation and Integration**, v. 2, n. 2, p. 109–156, 1909.

SMEETS, J. B. J. *et al.* Sensory integration does not lead to sensory calibration. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, n. 49, p. 18781–18786, 2006.

SPORNS, O.; TONONI, G.; EDELMAN, G. M. Theoretical neuroanatomy and the

connectivity of the cerebral cortex. In: Behavioural Brain Research, 1–2, **Anais...Elsevier**, 20 set. 2002.

STAGG, C. J. *et al.* Modulation of movement-associated cortical activation by transcranial direct current stimulation. **European Journal of Neuroscience**, v. 30, n. 7, p. 1412–1423, 2009.

STAGG, C. J. *et al.* Neuropsychologia Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning. **Neuropsychologia**, v. 49, n. 5, p. 800–804, 2011.

STAGG, C. J.; ANTAL, A.; NITSCHKE, M. A. Physiology of Transcranial Direct Current Stimulation. **Journal of ECT**, v. 34, n. 3, p. 144–152, 2018.

STAGG, C. J.; NITSCHKE, M. a. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. **Neuroscientist**, v. 17, n. 1, p. 37–53, 2011a.

STAGG, C. J.; NITSCHKE, M. a. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. **The Neuroscientist: a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry**, v. 17, n. 1, p. 37–53, fev. 2011b.

STARKES, J.; HELSEN, W.; ELLIOTT, D. A ménage à trois: The eye, the hand and on-line processing. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, n. 3, p. 217–224, 2002.

TEULINGS, H.; ROMERO, D. H. Submovement analysis in learning cursive handwriting or block print. **Proceedings of the 11th Conference of the International Graphonomics Society**, n. November, p. 2–5, 2003.

TSAKIRIS, M. My body in the brain: A neurocognitive model of body-ownership. **Neuropsychologia**, v. 48, n. 3, p. 703–712, 2010a.

TSAKIRIS, M. My body in the brain: A neurocognitive model of body-ownership. **Neuropsychologia**, v. 48, n. 3, p. 703–712, 2010b.

TSAKIRIS, M. *et al.* Hands only illusion: Multisensory integration elicits sense of ownership for body parts but not for non-corporeal objects. **Experimental Brain Research**, v. 204, n. 3, p. 343–352, 2010.

TSAKIRIS, M. My body in the brain: a neurocognitive model of body-ownership. **Neuropsychologia**, v. 48, n. 3, p. 703–12, fev. 2010c.

TSAKIRIS, M.; PRABHU, G.; HAGGARD, P. Having a body versus moving your body: How agency structures body-ownership. **Consciousness and Cognition**, v. 15, n. 2, p. 423–432, 2006.

TSENG, P. *et al.* Unleashing potential: transcranial direct current stimulation over the right posterior parietal cortex improves change detection in low-performing individuals. **The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience**, v. 32, n. 31, p. 10554–61, ago. 2012.

TUNIK, E. *et al.* Beyond grasping: Representation of action in human anterior intraparietal sulcus. **NEUROIMAGE**, v. 36, n. 2, p. T77–T86, 2007.

VAROLI, E. *et al.* Tracking the effect of cathodal transcranial direct current stimulation on cortical excitability and connectivity by means of TMS-EEG. **Frontiers in Neuroscience**, v. 12, n. MAY, p. 1–14, 2018.

VEILLEUX, L.-N.; PROTEAU, L. Factors influencing *online* control of video-aiming movements performed without vision of the cursor. **PSYCHOLOGICAL RESEARCH-PSYCHOLOGISCHE FORSCHUNG**, v. 74, n. 2, p. 182–195, mar. 2010.

VEILLEUX, L.-N.; PROTEAU, L. Congruent visual and proprioceptive information results in a better encoding of initial hand position. **EXPERIMENTAL BRAIN RESEARCH**, v. 214, n. 2, p. 215–224, 2011.

VICARIO, C. M.; MARTINO, D.; KOCH, G. Temporal accuracy and variability in the left and right posterior parietal cortex. **Neuroscience**, v. 245, p. 121–128, 2013.

