

JOÃO ROBERTO VENTURA DE OLIVEIRA

**PAPÉL DO CÓRTEX PARIETAL POSTERIOR NA GERAÇÃO DE
DRIFT PROPRIOCEPTIVO EM TAREFA DE APONTAMENTO NA PRIVAÇÃO
VISUAL**

**Belo Horizonte
2016**

JOÃO ROBERTO VENTURA DE OLIVEIRA

**PAPEL DO CÓRTEX PARIETAL POSTERIOR NA GERAÇÃO DE
DRIFT PROPRIOCEPTIVO EM TAREFA DE APONTAMENTO NA PRIVAÇÃO
VISUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Treinamento Esportivo

Linha de Pesquisa: Aquisição, controle e adaptação de habilidades motoras ao longo da vida

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage

**Belo Horizonte
2016**

O48p Oliveira, João Roberto Ventura de
2016 Papel do córtex parietal posterior na geração de drift proprioceptivo em tarefa de apontamento na privação visual. [manuscrito] / João Roberto Ventura de Oliveira – 2016.
68 f., enc.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage

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

Bibliografia: f. 53-59

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

CDU: 612.76

Ficha catalográfica e laborada pela e equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Roberto Ventura de Oliveira

Às **09:00 horas do dia 15 de julho de 2016**, reuniu-se na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Programa para julgar, em exame final, o trabalho intitulado "**Papel do Córtex Parietal Posterior na Geração de Drift Proprioceptivo em Tarefa de Apontamento na Privação Visual**". Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (EEFFTO-UFMG) orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Membros da Banca Examinadora	Aprovado	Reprovado
PROF. DR. GUILHERME MENEZES LAGE (ORIENTADOR) - EEFFTO/UFMG	X	
PROFA. DRA. SANDRA MARIA SBEGHEN FERREIRA DE FREITAS - UNICID	X	
PROFA. DRA. MARINA DE BRITO BRANDÃO - EEFFTO/UFMG	✓	

*Como a Profa. Sandra Maria Sbeghen Ferreira de Freitas participou da Banca à distância, o Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage, orientador e presidente da comissão assinará a ata em nome da mesma e terá validade de 60 dias. Procedimento aprovado pelo colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte.

Após as indicações o candidato foi considerado: APROVADO

O **resultado final** foi comunicado publicamente para o candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 15 de julho de 2016.

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (Orientador) -
EEFFTO/UFMG

Profa. Dra. Sandra Maria Sbeghen Ferreira de Freitas - UNICID

Profa. Dra. Marina de Brito Brandão - EEFFTO/UFMG

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a duas pessoas que sempre estiveram presentes em minha formação, meu pai e minha avó, porém o destino não permitiu que estivessem presentes para presenciarem este momento tão importante.

Dedico também à minha mãe, que jamais me deixou cair frente às dificuldades impostas pelo caminho, e à minha esposa, que sacrificou diversas escolhas para que eu pudesse concluir essa etapa tão importante em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me conduzido por todos os momentos e me fortalecido frente às dificuldades encontradas.

A minha esposa, companheira e guerreira, que sempre esteve ao meu lado em todo o processo.

Ao Guilherme Lage que, para mim, sempre será mais que um orientador, e sim grande amigo em que posso confiar e um grande homem que me espelharei para prosseguir profissional e academicamente.

Ao Tércio por todo apoio e amizade que, acredito, cada minuto ter sido valioso para meu crescimento pessoal e acadêmico.

A Lidiane que acompanhei em diversos momentos e, por muitas vezes, devotou seu tempo e energia para que eu pudesse continuar meu processo.

Ao Paulo por sua amizade e por sempre me auxiliar em momentos importantes.

A todos os professores e amigos que estiveram acompanhando o avanço deste trabalho e vivências dentro do Grupo de Desenvolvimento e Aprendizagem Motora, Rodolfo, Herbert, Márcio, Madson, Cíntia, Patrick, Savassi Márcia, Nádia, Mayndra, Luciano, Arthur, Lelis, Nathálya, Bárbara, Carlinhos, Crislaine, Maria, Lívia, Ambrósio, Matheus e Bruno.

A todos que, antes mesmo da minha inserção no mestrado, deram a mim experiências para a solidez dos objetivos que procurava tanto em âmbito acadêmico quanto pessoal.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

“Não sei o que possa parecer aos olhos do mundo, mas aos meus pareço apenas ter sido como um menino brincando à beira-mar, divertindo-me com o fato de encontrar de vez em quando um seixo mais liso ou uma concha mais bonita que o normal, enquanto o grande oceano da verdade permanece completamente por descobrir à minha frente.”

(Isaac Newton)

RESUMO

Drift proprioceptivo é o fenômeno relacionado com maior magnitude de erro espacial, sendo considerado como a degradação da representação central na ausência da visão. Há relação entre área cortical de integração sensorial, córtex parietal posterior (CPP), e sustentação limitada de memória de trabalho. Porém, pouco se sabe sobre a associação entre *drift* proprioceptivo e tarefa de apontamento na privação visual. Hipotetizou-se que a inibição do CPP via estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) aumenta os erros espaciais em apontamentos na privação visual e alteraria o controle *online*. O objetivo deste estudo foi verificar o papel do CPP na geração de *drift* proprioceptivo em tarefa de apontamento na privação visual. A amostra foi composta por 24 voluntários, destros, com idade entre 18 a 35 anos. Foi utilizada uma tarefa de apontamento manual, em duas condições, com e sem visão. Para cada condição foram executadas 30 tentativas. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos, grupo que recebeu inibição do CPP via ETCC catódica (GC), e grupo placebo (GP). A aplicação da ETCC ocorreu durante as condições com e sem visão. Anovas *two-way* com medidas repetidas no segundo fator (2 grupos x 2 condições) foram usadas para as variáveis dependentes: tempo de reação (TR), tempo de movimento (TM), erro radial (ER), amplitude (AMP), pico de velocidade (PV), tempo relativo para pico de velocidade (TRPV) e número de correções no 2º submovimento (NC). Os resultados indicaram ER maior para o GC comparado ao GP na condição sem visão. Foram encontrados menor PV e NC inalterado para o GC comparados ao GP na condição sem visão. As hipóteses da associação entre CPP e *drift* proprioceptivo e do aumento da magnitude de *drift* pela inibição do CPP se confirmaram pela diferença significativa encontrada em ER. A hipótese sobre inibição de CPP afetando o controle *online* não foi confirmada, indicada por menor PV e NC inalterado para GC. Duas hipóteses explicativas complementares podem relacionar as alterações nos mecanismos de controle à participação do CPP no surgimento do *drift*, sendo o enfraquecimento proprioceptivo na privação visual, impactando na qualidade da representação formada, e acúmulo de erros de movimento, pela inserção de informações incorretas na privação visual.

Palavras-chave: Tarefa de Apontamento. *Drift* Proprioceptivo. Córtex Parietal Posterior. Privação Visual.

ABSTRACT

Proprioceptive drift is the phenomenon related to a greater spatial error magnitude. It is considered as central representation degradation in the visual deprivation. Relation between cortical area of sensorial integration, posterior parietal cortex (PPC), and limited maintenance of working memory is established. However, little is known about the association of proprioceptive drift and aiming tasks in visual deprivation. It has been hypothesized that the inhibition of PPC through transcranial direct current stimulation (tDCS) increase the spatial errors in visually deprived aiming movement and would affect the online control. This study aimed to verify the role of PPC in the proprioceptive drift generation in visually deprived aiming task. The sample was composed of 24 volunteers, right-handed, from both sexes, aged 18 to 35 years old. A manual aiming task was used in two conditions, with and without vision. For each condition 30 trials were performed. The subjects were distributed in two groups: one that received inhibition of PPC via cathodal tDCS (CG) and placebo group (PG). Application of tDCS occurred during both with and without visual information conditions. Two-way Anovas with repeated measures in second factor were used (2 groups x 2 conditions) to dependent variables: reaction time (RT), movement time (MT), radial error (RE), amplitude (AMP), peak velocity (PV), relative time to peak velocity (RTPV), and number of corrections in the 2° submovement (NC). Results indicated increased RE to CG compared to PG, within visual deprivation condition. Decreased PV and inaltered NC were found for CG compared to PG, in the visual deprivation condition too. Thus, association between PPC and proprioceptive drift hypothesis and spatial proprioceptive drift magnitude increase through PPC inhibition hypothesis were confirmed by significant difference in RE. PPC inhibition affects online control hypothesis is not confirmed, indicated by decreased PV and unaltered NC for CG. Two complementary explanatory hypotheses may relate the alterations in control mechanisms to PPC role in proprioceptive drift appearance, therefore a proprioceptive fading in visual deprivation, impacting in formed representation quality, and a movement errors accumulation by inserting of incorrect information during visual deprivation.

Keywords: Aiming Task. Proprioceptive Drift. Posterior Parietal Cortex. Visual Deprivation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1: Movimento de apontamento composto por dois submovimentos.....20
- FIGURA 2: Movimento de apontamento na privação visual. Representação de possível perfil de velocidade na ausência da visão, indicando maior dependência de pré-programação do movimento.....22
- FIGURA 3: 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.....25
- FIGURA 4: O córtex parietal posterior (CPP) superior em azul e laranja (áreas de Brodmann 5 e 7, respectivamente). CPP inferior em azul e marrom (áreas de Brodmann 39 e 40, respectivamente).....26
- FIGURA 5: Desenho esquemático adaptado de Nitsche *et al.* (2008) sobre as posições dos eletrodos (em um protocolo), seguindo o sistema internacional 10-20 de EEG. A posição P3 (hemisfério esquerdo) equivale ao CPP e a posição Fp2 (hemisfério direito) à área supra-orbital.....32
- FIGURA 6: Tarefa de apontamento e instrumentos utilizados.....34
- GRÁFICO 1: Média e desvio padrão do tempo de reação do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....39
- GRÁFICO 2: Média e desvio padrão do tempo de movimento do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....40
- GRÁFICO 3: Média e desvio padrão do erro radial do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....41
- GRÁFICO 4: Média e desvio padrão da amplitude do movimento do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....42

GRÁFICO 5: Média e desvio padrão do pico de velocidade do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....	43
GRÁFICO 6: Média e desvio padrão do tempo relativo para o pico de velocidade do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....	44
GRÁFICO 7: Média e desvio padrão do número de correções do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

AMP – amplitude

CPP – córtex parietal posterior

EEG – eletroencefalografia

ETCC – estimulação transcraniana por corrente contínua

ER – erro radial

Fp2 – Região supra-orbital direita

GC – grupo que recebeu ETCC catódica

GP - grupo placebo

ID – índice de dificuldade

NC – número de correções no 2º submovimento

P3 – Região parietal posterior esquerdo

PV – pico de velocidade

SNC – Sistema nervoso central

TM – tempo de movimento

TR – tempo de reação

TRPV – tempo relativo para pico de velocidade

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1: Análise estatística do piloto. Anova <i>two-way</i> (2 Grupos x 2 Condições) com medidas repetidas no segundo fator.....	63
APÊNDICE 2: Parâmetros estatísticos para comparação da Anova <i>two-way</i> com medidas repetidas.....	64
APÊNDICE 3: Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas - 30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão do estudo piloto.....	65
APÊNDICE 4: Média, desvio padrão e coeficiente de variação do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.....	65
APÊNDICE 5: Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas (30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão).....	67
APÊNDICE 6: Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas - 30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão.....	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 O Controle de Movimentos de Apontamento nas Condições Com e Sem Visão	19
2.2 <i>Drift</i> Proprioceptivo	22
2.3 Estimulação do Córtex Parietal Posterior e <i>Drift</i> Proprioceptivo	26
3 OBJETIVOS	29
3.1 Objetivo Geral	29
3.2 Objetivos Específicos	29
4 HIPÓTESES	30
5 MATERIAIS E MÉTODO	31
5.1 Amostra.....	31
5.2 Instrumentos e Tarefa.....	31
5.2.1 Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua.....	32
5.2.2 Tarefa Motora	33
5.3 Delineamento e Procedimentos	34
5.4 Análise e Tratamento dos Dados	36
6 RESULTADOS	39
6.1 Variáveis de desempenho	39
6.2 Variáveis Cinemáticas	42
7 DISCUSSÃO	46
7.1 Associação entre a inibição do CPP e a geração de <i>drift</i> proprioceptivo	46
7.2 A inibição do CPP afeta tanto o controle central quanto o controle <i>online</i>	49
7.3 Análise das medidas de TR, TM, AMP e TRPV	50
8 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53
ANEXO 1: Parecer consubstanciado do CEP.....	60
ANEXO 2: Termo de consentimento livre e esclarecido	61
APÊNDICE 1.	63
APÊNDICE 2.	64
APÊNDICE 3.	65
APÊNDICE 4.	66

APÉNDICE 5.	67
APÉNDICE 6.	68

1 INTRODUÇÃO

Movimentos manuais direcionados a uma meta, como os movimentos de apontamento, são necessários em diversas ações motoras (CARLTON, 1992). As ações de apontamento são definidas como deslocamento rápido de um membro para atingir um alvo de forma precisa (CARLTON, 1992; ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001). Um modelo híbrido de controle propõe dois submovimentos em um movimento de apontamento (WOODWORTH, 1899). Considera-se o primeiro submovimento como uma fase pré-programada, e o segundo submovimento como uma fase de correções *online*, com utilização de *feedback* visual e proprioceptivo, para alcance preciso do alvo (ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001; ELLIOTT *et al.*, 2004; WOODWORTH, 1899). Na condição experimental de privação visual em tarefas de apontamento, a trajetória do movimento de apontamento torna-se mais estereotipada, seja pela oclusão do alvo (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999), seja pela oclusão do membro que executa a tarefa (MORASSO, 1981). Diante dessas condições, um período maior do primeiro submovimento se faz presente, permitindo que o membro consiga chegar mais próximo possível do alvo, e um período menor, correspondente ao segundo submovimento, indicando maior dependência da fase pré-programada e menor utilização de *feedback* proprioceptivo. Essa forma de controle leva à menor precisão do movimento (ELLIOTT *et al.*, 1999; ELLIOTT *et al.*, 2004; KHAN *et al.*, 2006).

