



UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física – PPGCAF

DESIRÉE MAHET OLIVEIRA

**EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR
CORRENTE CONTÍNUA NO VOLUME DE REPETIÇÕES, CONTROLE
INIBITÓRIO E PERCEPÇÃO DO ESFORÇO NO EXERCÍCIO DE
AGACHAMENTO**

Niterói

2026

DESIRÉE MAHET OLIVEIRA

EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR
CORRENTE CONTÍNUA NO VOLUME DE REPETIÇÕES, CONTROLE
INIBITÓRIO E PERCEPÇÃO DO ESFORÇO NO EXERCÍCIO DE
AGACHAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física, da Universidade Salgado de Oliveira, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Atividade Física. Área de Concentração: Aspectos Biodinâmicos e socioculturais das atividades físicas. Linha de Pesquisa: Aspectos fisiológicos e neuropsicológicos da prescrição do exercício físico na saúde e desempenho humano. Projeto de Pesquisa: Estimulação transcraniana por corrente contínua aplicada à saúde e ao desempenho físico. Prof. Dr. José Eduardo Lattari Rayol Prati

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Lattari Rayol Prati

Coorientador: Prof. Dr. Gonzalo Márquez

Niterói

2026

CIP - Catalogação na Publicação

Oliveira, Desirée Mahet.

O48 Efeitos agudos da estimulação transcraniana por corrente contínua no volume de repetições, controle inibitório e percepção do esforço no exercício de agachamento. / Desirée Mahet Oliveira. – Niterói, RJ, 2026.

xi, 12-67.; il., tabs.

[Numeração da publicação: [i] – xi -12-67p.

Referências: P. 53-59.

Apêndice(s): P. 64-67.

Anexo(s): 60-63

Orientador: Prof. PhD. José Eduardo Lattari Rayol Prati.

Coorientador: Prof. PhD. Gonzalo José Márquez Sanchez.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Atividade Física) - Universidade Salgado de Oliveira, 2026.

1. Atividade Física - Agachamento. 2. Agachamento – Estímulo transcraniano – Corrente contínua. 3. Função cognitiva – Repetição. I. TÍTULO.

CDD 613.714

DESIRÉE MAHET OLIVEIRA

**“EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR
CORRENTE CONTÍNUA NO VOLUME DE REPETIÇÕES, CONTROLE
INIBITÓRIO E PERCEPÇÃO DO ESFORÇO NO EXERCÍCIO DE
AGACHAMENTO.”**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências da Atividade Física, aprovada no dia 06 de maio de 2026 pela banca examinadora, composta pelos professores:

Documento assinado digitalmente
 JOSE EDUARDO LATTARI RAYOL PRATI
Data: 03/05/2026 17:45:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. José Eduardo Lattari Rayol Prati

Professor do PPG em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira
(UNIVERSO)

MARQUEZ SANCHEZ
GONZALO JOSE -
76914742M

Firmado digitalmente por
MARQUEZ SANCHEZ
GONZALO JOSE - 76914742M
Fecha: 2026.05.12 09:00:00
+02'00'

Prof. Dr. Gonzalo Márquez Sánchez

Professor da Universidade da Coruña
(UDC)

Documento assinado digitalmente
 GUILHERME DE FREITAS FONSECA
Data: 12/05/2026 08:43:20-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Guilherme de Freitas Fonseca

Professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
(UERJ)

Documento assinado digitalmente
 WALACE DAVID MONTEIRO
Data: 14/05/2026 07:57:54-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Wallace David Monteiro

Professor do PPG em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira
(UNIVERSO)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, pela capacidade de aprender e por toda sabedoria concedida ao longo dessa jornada. Por ter me permitido compreender, evoluir e vivenciar todo esse processo, tornando possível a construção deste trabalho. Agradeço à minha família, por toda rede de apoio, incentivo e suporte ao longo dessa caminhada. Sem vocês, tudo seria muito mais difícil. Em especial à minha mãe, ao meu padrasto e ao meu pai, por estarem sempre presentes, acreditando em mim e me apoiando em todos os momentos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Eduardo Lattari, minha sincera gratidão pela paciência, generosidade e dedicação. Obrigada por todos os ensinamentos, pela confiança no meu trabalho e por contribuir de forma tão significativa para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Ao meu coorientador, Prof. Dr. Gonzalo Márquez, pelos apontamentos durante a qualificação. Aos professores da instituição, em especial ao professor Carlão, professor Roberto, professora Marta e professor Wallace, agradeço pelas aulas, pelos ensinamentos e por toda troca ao longo dessa trajetória. Agradeço à Universidade Salgado de Oliveira pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado, que compartilharam comigo essa jornada, tornando o caminho mais leve. Em especial à Geanny Flor, que esteve presente desde o início e me acolheu tão bem, e ao Igor Mattos e Ramdel Caldas, meus parceiros de pesquisa, pela colaboração e apoio. Aos amigos Matheus Caldas, Matheus Garcia, Mel França, Emanuel Davi, Alexandre Gonçalves, Ricardo, Samuel Moreno, Luíz Paulo Pimenta e Daniel, obrigada pela convivência, parceria e troca de experiências. Aos meus alunos de iniciação científica, Anthony Ramos e João, agradeço a dedicação, colaboração e contribuição ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também ao Pedro Ivo e ao Marlon Peçanha, que, mesmo não sendo da instituição, tiveram um papel fundamental ao me incentivar a retomar os estudos e ingressar no meio acadêmico.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

Dedico este trabalho à minha vovó e ao meu vovô, que, de onde estiverem, sei que estariam muito orgulhosos de mim. Sempre souberam o quanto eu sonhei e desejei trilhar esse caminho, e tenho certeza de que, hoje, estariam felizes e satisfeitos por essa conquista.

EPÍGRAFE

“O cérebro é o maestro do desempenho: quando modulado, sustenta a persistência mesmo diante da fadiga e da adversidade.”

- Desirée Mahet Oliveira

MAHET, Desirée O. Efeitos agudos da estimulação transcraniana por corrente contínua no volume de repetições, controle inibitório e percepção do esforço no exercício de agachamento. Dissertação (Mestrado em Ciências da Atividade Física). Universidade Salgado de Oliveira, Niterói, 2026.

RESUMO

Objetivos: Investigar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no volume de repetições, controle inibitório e percepção de esforço em um protocolo no exercício de agachamento com indivíduos experientes no treino de força. **Métodos:** Foram recrutados vinte homens saudáveis, com experiência mínima de dois anos no treinamento de força, para realizarem cinco visitas ao laboratório de cineantropometria da Universidade Salgado de Oliveira. A primeira visita foi destinada para anamnese, avaliação antropométrica, sessão de familiarização e teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício de agachamento parcial na máquina smith. A segunda visita foi utilizada para um re-teste de 1RM no exercício de agachamento parcial ($ICC = 0,989$; $IC95\%: 0,970-0,996$; $p < 0,001$). As terceiras, quartas e quintas visitas foram realizadas de forma randomizada e contrabalanceada, realizadas com um intervalo entre 48 e 72 horas entre elas, para as seguintes sessões experimentais: ETCC-a, estimulação transcraniana por corrente contínua catódica (ETCC-c) e estimulação transcraniana por corrente contínua placebo (*sham*). Nas sessões ETCC-a ETCC-c os participantes foram estimulados por 20 minutos e intensidade de corrente de 2 mA ($0,08 \text{ mA/cm}^2$). Para a sessão *sham*, o estimulador foi desligado após 60 segundos de estimulação ativa. Antes e depois da estimulação os sujeitos foram submetidos ao teste de controle inibitório (*Stroop*) bem como após o protocolo de treino no exercício de agachamento parcial. O protocolo de treino/exercício de agachamento parcial foi realizado em séries de cinco repetições, um minuto de intervalo entre as séries e carga de 80% de 1RM até a falha concêntrica do movimento. O volume de treinamento foi determinado pelo número total de repetições durante as séries. Dez minutos ao final do protocolo de treinamento foi mensurada a PSE da sessão. **Resultados:** O volume total de treinamento foi significativamente maior na condição ETCC-a em comparação às condições ETCC-c ($MED = 67,5$ repetições [$59,25$] vs. $MED = 43,0$ repetições [$37,25$]; $p = 0,0057$) e Sham ($MED = 43,5$ repetições [$47,25$]; $p < 0,0001$), enquanto não foram observadas diferenças significativas entre as condições ETCC-c e Sham ($p = 0,2446$). Em relação ao desempenho do controle inibitório, não foram observados efeitos significativos para o número de erros ($\chi^2_{(8)} = 15,229$; $p = 0,055$), nem para o tempo de conclusão da tarefa ($\chi^2_{(8)} = 14,445$; $p = 0,071$). Contudo, foi observado efeito significativo para a medida de interferência *Stroop* ($\chi^2_{(8)} = 15,917$; $p = 0,044$). No entanto, as análises pós-hoc realizadas por meio do teste de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni não revelaram diferenças pareadas significativas entre as condições ou os momentos de avaliação (todos os $p > 0,05$). Por fim, não foram observadas diferenças na PSE da sessão entre as condições ($p = 0,28$). **Conclusões:** A ETCC-a aplicada sobre o CPFDL aumentou o volume de repetições em indivíduos treinados no exercício de agachamento, sem alterar a percepção subjetiva de esforço ou o controle inibitório. Esses achados sugerem a participação de outros mecanismos cognitivos e psicofisiológicos na melhora do desempenho observada.

Palavras chaves: Estimulação cerebral não invasiva, repetições, funções cognitivas, escala de percepção de esforço.

MAHET, Desirée O. *Acute Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Repetition Volume, Inhibitory Control, and Rating of Perceived Exertion (RPE) During the Squat Exercise*. 2026. Dissertation (Master's Degree in Physical Activity Sciences) Salgado de Oliveira University, Niterói, Brazil, 2026.