WANG, H. *et al.* Increased cerebellar activation after repetitive transcranial magnetic stimulation over the primary motor cortex in patients with multiple system atrophy. **ANNALS OF TRANSLATIONAL MEDICINE**, v. 4, n. 6, mar. 2016.

WANN, J.; IBRAHIM, S. Does limb proprioception *drift*? **Experimental Brain Research**, v. 91, n. 1, p. 162–166, out. 1992.

WANN, J. P.; IBRAHIM, S. F. Does limb proprioception *drift*? **Experimental Brain Research**, v. 91, n. 1, p. 162–166, 1992b.

WANN, J. P.; IBRAHIM, S. F. Does limb proprioception *drift*? **Experimental Brain Research**, v. 91, n. 1, p. 162–166, 1992c.

WENDEROTH, N. *et al.* Information processing in human parieto-frontal circuits during goal-directed bimanual movements. **NeuroImage**, v. 31, n. 1, p. 264–278, maio 2006.

WHITLOCK, J. R. Posterior parietal cortex. **Current Biology**, v. 27, n. 14, p. :R691-R69, 2017.

WOBBROCK, J. O. *et al.* The Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial Analyses Using Only ANOVA Procedures. In: Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, New York. **Anais...** New York: ACM, 2011.

WOODWORTH, R. S. The Accuracy of Voluntary Movement. **Psychological Review**, v. 3, n. 3 (Suppl. 13), p. 1–119, 1899.

ZMIGROD, S. The role of the parietal cortex in multisensory and response

integration: Evidence from transcranial direct current stimulation (tDCS).
Multisensory Research, v. 27, n. 2, p. 161–172, 2014.

ANEXO 1: Parecer consubstanciado do CEP.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Papel do córtex parietal posterior na geração de drifts proprioceptivos em tarefa de apontamento na privação visual

Pesquisador: Guilherme Menezes Lage

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 51014615.1.0000.5149

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

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.362.609

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa no qual será investigado a participação do córtex parietal posterior (CPP) na geração de drifts proprioceptivos durante uma tarefa de apontamento com privação visual. O estudo tem como objetivo avaliar se os drifts proprioceptivos ocorridos em tarefa de apontamento com privação visual são diminuídos com potencialização da ativação cortical pela estimulação externa no CPP em uma tarefa com alta demanda espacial. Haverá três condições de execução: a condição inicial (baseline) será realizada com visão e sem estimulação externa; condição sem visão com estimulação externa no CPP; condição sem visão com pseudo-estimulação (placebo). Participarão do estudo 15 voluntários homens, universitários, destros, com idade entre 18 e 35 anos. A tarefa motora consistirá no deslocamento de uma caneta sensor por uma mesa digitalizadora de forma que o cursor na tela de um computador seja deslocado do ponto inicial até o alvo. Esse movimento denominado de apontamento deverá ser realizado o mais rápido e preciso possível. Serão comparados os desempenhos entre as três condições de execução.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Verificar a associação entre córtex parietal posterior e ocorrência de drifts proprioceptivos em

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

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: 1.362.609

tarefa de apontamento na ausência da visão.

Objetivo Secundário: Analisar os aspectos cinemáticos envolvidos em tarefa de apontamento na privação visual.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos quanto à execução da tarefa motora são mínimos. A tarefa motora do experimento requer movimentos similares aos utilizados nas atividades diárias como, por exemplo, escrita e apontamento. A ETCC é uma técnica de estimulação segura e indolor e de fácil administração. As evidências científicas mostram que o protocolo que define a aplicação de uma corrente constante de 1mA por 20 minutos é seguro (COGIAMANIAN et al., 2007; FREGNI et al., 2006; NITSCHKE et al., 2003). Qualquer queixa ou problema apresentado pelo participante, por exemplo, queixa de dor no punho, ombros ou cefaleia, será critério para interrupção do experimento.