Um fenômeno que trata dessa diminuição da precisão espacial ao longo das tentativas com privação visual, denomina-se *drift* proprioceptivo. Esse aumento na magnitude do erro espacial em ações de apontamento está associado à ideia de uma gradativa degradação de uma representação central que é atualizada somente por informações proprioceptivas, armazenadas por um breve período de tempo, com o objetivo de orientar a ação motora. Sendo essa degradação da representação o que se denomina de *drift* proprioceptivo (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003b; BROWN *et al.*, 2015; CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015; DESMURGET; GRAFTON, 2000; PAILLARD; BROUCHON, 1968; TSAY *et al.*, 2014; WANN; IBRAHIM, 1992). O *drift* proprioceptivo pode ser observado não somente pelo aumento gradativo do erro espacial em tarefas de apontamento, mas também

pela mudança parcial da direção da ação e pela falha na percepção da posição dos segmentos corporais (CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015; DESMURGET; GRAFTON, 2000a; SMEETS *et al.*, 2006).

Parece haver uma associação entre memória de trabalho e a geração de *drift* proprioceptivo. A memória de trabalho está relacionada à formação e ao uso de representações mentais em um pequeno período de tempo para tarefas motoras ou cognitivas (GOLDMAN-RAKIC; HAVEN, 1995; ORBAN *et al.*, 2006; TODD; MAROIS, 2004). Como os seres humanos possuem uma capacidade limitada em funções de evocação e sustentação de memória de trabalho, a qualidade das ações motoras é degradada quando não atualizada de forma contínua pela visão (KU *et al.*, 2014; TSENG *et al.*, 2012).

Uma estrutura cerebral que apresenta papel relevante no controle de movimentos de apontamento orientados visual e proprioceptivamente é o córtex parietal posterior (CPP) (MAZZONI; ANDERSEN; JORDAN, 1991; PRADO *et al.*, 2005; WENDEROTH *et al.*, 2006). Estudos mostram associação entre o CPP e memória de trabalho na sustentação de informações sensoriais por breves períodos de tempo (CAVINA-PRATESI *et al.*, 2010; GOLDMAN-RAKIC; HAVEN, 1995; RAWLEY; CONSTANTINIDIS, 2009).

Uma forma de investigação da associação entre o CPP e a memória de trabalho se faz pelo uso de técnicas não invasivas de modulação cortical, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). Sabe-se que a modulação de áreas do CPP pode contribuir para o melhor desempenho em tarefas que exijam a sustentação de informações por determinados períodos de tempo (ENGLAND *et al.*, 2015; FERRI; RIZZOLATTI; ORBAN, 2015; FILMER; DUX; MATTINGLEY, 2015; KU *et al.*, 2014; SONG; COHEN, 2014; TSENG *et al.*, 2012). Por exemplo, no trabalho de Tseng *et al.* (2012), a ETCC sobre o CPP promoveu melhorias na capacidade atencional e facilitou a manutenção da memória visual de curto prazo. Outra forma de visualizar o melhor emprego de sinais sensoriais pode ser observando em pessoas privadas visualmente por extensos períodos de tempo, como as pessoas com deficiência visual. Pessoas com deficiência visual conseguem, ao longo de sua vida, atingir altos níveis de neuroplasticidade compensatória, ou seja, utilizar certas áreas corticais para processar outras informações que não as visuais, como o córtex

occipital e algumas sub-regiões do CPP (COLLIGNON *et al.*, 2013; HAMILTON; PASQUAL-LEONE, 1998; QIN *et al.*, 2014).

Além disso, as tarefas usadas nesses experimentos supracitados possuem um forte componente cognitivo e perceptivo e baixa demanda motora. Outro fator de destaque, é que não foi objetivo de nenhum desses estudos observar a relação entre o CPP e memória de trabalho no *drift* proprioceptivo. Além do enfraquecimento da representação central, a geração de *drift* proprioceptivo pode ser efeito do acúmulo de erro que ocorre na fase de correções *online* levando a um aumento do *drift* proprioceptivo ao longo das tentativas. Necessita-se de investigações que busquem entender a relação entre o CPP e a geração de *drift* proprioceptivo.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi verificar a associação do CPP na geração de *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual. Foram levantadas as hipóteses que o córtex parietal posterior estará associado a geração de *drift* e que a inibição do CPP aumentará a magnitude do *drift* proprioceptivo via controle *online*.

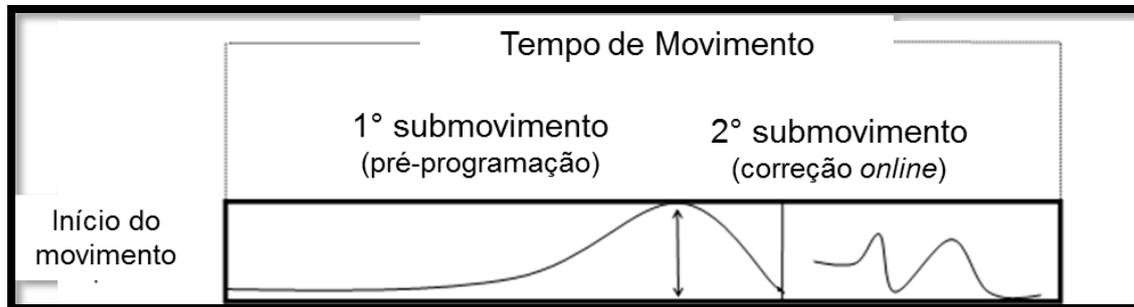
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Controle de Movimentos de Apontamento nas Condições Com e Sem Visão

Tarefas motoras manuais direcionadas a uma meta são necessárias em inúmeras situações cotidianas (CARLTON, 1992). Considera-se como habilidade de apontamento uma ação motora, com início e fim claramente definidos, de curta duração, com a meta de deslocar um membro ou implemento a um alvo de forma precisa (LAGE *et al.*, 2012; LAGE *et al.*, 2013). Habilidades de apontamento necessitam de informações sensoriais específicas, como visão e propriocepção. A visão é entendida como a fonte de informação exteroceptiva mais importante para captação de informações ambientais e, como fonte de informações intrínsecas, a propriocepção, que se relaciona com informações sobre a posição de segmentos corporais no espaço, força exercida e amplitude articular gerada (CARLTON, 1992; WINDHORST, 2007).

Um modelo muito usado para estudos envolvendo habilidades manuais direcionadas a alvos fixos é o modelo de dois componentes de Woodworth (ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001; WOODWORTH, 1899). O modelo de Woodworth é composto por um primeiro submovimento, denominado de fase de impulso inicial, e um segundo submovimento, definido como fase de controle *online*. O primeiro submovimento caracteriza-se por ser pré-programado, e possui a função de aproximar a mão do alvo de forma balística. 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 (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001; WOODWORTH, 1899). A Figura 1 (adaptada de LAGE *et al.*, 2013) 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).

FIGURA 1: Movimento de apontamento composto por dois submovimentos.



Fonte: Adaptado de Lage *et al.* (2013).

O perfil cinemático modifica-se de acordo com a disponibilidade de informações sensoriais para a execução motora (CARLTON, 1992; ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; KHAN *et al.*, 2006; PROTEAU; MARTENIUK, 1993). Comparada à condição com visão, a privação visual em tarefas de apontamento leva a perfis de maior primeiro submovimento seja pela oclusão do alvo (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999), seja pela oclusão do membro que executa a tarefa (KHAN *et al.*, 2006; MORASSO, 1981). Constata-se um maior tempo do primeiro submovimento, permitindo assim que o membro consiga chegar mais próximo possível do alvo, indicando maior dependência da fase pré-programada (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001).

Como consequência do aumento do primeiro submovimento, é observado um menor segundo submovimento na privação visual, indicando uma menor utilização de *feedback* proprioceptivo (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; ELLIOTT *et al.*, 2004; KHAN *et al.*, 2006). O *feedback* proprioceptivo parece não oferecer, isoladamente, informações precisas para correções *online*, levando o sistema a um controle mais pré-programado (ELLIOTT *et al.*, 2004). Evidências relacionadas ao desempenho e cinemática comprovam a importância da visão para as correções *online* (CARLTON, 1981; CHUA; ELLIOTT, 1993; ELLIOTT *et al.*, 1991).

Em um estudo realizado por Carlton (1981), participantes realizaram movimentos de apontamento, deslocando uma caneta até um alvo com um estímulo luminoso. Foram manipuladas condições que disponibilizavam

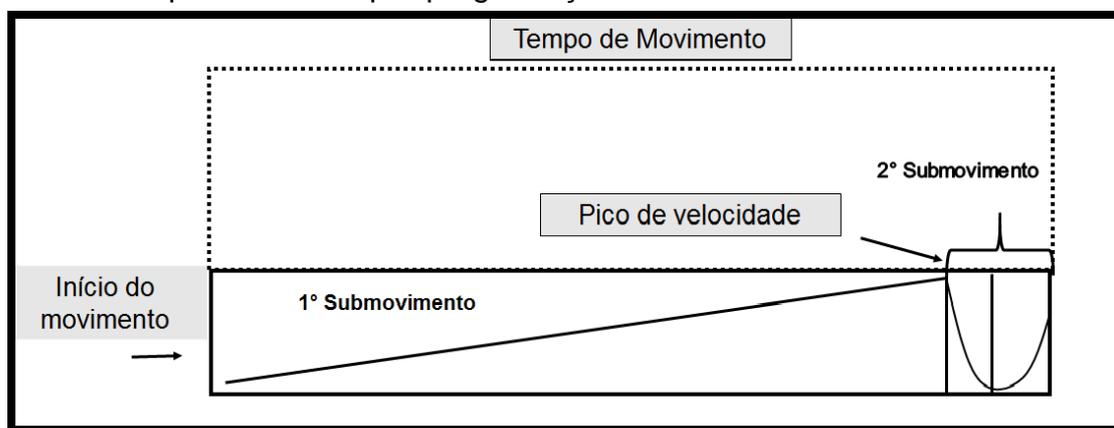
completamente a visão ou obstruíam 25%, 50%, 75% ou 93% do movimento realizado. O tempo de movimento (TM) foi comparado entre as condições. Os resultados indicaram, pela análise da manipulação visual, que houve diferença significativa no TM para as condições que ocluíam a visão de 75% e 93% do movimento executado, sendo que TM maiores foram obtidos nessas condições. Sugere-se que os resultados encontrados estão associados a ideia de uma maior participação da fase pré-programada, diminuindo assim o número de possíveis correções.

Perfis cinemáticos foram investigados em uma tarefa de apontamento com e sem visão do alvo por Elliott *et al.* (1991). Dez participantes destros, de ambos os sexos, realizaram apontamentos deslizando uma caneta sensor sobre uma mesa digitalizadora, em uma distância de 40 cm, em uma sala sem iluminação. Três condições foram aplicadas, uma condição com visão do alvo durante toda a execução, uma condição 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), analisando o emprego de *feedback* visual *online* na regulação de movimentos de apontamento discretos, manipularam 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, sendo que a visão do braço foi obstruída por um material plástico escuro 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 uma espécie 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).

FIGURA 2: Movimento de apontamento na privação visual. Representação de possível perfil de velocidade na ausência da visão, indicando maior dependência de pré-programação do movimento.



Fonte: Autoria do próprio autor.

2.2 *Drift* Proprioceptivo

A percepção dos segmentos corporais depende de informações sensoriais, como visuais, proprioceptivas e táteis (VAN BEERS; SITIG; VAN DER GON, 1998). Em tarefas de apontamento, na presença da visão, existe uma forma integrada de sinais sensoriais para atuar no planejamento e

execução do movimento. Assim, espera-se que a propriocepção consiga gerar informações sobre mudanças de posição de braço e mão, enquanto uma direção é fornecida pelo *feedback* visual (CRESSMAN; HENRIQUES, 2015; SALOMONCZYK; CRESSMAN; HENRIQUES, 2011).

Representações multimodais, ou representações formadas a partir de várias modalidades sensoriais, podem sofrer efeitos deletérios e comprometer a precisão espacial em tarefas de apontamento quando há a privação de uma das modalidades sensoriais envolvidas (BOWDITCH; SOUTHARD, 1880; BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a; CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015; WANN; IBRAHIM, 1992). Na privação da visão, a representação do movimento passa por uma regulação unimodal, ou seja, pela modalidade sensorial ainda presente. Assim, neste caso, dependendo apenas de informações proprioceptivas para planejar ou corrigir um movimento, observa-se uma gradativa perda da precisão espacial ao longo das tentativas (DESMURGET; GRAFTON, 2000a; WANN; IBRAHIM, 1992). Essa perda gradativa na precisão está associada ao que é denominado de *drift* proprioceptivo, sendo esse um fenômeno comumente observado em tarefas de apontamento (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a; BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003b; DESMURGET; GRAFTON, 2000; TSAY *et al.*, 2014; WANN; IBRAHIM, 1992). Dessa forma, *drift* proprioceptivo pode ser entendido como a gradativa degradação de uma representação central que é atualizada somente por informações proprioceptivas, armazenadas por um breve período de tempo, com o objetivo de orientar a ação motora (DESMURGET; GRAFTON, 2000a).