ABSTRACT

Objectives: The present dissertation aimed to investigate the effects of transcranial direct current stimulation on repetition volume, inhibitory control, and perceived exertion during a squat exercise protocol in individuals experienced in resistance training. **Methods:** Twenty healthy men with a minimum of two years of resistance training experience were recruited to complete five visits to the kinesiological anthropometry laboratory of Salgado de Oliveira University. The first visit consisted of anamnesis, anthropometric assessment, a familiarization session, and a one-repetition maximum (1RM) test in the partial squat exercise performed on a Smith machine. The second visit was used for a 1RM retest in the partial squat exercise (ICC = 0,989; IC95%: 0,970–0,996; $p < 0,001$). The third, fourth, and fifth visits were conducted in a randomized and counterbalanced order, with 48–72 hours between sessions, and comprised the following experimental conditions: a-tDCS, cathodal transcranial direct current stimulation (c-tDCS), and *sham* stimulation. In the a-tDCS and c-tDCS sessions, participants received stimulation for 20 minutes at a current intensity of 2 mA (0.08 mA/cm²). In the *sham* session, the stimulator was turned off after 60 seconds of active stimulation. Before and after stimulation, participants completed an inhibitory control test (*Stroop*), as well as after the partial squat training protocol. The partial squat training protocol consisted of sets of five repetitions, one-minute rest intervals between sets, and a load corresponding to 80% of 1RM, performed to concentric failure. Training volume was determined by the total number of repetitions performed across sets. Ten minutes after the end of the training protocol, session RPE was assessed. **Results:** Total training volume was significantly higher in the a-tDCS condition compared to the c-tDCS condition (MED = 67.5 repetitions [59.25] vs. MED = 43.0 repetitions [37.25]; $p = 0.0057$) and the *sham* condition (MED = 43.5 repetitions [47.25]; $p < 0.0001$), whereas no significant differences were observed between the c-tDCS and *sham* conditions ($p = 0.2446$). Regarding inhibitory control performance, no significant effects were observed for the number of errors ($\chi^2(8) = 15.229$; $p = 0.055$) or task completion time ($\chi^2(8) = 14.445$; $p = 0.071$). However, a significant effect was observed for the *Stroop* interference measure ($\chi^2(8) = 15.917$; $p = 0.044$). However, post hoc analyses using the Wilcoxon test with Bonferroni correction revealed no significant pairwise differences between experimental conditions or assessment time points all ($p > 0.05$). Finally, no significant differences were observed in session rating of perceived exertion (RPE) between conditions ($p = 0.28$). **Conclusions:** Anodal tDCS applied over the DLPFC increased the number of repetitions performed during the squat exercise in trained individuals, without altering perceived exertion or inhibitory control. These findings suggest the involvement of other cognitive and psychophysiological mechanisms in the observed improvement in performance.

Key words: Non-invasive brain stimulation, repetitions, cognitive functions, exertion perception scale.

LISTA DE ABREVIATURAS

ETCC- Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua
ETCC-a- Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica
ETCC-c – Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Catódica
SHAM- Placebo
CPF- Córtex Pré Frontal
PSE- Percepção Subjetiva de Esforço
PAR-Q- Questionário de Prontoidão para Atividade Física
TCLE- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
1RM- Uma Repetição Máxima
CPFDL- Córtex Pré Frontal Dorso Lateral
CSO- Córtex Supra Orbital
m A- Miliamperes
M1- Córtex Motor
E- Erros
TC- Tempo de Conclusão
IS- Interferência *Stroop*
ANOVA- Análise de Variância
M- Média
DP- Desvio Padrão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho do estudo	38
Figura 2: Volume de treinamento nas diferentes condições experimentais.....	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	38
TABELA 2- DESEMPENHO NO TESTE DE <i>STROOP</i>	47

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivos gerais	16
1.2.1 Objetivos específicos	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)	18
2.1.1 ETCC aplicada ao desempenho físico	19
2.1.2 ETCC e volume de treinamento	28
2.2 Córtex pré-frontal (CPF)	31
2.2.1 ETCC aplicada sobre CPFDL no controle inibitório	33
2.2.2 Relação entre ETCC controle inibitório e desempenho físico	35
2.3 ETCC aplicada sobre a PSE	36
3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 Sujeitos	38
3.2 Desenho do estudo	39
3.3 Procedimentos	40
3.3.1 Avaliação antropométrica	40
3.3.2 Teste de 1RM	40
3.3.3 Familiarização	41
3.3.4 Estimulação transcraniana por corrente contínua	42
3.3.5 Teste de <i>Stroop</i>	43
3.3.6 Protocolo agachamento parcial	43
3.3.7 Volume de treinamento	44
3.3.8 Percepção subjetiva de esforço (PSE)	45
3.3 Análises estatísticas	45
4 RESULTADOS	45
5 DISCUSSÃO	47
6 CONCLUSÃO	53
7 REFERÊNCIAS	53
8. ANEXOS E APÊNDICES	

1. INTRODUÇÃO

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica neuromodulatória que, através de eletrodos aplicados sobre o couro cabeludo, passa uma corrente elétrica de baixa intensidade, em diferentes regiões do cérebro que se deseja que sejam investigadas (Nitsche; Paulus, 2000). Dependendo das polaridades aplicadas sobre o couro cabeludo, essa técnica neuromodulatória pode promover um efeito excitatório na membrana celular neural (estímulo anódico) ou um efeito inibitório (estímulo catódico) (Nitsche; Paulus, 2000). Nos últimos 20 anos, essa ferramenta tem sido estudada para auxiliar no tratamento de diversas doenças neurológicas ou neuropsiquiátricas (Van Noppen *et al.*, 2020), assim como um possível recurso ergogênico para potencializar a força muscular (Lattari *et al.*, 2023).

No que concerne a força muscular, os estudos pioneiros sobre o tema demonstraram resultados inconsistentes quanto ao aumento na contração isométrica voluntária máxima (CIVM) induzida pela ETCC-a aplicada sobre o córtex motor, evidenciando resultados positivos (Cogiamanian *et al.*, 2007) e nulos (Kan *et al.*, 2013). Posteriormente, meta-análises demonstraram pequenos efeitos da ETCC-a sobre o córtex motor quanto ao aumento da CIVM (Lattari *et al.*, 2018), o que sugeriu possível efeito teto do córtex motor (Kan *et al.*, 2013). Neste cenário, foi sugerido que existe uma inibição intracortical no córtex motor em tarefas fatigantes (Taylor *et al.*, 1996; Gandevia *et al.*, 1996), o que seria suprido pelo aumento da atividade no córtex pré-frontal (CPF) para atender as demandas impostas em tarefas de força (Alix- Fages *et al.*, 2020).

Diante da hipótese supracitada, diversos estudos foram conduzidos aplicando a ETCC-a sobre o CPF, especificamente sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL-E), demonstrando aumentos agudos no volume de treinamento em exercícios de força (Alix- Fages *et al.*, 2020; Lattari *et al.*, 2016; Lattari *et al.*, 2020; Lattari *et al.*, 2019; Lattari *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2020). A este respeito, a literatura já demonstrou aumento no volume de treinamento em exercícios de força como supino (Alix- Fages *et al.*, Lattari *et al.*, 2019; Lattari *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2022), flexão de cotovelo (Lattari *et al.*, 2016), em exercícios de membros inferiores como leg press (Lattari *et al.*, 2020) e no agachamento (Rodrigues *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2020) após a aplicação da a ETCC-a sobre o CPFDL-E. No que concerne ao exercício de agachamento, Rodrigues *et al.* (2022) observaram que a aplicação prévia da ETCC-a sobre o CPF promoveu aumento significativo do volume de carga, indicando maior capacidade de sustentar o desempenho ao longo das séries. De forma

complementar, Vieira et al. (2020) observaram que a aplicação da ETCC-a sobre o CPFDL-E resultou em maior número de repetições até a falha no exercício de agachamento quando comparada às condições catódica e *sham*. Em conjunto, essas pesquisas reforçaram possíveis efeitos cognitivos e perceptivos associados ao aumento do volume de treinamento induzido pela ETCC-a.

De fato, o CPF pode não estar diretamente envolvido na execução motora, porém ele pode estar envolvido na capacidade de tolerar altos níveis de esforço físico e possivelmente na determinação do término do exercício (Robertson; Marino, 2016). Essa área cortical atua, em especial, sobre as funções executivas, como a memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório (Diamond, 2012). Entre as citadas, o controle inibitório é definido como a capacidade de prevenir ações indesejadas, controle comportamental, foco e conclusões de objetivos, e estudos recentes tem mostrado que a modulação cortical dessa área tem favorecido a melhora dessas funções (Nejati *et al.*, 2018). Especificamente, o controle inibitório também parece ser modulado pelo uso da ETCC-a (Nejati *et al.*, 2018), o que pode estar associado com a maior capacidade de tolerar altos níveis de esforço físico. Por exemplo, a ETCC-a foi aplicada previamente sobre o CPFDL-E, proporcionando maior controle inibitório e aumento sobre o tempo de exaustão em uma tarefa de resistência aeróbia (Angius *et al.*, 2019). Contudo, para o nosso maior conhecimento, a possibilidade da ETCC-a induzir mudanças no controle inibitório associada com a maior capacidade de tolerar maior volume de treinamento em exercícios de força ainda não foi testada.

A percepção subjetiva de esforço também parece estar envolvida no aumento do volume de treinamento em função da aplicação prévia da ETCC-a (Lattari *et al.*, 2016). Em teoria, a PSE consiste na sensação de quão duro, pesado e extenuante um trabalho físico é vivenciado (Borg, 2000). Segundo Marcora (2009), basicamente o sentido do esforço percebido é gerado por processos neurais, situados em áreas corticais relacionada as vias motora e de tomada de decisão e não por feedbacks aferentes, o que pode fazer sentido o uso da ETCC-a sobre as áreas corticais envolvidas nas respostas de PSE. Corroborando essa hipótese, Alix-Fages e colaboradores (2020) analisaram os efeitos da ETCC-a sobre o CPFDL-E no volume de treinamento e na PSE durante o exercício de supino reto e observaram maior volume de repetições e menor PSE na condição ETCC-a em comparação à condição *sham*. Por outro lado, Lattari e colaboradores (2020) observaram aumento do volume de treino no leg press 45° e nenhuma mudança na PSE induzida pela ETCC-a.

Dado esse contexto, o estudo conduzido por Alix-Fages et al. (2020) representa uma importante contribuição ao demonstrar que a aplicação prévia da ETCC-a sobre o CPFDL-E é

capaz de aumentar o volume de treinamento e reduzir a percepção subjetiva de esforço durante o exercício de supino realizado até a falha. Esses achados reforçam o papel do CPF na modulação de variáveis perceptivas e regulatórias associadas à tolerância ao esforço físico em tarefas de força. No entanto, apesar de o CPF ser uma região central para o funcionamento das funções executivas, especialmente o controle inibitório, o estudo de Alix-Fages et al. (2020) não investigou diretamente alterações em domínios cognitivos que pudessem explicar, de maneira mais específica, os mecanismos subjacentes ao aumento do volume de treinamento observado. Assim, permanece uma lacuna quanto à compreensão de como a modulação do controle inibitório, induzida pela ETCC-a, pode estar associada à maior capacidade de sustentar esforços elevados e prolongar o desempenho em exercícios de força. Dessa forma, o presente estudo avança sobre essa limitação ao integrar medidas de controle inibitório, percepção subjetiva de esforço e desempenho físico, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos efeitos cognitivos e perceptivos da estimulação transcraniana aplicada ao treinamento de força.