Benefícios:

Não há benefício direto para os participantes. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão dos aspectos neurobiológicos envolvidos no controle de movimentos manuais. Dessa forma, os resultados desse estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física, Fisioterapia, Terapia Ocupacional e Comportamento Motor, assim como para a prática do profissional que atua com o treinamento e a reabilitação de habilidades motoras.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto importante para a área de Fisioterapia, está bem descrito e estruturado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

Folha de rosto assinado pelo diretor da Faculdade de EEEFTO da UFMG.

Projeto de pesquisa plataforma Brasil

Projeto de pesquisa original

TCLE em forma de convite.

Parecer consubstanciado com aprovação da CD da EEEFTO da UFMG.

Continuação do Parecer: 1.362.609

Recomendações:

Acrescentar no TCLE o email do pesquisador; escrever que uma "via" do termo será entregue participante, conforme resolução res. 466/12. Acrescentar também no TCLE que o COEP deve ser contatado em caso de dúvidas éticas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

SMJ, sou favorável a aprovação do projeto.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_622099.pdf	14/11/2015 10:35:05	
Outros	Parecer.pdf	14/11/2015 10:25:16	Guilherme Menezes Lage
Outros	parecer.jpg	14/11/2015 10:16:21	Guilherme Menezes Lage
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	09/11/2015 15:23:06	Guilherme Menezes Lage
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_COEP_DETALHADO.pdf	09/11/2015 15:14:38	Guilherme Menezes Lage
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	07/11/2015 13:21:22	Guilherme Menezes Lage

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 11 de Dezembro de 2015

Assinado por:

Telma Campos Medeiros Lorentz
(Coordenador)

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 2: Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Estudo: Papel do córtex parietal posterior na geração de *drift* proprioceptivo em tarefa de apontamento na privação visual

Coordenador: Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage - Departamento de Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O objetivo desse estudo é verificar o papel do córtex parietal posterior na geração de *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual. O *drift* proprioceptivo está relacionado à perda na precisão de nossos movimentos manuais quando a visão não está disponível. Será utilizada uma técnica de estimulação cerebral denominada de estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). Essa técnica é indolor, segura e de fácil administração, tendo como princípio básico a aplicação de fraca corrente elétrica (um milliampère) por meio do posicionamento de dois eletrodos sobre a cabeça (no couro cabeludo). Assim, o objetivo do experimento é analisar se erros ocorridos em tarefa de apontamento manual após oclusão visual diminuem com a estimulação externa no córtex parietal posterior (CPP).

Procedimentos: O experimento será realizado em uma sessão no Grupo de Estudo em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO). A duração prevista para a sessão é de 15 minutos. O equipamento de estimulação será instalado em você, mas você não saberá se está ocorrendo a estimulação transcraniana. Você não saberá em qual condição foi estimulado. Por ser uma corrente muito baixa, depois de 30 segundos, aproximadamente, você não perceberá mais a estimulação. A tarefa motora a ser realizada consiste em realizar movimentos com uma caneta sensor sobre uma mesa digitalizadora, de forma que o cursor na tela do computador mova e pare sobre um alvo apresentado para você. Após a ativação do equipamento de ETCC, você deverá realizar 30 tentativas da tarefa motora e, logo em seguida, você será privado de sua visão e terá que realizar a mesma quantidade de tentativas dos movimentos

manuais feitos anteriormente. O horário para a sua participação será estabelecido de acordo com sua disponibilidade.

Riscos e desconfortos: A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Pode ocorrer um pequeno formigamento nos 30 segundos iniciais quando a estimulação transcraniana for iniciada. Após esse período essa sensação desaparece. Há mínimo risco de algum desconforto muscular com a execução da tarefa motora, tendo em vista que elas são similares a várias atividades manuais (ex., escrever e apontar) que você realiza diariamente. Qualquer desconforto deve ser relatado ao experimentador que irá parar a coleta de dados imediatamente. Em caso de algum desconforto em relação aos procedimentos, você será encaminhado ao serviço de enfermagem da EEEFTO.

Confidencialidade: Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo.