Alguns fatores estão associados ao surgimento de *drifts* proprioceptivos em tarefas de apontamento na privação visual (LOPEZ *et al.*, 2012; PAILLARD; BROUCHON, 1968; TSAY *et al.*, 2014; WANN; IBRAHIM, 1992). O número de execuções sem a disponibilidade da visão é um fator que está associado à magnitude do *drift* proprioceptivo na precisão espacial. Por exemplo, 5 a 10 tentativas na ausência da visão já são capazes de gerar *drift* proprioceptivo com um amplo erro de precisão (CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015). A posição inicial do membro também influencia os níveis de *drift* proprioceptivo (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a). Apesar disso, há indícios que o fenômeno não ocorra em alvos localizados em 0°, 10°,

20° ou 30° (COSTANTINI; HAGGARD, 2007). A magnitude de *drifts* proprioceptivos é de cerca de 15 a 30% da distância total entre o início do movimento até o alvo (MAKIN; HOLMES; EHRSSON, 2008).

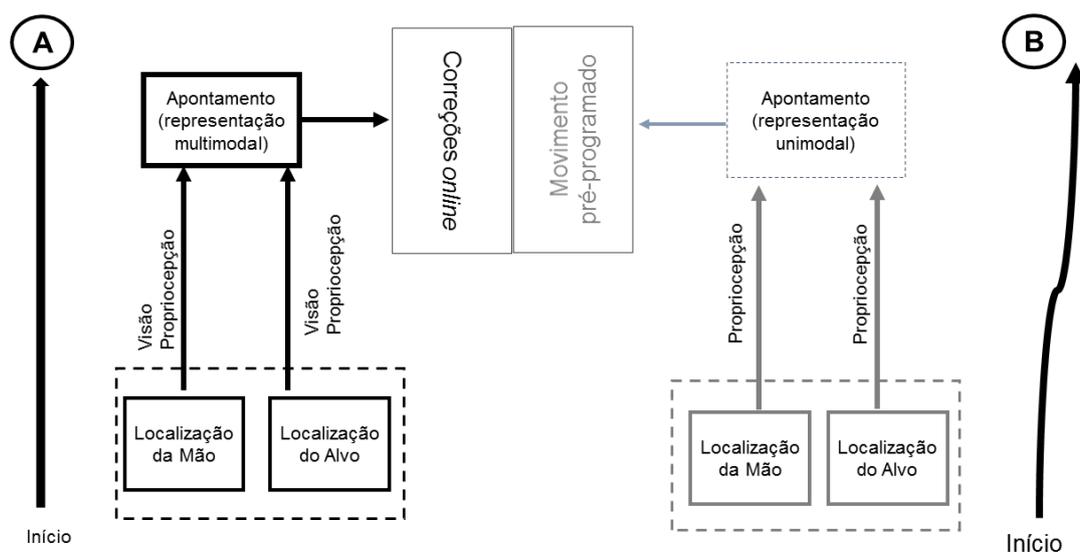
Outro fator importante associado ao *drift* parece ser a amplitude de movimento. Há uma relação inversa entre a magnitude da amplitude e o nível de *drift* proprioceptivo (BOCK; ECKMILLER, 1986). A velocidade do movimento também influencia a produção de *drift* proprioceptivo. Movimentos mais rápidos produzem maior taxa de produção de *drift* proprioceptivo do que movimentos mais lentos. Entretanto, a magnitude final do *drift* proprioceptivo produzido é independente da velocidade do movimento (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a; BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003b).

A principal hipótese para o surgimento de *drift* proprioceptivo é denominada de enfraquecimento proprioceptivo (*proprioceptive fading*). É proposto que a informação proprioceptiva sobre a posição do membro é alterada durante períodos prolongados de tempo sem a disponibilidade da visão (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a). Em outras palavras, a representação do movimento é enfraquecida na disponibilidade somente da informação proprioceptiva. Representação pode ser considerada como uma estrutura que advém de informações aferentes e armazenada no sistema nervoso central (SNC). A representação pode fortalecer a orientação do comportamento pretendido (DUDAI, 2002). Uma representação com integração multissensorial permite uma constante atualização e, conseqüente, manutenção da precisão em tarefas motoras. Nesse sentido, considera-se memória como representação interna permanente de eventos ou experiências, podendo ser desencadeada em forma de comportamento (NADEL; MOSCOVITCH, 1997). Um tipo de memória possivelmente associada à formação de *drift* proprioceptivo é a de memória de trabalho. A memória de trabalho tem como função a formação e o uso de representações mentais em um pequeno período de tempo para tarefas motoras ou cognitivas (GOLDMAN-RAKIC; HAVEN, 1995; RAWLEY; CONSTANTINIDIS, 2009; REPOVS; BADDELEY, 2006).

Uma outra possível explicação para ocorrência de *drift* proprioceptivo se deve a um acúmulo de erros sobre posição da mão e direção do movimento. Nesta proposição, informações que compõem a posição da mão tendem a

degradar em função do tempo, não conseguindo perceber os próprios erros. Assim, gerando novos erros em forma de informações recentes sobre posição de membro superior e alvo, e esses erros acrescidos aos próximos planejamentos (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a; BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003b). A hipótese que sustenta essa explicação é chamada de hipótese do erro de movimento (*movement error hypothesis*). Como o perfil cinemático modifica-se de acordo com a disponibilidade de informações sensoriais (LAGE *et al.*, 2007), a privação visual em tarefas de apontamento produz um maior primeiro submovimento e, conseqüentemente, uma diminuição do submovimento associado às correções realizada *online* (KHAN *et al.*, 2006). Associando essa alteração no perfil cinemático à hipótese do erro do movimento, pode-se inferir que o acúmulo de erros está mais associado à fase pré-programada do movimento do que à fase de correções *online* (FIGURA 3). Essa hipótese precisa ser ainda investigada, sendo um dos objetivos do presente estudo.

FIGURA 3: 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.



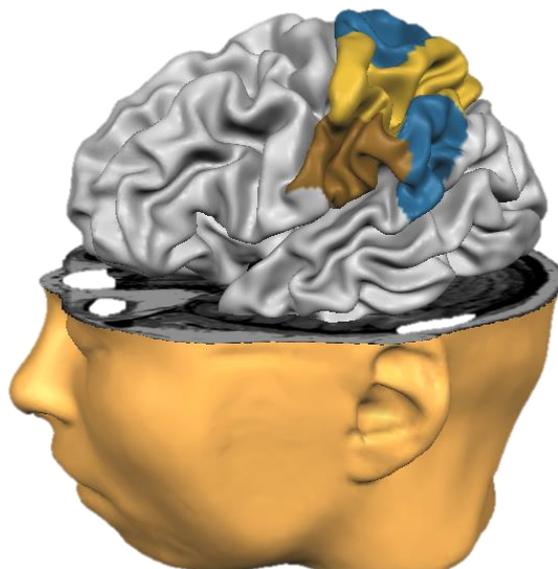
Fonte: Autoria do próprio autor.

2.3 Estimulação do Córtex Parietal Posterior e *Drift* Proprioceptivo

Sabe-se que representações multissensoriais estão associadas à diversas áreas corticais (ROLAND, 1993). Dentre essas áreas, destaca-se o papel do córtex parietal (CP). O CP é uma região cortical que dentre outras funções, tem papel fundamental na integração sensorial gerando representações sensoriais do movimento a ser realizado (ANDERSEN *et al.*, 1997; ROLAND, 1993; RUSCHEL *et al.*, 2014).

O CP pode ser classificado funcionalmente, sendo separado em áreas somatossensoriais e córtex parietal posterior (LENT, 2008). O córtex parietal posterior (CPP) divide-se em superior e inferior (FIGURA 4). Sendo que o CPP superior está relacionado a tarefas motoras orientadas proprioceptiva e visualmente (MAZZONI; ANDERSEN; JORDAN, 1991; PRADO *et al.*, 2005; WENDEROTH *et al.*, 2006) e o CPP inferior na identificação de movimentos, atenção visoespacial e possui conexões frontoparietais ventrais com outras áreas corticais (RUSCHEL *et al.*, 2014).

FIGURA 4: O córtex parietal posterior (CPP) superior em azul e laranja (áreas de Brodmann 5 e 7, respectivamente). CPP inferior em azul e marrom (áreas de Brodmann 39 e 40, respectivamente).



Fonte: Imagem adaptada do software BrainVoyager (Brain Tutor).

Existem evidências da associação entre o CPP e memória de trabalho, indicando a participação do CPP na sustentação de informações sensoriais por breves períodos de tempo (CAVINA-PRATESI *et al.*, 2010; GOLDMAN-RAKIC; HAVEN, 1995; RAWLEY; CONSTANTINIDIS, 2009), podendo ter a memória de trabalho um impacto direto na magnitude do *drift* proprioceptivo. Uma possível forma de investigação da associação entre o CPP, memória de trabalho e a formação de *drift* proprioceptivo se faz pelo uso de técnicas não invasivas de modulação cortical, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). A ETCC é usada para modulação de áreas corticais, de modo a provocar maior fortalecimento de transmissão sináptica ou inibir a comunicação entre neurônios de áreas corticais específicas (LANG *et al.*, 2003; NITSCHKE *et al.*, 2004; ROSENKRANZ *et al.*, 2000). Por meio de eletrodos posicionados no escalpo de um indivíduo busca-se o estimular uma região cortical alvo via o eletrodo anodo (eletrodo positivo) ou inibir via o eletrodo catodo (eletrodo negativo).

A ETCC tem sido usada para verificar participação do CPP em tarefas que envolvem memória de trabalho. England *et al.* (2015) aplicaram a ETCC no CPP esquerdo de indivíduos saudáveis destros. Foi encontrada uma dissociação entre as funções de processamento de coordenadas, relacionada à manutenção da exata localização de um objeto na memória, e o processamento categórico que se refere à manutenção na memória da relação espacial entre objetos. A estimulação anódica no CPP esquerdo esteve associada a melhor desempenho na função de processamento de coordenadas. Tseng *et al.* (2012) observaram que a ETCC sobre o CPP direito promove melhorias na capacidade atencional e facilita a manutenção da memória visual de curto prazo. Filmer *et al.* (2015) encontraram que a estimulação anódica do CPP direito leva a um melhor desempenho em uma tarefa de evocação espacial do que a estimulação do CPP esquerdo. Outros estudos que usaram a ETCC também indicaram associação entre o CPP direito em tarefas cognitivas envolvendo memória de trabalho (BERRYHILL *et al.*, 2010; ZMIGROD, 2014). Berryhill *et al.* (2010) verificaram que a estimulação catódica do CPP direito interfere negativamente na memória de trabalho quando se requer o reconhecimento de estímulos.

A análise dos trabalhos que investigaram a relação entre CPP e memória de trabalho (BERRYHILL *et al.*, 2010; ENGLAND *et al.*, 2015; FILMER *et al.*, 2015; ZMIGROD, 2014) mostram fortes evidências do papel do CPP na manutenção, manipulação e recuperação de informações. Os resultados desses trabalhos corroboram as conclusões apresentadas na revisão da literatura apresentada (OLSON; BERRYHILL, 2009). Para esses autores, é possível afirmar que o CPP apresenta um papel crítico para a memória de trabalho espacial. Apesar dos estudos analisados mostrarem tarefas com ênfase em funções cognitivas e perceptivas, é possível esperar que a ETCC possa fortalecer a memória de trabalho no caso da estimulação anódica ou enfraquecer a memória de trabalho no caso da estimulação catódica e assim, alterar positivamente ou negativamente a magnitude do *drift* proprioceptivo em movimentos manuais.

É também conhecido que o CPP está associado à detecção e às correções *online* realizadas em movimentos manuais guiados visualmente (CULHAM *et al.*, 2003; MUTHA *et al.*, 2014). O CPP tem a função de um “comparador neural” (DESMURGET *et al.*, 1999, p.565) que computa o erro motor e permite a atualização padrões de ativação muscular. A aplicação da estimulação transcraniana sobre o CPP altera a qualidade das correções *online* (DESMURGET *et al.*, 1999) e da adaptação a novas dinâmicas dos movimentos manuais (DELLA-MAGGIORE *et al.*, 2004). Entretanto, a associação entre o CPP e a geração de *drift* proprioceptivo é ainda pouco conhecida e estudada. Ao que parece, só há um estudo na literatura que investigou a associação entre o CPP e *drift* proprioceptivo. Kammers *et al.* (2009) observaram que a aplicação da estimulação transcraniana magnética sobre o CPP diminui os efeitos da ilusão da mão de borracha. Essa diminuição se dá pelo menor nível de *drift* proprioceptivo, que no caso desse paradigma, diz respeito ao deslocamento relativo da percepção sobre a localização da própria mão e da mão de borracha. Esse tipo de achado não esclarece, por exemplo, a relação do CPP e *drift* proprioceptivo em movimentos manuais de apontamento. A partir da revisão da literatura levantada no presente estudo, é possível levantar a hipótese de que a inibição do CPP via ETCC pode diminuir a qualidade das funções relacionadas à memória de trabalho e/ou detecção e correção de erros, aumentando assim a magnitude do *drift* proprioceptivo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar a associação do córtex parietal posterior na geração de *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual.

3.2 Objetivos Específicos

Analisar o efeito da inibição do CPP via ETCC na geração de *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual.

Analisar o efeito da inibição do CPP via ETCC nos mecanismos de controle em uma tarefa de apontamento na privação visual.

4 HIPÓTESES

A inibição do CPP via ETCC aumentará a magnitude do *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual.

A inibição do CPP via ETCC afetará mais o controle *online* do que a fase pré-programada do movimento.