1.1. Justificativa

A hipertrofia muscular está associada ao aumento da massa muscular, fator que desempenha papel central no aumento do metabolismo basal, controle glicêmico e na prevenção de doenças metabólicas, como diabetes tipo 2 e síndrome metabólica (Bernárdez-Vázquez *et al.*, 2022). Em termos práticos, algumas pesquisas têm evidenciado a necessidade de maiores volumes de séries e repetições, com realizadas na falha ou próxima dela, com intuito de otimizar os ganhos hipertróficos, em especial para exercícios de membros inferiores (Brigatto *et al.*, 2019). Nesse sentido, buscar estratégias que proporcionem aumento no volume de treinamento é fundamental para otimizar os ganhos hipertróficos.

O uso do ETCC-a sobre o CPFDL-E tem apresentado aumento no volume de treinamento em membros inferiores, em especial no exercício de agachamento (Rodrigues *et al.*, 2022; Vieira et al., 2020). Dado que o agachamento é um dos exercícios mais utilizados dentro do treinamento de força, além de importantes efeitos na hipertrofia muscular (Figueiredo *et al.*, 2018), é de suma importância o aumento do volume de treinamento (número de séries e números de repetições) para promover uma melhora na adaptação neuromuscular em termos de hipertrofia (Mangine *et al.*, 2015). Diante disso, com o uso da ETCC-a poderia beneficiar os praticantes do treinamento de força no que concerne as adaptações neuromusculares

Todavia, os mecanismos associados ao aumento no volume de treinamento induzidos pela ETCC-a foram pouco explorados. Algumas hipóteses foram levantadas, como a melhoria no controle inibitório e reduções na PSE (Angius *et al.*, 2019). Por sua vez, os resultados encontrados não nos permitem estabelecer uma relação direta entre ETCC-a controle inibitório e volume de treinamento, assim como pela PSE e, consequentemente, o maior volume de treinamento. Diante disso, essa dissertação visa compreender diferentes mecanismos cognitivos (i.e., controle inibitório) e perceptivos envolvidos com o aumento agudo no volume de treinamento em resposta a estimulação transcraniana.

1.2. Objetivo geral

Investigar os efeitos agudos da estimulação transcraniana por corrente contínua no volume de repetições, controle inibitório e percepção de esforço em um protocolo no exercício de agachamento com indivíduos experientes no treino de força.

1.2.1. Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral do estudo, os seguintes objetivos específicos foram elaborados, a saber:

- Comparar o volume de repetições entre as condições experimentais (ETCC-a , ETCC-c e *sham*) para o exercício de agachamento parcial.
- Comparar o desempenho do controle inibitório entre as condições experimentais (ETCC-a, ETCC-c e *sham*), mensurado antes e após as condições, assim como após a tarefa de força.
- Comparar a percepção subjetiva de esforço da sessão entre as diferentes condições experimentais (ETCC-a, ETCC-c e *sham*).

1.3. Hipóteses

1.3.1 Hipótese Geral:

A estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (ETCC-a) sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) é capaz de aumentar o volume de repetições, melhorar o desempenho de controle inibitório podendo também modular a percepção subjetiva de esforço em indivíduos treinados.

1.3.2 Hipótese 1:

A ETCC-a aumentará o volume de repetições representado pelo maior número de repetições realizadas, em comparação às condições ETCC-c e *sham*.

1.3.3 Hipótese 2:

A ETCC-a promoverá melhora no controle inibitório, evidenciada pela redução no número de erros, redução do tempo de conclusão e redução no tempo de interferência *Stroop*, em comparação às condições ETCC-c e *sham*.

1.3.4 Hipótese 3:

A ETCC-a reduzirá apresentará menor percepção subjetiva de esforço da sessão em comparação às condições ETCC-c e *sham*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)

A história da neuromodulação elétrica não invasiva terapêutica teve seu ápice de uso entre os anos de 1750 e 1950 (Rothwell, 2018). Entretanto bem antes desse período, o médico Scribonius Largus (sec.I d.C) já realizava experimentos com o peixe elétrico, no qual colocava os peixes enrolados na cabeça de seus pacientes, desencadeando estímulos elétricos que ocasionavam efeitos analgésicos nos mesmos. Ele percebeu que a solução salinizada aderida nas escamas do peixe, devido seu habitat marítimo, fazia com que o paciente apresentasse baixa resistência a corrente elétrica (Priori, 2003). Desde então esse tipo de descoberta foi propagada e estudada em diversas partes do mundo naquele período. Mais adiante um estudo realizado por Walsh (1773), deu início ao desenvolvimento da eletrofisiologia moderna ao demonstrar experimentalmente que os choques produzidos pelo peixe-torpedo possuíam natureza elétrica podiam ser transmitidos através de diferentes meios, estabelecendo evidências fundamentais sobre a existência da bioeletricidade. Esses achados influenciaram significativamente os pesquisadores da época e contribuíram para o avanço dos estudos sobre a atividade elétrica nos organismos vivos. Um século depois, Alessandro Volta em 1923, constatou que estímulos elétricos de duração variável provocavam diferentes efeitos neurofisiológicos (Priori, 2003).

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), que teve seu marco inicial no início dos anos de 2000, é uma técnica neuromodulatória que, através de eletrodos aplicados sobre o couro cabeludo, passa uma corrente elétrica de baixa intensidade, em diferentes regiões do cérebro que se deseja que sejam investigadas. (Nitsche; Paulus, 2000). Essa passagem de corrente elétrica ocorre por meio de um eletrodo posicionado sobre determinada área do escalpo, que é conhecido como eletrodo alvo. Essa corrente elétrica de baixa intensidade atravessa o couro cabeludo e chega ao cérebro, com intensidade suficiente para modular o

disparo neural. Um outro eletrodo, conhecido como eletrodo referência, é posicionado sobre outras áreas com o propósito de “fechar” esse circuito elétrico. Dependendo das polaridades aplicadas sobre o couro cabeludo, essa técnica pode promover um efeito excitatório na membrana celular neural (estímulo anódico) ou um efeito inibitório (estímulo catódico) (Thair *et al*, 2017). Durante a estimulação, a corrente elétrica com intensidade entre 0,5 mA e 4,0 mA flui entre os eletrodos, passando pelo cérebro para completar o circuito (Nitsche *et al.*, 2008). O efeito excitatório do estímulo anódico se dá por uma despolarização na membrana neural, causando uma mudança no potencial de repouso do neurônio e por consequência na condutividade dos canais iônicos, enquanto o efeito inibitório do estímulo catódico tem a ver com uma repolarização da membrana neural (Nitsche *et al.*, 2000).

Os resultados quanto à excitabilidade da intensidade dependerão da estimulação aplicada, para os efeitos tardios da ETCC. Parece que a intensidade das correntes elétricas aplicadas sob o escalpo pode diferir as respostas fisiológicas alcançadas. Enquanto uma corrente anódica mais fraca poderia facilitar apenas a atividades dos interneurônios corticais mais superficiais, uma corrente anódica de intensidade mais forte poderia se espalhar mais profundamente atingindo neurônios motores superiores, facilitando assim a resposta motora (Nitsche; Paulus, 2001). O tempo de estimulação dessa técnica irá produzir respostas diferentes. Para induzir efeitos secundários é necessário no mínimo de 3 minutos de uma corrente contínua a no mínimo 1mA de intensidade (Priori, 2003). Em um estudo dos pesquisadores Nitsche e Paulus (2001), onde estimularam o córtex motor eles observaram que uma polarização anódica ainda mais longa com duração superior ou igual a 13 minutos aumentou a excitabilidade cortical por até 90 minutos pós a sessão da ETCC.

O efeito catódico promove uma inibição da atividade cortical devido a mudança da condutividade dos canais iônicos da célula neural, havendo uma repolarização. Em termos comportamentais, o efeito catódico pode promover declínio no desempenho, a menos que neurônios inibitórios forem inibidos resultando em uma facilitação por estimulação catódica (Nozari *et al.*, 2014). Assim como o efeito anódico, o efeito catódico depende da intensidade e duração da estimulação. Em um estudo Nitsche e colaboradores (2003), estimularam o córtex motor e observaram que a estimulação catódica com duração de 9 minutos, resultou em inibição da atividade cortical motora por até uma hora após o término do procedimento.

Além das correntes anódicas e catódicas, é comum em ensaios clínicos randomizados controlados o uso de um procedimento placebo para garantir o rigor metodológico. Para isso, emprega-se uma falsa estimulação, a qual da-se o nome de “sham”, caracterizada por não promover alterações na excitabilidade cortical (Nitsche *et al.*, 2008). A ETCC sham, é uma

condição simulada de controle, eficaz para o cegamento dos participantes. O aplicador simula a técnica da ETCC dentro dos protocolos já existentes para essa condição (Thair *et al.*, 2017). Gandiga e colaboradores (2006), observaram os efeitos quanto ao cegamento do *sham*. Eles compararam as duas condições ETCC real e *sham* e os participantes da pesquisa relataram as mesmas percepções sensoriais ambas as condições, ressaltando a sua eficácia para procedimentos duplo-cego. Os protocolos para ETCC *sham* tradicionais consistem em uma rampa inicial da corrente caracterizada como “rampa de subida”, na qual o estimulador atinge a corrente máxima programada, geralmente com duração entre cinco e 60 segundos. Logo após, existe uma redução em rampa dessa corrente elétrica denominada como “rampa de descida”, cuja corrente é gradualmente desligada. Acredita-se que esse protocolo cause uma estimulação sensorial semelhante as condições reais anódicas e catódicas. Essa condição é geralmente usada para cegamento dos participantes, principalmente aqueles que nunca tiveram contato com a ETCC antes (Gandiga *et al.*, 2006).

Durante 20 anos, a ETCC foi utilizada como uma técnica terapêutica eficaz e segura (Nitsche; Paulus, 2001). Essa técnica neuromodulatória foi utilizada em pesquisas voltadas para tratamentos neurológicos e psiquiátricos, além de estudos relacionados com distúrbios de movimento e dor crônica (Rogalewski *et al.*, 2004; Fleming *et al.*, 2018). Em adição, Lefaucheur e colaboradores (2016) demonstraram a eficácia dessa técnica quanto ao uso terapêutico sobre diferentes defeitos, como dor, distúrbios do movimento, epilepsia, depressão, esquizofrenia e dependência, em diferentes populações clínicas, como pessoas com diagnóstico de doença de Parkinson, doença de Alzheimer, acidente vascular cerebral, depressão, esquizofrenia, esclerose múltipla e dependência. Não obstante, a ETCC tem sido aplicada com foco voltado para a melhoria do desempenho físico (Lattari *et al.*, 2017; Angius *et al.*, 2019; Lattari *et al.*, 2018). Tais elucidações estão descritas detalhadamente no tópico subsequente.