Benefícios esperados: Não há benefício direto para você. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão do controle motor. Dessa forma, os resultados desse estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física, Fisioterapia, Terapia Ocupacional e Comportamento Motor, assim como para a prática do profissional que atua com o treinamento e a reabilitação de habilidades motoras.

Recusa ou desistência da participação: Sua participação é inteiramente voluntária e você está livre para recusar participar ou desistir do estudo a qualquer momento sem que isso possa lhe acarretar qualquer prejuízo.

Gastos: Não haverá ressarcimento de nenhum tipo de gasto.

Você pode solicitar mais informações ao longo do estudo com o pesquisador responsável pelo projeto (Guilherme Menezes Lage), por meio do telefone 98884-0411. 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

Guilherme Menezes Lage

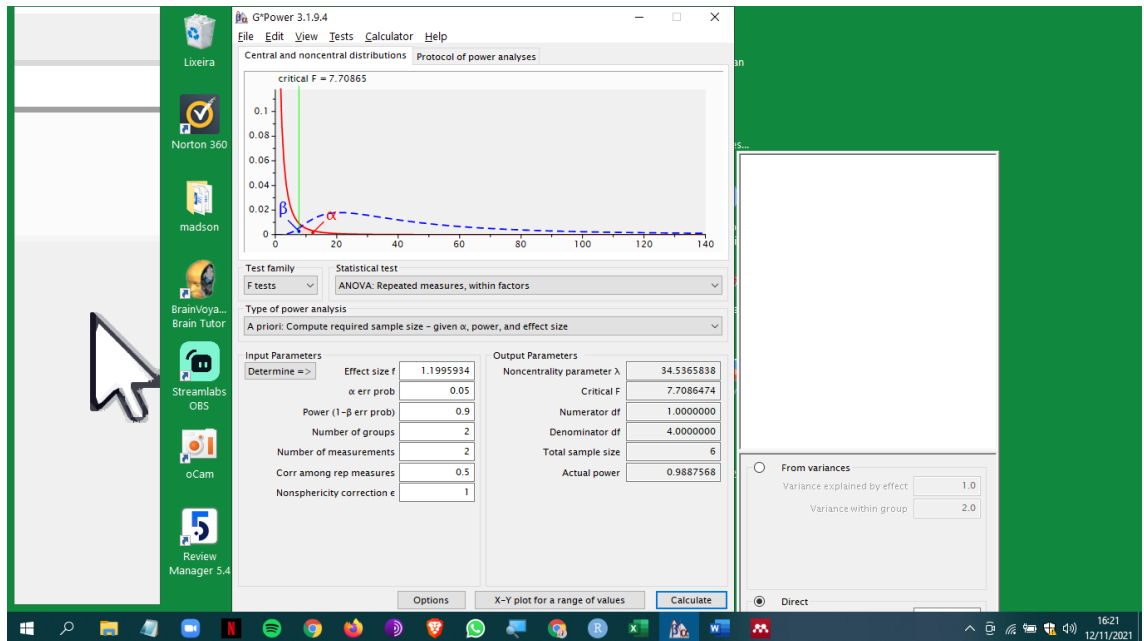
Data

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º. Andar –
Sala 2005 – Cep 31270-901- Belo Horizonte – MG / Telefax: (31) 3409-4592

Email: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 3: Cálculo amostral.



	Ef	l	l	S	S	F	p	p
eito	Fn	Fd	Sn	Sd			es	
(Intercept)	1	1	3	9	3	0	0	0
Group	0	2202,64	530,528	3,789	,00017	,772		
Condition	1	1	1	9	1	0	0	0
Interaction	0	633,318	530,528	,714	,22	,146		
	1	1	2	3	6	0	0	0
	0	27,316	69,264	,156	,032	,381		
	1	1	2	3	0	0	0	0
	0	3,583	69,264	,639	,443	,06		

Legenda:

DFn = Graus de liberdade no numerador

DFd = Graus de Liberdade no denominador

SSn = Soma dos quadrados no numerador

SSd = Soma dos quadrados no denominador

pes = partia leta-square