5 MATERIAIS E MÉTODO

5.1 Amostra

A amostra do estudo foi composta por 24 participantes, de ambos os sexos (18 homens e 18 mulheres), destros, com idade entre 18 a 35 anos (idade média = $25,81 \pm 3,91$ anos). Foram incluídos na amostra sujeitos que declararam não apresentar nenhum comprometimento neurológico e não utilizar implantes de metal no crânio ou marca-passos cardíacos. Observou-se, também, queixas de cefaleia recorrentes, apresentação de gravidez, histórico recente de epilepsia e ingestão de medicamentos que fosse susceptível à alteração da excitabilidade do cérebro (NITSCHE *et al.*, 2008). Os voluntários foram recrutados por meio de convite pessoal e anúncio na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

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).

Foi realizado inicialmente um piloto com 10 voluntários para determinar o tamanho da amostra e avaliar e ajustar todos os procedimentos e a tarefa motora aplicada. O cálculo amostral foi realizado a partir software G*Power (versão 3.1) (APÊNDICE 1, 2 e 3).

5.2 Instrumentos e Tarefa

Os instrumentos utilizados neste estudo foram: (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 MovAlyzer (Neuroscript, LLC; Tempe, AZ, USA) e um microcomputador para análise dos dados. Foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para a determinação do índice de lateralidade do participante. Todos os participantes que realizaram a tarefa motora se autodeclararam destros e apresentaram índice de preferência manual acima de 80 pontos para a mão direita.

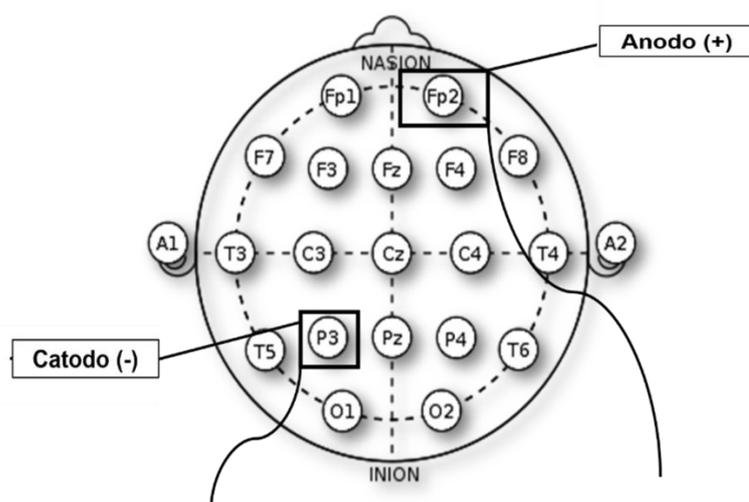
5.2.1 Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de estimulação segura e indolor e de fácil administração. Existem protocolos que definem a aplicação de uma corrente constante de 1mA por 15 a 20 minutos, antes ou durante a tarefa motora, é seguro (NITSCHKE, *et al.*, 2003; NITSCHKE *et al.*, 2008; STAGG; NITSCHKE, 2011b). O equipamento de ETCC utilizado foi o Kit HDC (Magstim, North Carolina, USA).

A corrente contínua que foi transferida por eletrodos, protegidos por esponjas embebidas em solução salina, composta por concentração entre 40 a 150 mM 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).

Foram utilizados os eletrodos anodo (com carga positiva) e o catodo (com carga negativa) em duas regiões corticais distintas, o CPP e a região supra-orbital contralateral. Para determinação do posicionamento de ambos os eletrodos foi utilizado o 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. Detalhes são apresentados na Figura 5.

FIGURA 5: Desenho esquemático adaptado de Nitsche *et al.* (2008) sobre as posições dos eletrodos (em um protocolo), seguindo o sistema internacional 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).

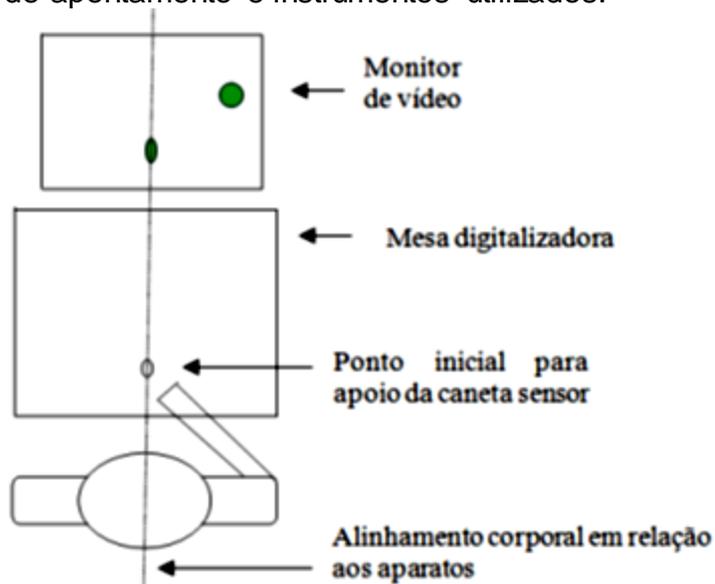
Utilizou-se uma intensidade de 1mA (densidade de corrente de 0,04 mA/cm²; carga total de 0,048 C/cm²). A aplicação da ETCC transcorreu por meio de duas condições distintas, com visão e sem visão, ou seja, durante toda a execução da tarefa motora, salvo a familiarização da tarefa. Foi adotado esse protocolo para que os indivíduos mantivessem a representação central ativa, conquistada na condição com visão, para que se observasse o efeito na condição sem visão (STAGG; NITSCHKE, 2011). Para o protocolo de ETCC catódica foi posicionado o catodo na região P3 e o anodo na região Fp2. O protocolo para placebo teve os mesmos procedimentos da aplicação da ETCC catódica, porém a estimulação permaneceu por apenas 36 segundos nos voluntários. A retirada gradativa da estimulação é feita automaticamente pelo equipamento de ETCC.

5.2.2 Tarefa Motora

Foi usada uma tarefa manual de apontamento que consistiu em deslocar uma caneta-sensor sobre a mesa digitalizadora com a mão direita de forma que o cursor gerado pelo *software*, apresentado no monitor, se deslocasse 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 (FIGURA 6).

Essas características da tarefa foram similares àquelas usadas por Lage (2010) e Lage *et al.* (2012). A meta foi executar o movimento de forma mais rápida e precisa possível. A caneta sensor era posicionada na mesa digitalizadora após o surgimento do ponto inicial, representado na tela do computador. O estímulo ficava disponibilizado na tela por 2,5 segundos. Após esse período, o estímulo desaparecia por aproximadamente 2 a 3 segundos e, logo após, ocorria o surgimento concomitante do alvo e um sinal de partida (“*Start*”) para iniciar a tarefa de apontamento. O alvo possuiu sempre 1 cm de diâmetro, e um ID de 5,2 bits (FITTS, 1954). A tarefa era encerrada após 2 segundos pelo *software*.

FIGURA 6: 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 foram recrutados por meio de convite pessoal e anúncio local dentro da EEFFTO. O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi apresentado aos que se dispuseram a participar da pesquisa (ANEXO 2).

Posteriormente, foram realizados os procedimentos de posicionamento do equipamento de ETCC no escalpo e instruções sobre a tarefa motora. Logo em seguida ocorreu a aplicação da tarefa motora. A tarefa motora foi desempenhada em três momentos: (1) familiarização da tarefa, (2) condição com visão e (3) condição sem visão. Cada sujeito realizou 5 tentativas como forma de familiarização da tarefa motora, mas não houve registro dos dados dessas tentativas. Em seguida, na condição com visão e ETCC ou placebo os sujeitos dos dois grupos puderam utilizar da visão e propriocepção para realizar a tarefa e, assim, receber informação sobre a trajetória do movimento e o acerto ou não do alvo. E por fim, na condição sem visão, o sujeito vendado e

ainda sofrendo o efeito da ETCC ou placebo executava a tarefa apenas com as informações proprioceptivas, sem receber informações sobre acertos e erros ao alvo. Nessa condição, após cada tentativa, a mão de execução do participante era posicionada de forma passiva na posição inicial pelo experimentador. Um intervalo de aproximadamente 30s foi utilizado entre as condições para vendar os participantes, nesse intervalo a ETCC estava ativo. A decisão por estimular os participantes nas duas condições se baseou em dois princípios. O primeiro é de que assim mantém-se um tempo mínimo (30s) entre as condições de forma a não levar ao enfraquecimento da representação gerada na condição com visão. O segundo é de que a ETCC na condição com visão não teria influência no desempenho tendo em vista que a disponibilidade da visão faria a efetiva recalibração da representação.

Os sujeitos executaram 30 tentativas para cada uma das condições supracitadas. No total, os participantes executaram 60 tentativas da tarefa de apontamento. Em todas as condições, com visão e sem visão, 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).

Em todas as tentativas referentes à familiarização e condição com visão os participantes tiveram a mesma quantidade e tipos de informações para a execução motora. Antes de cada tentativa, ponto inicial e alvo surgiam no monitor e, assim, indicando para repousar a caneta sensor no campo referente ao início da tarefa e aguardar. Este estímulo ficou disposto na tela por 2,5 segundos. Logo em seguida, após surgimento de um estímulo sonoro (a palavra “Start”), o sujeito dava início à tarefa motora

Os participantes foram alocados aleatoriamente, contrabalanceados por sexo (6 homens e 6 mulheres), em dois grupos distintos, segundo a modulação

cortical específica assumida para cada um, sendo: (1) grupo que recebeu estimulação catódica no CPP (GC) e (2) grupo que recebeu estimulação placebo (GP).

5.4 Análise e Tratamento dos Dados

As variáveis motoras de desempenho analisadas foram: (1) tempo de reação (TR); (2) tempo de movimento (TM); (3) amplitude (AMP); (4) erro radial (ER).

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, obrigando o participante a refazer a tentativa (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 (“*Start*”), ou seja, do início da amostragem (sample = 0) até o começo do ponto da primeira segmentação (= *Beginning segmentation poin*). O TM, para cada tentativa, teve seu registro pelo *software* como sendo o intervalo, em segundos, da primeira até a última amostragem da ação desempenhada (TEULLINGS; ROMERO, 2003).

O ER é definido como a distância radial entre o ponto final e o alvo. Essa medida, análoga ao erro absoluto em tarefas unidimensionais, informa a magnitude do erro espacial. O cálculo do ER, para cada tentativa, ocorreu da seguinte forma:

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

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 direção do apontamento ocorreu a partir das proposições para medidas bidimensionais, também utilizando-se dos planos cartesianos (HANCOCK; BUTLER; FISCHMAN, 1995). Assim, o viés se deu através do tamanho da reta produzida pela execução motora e, por isso, recebeu a denominação de amplitude (AMP):

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

Sendo que:

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.

As variáveis motoras cinemáticas analisadas foram: (1) pico de velocidade (PV); (2) tempo relativo para o pico de velocidade (TRPV); (3) 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 (LAGE, 2010). 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 (TEULLINGS; ROMERO, 2003).

Utilizou-se um filtro passa-baixa a 12 Hz pelo método de Transformada Rápida de Fourier (FFT). Todas as medidas e métodos de filtragem para as medidas de desempenho e cinemáticas são fornecidas pelo software que foi utilizado nesse experimento (LAGE, 2010).

Foi realizada uma redução dos dados (análise dos outliers) por meio de duas formas, intra-sujeito e intra-grupo. A redução intra-sujeito foi realizada

através da média e desvio padrão das tentativas do sujeito. A redução intra-grupo foi realizada através da média e desvio padrão do grupo no qual o sujeito estava inserido. Para as duas formas de redução de dados foi utilizado o *software* SPSS.

Os dados foram organizados em dois blocos de 30 tentativas por condição (com visão e sem visão). Para análise descritiva e inferencial, os grupos foram analisados em conjunto. Análise de normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de Shapiro-Wilk. O teste de Shapiro-Wilk indicou normalidade para todas as variáveis ($p > 0,05$), com a exceção da medida de pico de velocidade.

Para análise inferencial foram utilizadas Anovas *two-way* com medidas repetidas no segundo fator (2 grupos x 2 condições). Para as análises *post-hoc* foi utilizado o teste de Tukey. O valor de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. O tamanho de efeito foi calculado através do Eta-squared (η^2) e poder estatístico por meio do valor de β da análise de variância. Para a variável PV foram utilizados dois testes de Mann-Whitney para comparação entre os grupos no pré-teste e no pós-teste. Dois testes de Wilcoxon foram utilizados para comparação do pré-teste e do pós-teste para cada grupo. Correção de Bonferroni ($0,05 \div 2$ comparações) foi utilizada sendo adotado o valor de significância de $p < 0,025$, tanto para as análises com o teste de Wilcoxon, quanto para as análises com o teste de Mann-Whitney.