2.1.1. ETCC aplicada ao desempenho físico

No que concerne ao desempenho físico, a ETCC-a age como um possível agente neuroergogênico. Especificamente, a ETCC-a tem sido usada com o propósito de melhorar o desempenho em uma ampla variedade de exercícios (Angius *et al.*, 2017). Nesse contexto, uma importante revisão realizada por Angius e colaboradores (2017), sugeriu que a ETCC-a pode ter um efeito positivo quanto a melhora do desempenho físico em exercícios dinâmicos que envolvem o corpo inteiro, como exercícios de resistência aeróbia e de saltos. Não obstante, outras meta-análises sobre o tema têm indicado que a ETCC-a parece ter um efeito positivo em exercícios de força isométrica e dinâmica (Angius *et al.*, 2019; Lattari *et al.*, 2018).

No que concerne ao desempenho aeróbio, a ETCC-a tem demonstrado ser eficaz quanto a vários aspectos como: aumento de tempo de exaustão e diminuição da PSE em tarefas de exaustão máxima (Lattari *et al.*, 2018; Vitor Costa *et al.*, 2015).

Lattari e colaboradores (2018), investigaram os efeitos da ETCC sobre o tempo limite e a PSE em uma tarefa no ciclo ergômetro. Para isso, 11 mulheres treinadas foram submetidas a duas condições experimentais, ETCC-a e *sham*. Na condição ETCC-a, o eletrodo anódico foi posicionado sobre a região do CPFDL-E e o eletrodo catódico sobre a região supraorbital direita. Para a condição ETCC-a, o estímulo aplicado teve uma intensidade de corrente a 2m A e uma duração de 20 minutos, enquanto na condição *sham*, o aparelho foi desligado após 30 segundos de estimulação. O tempo limite (ou seja, o tempo em que o indivíduo consegue sustentar uma certa intensidade de esforço) foi mensurado com uma carga estabelecida em 100 % do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), ou seja, a potência mecânica do $VO_{2máx}$ ($PVO_{2máx}$), enquanto a PSE foi aferida ao final da tarefa no ciclo ergômetro. Como resultado, os autores encontraram um tempo significativamente maior na ETCC-a comparada a *sham* (199,5 seg vs. 137,1 seg), sem diferença significativa para a PSE. Os autores sugeriram que a excitabilidade do CPFDL-E poderia ter desempenhado um papel crucial nos mecanismos de fadiga central, permitindo com que as participantes tivessem uma maior tolerância na tarefa proposta e como consequência obtido um maior tempo no ciclo ergômetro as participantes na condição anódica.

Vitor-Costa e colaboradores (2015) também investigaram os efeitos da ETCC-a na tarefa de tempo de exaustão do ciclismo e PSE em 11 sujeitos fisicamente ativos. Para isso foram utilizadas três condições experimentais: ETCC-a, ETCC-c e *sham*. Na condição ETCC-a e *sham*, o eletrodo anódico (9,0 x 4,0 cm) foi posicionado sobre o córtex motor (M1) de membros inferiores enquanto o eletrodo catódico (7,0 x 5,0 cm) foi posicionado na protuberância occipital. Já na condição ETCC-c, a montagem dos eletros foi invertida. Foi utilizada uma corrente de intensidade foi a 2,0 mA e duração de 13 minutos de estimulação, enquanto na *sham* o estimulador foi desligado depois de 30 segundos de estimulação. Após as condições experimentais, os sujeitos realizaram uma tarefa de ciclismo, com cadência entre 60 e 80 (rotações por minuto), e o tempo de exaustão foi mensurado a 80% da potência de pico. Durante a tarefa foram registradas continuamente a atividade EMG dos músculos vasto lateral e reto femoral, a PSE e a frequência cardíaca. Como resultado foi encontrado um tempo significativamente maior no teste de exaustão para a ETCC-a (~ 491 seg) em comparação as condições ETCC-c (~ 443 seg) e *sham* (~ 407 seg). Todavia não foram relatadas alterações significativas nos parâmetros fisiológicos ou perceptíveis (EMG, FC e PSE). Os autores atribuíram

a melhora no tempo de exaustão da tarefa a um possível aumento na facilitação intracortical e na excitabilidade do M1, sendo suficiente para resultar em maior tolerância na tarefa proposta. Em contrapartida, eles sugeriram que os posicionamentos dos eletrodos, a direção da corrente, entre os dois eletrodos poderia ter interferido outras áreas corticais afetando as respostas perceptivas.

Outro trabalho que analisou os efeitos da ETCC sobre o desempenho aeróbico foi conduzido por Angius e colaboradores (2015), cujo objetivo foi investigar o tempo de exaustão em nove sujeitos fisicamente ativos. Foram utilizadas duas condições experimentais, ETCC-a e *sham*. Quanto ao posicionamento dos eletrodos em ambas as condições, o eletrodo anódico (4,0 x 3,0 cm) foi posicionado sobre M1 esquerdo e o eletrodo catódico (4,0 x 3,0 cm) na região CPFDL direito. O protocolo utilizou uma intensidade de corrente de 2,0 mA e uma duração de 10 minutos de estímulo para ETCC-a, enquanto na condição *sham* o estimulador foi desligado após 30 segundos de estimulação. A troca gasosa, o lactato e a PSE foram monitoradas durante a tarefa de ciclismo. A dor percebida foi mensurada através do teste de pressão a frio. A tarefa de tempo de exaustão no ciclo ergômetro os indivíduos realizaram a 70% da potência máxima do sujeito até à exaustão (a incapacidade do sujeito de manter a cadência de 60 rotações por minuto por mais de 5 segundos). Os autores não encontraram alterações significativas no tempo de exaustão e nos parâmetros fisiológicos ou perceptivos durante a tarefa de ciclismo. Todavia, foi demonstrada menor percepção de dor dos indivíduos na ETCC-a em comparação a condição *sham*. Os autores atribuem que a ausência de efeitos significativos nas variáveis tempo de exaustão da tarefa, PSE e aspectos fisiológicos se deve a montagem da ETCC usada, pois quaisquer benefícios do eletrodo anódico no M1 poderiam ter sofrido influência inibitória do eletrodo catódico posicionado sobre o CPFDL. Em adição, eles sugerem que uma montagem da ETCC extra encefálica bilateral seria mais apropriada para encontrar possíveis efeitos positivos sobre as variáveis investigadas. Com base nesses achados, parece que a aplicação da ETCC-a sobre M1 de membros inferiores resultou em melhorias sobre o tempo de exaustão no exercício aeróbico (Vitor-Costa *et al.*, 2015). As justificativas para as melhorias encontradas estão relacionadas com o aumento na excitabilidade das regiões corticais estimuladas (Vitor-Costa *et al.*, 2015; Lattari *et al.*, 2018), assim como um atraso na PSE durante a tarefa (Vitor-Costa *et al.*, 2015). Outro fator para nulidade dos resultados seria o posicionamento do eletrodo catódico, que estaria inibindo aquela região cortical em questão o que poderia comprometer os efeitos positivos da ETCC-a. Em adição uma montagem extra encefálica poderia ser mais efetiva nesse contexto. (Angius *et al.*, 2015).

Existem evidências que corroboram quanto ao efeito positivo da ETCC-a sobre o desempenho no salto vertical (Lattari *et al.*, 2020; Codella *et al.*, 2020; Grosprêtre *et al.*, 2021). Um deles foi o trabalho de Lattari e colaboradores (2020), onde foi investigado o efeito da

ETCC sobre o desempenho da potência no salto contramovimento. Para isso, 10 sujeitos treinados em força foram recrutados e submetidos a três condições experimentais: ETCC-a, ETCC-c e *sham*. Na ETCC-a e o *sham*, o eletrodo anódico foi aplicado horizontalmente sobre o córtex motor, na região Cz, abrangendo de forma bilateral M1 de membros inferiores e o eletrodo catódico sobre o córtex supraorbital direito. Para a montagem ETCC-c, a montagem dos eletrodos foi invertida. Em ambos os protocolos, ETCC-a e ETCC-c, uma intensidade de 2 mA e duração de 20 minutos de estimulação foram utilizadas. Todavia, na condição *sham* o aparelho foi desligado após 30 segundos de estimulação. Para a tarefa de salto, as variáveis analisadas foram a altura do salto, tempo de voo e pico de potência. Como resultados não foram encontrados efeitos para condição ou momento. No entanto, desempenho do salto foi aumentado após a condição ETCC-a em relação ao teste de linha de base para os seguintes indicadores: altura (Pré: 34,76 cm vs. Pós: 38,66 cm), tempo de voo (Pré: 532,6 ms vs. Pós: 560,5 ms) e pico de potência (Pré: 3.470,2 W vs. Pós: 3.707,5 W). Os autores atribuem os resultados positivos do desempenho do salto a excitabilidade do córtex motor, que poderia ter modulado o processo de fadiga corticoepinhal, fazendo com que os indivíduos na ETCC-a pudessem ter melhores desempenho motores.

O estudo de Grosprêtre *et al.* (2021), investigou os efeitos da ETCC sobre o desempenho do salto horizontal e vertical. Para isso, eles recrutaram 18 jovens do sexo masculino treinados em esporte de salto (le parkur), que foram submetidos a três condições experimentais: ETCC-a sobre M1 (ETCC-a/M1), ETCC-a sobre o CPFDL (ETCC-a/CPFDL) e *sham*. Nas condições ETCC-a/M1 e *sham*, o eletrodo anódico foi posicionado sobre o M1 e o eletrodo catódico no ombro contralateral. Para ETCC-a/CPFDL, o eletrodo anódico foi posicionado sobre o CPFDL esquerdo e o eletrodo catódico na região supraorbital. Em ambas as condições ETCC-a foram aplicados intensidade de correntes de 2mA e 20 minutos de duração, sendo que na condição *sham* o aparelho foi desligado após 30 segundos de estímulo. Antes e depois as condições experimentais os sujeitos realizaram saltos verticais e horizontais, onde desempenho máximo foi determinado pela altura e distância máxima dos saltos. Os resultados demonstraram aumentos significativos no salto agachado (~ 5,3%), salto contramovimento (~ 4,0%) e salto horizontal (~9,3%) apenas na condição ETCC-a/M1. Os autores atribuíram que os melhores desempenhos nos saltos na condição ETCC-a/M1 foram devidas as alterações nos níveis supraespinhais oriundos da excitabilidade da região M1, aumentando o recrutamento de unidades motoras. Outro fator que pode ter contribuído para os resultados seria o tipo da amostra (praticantes de Le Parkur), eles podem apresentar áreas motoras pré cabeadas para o desfecho proposto e a ETCC pode ter reforçados essas redes neurais existentes através da potenciação

sináptica de longo prazo resultando num melhor desempenho motor.

No estudo de Codella e colaboradores (2020), a fim de avaliar o uso da ETCC sobre desempenho do salto vertical, recrutaram 15 sujeitos saudáveis e treinados que receberam duas condições de experimentais de ETCC (ETCC-a e *sham*). Para a condição ETCC-a, foi utilizado uma espécie de fone de ouvido com 3 eletrodos retangulares (6,4x 4,4 cm) acoplados, chamado Halo Sport (Halo Neuroscience, São Francisco, CA, EUA). Com o intuito de estimular ambos os lados do M1, o instrumento foi posicionado ao longo da linha média central da Cz abrangendo de orelha a orelha, com duração de estímulo de 20 minutos e intensidade de 2 mA. Para a condição *sham*, foi utilizado o mesmo posicionamento e instrumento, porém o estimulador foi desligado após os 30 segundos iniciais. Para a tarefa de salto, os sujeitos foram instruídos a realizarem salto contramovimento, de forma indireta, por meio de um protocolo que utiliza a diferença entre o alcance inicial e final do salto. Nesse caso, a diferença na distância entre a altura de alcance do pé e o salto foi registrado como a medida de altura atingida, sendo considerado o melhor de três saltos. Como resultados os autores encontraram um desempenho significativamente aumentado no salto vertical para a condição ETCC-a em relação a *sham* (51,9 cm vs. 49,3 cm, respectivamente). Os autores hipotetizaram que a ETCC-a poderia inibir a ação do neurotransmissor inibitório GABA, melhorando a excitabilidade dos neurônios motores levando a um aumento no desempenho do salto vertical.

Os trabalhos que investigaram a ETCC sobre o desempenho de salto encontraram resultados positivos ao estimular o M1 (Lattari *et al.*, 2020; Codella *et al.*, 2020; Grosprêtre *et al.*, 2021). Em teoria, a maior excitabilidade cortical de M1 para membros inferiores parece ter um papel crucial quanto a melhoria sobre o desempenho no salto vertical (Grosprêtre *et al.*, 2021). Outro ponto importante seria a montagem dos eletrodos indicando que uma montagem de eletrodos extra encefálica parece permitir um efeito positivo, pois não inibe nenhuma área cortical (Grosprêtre *et al.*, 2021).

Pode-se observar nos parágrafos supracitados a descrição de estudos que abordaram os efeitos positivos da ETCC sobre o M1 no desempenho aeróbico e de salto. No geral, parece haver uma melhora, o que tem sido explicado por um aumento na excitabilidade cortical (Vitor - Costa *et al.*, 2015; Lattari *et al.*, 2020; Grosprêtre *et al.*, 2021). Todavia, quando aplicada sobre o M1 visando desempenho dos músculos dos membros inferiores, a ETCC-a apresenta inconsistências sobre os achados relacionados a CIVM, sendo observados melhorias (Tanaka *et al.*, 2011) e resultados nulos (Angius *et al.*, 2018; Washabaugh *et al.*, 2016). Dado ao exposto, os parágrafos a seguir, tiveram como propósitos descrever os efeitos da ETCC-a sobre a CIVM de membros inferiores, para uma maior compreensão da técnica em relação aos membros

inferiores.

Em um trabalho a fim de investigar os efeitos da ETCC sobre o desempenho de CIVM de membros inferiores, Angius e colaboradores (2018), recrutaram 12 participantes fisicamente ativos para receber as condições ETCC-a e *sham*. Para a condição ETCC-a foram utilizados dois eletrodos anódicos (7x5 cm) para estimular o M1 bilateralmente nas regiões C3 e C4, além de dois eletrodos catódicos (5x5 cm) posicionado nos ombros, tendo protocolo com duração de 10 minutos e corrente de 2 mA de intensidade. Já na condição *sham* a montagem foi similar da ETCC-a, porém com o estimulador foi desligado após 30 segundos de estímulo. Como resultados, os autores não encontram efeito significativo entre as condições para a melhora da CIVM. Os autores atribuem que a propagação da corrente elétrica para outras áreas corticais impediu a eficácia da ETCC-a aplicada em M1 quanto o desempenho da CIVM de membros inferiores.

Em estudo conduzido por Lu e colaboradores (2021), que observou o efeito da ETCC sobre a força muscular isométrica dos extensores e flexores de joelhos, foram recrutados 19 homens saudáveis para receberem duas condições da ETCC (ETCC-a e *sham*). Para condição ETCC-a foi utilizado um instrumento similar ao fone de ouvido, chamado de Halo Sport (Halo Neuroscience, São Francisco, CA, EUA). Nesse equipamento, três eletrodos retangulares (6,4 x 4,4cm) são acoplados. O eletrodo anódico foi posicionado sobre a região central, esquerda e direita representando todos os membros inferiores do M1, estimulando o M1 de maneira bilateral. Os eletrodos catódicos foram posicionados em diferentes áreas centrais (eletrodos C5 e C6). O protocolo de estimulação da ETCC-a teve duração de 20 minutos e 2 mA de intensidade de corrente, enquanto na *sham* o estimulador foi desligado após 30 segundos. Para a tarefa de força, os sujeitos foram instruídos a fazerem uma extensão de joelhos unilateral, o mais rápido possível até a força muscular máxima por 5 segundos. Essa tarefa foi repetida 3 vezes para cada perna com intervalo de repouso de 30 segundos. Após 5 minutos de repouso foi feita a tarefa para flexores de joelho usando o mesmo protocolo. Os protocolos da tarefa de força foram realizados antes, imediatamente após e 30 minutos após a ETCC. Como resultado houve um aumento significativo de força dos extensores de joelho não dominante imediatamente após e 30 minutos após a ETCC-a. Em adição, a CIVM dos flexores da perna esquerda foi maior na ETCC-a comparada a *sham* 30 minutos após (985,0 N vs. 801,1 N, respectivamente). Os autores atribuem os resultados positivos a possível excitabilidade cortical de M1. Para os resultados nulos sobre a perna dominante, os autores sustentam a hipótese de que o uso assimétrico das pernas pode provocar uma assimetria de excitabilidade cortical entre os hemisférios dominantes e não dominantes. A excitabilidade do M1 do hemisfério não

dominante é menor do que o do hemisfério dominante, onde nesse sentido, o efeito da ETCC-a sobre o lado dominante poderia atingir um “efeito teto”, já que esse hemisfério já se encontra ativado de uma maneira ideal e qualquer aumento na excitabilidade induzido pela ETCC-a não proporcionaria mais benefícios motores.

No estudo de Wrightson e colaboradores (2020), com o objetivo de investigar diferentes intensidades de ETCC-a sobre o desempenho de força isométrica de extensores de joelhos, eles recrutaram 20 sujeitos saudáveis para participar das condições experimentais (ETCC-a/1m A, ETCC-a/ 2m A, e *sham*). Os eletrodos anódicos foram posicionados no M1 esquerdo e os eletrodos catódicos foram posicionados no ombro esquerdo. Nas condições ETCC-a/ 1m A, os sujeitos foram estimulados numa intensidade de corrente de 1 m A durante 10 minutos. Enquanto na condição ETCC-a/ 2m A, os sujeitos foram estimulados numa intensidade de corrente de 2m A durante 10 minutos. Na condição *sham* a intensidade de corrente foi de 2m A e o estimulador foi desligado após 60 segundos. Para a tarefa isométrica os sujeitos foram instruídos a realizarem 3 contrações de 3 a 5 segundos no esforço voluntário máximo com 1 minuto de recuperação entre elas. A CIVM foi determinada como a maior força produzida durante um platô de 500ms em qualquer uma das três contrações. Foi realizado um monitoramento da fadiga percebida através da escala de classificação de fadiga (ROF), pós ETCC, a cada 30 segundos durante o exercício e imediatamente após a tarefa. Em decorrência, não foram encontrados resultados positivos no desempenho isométrico e nem na fadiga percebida em nenhuma das condições experimentais. Os autores atribuem a nulidade dos resultados a escolha da montagem de eletrodos e a variabilidade interindividual substancial que existe em respostas a estimulação. Em adição eles hipotetizam que exista uma intensidade “ótima” que exerça efeitos ergogênicos e para isso mais estudos precisam ser realizados.

Dado ao exposto, os fatores que podem contribuir para nulidade de resultados da técnica quanto ao desempenho de CIVM seria: escolha de montagem de eletrodos, propagação da corrente elétrica para outras áreas corticais impedindo uma estimulação mais efetiva de M1 e variabilidade interindividual. (Angius *et al.*, 2018; Wrightson *et al.*,2020). Os autores hipotetizam que exista uma intensidade “ótima” para produzir um efeito ergogênico e que essa intensidade possa diferir de pessoa para pessoa e que para isso mais estudos precisam ser realizados (Wrightson *et al.*,2020). Outro ponto seria um possível “efeito teto” do M1 através da ETCC-a. Quando essa região cortical já se encontra ativada de maneira ideal, qualquer aumento na excitabilidade induzida pela ETCC-a, não proporcionaria mais benefícios motores (Lu *et al.*,2021).

No que concerne ao desempenho na resistência de força isométrica em membros

inferiores, também encontramos resultados inconclusivos ao estimular a área M1 de membros (Giboin; Gruber, 2018; Flood *et al.*, 2017; Angius *et al.*, 2017). A fim de elucidar essa temática, segue abaixo a abordagem de alguns estudos que estimularam a área motora para o desfecho de resistência isométrica em membros inferiores.

Giboin e Gruber (2018), com o objetivo de investigar os efeitos da ETCC em uma tarefa de fadiga de extensão de joelhos, recrutaram 14 homens saudáveis para receberem duas condições de ETCC (ETCC-a e *sham*). Para a condição ETCC-a, o eletrodo anódico (5x7 cm) foi posicionado no córtex motor, porém na região para a melhor resposta do músculo vasto lateral. O eletrodo catódico (5x7cm) foi posicionado na região supraorbital contralateral ao eletrodo anódico. Para uma melhor localização dos eletrodos foi utilizado EMT. A corrente elétrica estabelecida em 2mA, durante 10 minutos. Para a condição *sham* os eletrodos eram posicionados como na condição ETCC-a porém o estimulador era desligado com 30 segundos de estímulo. Para a tarefa de fadiga consistiu em 35 contrações máximas de 5 segundos, com intervalo de contrações também de 5 segundos. Os sujeitos realizaram a tarefa de fadiga durante a estimulação com ETCC, e 10 minutos após a sessão com ETCC. Desta forma os autores encontraram um efeito prejudicial na produção de força, tanto na tarefa durante a estimulação quanto após a estimulação para os sujeitos na condição ETCC-a. Os autores atribuem os resultados nulos a um possível aumento da fadiga neuromuscular ocasionada pela ETCC-a, além de desconfortos causados pela técnica no que diz respeito a concentração dos sujeitos para a tarefa proposta.