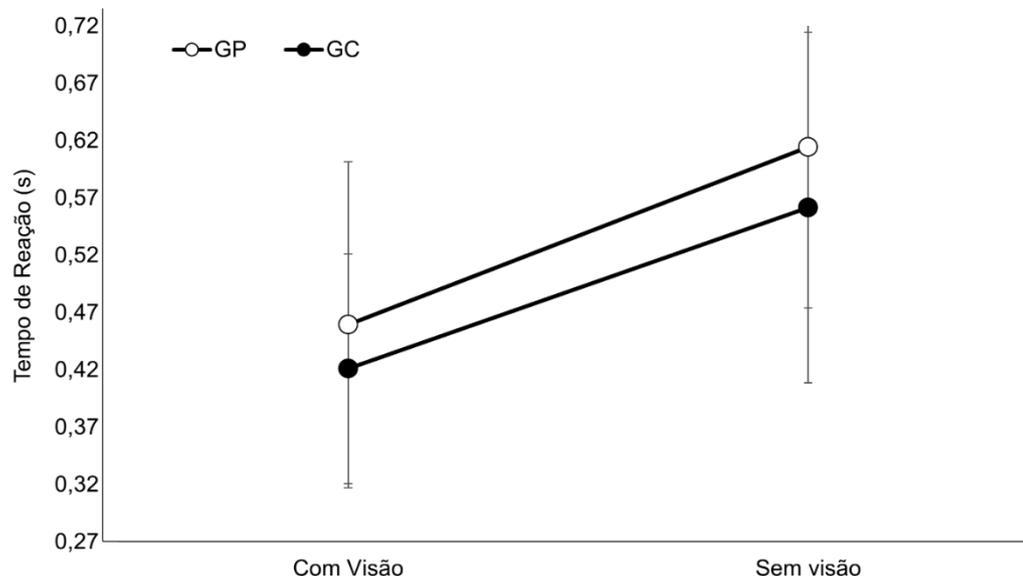
6 RESULTADOS

A média, desvio padrão e o coeficiente de variação dos grupos nas condições com visão e sem visão estão apresentados no Apêndice 4. Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas (30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão) estão apresentados no Apêndice 5.

6.1 Variáveis de desempenho

A análise do TR (GRÁFICO 1) não indicou diferença significativa para o fator Grupos [$F(1,22)=0,77$, $\eta^2=0,09$, $\beta=0,30$, $p>0,05$]. Entretanto, para o fator Condições foi encontrada diferença significativa [$F(1,22)=56,82$, $\eta^2=0,72$, $\beta=1,0$, $p<0,01$]. A análise das médias indicou menor TR na condição com visão comparada à condição sem visão. Não foi encontrada interação significativa entre Grupos X Condições [$F(1,22)=0,13$, $\eta^2=0,00$, $\beta=0,06$, $p>0,05$].

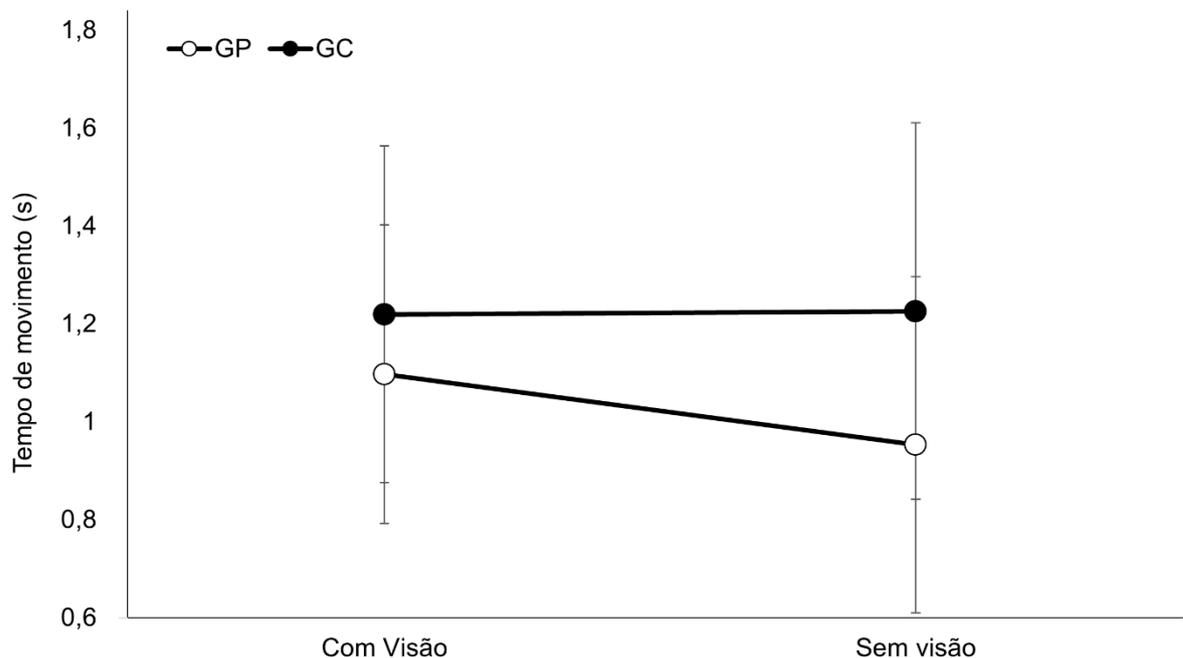
GRÁFICO 1: Média e desvio padrão do tempo de reação do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.



Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; s= segundos.

Para a análise do TM (GRÁFICO 2) não foi encontrada diferença significativa para o fator Grupos [$F(1,22)=2,32$, $\eta^2=0,09$, $\beta=0,30$, $p>0,05$] e para o fator Condições [$F(1,22)=1,57$, $\eta^2=0,06$, $\beta=0,22$, $p>0,05$]. Não foi encontrada interação significativa entre Grupos X Condições [$F(1,22)=1,88$, $\eta^2=0,07$, $\beta=0,25$, $p>0,05$].

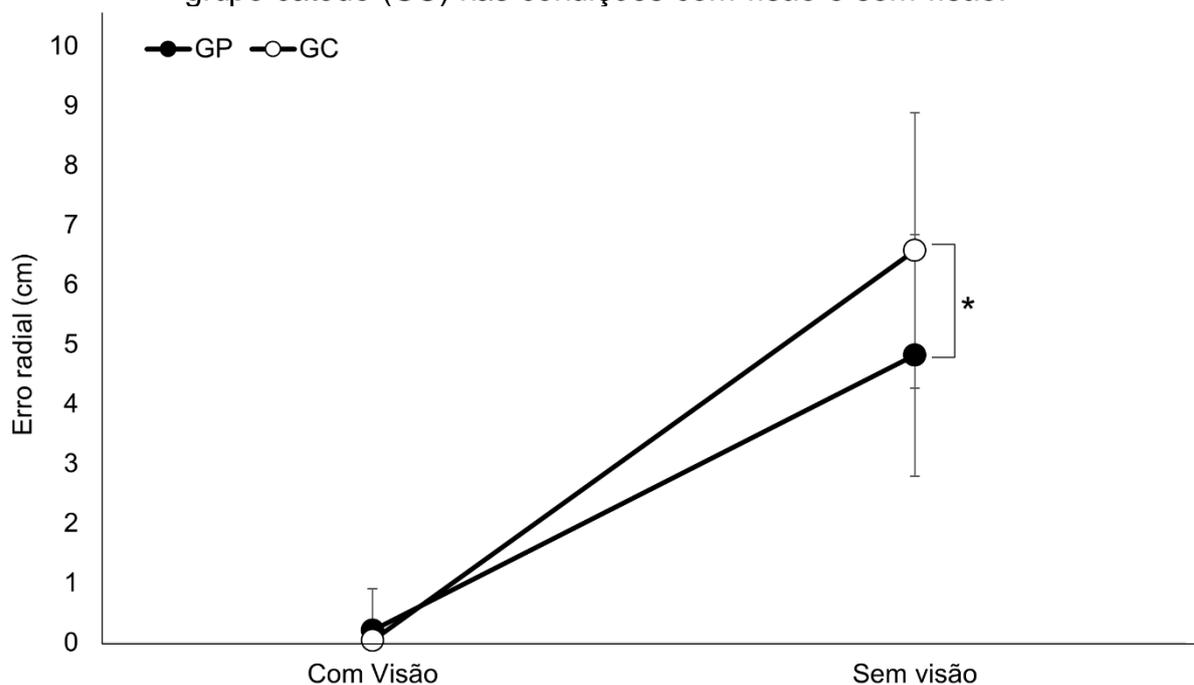
GRÁFICO 2: Média e desvio padrão do tempo de movimento do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.



Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; s = segundos.

A análise do ER (GRÁFICO 3) indicou interação significativa entre os fatores Grupos X Condições [$F(1,22)=4,26$, $\eta^2=0,16$, $\beta=0,50$, $p\leq 0,05$]. O teste *post-hoc* de Tukey indicou que os grupos GP e GC não se diferenciaram na condição com visão ($p>0,05$). Todavia, na condição sem visão o GC apresentou maior ER comparado ao GP ($p<0,01$). Além disso, o teste *post-hoc* de Tukey indicou que o GP apresentou menor ER na condição com visão quando comparado à condição sem visão ($p<0,01$). Da mesma forma no GC, a condição com visão apresentou menor ER quando comparado à condição sem visão ($p>0,01$).

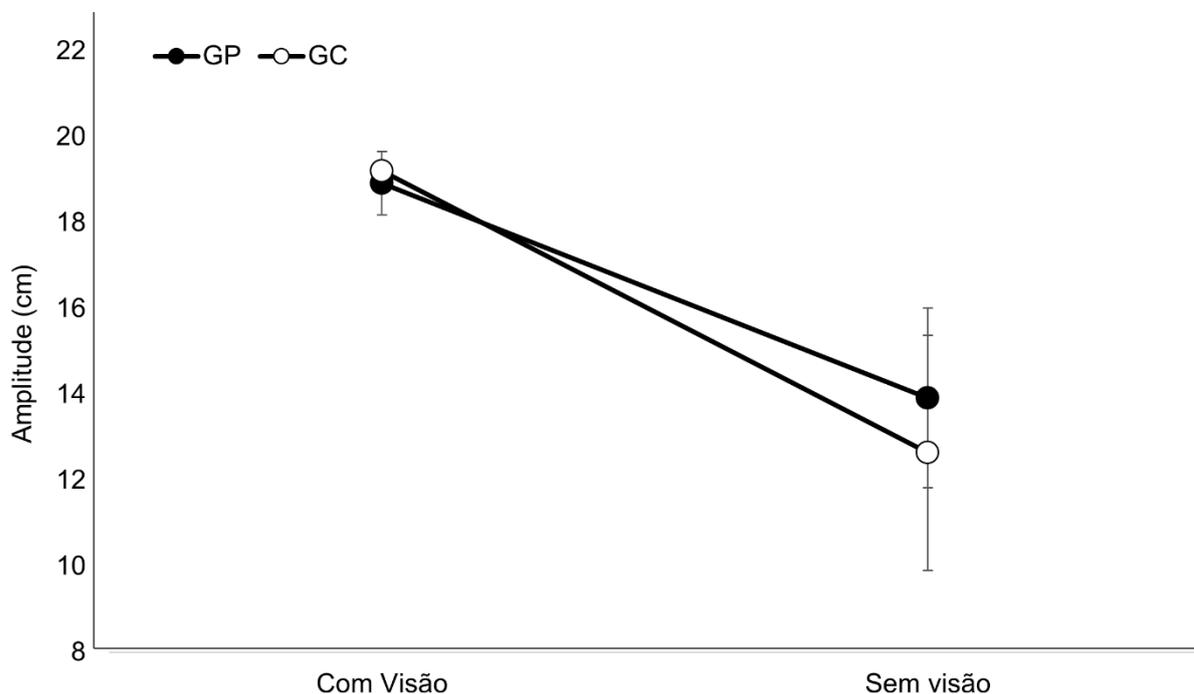
GRÁFICO 3: Média e desvio padrão do erro radial do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.



Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; * = $p < 0,05$; cm = centímetros.

A análise da AMP (GRÁFICO 4) não indicou diferença significativa para o fator Grupos [$F(1,22)=1,06$, $\eta^2=0,04$, $\beta=0,16$, $p > 0,05$]. Contudo, para o fator Condições foi encontrada diferença significativa [$F(1,22)=115,79$, $\eta^2=0,84$, $\beta=1,0$, $p < 0,01$]. A análise das médias indicou maior AMP na condição com visão comparada à condição sem visão. Não foi encontrada interação significativa entre Grupos X Condições [$F(1,22)=2,11$, $\eta^2=0,08$, $\beta=0,28$, $p > 0,05$].

GRÁFICO 4: Média e desvio padrão da amplitude do movimento do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.

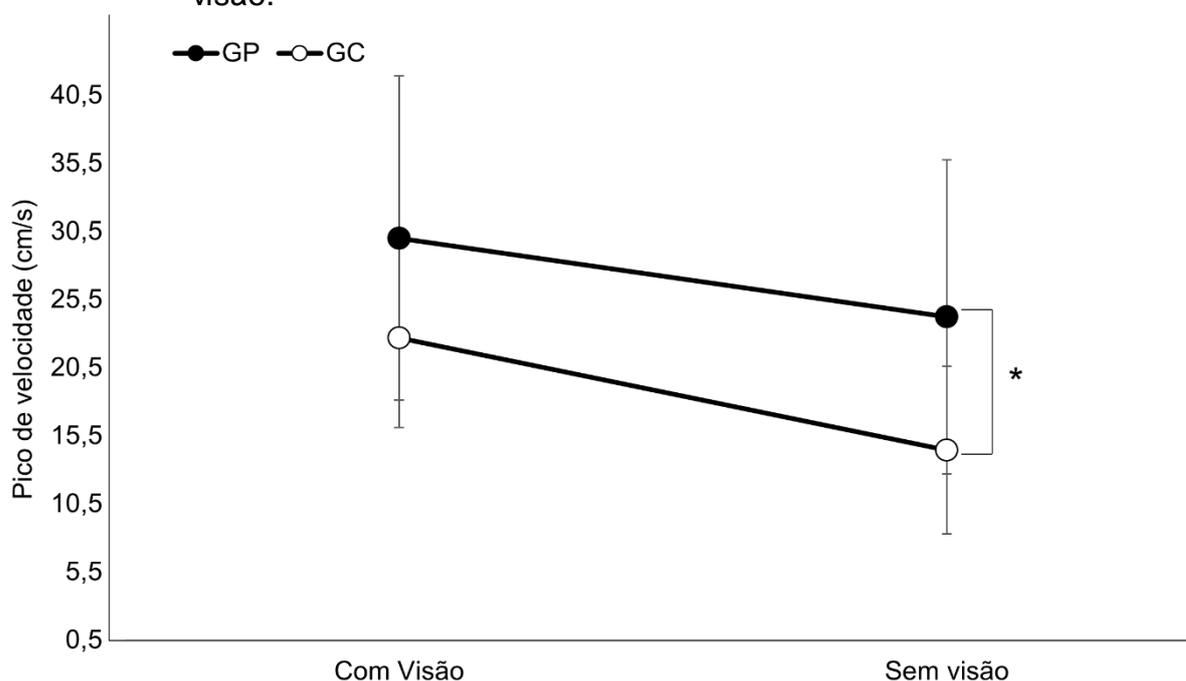


Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; cm = centímetros.