Savoury e colaboradores (2023), com objetivo de investigar os efeitos da ETCC sobre uma tarefa máxima de extensão de joelhos e a sua possível modulação na fatigabilidade do quadríceps em 16 sujeitos, sendo 8 deles mulheres para participar de quatro protocolos da ETCC: ETCC-a/Ipsilateral, com eletrodo anódico posicionado no M1 com o teste de força do quadríceps esquerdo. ETCC-a/Contralateral, com eletrodo posicionando no M1 esquerdo e teste de força do quadríceps direito. *Sham* /Ipsilateral, com eletrodo anódico posicionado no M1 esquerdo com o teste de força do quadríceps esquerdo. *Sham*/Contralateral com eletrodo posicionando no M1 esquerdo e teste de força do quadríceps direito. Os eletrodos catódicos foram posicionados sobre o ombro em todas as condições. O protocolo de estimulação teve duração de 10 minutos e intensidade de corrente de 2mA., enquanto na *sham* o aparelho foi desligado após 30 segundos de estímulo. Antes da tarefa de fadiga os participantes foram submetidos a uma única tarefa de extensão de joelhos ou direito ou esquerdo. Para a tarefa de força os sujeitos deveriam realizar uma tarefa de fadiga com 12 CIVM (5 segundos de duração), com intervalo de 10 segundos entre elas. Por consequência eles encontraram uma redução de

12,1 % na força entre a 1ª e a 12ª contração em todas as condições experimentais. Os autores atribuem os resultados a interindividualidade dos sujeitos e a variabilidade de protocolos existentes como: duração, intensidade, localidade dos eletrodos e eficácia de cegamento. Outro ponto é que esse estudo foi realizado com uma amostra de homens e mulheres e com isso os autores relatam que os efeitos da ETCC sobre mulheres podem ser diferentes do que com os homens, possivelmente pelos hormônios sexuais femininos. Essas diferenças podem ser atribuídas na identificação de localizações anatômicas corticais e diferenças hormonais que afetam os efeitos da ETCC-a. Em adição os autores sugerem que mais pesquisas sobre a devida temática devem ser direcionadas a outras áreas corticais, como por exemplo córtex temporal e CPF.

Flood e colaboradores (2017), com objetivo de investigar efeitos da ETCC sobre a resistência muscular, recrutaram 12 homens saudáveis e treinados, para receberem duas condições experimentais da ETCC-a e *sham*. Os sujeitos receberam 20 minutos de estimulação de alta-definição (ETCC-HD), com intensidade de 2mA. Para a condição ETCC-a o posicionamento da montagem utilizada foi em *anel 4x1*, onde o eletrodo anódico foi posicionado contralateral ao membro dominante (C3 ou C4), e os eletrodos de catódicos posicionados em volta do ânodo, nas seguintes posições: Cz, F3/F4, T7/T8 e P3/P4. Para a tarefa da resistência muscular, os indivíduos foram submetidos antes e depois da estimulação, à tarefa isométrica de extensores de joelho da perna não dominante, onde deveriam realizar o máximo de contrações submáximas possíveis (30% da CIVM). Embora tivesse uma modulação da dor durante a tarefa proposta, não foram encontrados efeitos positivos sobre a resistência muscular. Os autores atribuem que os resultados nulos encontrados foram devidos ao local de estimulação adotado, que parece não ser eficaz para o desfecho proposto. Nesse sentido, por mais que ETCC-a de alta-definição permita uma entrega mais direcionada da corrente elétrica em comparação com o modelo convencional de ETCC, os autores sugerem que a ETCC/HD pode ter dispersado para além do M1, induzindo alterações neuronais indesejadas em áreas vizinhas.

Dentre os trabalhos supracitados, parece que a ETCC-a aplicada sobre M1 não resulta em melhorias sobre a resistência da força isométrica de membros inferiores (Giboin; Gruber, 2018; Savoury et al., 2023; Flood et al., 2017). Diversos fatores foram atribuídos aos resultados nulos encontrados nas pesquisas, como o tamanho de eletrodos, a propagação da corrente para outras áreas corticais impedindo uma estimulação eficaz, a fadiga neuromuscular gerada pela técnica, a interindividualidade dos sujeitos e variabilidade de protocolos existentes no que concerne aos efeitos de excitabilidade cortical (Angius et al., 2016; Washabough et al., 2016;

Giboin; Gruber, 2018; Savoury *et al.*, 2023). Outra hipótese seria um possível “efeito teto” do M1, que ao atingir um platô resultaria numa inibição intracortical diminuindo as respostas motoras mediante a uma tarefa fatigante (Gandevia *et al.*, 1996; Giboin *et al.*, 2018). Diante de tais achados, é plausível que a ETCC-a sobre o M1, não induza aumentos significativos em tarefas de resistência de força isométrica. Por outro lado, existem outras áreas corticais que indicaram um possível efeito positivo da ETCC-a sobre a resistência de força para membros inferiores, sendo estas o córtex temporal e o córtex pré-frontal (Lattari *et al.*, 2018). De particular interesse, a presente dissertação irá explorar os efeitos da ETCC-a aplicada sobre o CPF quanto a outro tipo de tarefa de resistência de força. Dito isso, os tópicos seguintes visam abordar com maior clareza o CPF e, conseqüentemente, os efeitos da ETCC-a sobre o volume de treinamento, a modulação de respostas cognitivas e perceptivas que podem estar associadas com a melhoria no desempenho de força.

2.1.2 ETCC e volume de treinamento

Existem evidências que corroboram o efeito positivo da ETCC sobre o CPFDL-E no aumento do volume de treino em exercícios de força, sobretudo em protocolos conduzidos até a falha muscular (Lattari *et al.*, 2016; Lattari *et al.*, 2019; Lattari *et al.*, 2020; Lattari *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2020). Esses efeitos têm sido atribuídos, a uma possível modulação de mecanismos neurais associados à PSE e a processos neurocognitivos favorecendo o desempenho em tarefas de resistência de força. De modo geral, os estudos têm demonstrado aumentos no volume de séries e repetições tanto em exercícios de membros superiores quanto inferiores, com predomínio de desfechos baseados no *volume load* (produto entre carga externa e número de repetições). Entretanto, observa-se que ainda são escassas as investigações que utilizam o número de repetições como variável principal de volume, especialmente em exercícios multiarticulares como o agachamento (Vieira *et al.*, 2020). O número de repetições é uma variável prática, de fácil aplicação no contexto do treinamento resistido e amplamente utilizada em protocolos de treinamento voltados à hipertrofia muscular (Kraemer; Ratamess, 2004). Nesse sentido, o presente estudo utilizou essa variável como desfecho para a quantificação do volume de treinamento. Essa estratégia visa oferecer um protocolo funcional e transferível ao contexto real do treinamento, com potencial para otimizar o volume de trabalho e, conseqüentemente, favorecer adaptações relacionadas à hipertrofia muscular.

Lattari e colaboradores (2019) investigaram os efeitos agudos da ETCC sobre o CPFDL-E no volume de treinamento durante o exercício de supino reto. A amostra foi composta por 15 homens treinados, que participaram de um desenho experimental cruzado, sendo submetidos às

condições ETCC-a e *sham*. A estimulação foi aplicada com intensidade de 2 mA por 20 minutos, com o eletrodo anódico posicionado sobre o CPFDL-E e o eletrodo catódico posicionado na região contralateral do córtex supraorbital. Como resultado principal, observou-se aumento significativo do volume de carga na condição ETCC-a quando comparada à condição *sham* (ETCC-a: $800,7 \pm 139,3$ kg vs. *sham*: $661,2 \pm 112,6$ kg). Adicionalmente, os autores reportaram menor PSE na condição anódica comparada a condição *sham*. Os autores sugerem que os efeitos positivos da ETCC-a sobre o CPFDL-E podem estar associados à modulação de processos centrais relacionados à regulação do esforço e à tomada de decisão durante a tarefa de força, favorecendo a sustentação do desempenho ao longo das séries.

Alix- Fages e colaboradores (2020) investigaram os efeitos da ETCC sobre o CPFDL-E no volume de treino e PSE, em 14 sujeitos treinados receberam três condições experimentais de ETCC: ETCC-a, ETCC-c e *sham*. Na condição ETCC-a e *sham* o eletrodo anódico foi posicionado na CPFDL-E e o eletrodo catódico foi posicionado na região supraorbital direito, enquanto na condição ETCC-c os eletrodos foram posicionados de maneira oposta. Os sujeitos foram estimulados durante 15 minutos com uma intensidade de corrente de 2,0 mA, enquanto na condição *sham* a estimulação ativa ocorreu apenas nos 30 segundos iniciais. Logo após a estimulação os sujeitos realizaram o exercício supino reto, com intensidade de 75% de 1 RM, onde os sujeitos foram instruídos a realizarem séries de 5 repetições com 1 minuto de intervalo entre as séries, até atingirem a falha concêntrica. A PSE foi mensurada durante o intervalo de 1 minutos entre séries. Os resultados demonstraram um maior volume de repetições para a condição ETCC-a (77 ± 45 repetições) em comparação as condições ETCC-c (62 ± 36 repetições) e *sham* (58 ± 35 repetições). Em adição, a condição ETCC-a demonstrou uma menor PSE em comparação as outras condições experimentais. Os autores sugerem que a estimulação anódica sobre o CPFDL-E pode ter promovido uma modulação dessa região, possivelmente atenuando a percepção dos sinais de fadiga periférica, o que resultou em maior tolerância à tarefa e, conseqüentemente, em um maior número de repetições.

Rodrigues et al. (2022) investigaram os efeitos da ETCC aplicada sobre o CPFDL-E no volume de carga durante o exercício de supino. Doze homens treinados em força realizaram três séries até a falha a 80% de 1RM, em um delineamento crossover, após as condições ETCC-a e *sham*. Na condição ETCC-a e *sham* o eletrodo anódico foi posicionado na CPFDL-E e o eletrodo catódico foi posicionado na região supraorbital direito. Os sujeitos na condição anódica foram estimulados 20 min a 2mA e na condição *sham* receberam 60 segundos de estimulação ativa. Os resultados demonstraram que o volume de carga no supino foi significativamente maior na condição ETCC-a em comparação à *sham* ($1.415,2 \pm 426,6$ kg vs. $1.140,0 \pm 271,6$ kg,

respectivamente), sendo esse aumento atribuído a um maior número total de repetições realizadas ao longo das séries. Os autores sugerem que a ETCC-a pode ter aumentado a excitabilidade cortical do CPFDL-E permitindo o comando central descendente, favorecendo a maior tolerância ao esforço durante o exercício. Além disso, é levantada a hipótese de que a modulação do CPFDL-E possa ter atuado sobre fatores neurocognitivos, como o controle inibitório e a percepção de esforço, permitindo que os participantes sustentassem o desempenho por mais tempo. Por fim, os autores também sugerem que aspectos afetivos e motivacionais, incluindo maior prazer percebido durante o supino, podem ter contribuído para o aumento do volume na condição ETCC-a, reforçando o papel do CPFDL-E na regulação do desempenho em exercícios de alta intensidade.