6.2 Variáveis Cinemáticas

Nas análises do PV (Gráfico 5), os testes de Wilcoxon indicaram que somente o grupo GC mudou o desempenho significativamente da condição com visão para a condição sem visão [$Z(24)=2,58$, $p<0,01$]. O GP não apresentou alteração [$Z(24)=1,88$, $p>0,05$]. Os testes de Mann-Whitney indicaram que na condição com visão os grupos não foram diferentes significativamente [$U(12)=43$, $p>0,05$]. Entretanto, na condição sem visão o GC apresentou PV significativamente menor do que o GP [$U(12)=27$, $p<0,025$].

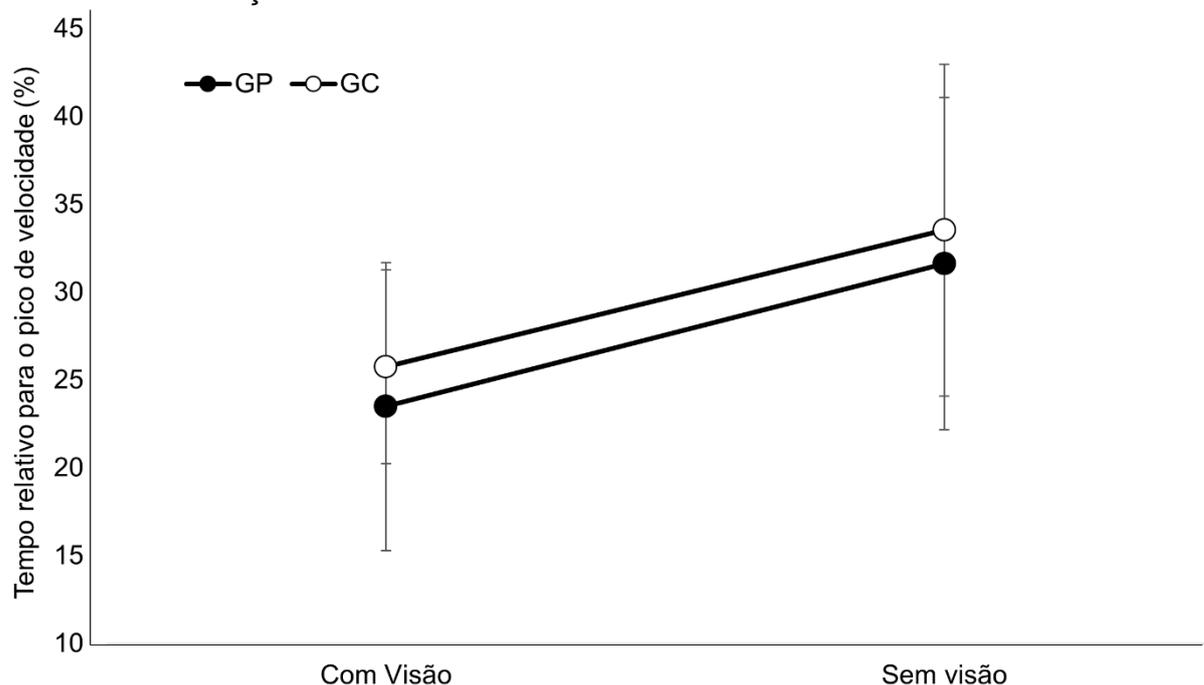
GRÁFICO 5: Média e desvio padrão do pico de velocidade do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.



Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; * = $p < 0,05$; cm/s=centímetros por segundos.

A análise do TRPV (GRÁFICO 6) não indicou diferença significativa para o fator Grupos [$F(1,22)=0,48$, $\eta^2=0,02$, $\beta=0,30$, $p>0,05$]. Entretanto, para o fator Condições foi encontrada diferença significativa [$F(1,22)=24,75$, $\eta^2=0,52$, $\beta=0,99$, $p<0,01$]. A análise das médias indicou menor TRPV na condição com visão comparada à condição sem visão. Não foi encontrada interação significativa entre Grupos X Condições [$F(1,22)=0,01$, $\eta^2=0,00$, $\beta=0,05$, $p>0,05$].

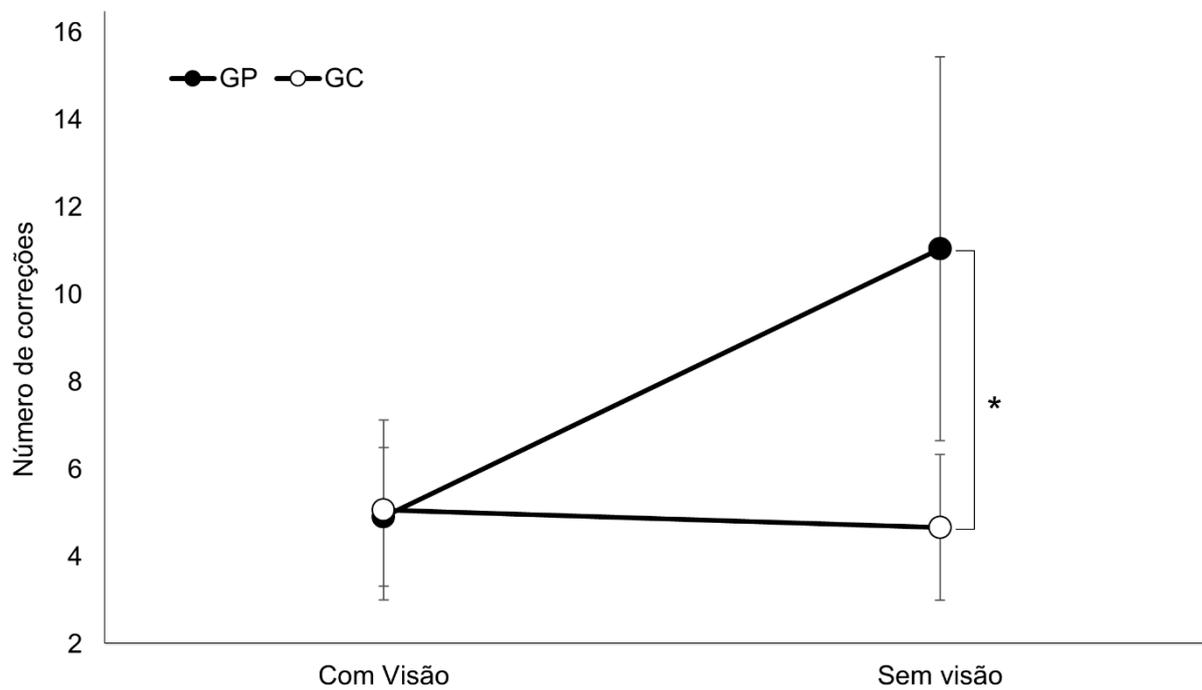
GRÁFICO 6: Média e desvio padrão do tempo relativo para o pico de velocidade do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.



Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; % = Porcentagem.

A análise de NC (GRÁFICO 7) indicou interação significativa entre os fatores Grupos X Condições [$F(1,22)=29,35$, $\eta^2=0,57$, $\beta=0,99$, $p<0,01$]. O teste *post-hoc* de Tukey indicou que os grupos GP e GC não se diferenciaram na condição com visão ($p<0,01$). Porém, na condição sem visão o GP apresentou um NC maior quando comparado ao GC ($p<0,01$). Além disso, o teste *post-hoc* de Tukey indicou que o GP apresentou maior NC na condição com visão quando comparado à condição sem visão ($p<0,01$). Em contrapartida, o teste *post-hoc* de Tukey não indicou diferença entre a condição com visão e sem visão no GC ($p>0,05$).

GRÁFICO 7: Média e desvio padrão do número de correções do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.



Legenda: GC = Grupo catodo; GP = Grupo placebo; * = $p < 0,05$.

7 DISCUSSÃO

O objetivo geral deste estudo foi verificar o papel do córtex parietal posterior (CPP) na geração de drift proprioceptivo. As questões específicas investigadas foram: (1) analisar o efeito da inibição do CPP via ETCC na geração de *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual e (2) analisar o efeito da inibição do CPP via ETCC nos mecanismos de controle em uma tarefa de apontamento na privação visual. Foram levantadas as seguintes hipóteses: (1) que a inibição do CPP via ETCC aumentaria a magnitude do *drift* proprioceptivo em uma tarefa de apontamento na privação visual, e (2) que a inibição do CPP via ETCC afetaria mais o controle *online* do que a fase pré-programada do movimento.

De forma geral, os resultados do presente estudo dão suporte parcial às hipóteses levantadas. Foi confirmada a hipótese de aumento do *drift* proprioceptivo quando o CPP é inibido. A inibição do CPP via ETCC levou a alterações no comportamento da condição com visão para a condição de privação visual. O ER aumentou mais para o GC do que o GP indicando maior nível de *drift* proprioceptivo. Já a hipótese de que a inibição do CPP afetaria mais o mecanismo de controle *online* não foi confirmada. Apesar de ter sido observada diferença no NC entre o GC e o GP na condição sem visão, o que indicaria alterações no uso de *feedback*. Foi também observada uma diferença entre os grupos para PV. O PV é uma medida associada ao controle central, portanto, não confirmando a hipótese de que o mecanismo mais afetado seria o de controle *online*.

7.1 Associação entre a inibição do CPP e a geração de *drift* proprioceptivo

Os resultados do presente estudo mostraram associação entre o CPP e a geração de *drift* proprioceptivo. A inibição dessa região cortical gerou maior nível de *drift* proprioceptivo na condição de privação visual. O nível de ER dos grupos GP e GC não foi diferente na condição com visão. Entretanto, na condição sem visão, sob os efeitos da ETCC catódica, o GC apresentou maior ER comparado ao GP. A atividade neural é codificada pela frequência dos picos de disparo que por sua vez é controlada pelo potencial de membrana. Enquanto potenciais mais negativos reduzem a taxa de disparo, potenciais

mais positivos levam ao aumento da taxa de disparo (PURVES *et al.*, 2012). A ETCC muda a excitabilidade da rede neural, sem disparar potenciais de ação (STAGG; NITSCHKE, 2011).

Enquanto a mudança da excitabilidade via estimulação anódica leva a uma hiperpolarização dos dendritos e uma despolarização do corpo da célula (soma), a estimulação catódica leva a uma despolarização dos dendritos e uma hiperpolarização do corpo celular (LIEBETANZ *et al.*, 2002; NITSCHKE *et al.*, 2003; ROSENKRANZ *et al.*, 2000). Os efeitos modulatórios da ETCC permanecem de minutos a horas, contribuindo para alterações nas funções cerebrais, incluindo as funções motoras. Vários estudos têm sido realizados a partir do estudo de Piori *et al.* (1998) que identificou os aspectos funcionais da ETCC no córtex motor de humanos. No presente estudo, a estimulação catódica do CPP gerou maiores alterações na precisão espacial sob a condição de privação visual do que a condição placebo. Uma das funções conhecidas do CPP no controle motor é a de computar o erro para que correções sejam realizadas. Como observado por Desmurget *et al.* (1999), o CPP é um “comparador neural” que quando estimulado por aplicação da estimulação transcraniana magnética declina a qualidade da precisão espacial.

Dois possíveis caminhos explicativos podem ser pensados para explicar o aumento do *drift* proprioceptivo sob a condição de ETCC catódica. Esses caminhos podem ser mais complementares do que propriamente excludentes. O primeiro caminho explicativo diz respeito às alterações geradas na qualidade da representação do movimento. A hipótese do enfraquecimento proprioceptivo propõe que a informação proprioceptiva sobre a posição do membro é alterada durante períodos prolongados de tempo sem a disponibilidade da visão (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a). O papel do CPP na manutenção de representações centrais tem sido observado (ENGLAND *et al.*, 2015; TSENG *et al.*, 2012). No presente estudo, a aplicação da ETCC no CPP pode ter enfraquecido a representação do movimento, levando assim a uma perda da precisão espacial.

O segundo caminho explicativo diz respeito à hipótese do erro de movimento. Essa hipótese assume que o *drift* proprioceptivo é gerado devido ao acúmulo de erros sobre posição da mão e direção do movimento (BROWN; ROSENBAUM; SAINBURG, 2003a). Como o CPP está associado à detecção e

às correções *online* (CULHAM *et al.*, 2003; MUTHA *et al.*, 2014) a ETCC sobre essa área levaria a uma degradação das informações que compõem a posição da mão e alvo devido à baixa qualidade na detecção e correção *online*. Os erros acumulados na execução são acrescidos ao planejamento da próxima tentativa levando a uma gradual diminuição da precisão espacial. É possível propor que esse aumento de erro, explicado pela hipótese do erro de movimento, tem como consequência a alteração na representação do movimento que pode ser explicado pela hipótese de enfraquecimento proprioceptivo.

As diferenças significativas encontradas entre os grupos na condição de privação visual suportam essa proposta de complementariedade das hipóteses explicativas. Inicialmente, o NC foi idêntico entre os grupos na condição com visão. Com a retirada da visão o GP aumentou o NC, enquanto o GC manteve o NC inalterado. Como a qualidade da utilização de *feedback* pode ter sido diminuída com a inibição, o GC não mudou a estratégia de utilização de *feedback*, diferentemente do que foi observado no GP. Por essa falta de mudança de estratégia e pela possível piora na qualidade da utilização de *feedback* o GC diminuiu mais a precisão espacial do que o GP, inferida pelo maior aumento do ER. A ETCC sobre o CPP parece ter inibido a função de correção *online* a partir da disponibilidade única de informação proprioceptiva o que poderia levar a um maior acúmulo de erros na tentativa e realimentando o planejamento com trajetórias inadequadas. Estudos futuros com delineamentos específicos podem ser conduzidos para a investigação desse possível papel complementar das hipóteses de enfraquecimento proprioceptivo e erro de movimento.

Foi também encontrada diferença no comportamento dos grupos para o PV, sendo que o GC apresentou menor PV do que o GP na condição sem visão. Esse resultado parece fortalecer a hipótese levantada de que tanto o enfraquecimento da informação proprioceptiva, aspecto mais ligado ao controle central, quanto a acumulação de erro, aspecto mais ligado ao controle *online*, participariam da produção do *drift* proprioceptivo. Isso devido ao entendimento de que o PV é uma medida relacionada ao controle central. Uma análise *ad hoc* foi conduzida para verificação do quanto as variáveis associadas ao controle central, TRPV e PV, e a variável relacionada ao controle *online*, NC,

predizem o ER no GC, na condição sem visão. Foi conduzida uma regressão múltipla que indicou que a variável que melhor explica o ER é o PV [$t(N=12) = -3,91$, $b = -0,24$, $R^2 = 0,49$, $p < 0,01$].

Essa análise *ad hoc* mostra uma associação inversa entre PV e ER para o grupo GC. Esse resultado mostra que à medida que o PV é diminuído na condição sem visão, maior ER é gerado. Não foi encontrada associação significativa entre NC e ER. Essa análise desafia a proposição da hipótese de erro de movimento, na qual o acúmulo de erro gerado nas correções *online* seja o fator principal na geração de *drift* proprioceptivo. Entretanto, esse achado não inviabiliza a hipótese de complementariedade proposta no presente estudo. Pois, pequenos ajustes disfuncionais durante o segundo submovimento podem não impactar significativamente no ER, mas podem gerar alterações no próximo planejamento do movimento, levando assim ao enfraquecimento da representação central.

7.2 A inibição do CPP afeta tanto o controle central quanto o controle *online*

A integração sensorial permite a otimização do controle motor por meio de dois mecanismos distintos, o controle em circuito aberto e circuito fechado (CHUA; ELLIOTT, 1993a; ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999b; ELLIOTT; HELSEN, 2001; ELLIOTT *et al.*, 1991). O modelo de controle híbrido para habilidades manuais direcionadas a alvos fixos descreve o primeiro submovimento gerado em circuito aberto (ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001; WOODWORTH, 1899). Em outras palavras, o primeiro submovimento caracteriza-se por ser pré-programado, e possui a função de aproximar a mão do alvo de forma balística. Já o segundo submovimento, caracterizado por um controle *online*, possibilita ajustes na trajetória para atingir o alvo precisamente (BINSTED; HEATH, 1999).

Os resultados mostram alterações provindas da inibição do CPP em uma medida relacionada à fase pré-programada do movimento, o PV. Somente o GC diminuiu o PV da condição com visão para a condição sem visão. Foi também observado um menor PV entre os grupos na condição sem visão. Esses resultados em conjunto não confirmam a hipótese de que o controle

online seria o mais afetado. É possível assumir que o controle *online* também foi afetado pela inibição do CPP, tendo em vista que o GP alterou o NC da condição com visão para a condição sem visão e o GC não alterou, além de que os grupos apresentaram o mesmo nível de NC na condição com visão, mas na condição sem visão o GC apresentou menor NC do que o GP. Áreas parietais posteriores estão interconectadas a uma circuitaria que lida com os dois mecanismos de controle motor, o circuito aberto e o fechado, apesar de muito destaque ser dado à função de detecção e correção *online* (CAMERON; DE LA MALLA; LÓPEZ-MOLINER, 2015; MUTHA *et al.*, 2014). A inibição do CPP impactou tanto na fase pré-programada quanto na fase de correções *online*.

É conhecida uma especificidade funcional das sub-regiões que compõem o CPP. Enquanto a porção superior do CPP parece contribuir mais para o controle *online*, a porção inferior do CPP apresenta um papel importante no planejamento motor (GLOVER, 2004; JOHNSON; GRAFTON, 2003; RIZZOLATTI; MATELLI, 2003). Em complemento, Macuga e Frey (2014) encontraram que na ausência de *feedback* visual a porção inferior também aumenta a ativação. Apesar de não ter sido a hipótese levantada, o impacto da inibição do CPP via ETCC no controle central e periférico faz sentido tendo em vista dois pontos. O primeiro é que a baixa focalidade do ETCC deve ter alterado a excitabilidade do CPP como todo. Um outro ponto está associado à eliminação do *feedback* visual, a retirada da informação visual leva a ativação do CPP como um todo (MACUCA; FREY, 2014).

7.3 Análise das medidas de TR, TM, AMP e TRPV

As medidas de TR, TM, AMP e TRPV não foram influenciadas pela a inibição do CPP. O que foi observado é a influência da disponibilidade ou não da visão nas medidas de TR, TM, AMP e TRPV. Foi encontrado menor TR, maior AMP e menor TRPV na condição com visão comparada à condição sem visão. Todos esses resultados corroboram as alterações esperadas no controle motor quando a visão é retirada.

A disponibilidade ou não da visão altera o controle motor de movimentos manuais (KHAN *et al.*, 2006). O TR, por exemplo, aumenta com a privação

visual e a amplitude do movimento diminui (ELLIOTT; HANSEN, 2010). Comparada à condição com visão, a privação visual em tarefas de apontamento produz maior TRPV seja pela oclusão do alvo (ELLIOTT, DIGBY; BINSTED; HEATH, 1999b), seja pela oclusão do membro que executa a tarefa (KHAN *et al.*, 2006; MORASSO, 1981). Os resultados encontrados no presente estudo corroboram os achados da literatura. Um maior primeiro submovimento devido a privação da visão indica maior dependência da fase pré-programada (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; ELLIOTT; HELSEN; CHUA, 2001).

8 CONCLUSÃO

No presente estudo foi investigado papel do córtex parietal posterior na geração de *drift* proprioceptivo e a participação de mecanismo de controle relacionado à geração de *drift* em tarefa de apontamento na privação visual.

Os resultados permitem concluir que o córtex parietal posterior está relacionado à geração de *drift* proprioceptivo. Isso pode ser visto por meio da medida de desempenho erro radial, que está intimamente ligada à precisão espacial. Resultados de medidas cinemáticas, número de correções no 2º submovimento inalterado e menor pico de velocidade pela inibição do córtex parietal posterior indicam alterações na forma de controle motor na condição de privação visual. Esses achados podem ser explicados por duas hipóteses complementares que tratam da qualidade da representação formada e sobre o acúmulo de erros ao próprio movimento, sendo elas as hipóteses de enfraquecimento proprioceptivo e erro de movimento respectivamente.

Apesar de haver participação de substratos neurais do CPP associados à geração de *drift* proprioceptivo em tarefa de apontamento, será necessário avançar em diversos pontos para melhor elucidar o fenômeno e o envolvimento de mecanismos de controle de movimento de apontamento na privação visual, como a utilização de eletroencefalografia ou modelo animal para esse aprofundamento.

REFERÊNCIAS

- BADDELEY, A. The episodic buffer: A new component of working memory? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 11, p. 417–423, 2000.
- 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.
- BOCK, O.; ECKMILLER, R. Goal-directed arm movements in absence of visual guidance: evidence for amplitude rather than position control. **Experimental brain research**, v. 62, p. 451–458, 1986.
- BOWDITCH, H. P.; SOUTHARD, W. F. A comparison of sight and touch. **Journal of Physiology**, v. 3, n. 3-4, p. 232–245, 1880.
- BROWN, L. E. *et al.* Limb Position *Drift*: Implications for Control of Posture and Movement. **Journal of Physiology**, p. 3105–3118, 2015.
- BROWN, L. E.; ROSENBAUM, D. A.; SAINBURG, R. L. Limb position *drift*: implications for control of posture and movement. **Journal of neurophysiology**, v. 90, n. 5, p. 3105–18, 2003a.
- BROWN, L. E.; ROSENBAUM, D. A.; SAINBURG, R. L. Movement speed effects on limb position *drift*. **Experimental Brain Research**, p. 266–274, 2003b.
- 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**, v. 114, n. 1, p. 390–399, 2015.
- CARLTON, L. Visual processing time and the control of movement. In: PROTEAU, L.; ELLIOTT, D. (Org.). **Vision and motor control**. Amsterdam, p. 3–32, 1992.
- 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.
- CAVINA-PRATESI, C. *et al.* Functional Magnetic Resonance Imaging Reveals the Neural Substrates of Arm Transport and Grip Formation in Reach-to-Grasp Actions in Humans. **Journal of Neuroscience**, v. 30, n. 31, p. 10306–10323, 2010.
- CHUA, R.; ELLIOTT, D. Visual regulation of manual aiming. **Human Movement Science**, v. 12, n. 4, p. 365–401, 1993a.
- COLLIGNON, Q. *et al.* Impact of blindness onset on the functional organization and the connectivity of the occipital cortex. **Brain**, v. 136, n. 9, 2013.

COSTANTINI, M.; HAGGARD, P. The rubber hand illusion: sensitivity and reference frame for body ownership. **Consciousness and cognition**, v. 16, n. 2, p. 229–240, 2007.

CRESSMAN, E. K.; HENRIQUES, D. Y. P. Generalization patterns for reach adaptation and proprioceptive recalibration differ after visuomotor learning. **Journal of Neurophysiology**, v. 114, n. 1, p. 354–365, 2015.

CULHAM, J.C. *et al.* Visually guided grasping produces fMRI activation in dorsal but not ventral stream brain areas. **Experimental Brain Research**, v. 153, p.180–189, 2003.

DELLA-MAGGIORE, V. *et al.* Stimulation of the Posterior Parietal Cortex Interferes with Arm Trajectory Adjustments during the Learning of New Dynamics **The Journal of Neuroscience**, v. 3, n. 24, p.44, 2004.

DESMURGET, M. *et al.* Proprioception does not quickly *drift* during visual occlusion. **Experimental Brain Research**, v. 134, p. 363–377, 2000.

DESMURGET, M. *et al.* Role of the posterior parietal cortex in updating reaching movements to a visual target. **Nature neuroscience**, v. 2, n. 6, p. 563–567, 1999.

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.

DUDAI, Y. Molecular bases of long-term memories: A question of persistence. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 12, n. 2, p. 211–216, 2002.

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

ELLIOTT, D. *et al.* Learning to optimize speed, accuracy, and energy expenditure: a framework for understanding speed-accuracy relations in goal-directed aiming. **Journal of Motor Behavior**, v. 36, n. 3, p. 339–351, 2004.

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

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

ELLIOTT, D.; HELSEN, W. F.; CHUA, R. 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.; *et al.* Goal-directed aiming: two components but multiple processes. **Psychological Bulletin**, v. 136, n. 6, p. 1023–1044, 2010.

ELLIOTT, D.; HANSE, S. Visual regulation of manual aiming: A comparison of methods. **Behavior Research Methods**, v. 42, p. 1087-1095, 2010,

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.

FERRI, S.; RIZZOLATTI, G.; ORBAN, G. A. The organization of the posterior parietal cortex devoted to upper limb actions: An fMRI study. **Human Brain Mapping**, v. 36, n. 10, p. 3845–3866, 2015.

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. 120-6. 2015.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v. 47, n. 6, p. 381, 1954.

GOLDMAN-RAKIC, P. S.; HAVEN, N. Cellular basis of working memory. **Neuron**, v. 14, n. 3, p. 477–485, 1995.

GLOVER, S. Separate visual representations in the planning and control of action. **Behavior Brain Science**, v.27, p. 3–24, 2004.

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.

JOHNSON, S. H.; GRAFTON, S. From ‘acting on’ to ‘acting with’: the functional anatomy of object-oriented action schemata. **Progress in Brain Research**, v. 142, p. 127–139, 2003.

KAMMERS, M.P.M. *et al.* Is this hand for real? Attenuation of the rubber hand illusion by transcranial magnetic stimulation over the inferior parietal lobule. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 21, n. 7, p. 1311-1320, 2009.

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.

KU, Y. *et al.* Sequential Roles of Primary Somatosensory Cortex and Posterior Parietal Cortex in Tactile-visual Cross-modal Working Memory: A Single-pulse Transcranial Magnetic Stimulation (spTMS) Study. **Brain Stimulation**, p. 6–9, 2014.

LAGE, G. M. **Associação entre impulsividade e controle motor**. 2010. 149 f. Tese (Doutorado em Instituto de Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG.

LAGE, G. M. *et al.* Visual and tactile information in the double-bass intonation control. **Motor Control**, v. 11, p. 151-165, 2007.

LAGE, G. M. *et al.* A kinematic analysis of manual aiming control on euthymic bipolar disorder. **Psychiatry Research**, v. 208, n. 2, p. 140–144, 30 jul. 2013.