Ainda no estudo supracitado (Rodrigues et al., 2022), os autores também encontraram aumento significativo do volume de carga na condição ETCC-a em comparação à condição *sham* ($1.808,5 \pm 439.9$ kg vs. $1.458.3 \pm 266.5$ kg, respectivamente) para o exercício de agachamento. Os autores sugerem que a estimulação do CPFDL-E pode ter favorecido processos centrais relacionados à persistência na tarefa e à tolerância ao esforço. Nesse cenário, os autores levantaram a hipótese de que a modulação do CPFDL-E induzida pela ETCC-a possa ter influenciado aspectos motivacionais e afetivos do exercício, contribuindo para a manutenção do desempenho ao longo das séries, mesmo sob condições de alta intensidade.

Por fim, Vieira et al. (2020) investigaram os efeitos agudos da ETCC aplicada sobre CPFDL-E sobre o volume de treinamento durante o exercício de agachamento. A amostra foi composta por 15 homens treinados em exercícios de força, que participaram de um delineamento experimental cruzado, sendo submetidos às condições ETCC-a e *sham*. A estimulação anódica foi aplicada com intensidade de 2 mA durante 20 minutos, com o eletrodo anódico posicionado sobre o CPFDL-E e o eletrodo de referência posicionado em região órbita frontal direita. A condição *sham* compreendeu da mesma montagem que a anódica, porém após 60 segundos era desligado o dispositivo. Os participantes realizaram o exercício de agachamento em três séries até a falha concêntrica, com carga correspondente a 80% de 1RM. Os resultados demonstraram que a condição ETCC-a promoveu aumento significativo no número de repetições em comparação à condição *sham* (ETCC-a: $30,1 \pm 6,8$ repetições vs. *sham*: $26,3 \pm 6,1$ repetições). Os autores sugerem que a estimulação do CPFDL-E pode ter facilitado mecanismos centrais relacionados à tolerância ao esforço e à persistência na tarefa, favorecendo a manutenção do desempenho ao longo das séries.

Dado ao exposto, os estudos que investigaram os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua aplicada sobre o CPFDL-E demonstram, de maneira geral, aumento

agudo do volume de treinamento em exercícios de força quando comparados à condição *sham* (Alix-Fages *et al.*, 2020; Lattari *et al.*, 2019; Lattari *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2020). De forma convergente, os autores sugerem que esses efeitos estejam associados à modulação de mecanismos centrais perceptivos e cognitivos possivelmente relacionados à maior tolerância ao esforço e à capacidade de sustentar o desempenho ao longo das séries, favorecendo um aumento do volume de treinamento. Entretanto, observa-se que um número reduzido de estudos investigou o exercício de agachamento considerando o número total de repetições como variável de volume, o que evidencia uma lacuna na literatura. Nesse contexto, a investigação do número de repetições realizadas até a falha concêntrica no exercício de agachamento emerge como um desfecho relevante para aprofundar a compreensão dos efeitos da ETCC-a sobre o desempenho em treinamento de força.

2.2 Córtex Pré Frontal (CPF)

O CPF, também chamado de neocórtex, é uma área cortical desenvolvida nos humanos e que possui ricas conexões com partes mais profundas do encéfalo como o tálamo, hipotálamo e o sistema límbico. Essa área cortical tem uma organização compartimental subdividido em três grandes regiões funcionais como a área ventromedial, a área orbitofrontal e a área dorsolateral. Resumidamente, a área ventromedial parece estar envolvida com o planejamento de ações, o raciocínio e o ajuste social. Por sua vez, a área orbitofrontal está relacionada com a afeto e tomada de decisões baseada em aspectos emocionais. Já o córtex pré-frontal dorsolateral (CPF_{DL}) está associado com funções cognitivas, tomada de decisão baseada em aspectos racionais e controle de comportamento (Goldman-Rakic, 1996). Devido a importância específica do CPF_{DL} na respectiva dissertação, os parágrafos seguintes abordaram com maiores detalhamentos as diversas funções envolvidas com essa área cortical.

O CPF_{DL} parece ser a área cortical envolvida nas diferentes funções executivas, dentre elas podemos destacar a memória de trabalho, a flexibilidade cognitiva e o controle inibitório (Diamond, 2012). A memória de trabalho consiste no indivíduo manter uma informação em mente e trabalhar com elas por um determinado tempo. Essa função é crucial para dar sentido a qualquer circunstância que se desdobre ao longo de um tempo, pois isso requer ter em mente o que aconteceu antes e relacioná-la com o que está acontecendo agora (Diamond, 2012). Já a flexibilidade cognitiva se refere à capacidade do indivíduo mudar suas expectativas, mudar a maneira como pensa sobre um problema e ser flexível o suficiente para se adequar as demandas estabelecidas (Diamond, 2013). Por fim, o controle inibitório consiste no controle comportamental do indivíduo, está relacionado a inibição de resposta ou comportamento

indesejado sobretudo exercendo um autocontrole, resistindo as “tentações”, como por exemplo a tentação de comer demais, de responder de maneira impulsiva ou de não completar uma tarefa. Outro ponto interessante associado ao controle inibitório é o controle atencional, participando no foco e conclusão de objetivos e no controle emocional, fazendo com que o indivíduo tenha uma autorregulação e não venha agir de forma inadequada (Diamond, 2013).

O controle inibitório está diretamente ligado na modulação do comportamento humano. Em um estudo longitudinal Moffit e colaboradores (2011), ao acompanharem 1.000 pessoas durante 30 anos, constataram que, crianças que apresentavam menor inibição tinham menos persistência, mais impulsividade e pior regulação da atenção. Além disso, quando essas crianças atingiram a idade adulta, tiveram piores empregos, mais associação as drogas, piores índices de saúde em comparação aquelas que tiveram melhor controle inibitório. Em adição um estudo conduzido por Jones e colaboradores (2011) constatou que, sujeitos que apresentaram piores desempenhos em uma tarefa de controle inibitório apresentavam um comportamento de busca por álcool. Em contrapartida, um melhor controle inibitório está associado a melhores desempenhos acadêmicos, maior foco, autorregulação comportamental e conclusão de tarefas (Moffit *et al.*, 2011). Assim, parece que a capacidade de controlar os próprios impulsos é crucial para o indivíduo viver de acordo com as normas sociais, manter uma vida mais saudável evitando um comportamento compulsivo (Frieze *et al.*, 2013).

É plausível que o controle inibitório atue na capacidade de tolerar sensações de fadiga e que possam determinar o término do exercício (Robertson; Marino, 2016). Nesse contexto, o controle inibitório atuaria na maior tolerância de uma tarefa extenuante, fazendo com que o indivíduo “resista a tentação” de interromper o exercício. Parece que durante a execução de tarefas intensas, o foco atencional é relacionado com sinais motivacionais e emocionais e não as percepções sensoriais vivenciadas durante as tarefas (Robertson & Marino, 2016). Corroborando com essa narrativa, um trabalho conduzido por Martin e colaboradores (2016), compararam que os ciclistas com um melhor controle inibitório são mais resistentes a fadiga mental, resultando num melhor desempenho de tarefa de resistência ao comparar com os ciclistas com um menor controle inibitório. Assim, um melhor controle inibitório parece ser relevante em tarefas realizadas até a exaustão (Hagger *et al.*, 2010).

Em função disso, parece ser relevante utilizar recursos ergogênicos que atuem na melhora do controle inibitório quando o objetivo final da tarefa for apresentar uma maior tolerância ao exercício. Nesse cenário, parece que a aplicação da ETCC-a sobre o CPFDL induz melhorias no controle inibitório (Loftus *et al.*, 2015, Fregni *et al.*, 2008; Jeon & Han, 2012; Soltaninejad *et al.*, 2019; Nejati *et al.*, 2018) e, consequentemente, promove maior tempo de

exaustão em um exercício físico intenso (Angius *et al.*, 2019). A fim de uma melhor compreensão temática, o tópico seguinte irá abordar, inicialmente, os efeitos da ETCC-a aplicada sobre o CPFDL e seus resultados no controle inibitório.

2.2.1 Efeitos da ETCC aplicada sobre o CPFDL no controle inibitório

A ETCC-a tem sido usada a fim de proporcionar melhora em várias funções executivas, em especial o controle inibitório (Nejati *et al.*, 2018), tanto em indivíduos saudáveis (Loftus *et al.*, 2015) quanto em indivíduos com acometimento dessa função (Soltaninejad *et al.*, 2019). Diante disto, um estudo conduzido por Loftus e colaboradores (2015), com objetivo de investigar os efeitos da ETCC-a sobre o CPFDL na melhora do controle inibitório em adultos saudáveis, recrutou 28 sujeitos para participarem de duas condições experimentais (ETCC-a e *sham*). Para a condição ETCC-a o eletrodo anódico foi posicionado no CPFDL esquerdo e o eletrodo catódico posicionado sobre CPFDL direito, com intensidade de corrente elétrica de 2,0 mA e uma duração de estímulo de 10 minutos. Para a condição *sham* foi utilizada a mesma montagem, porém o estimulador foi desligado após 30 segundos. O *Stroop* foi utilizado para mensurar o controle inibitório antes e após as condições experimentais. Os achados demonstraram que os sujeitos submetidos a ETCC-a comparados a *sham* apresentaram menores erros no teste de *Stroop*, além de uma maior redução no tempo de conclusão da tarefa incongruente. Os autores atribuem que os resultados encontrados foram devido a montagem da ETCC-a ter atingido as regiões de CPFDL, que tem sido associada ao controle inibitório. Eles hipotetizaram que uma atividade reduzida do CPFDL esquerdo está associada a uma má regulação do controle inibitório e sugerem que a ETCC-a poderia ter aumentado a força sináptica e amplificado a comunicação neural do CPFDL, assim resultando numa melhoria do controle inibitório.

Em outro estudo elaborado por Jeon e colaboradores (2012), com o intuito de investigar os efeitos da ETCC-a na melhoria de controle inibitório, foram recrutados 32 sujeitos saudáveis para participar das condições experimentais (ETCC-a e *sham*). Os sujeitos foram divididos em 4 grupos: O grupo ETCC-a/CPDL ESQUERDO, onde o eletrodo anódico foi posicionado no CPFDL esquerdo e o eletrodo catódico na região supraorbital contralateral. O grupo *sham*/CPFDL ESQUERDO com os mesmos posicionamentos de eletrodos do grupo ETCC-A/CPFDL ESQUERDO. O grupo ETCC-a/ CPFDL DIREITO, onde o eletrodo anódico foi posicionado CPFDL direito enquanto o eletrodo na região supraorbital contralateral. O grupo *sham*/ CPFDL DIREITO, com os mesmos posicionamentos de eletrodos do grupo ETCC-a/CPFDL DIREITO. Com uma duração de estímulo de 20 minutos e 1mA de intensidade de

corrente e nos grupos *sham* o dispositivo foi desligado após 20 segundos de estimulação. Para mensurar o controle inibitório foi realizado o teste *Stroop* antes, após as condições experimentais e 2 semanas após as intervenções. Os resultados demonstraram uma melhora no teste de *Stroop* para os indivíduos do grupo ETCC-a/ CPF DL ESQUERDO, em comparação a linha de base e outras condições. Os autores sugerem que a ETCC-a/CPF DL ESQUERDO induziu uma excitação cortical que foram associadas a mudança do potencial de repouso neural, permitindo uma melhora no controle inibitório.