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.

LAGE, G.M. *et al.* Association between the Catechol-O-Methyltransferase (COMT) Val158Met Polymorphism and Manual Aiming Control in Healthy Subjects. **Plos One**, v. 9, p. e99698, 2014.

LANG, N. *et al.* Transcranial Magnetic Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation, Proceedings of the 2nd International Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Symposium. **Clinical Neurophysiology**, v. 56, 2003.

LENT, R. **Neurociência da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LIEBETANZ, D. *et al.* Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC stimulation induced after effects of human motor cortex excitability. **Brain**, v. 125, n. 10, p. 2238-2247, 2002.

LOPEZ, C. *et al.* Tactile and vestibular mechanisms underlying ownership for body parts: a non-visual variant of the rubber hand illusion. **Neuroscience letters**, v. 511, n. 2, p. 120–4, 2012.

MACUGA K. L.; FREYB, S. H. Differential contributions of the superior and inferior parietal cortex to feedback versus feedforward control of tools. **Neuroimage**. v.15; 92: 36–45, 2014.

MAKIN, T. R.; HOLMES, N. P.; EHRSSON, H. H. On the other hand: dummy hands and peripersonal space. **Behavioural Brain Research**, v. 191, n. 1, p. 1–10, 5 ago. 2008.

MAZZONI, P.; ANDERSEN, R. A.; JORDAN, M. I. A more biologically plausible learning rule for neural networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 88, n. 10, p. 4433–4437, 1991.

MORASSO, P. Spatial control of arm movements. **Experimental Brain Research**, v. 42, n. 2, p. 223–227, 1981.

MUTHA, P.K;STAPP, L.H; SAINBURG, R.L; HAALAND, K.Y. Frontal and parietal cortex contributions to action modification. **Cortex**, v. 57, p. 38-50, 2014.

NADEL, L.; MOSCOVITCH, M. Memory consolidation and the hippocampal complex. **Cognitive Science**, v. 7, n. 2, p. 217–227, 1997.

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

NITSCHKE, M. A. *et al.* MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex. **Clinical Neurophysiology**, v. 115, n. 10, p. 2419–2423, 2004.

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

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

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

OLSON, I.R; BERRYHILL, M. Some surprising findings on the involvement of the parietal lobe in human memory. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 91, n. 2, p. 155 – 165, 2009.

ORBAN, G. A. *et al.* Mapping the parietal cortex of human and non-human primates. **Neuropsychologia**, v. 44, n. 13, p. 2647 – 2667, 2006.

PAILLARD, J.; BROUCHON, M. Active and passive movements in the calibration of position sense. **The Neuropsychology of Spatially Oriented Behavior**, p. 37 – 55, 1968.

PRADO, J. *et al.* Two cortical systems for reaching in central and peripheral vision. **Neuron**, v. 48, n. 5, p. 849 – 858, 2005.

PRIORI, A. *et al.* Polarization of the human motor cortex through the scalp. **Neuroreport**, v. 9, n. 10, p. 2257–2260, 1998.

PROTEAU, L.; MARTENIUK, R. G. Static visual information and the learning and control of a manual aiming movement. **Human Movement Science**, v. 12, n. 5, p. 515 – 536, 1993.

PURVES, D. *et al.* **Neuroscience**. 5^o ed. Sunderland, MA U.S.A: Sinauer Associates, Inc. 2012.

QIN, W. *et al.* Functional connectivity density in congenitally and late blind subjects. **Cerebral Cortex**, v. 25, n. 9, p. 2507-2516, 2014.

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.

REPOVŠ, G.; BADDELEY, A. The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. **Neuroscience**, v. 139, n. 1, p. 5 – 21, 2006.

RIZZOLATTI, G.; MATELLI, M. Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions. **Experimental Brain Research**, v. 153, p.146–157, 2003.

ROLAND, P. E. **Brain activation**. New York: Wiley Series in Neuroscience, v. 1, 1993.

ROSENKRANZ, K. *et al.* Diminution of training-induced transient motor cortex plasticity by weak transcranial direct current stimulation in the human. **Neuroscience letters**, v. 296, n. 1, p. 61 – 63, 2000.

RUSCHEL, M. *et al.* Connectivity architecture and subdivision of the human inferior parietal cortex revealed by diffusion MRI. **Cerebral Cortex**, v. 24, n. 9, 2014.

SALOMONCZYK, D.; CRESSMAN, E. K.; HENRIQUES, D. Y. P. Proprioceptive recalibration following prolonged training and increasing distortions in visuomotor adaptation. **Neuropsychologia**, v. 49, n. 11, p. 3053 – 362, 2011.

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

SONG, S.; COHEN, L. G. Conscious recall of different aspects of skill memory. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 8, n. 1, 2014.

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

TODD, J. J.; MAROIS, R. Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. **Nature**, v. 166, n. 1, p. 162 – 166, 2004.

TSAY, A. *et al.* Limb position sense , proprioceptive *drift* and muscle thixotropy at the human elbow joint. **The Journal of Physiology**, v. 12, p. 2679 – 2694, 2014.

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 – 10561, 2012.

VAN BEERS, R. J.; SITTING, A. C.; DENIER VAN DER GON, J. J. The precision of proprioceptive position sense. **Experimental Brain Research**, v. 122, n. 4, p. 367 – 377, 1998.

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

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

WINDHORST, U. Muscle proprioceptive *feedback* and spinal networks. **Brain research bulletin**, v. 73, n. 4, p. 155 – 202, 2007.

WOODWORTH, R. S. The Accuracy of Voluntary Movement. **Psychological Review**, v. 3, n. 3, 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.

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA	
- DADOS DA VERSÃO 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 Responsável: Guilherme Menezes Lage	
Área Temática:	
Versão: 1	
CAAE: 51014615.1.0000.5149	
Submetido em: 14/11/2015	
Instituição Proponente: Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais	
Situação da Versão do Projeto: Aprovado	
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável	
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio	
Comprovante de Recepção:  PB_C1	

Legenda: Essa imagem trata-se de uma cópia da página de detalhamento do projeto aprovado na Plataforma Brasil.

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 EEFFTO.

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

APÊNDICE 1: Análise estatística do piloto. Anova *two-way* (2 Grupos x 2 Condições) com medidas repetidas no segundo fator.

	GL	F	P	η^2	β
Grupos	1	1,30	0,28	0,14	0,17
Erro 1	8				
Condições	1	40,40	0,00	0,83	0,99
Interação	1	1,15	0,31	0,12	0,15
Erro 2	8				

Legenda: GL = graus de liberdade

APÊNDICE 2: Parâmetros estatísticos para comparação da Anova *two-way* com medidas repetidas.

Parâmetros estatísticos	
Valor de F mínimo para encontrar diferenças	4,35
GL do numerador	1
GL do denominador	20
Total da amostra	22
Poder estatístico	0,90

Legenda: GL = graus de liberdade

APÊNDICE 3: Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas - 30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão do estudo piloto.

	Erro radial	
	Com Visão	Sem visão
GP	0,00	3,03
GP	0,00	4,34
GP	0,01	6,13
GP	0,00	1,41
GP	0,02	1,18
GC	0,00	5,58
GC	0,00	1,39
GC	0,27	5,29
GC	0,00	5,30
GC	0,00	5,34

Legenda: GP = grupo placebo; GC = grupo catodo.

APÊNDICE 4: Média, desvio padrão e coeficiente de variação do grupo placebo (GP) e do grupo catodo (GC) nas condições com visão e sem visão.

	Média														
	TR (s)		TM (s)		PV (cm/s)		TRPV (%)		NC		ER (cm)		AMP (cm)		
	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	
GP	0,46	0,61	1,10	0,95	30,01	24,23	23,49	31,63	4,92	11,06	0,20	4,82	18,92	13,92	
GC	0,42	0,56	1,22	1,23	22,68	14,44	25,76	33,54	5,08	4,68	0,03	6,57	19,21	12,64	
	Desvio padrão														
	GP	0,14	0,14	0,30	0,34	11,89	11,53	8,20	9,47	1,58	4,40	0,69	2,02	0,73	2,09
	GC	0,10	0,15	0,34	0,38	6,59	6,14	5,51	9,45	2,05	1,67	0,12	2,31	0,19	2,74
	Intervalo de confiança (\pm)														
	GP	0,08	0,08	0,17	0,19	6,73	6,52	4,64	5,36	0,90	2,49	0,39	1,15	0,41	1,18
	GC	0,06	0,09	0,19	0,22	3,73	3,47	3,12	5,34	1,16	0,94	0,07	1,31	0,11	1,55
	Coeficiente de variação (%)														
	GP	30,97	22,86	27,76	36,00	39,62	47,58	34,89	29,93	32,17	39,75	339,77	42,00	3,86	15,03
	GC	23,84	27,22	28,16	31,32	29,06	42,53	21,39	28,16	40,48	35,62	337,69	35,09	0,99	21,64

Legenda: TR = Tempo de reação; TM = Tempo de movimento; PV = pico de velocidade; TRPV = Tempo relativo para o pico de velocidade; NC = Número de correções; ER = erro radial; AMP = amplitude do movimento; s = segundos; cm/s = centímetro por segundo; % = porcentagem; cm = centímetro.

APÊNDICE 5: Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas - 30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão.

	TR (s)		TM (s)		PV (cm/s)		TRPV (%)	
	Com Visão	Sem visão						
GP	0,66	0,70	1,38	0,85	52,40	29,10	0,13	0,30
GP	0,59	0,62	1,32	1,68	26,27	17,04	0,19	0,23
GP	0,41	0,47	0,85	0,71	24,44	14,09	0,34	0,46
GP	0,37	0,62	0,81	0,63	47,56	53,42	0,15	0,20
GP	0,39	0,46	0,79	0,65	28,20	24,76	0,34	0,37
GP	0,76	0,90	1,49	0,77	29,83	36,26	0,17	0,28
GP	0,43	0,76	1,41	1,28	19,25	23,38	0,22	0,21
GP	0,34	0,56	0,81	0,75	36,74	26,67	0,17	0,27
GP	0,49	0,73	1,25	0,96	18,84	14,58	0,25	0,39
GP	0,32	0,55	0,88	1,09	38,16	19,90	0,19	0,23
GP	0,31	0,41	1,44	1,42	11,78	12,27	0,32	0,41
GP	0,44	0,58	0,74	0,65	26,60	19,29	0,35	0,45
GC	0,54	0,53	2,18	2,20	13,85	4,13	0,22	0,21
GC	0,59	0,87	1,21	1,12	19,71	19,23	0,32	0,40
GC	0,52	0,73	1,19	1,27	25,89	7,05	0,30	0,47
GC	0,41	0,72	1,10	1,09	18,58	16,41	0,30	0,32
GC	0,39	0,43	1,27	1,38	22,83	13,32	0,17	0,32
GC	0,29	0,37	0,87	1,03	34,57	17,80	0,23	0,29
GC	0,36	0,45	1,25	1,50	17,27	11,66	0,28	0,24
GC	0,35	0,44	1,12	1,26	26,08	22,26	0,29	0,33
GC	0,39	0,55	0,97	1,26	27,27	13,31	0,25	0,29
GC	0,39	0,56	1,20	0,61	19,55	25,55	0,18	0,51
GC	0,29	0,43	0,86	0,90	31,92	11,87	0,21	0,23
GC	0,52	0,66	1,42	1,08	14,60	10,65	0,34	0,41

Legenda: TR = Tempo de reação; TM = Tempo de movimento; PV = pico de velocidade; TRPV = Tempo relativo para o pico de velocidade. s = segundos; cm/s = centímetro por segundo; % = porcentagem; cm = centímetro.

APÊNDICE 6: Os valores em média de cada um dos participantes nas 60 tentativas - 30 tentativas com visão e 30 tentativas sem visão.

	NC		ER (cm)		AMP (cm)	
	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão	Com Visão	Sem visão
GP	6,90	7,67	0,00	3,03	13,16	9,53
GP	6,70	15,00	0,00	4,34	13,15	8,16
GP	3,38	8,48	0,01	6,13	13,37	6,35
GP	4,33	7,10	0,00	1,41	13,07	11,72
GP	3,07	7,57	0,02	1,18	12,78	11,47
GP	7,27	7,37	1,65	2,38	11,46	10,24
GP	6,07	17,53	0,00	4,85	13,06	10,01
GP	3,47	8,70	0,00	3,04	13,10	9,63
GP	4,83	13,57	0,00	3,15	13,21	9,82
GP	4,34	12,63	0,00	3,24	13,07	9,17
GP	5,83	19,40	0,00	2,90	12,71	9,66
GP	2,87	7,67	0,00	3,90	13,21	8,53
GC	10,60	8,87	0,00	5,58	13,11	10,56
GC	3,93	3,00	0,00	1,39	13,08	12,31
GC	4,77	4,10	0,27	5,29	13,53	7,22
GC	2,43	3,30	0,00	5,30	13,17	7,29
GC	6,03	5,23	0,00	5,34	13,07	7,55
GC	3,97	4,37	0,00	6,09	13,04	7,51
GC	5,43	6,23	0,00	2,70	13,16	10,11
GC	5,13	4,03	0,00	2,51	13,07	10,71
GC	4,37	5,20	0,01	6,01	13,15	6,43
GC	4,17	3,03	0,00	3,54	13,14	9,16
GC	3,63	3,50	0,00	5,81	13,12	6,89
GC	6,43	5,27	0,00	4,42	13,06	8,08

Legenda: NC = Número de correções; ER = erro radial; AMP = amplitude do movimento; s = segundos; cm/s = centímetro por segundo; % = porcentagem; cm = centímetro.