Em outro estudo conduzido por Nejati e colaboradores (2018), com o objetivo de investigar os efeitos da ETCC-a sobre o desempenho de controle inibitório, foram recrutados 24 indivíduos saudáveis para participar das condições experimentais (ETCC-a, ETCC-c e *sham*). Para a condição ETCC-a o eletrodo anódico foi posicionado no CPF DL esquerdo enquanto o eletrodo catódico foi posicionado na região supraorbital. Na condição ETCC-c o eletrodo catódico foi posicionado no CPF DL esquerdo e o anódico na região supraorbital. Na condição *sham* com o mesmo posicionamento de eletrodos da condição ETCC-a. Com uma intensidade de corrente de 1,5 mA e uma duração de estimulação de 20 minutos e na condição *sham* o dispositivo foi desligado após 30 segundos de estimulação. A tarefa de controle inibitório, Go/ No- Go, foi aplicada juntamente com a ETCC. Os participantes respondiam a tarefa enquanto recebiam a estimulação. Como resultado foi visto menor tempo de conclusão na tarefa para a condição ETCC-a. Os autores atribuem os resultados pela ativação do CPF DL e suas redes contribuíram para a melhora do controle inibitório.

Dentre os trabalhos supracitados, parece que a ETCC-a aplicada sobre CPF DL resulta em melhorias do controle inibitório (Loftus *et al.*, 2015; Jeon & Han, 2012; Nejati *et al.*, 2018). Em teoria, a maior excitabilidade de CPF DL, proporcionaria um ambiente cortical favorável a modulação do controle inibitório (Jeon & Han, 2012). No entanto, uma atividade reduzida no CPF DL estaria associada a uma má regulação do controle inibitório (Loftus *et al.*, 2015). Diante de tais achados, é plausível que a ETCC-a sobre o CPF DL induza melhora significativa do controle inibitório.

2.2.2 Relação entre ETCC, controle inibitório e desempenho físico

Em relação ao desempenho físico, a ETCC sobre o CPF DL, parece modular o controle inibitório permitindo uma maior tolerância na tarefa física (Angius *et al.*, 2019; Etemadi *et al.*, 2023). Angius e colaboradores (2019) investigaram os efeitos da ETCC sobre o controle inibitório e o desempenho aeróbico em 12 sujeitos treinados. Para a condição ETCC-a o eletrodo anódico foi posicionado na região CPF DL esquerdo enquanto o eletrodo catódico foi

posicionado na região supraorbital. O estímulo teve duração de estimulação de 20 minutos e uma intensidade de corrente de 2 m A. Já na condição *sham*, os eletrodos foram posicionados nas mesmas regiões que na condição ETCC-a, porém o dispositivo foi desligado 30 segundos após o início. O teste de controle inibitório, *Stroop*, foi ministrado antes da ETCC, pós ETCC e depois da tarefa de exaustão no ciclismo. Na tarefa de exaustão o sujeito foi instruído a pedalar a 70% da potência de pico. O teste era encerrado, quando o sujeito mantivesse uma cadência abaixo de 60 rpm por mais de 5 segundos. Os autores encontraram um melhor desempenho na tarefa de *Stroop* para a condição ETCC-a, antes do teste de exaustão, onde os números de erros foram menores em comparação a condição *sham*. Porém os resultados do teste de *Stroop* pós a tarefa de exaustão teve uma pior inibição de respostas em todas as condições. Os autores acreditam que a intensidade da tarefa poderia ter prejudicado o controle inibitório. O tempo de exaustão foi significativamente maior para a condição ETCC-a em relação a *sham* (17min vs 15 min). Os autores atribuem que a melhora no controle inibitório foi devido a um possível aumento da excitabilidade neuronal da região estimulada e, assim, permitiu um maior tempo na tarefa de ciclismo. Com base nesses achados, os autores atribuem um importante papel do controle inibitório na regulação do exercício de resistência aeróbica.

Um estudo elaborado por Etemadi e colaboradores (2023) teve como objetivo investigar duas montagens de ETCC-a (M1e CPFDL), sobre o controle inibitório e o desempenho de resistência aeróbica após a exposição em um ambiente de hipóxia. Para isso, eles recrutaram 14 sujeitos para receberem 3 condições experimentais (ETCC-a/ M1, ETCC-a/ CPFDL e *sham*). Na montagem ETCC-a/ M1, o eletrodo anódico foi posicionado sobre o Cz cobrindo os dois lados do M1 e o eletrodo catódico posicionado sobre o ombro esquerdo. Na montagem ETCC-a/ CPFDL, o eletrodo anódico foi posicionado sobre a região do CPFDL esquerdo enquanto o eletrodo catódico foi posicionado na região supraorbital. Ambas as condições receberam um protocolo de estimulação de 20 minutos e intensidade de corrente de 2 m A. Para a condição *sham* a montagem foi semelhante as outras condições, porém o dispositivo foi desligado 30 segundos após o início. O teste de controle inibitório, *Stroop*, foi ministrado antes das condições e após o teste de exaustão no cicloergômetro. Para induzir a condição hipóxica os sujeitos permaneceram sentados e através de uma máscara respiraram uma mistura de gases contendo 13 % de O₂ por 50 minutos. Durante os últimos 20 minutos de exposição hipóxica a ETCC foi ministrada. Logo após os sujeitos realizaram uma tarefa de exaustão no ciclismo em uma condição hipóxica até à exaustão voluntária. A tarefa de exaustão foi realizada a 65 % da potência de pico e uma cadência estabelecida a 60 rpm até à exaustão voluntária. Como resultados, o tempo de exaustão após a exposição de hipóxia foi maior para a condição ETCC-

a/CPFDL (~ 8.12 min) em comparação as condições ETCC-a/ M1(~ 7.54 min) e *sham* (~ 6.20 min). Em adição, foi encontrado um tempo significativamente menor de conclusão na tarefa de *Stroop* para a condição ETCC-a/ CPFDL, o que resultou na melhora de controle inibitório. Os autores sugerem que a condição ETCC-a/CPFDL forneceu um efeito compensatório na condição de hipóxia, melhorando a função dessa área cortical, possivelmente devido a excitabilidade dos circuitos neurais gerada pela técnica.

Com base nos estudos supracitados, parece que a ETCC-a sobre o CPFDL resulta em melhorias no controle inibitório e maior tolerância na tarefa de resistência aeróbia (Anigus *et al.*, 2019; Etmadi *et al.*, 2023), tanto em condições de ambiente controlado (Angius *et al.*, 2019) quanto de hipóxia (Etmadi *et al.*, 2023). Os autores atribuem que o aumento da excitabilidade cortical na área CPFDL modularia o controle inibitório e, consequentemente, aumentaria a tolerância numa tarefa de resistência aeróbia (Angius *et al.*, 2019). Todavia, a literatura relacionada ao tema parece ser escassa, ainda necessitando de maiores esclarecimentos. Para o nosso maior conhecimento, não existem estudos que tenham investigado essa relação com o exercício de força, sendo que tal proposta será abordada na presente dissertação.

2.3. Efeitos da ETCC aplicada sobre o CPFDL na PSE

A PSE é um marcador subjetivo de intensidade no exercício físico. Em teoria, a PSE consiste na sensação de quão duro, pesado e extenuante um trabalho físico é vivenciado (Borg, 2000), permitindo que o sujeito perceba e monitore seu estado de fadiga, fazendo possíveis ajustes com intuito de controlar o seu desempenho (Marcora *et al.*, 2008).

Parece que o CPFDL exerce um papel importante na determinação do término do exercício. Em relação a PSE, parece que o CPFDL está envolvido na interpretação dos sinais aferentes vivenciados no exercício. Essa região permite não só a interpretação dos sinais, mas uma autorregulação no que consiste ao ritmo do exercício (Robertson & Marino, 2016). Nesse sentido, quando a ETCC é posicionada sobre o CPFDL, parece modular a PSE, permitindo ao indivíduo maior tolerância na tarefa física, o que de fato tem sido corroborado por estudos anteriores (Lattari *et al.*, 2016; Lattari *et al.*, 2018; Alix-Fages *et al.*, 2020). A fim de uma maior compreensão sobre a temática, nos próximos parágrafos seguem os trabalhos que investigaram os efeitos da ETCC sobre o CPFDL nas respostas de PSE especificamente em exercícios de força.

Lattari e colaboradores (2016), com o objetivo de investigar os efeitos da ETCC sobre o volume de repetições e PSE, recrutaram 10 sujeitos treinados para receberem 3 condições experimentais de ETCC (ETCC-a, ETCC-c e *sham*). Na condição ETCC-a o eletrodo anódico

foi posicionado na região CPF DL esquerdo enquanto o eletrodo catódico foi posicionado na região supraorbital direita. Na condição ETCC-c os eletrodos foram posicionados de maneira oposta a condição ETCC-a. Na condição *sham* o posicionamento foi semelhante a condição ETCC-a. Os sujeitos foram estimulados durante 20 minutos com uma intensidade de corrente de 2,0 mA. Na condição *sham* o dispositivo foi desligado após 30 segundos de estímulo. A tarefa de resistência de força foi realizada antes e logo após a estimulação. Os sujeitos foram instruídos a realizarem o máximo de repetições no exercício flexão de cotovelo na barra com carga referente a 10RM. A PSE foi medida através da escala OMNI-RES imediatamente após a tarefa de força. Foram encontrados um maior número de repetições para o momento pós e condição ETCC-a (11.1 repetições) em comparação as condições ETCC-c (9.6 repetições) e *sham* (10.1 repetições). A PSE foi menor na condição ETCC-a em comparação as outras condições experimentais. Os autores atribuem os resultados a excitabilidade da região selecionada. Eles acreditam que o CPF DL pode exercer um papel crucial na fadiga central e a ETCC-a poderia retardar a PSE.

Em contrapartida, Lattari e colaboradores (2018), com o objetivo de investigar os efeitos da ETCC sobre a carga volumétrica e respostas de PSE, recrutaram 15 mulheres treinadas para receber 3 condições experimentais (ETCC-a, ETCC-c e *sham*). Na condição ETCC-a o eletrodo anódico foi posicionado sobre a região CPF DL esquerdo enquanto o eletrodo catódico foi posicionado na região supraorbital. Na condição ETCC-c o eletrodo catódico foi posicionado na região CPF DL esquerdo e o eletrodo anódico foi posicionado na região supraorbital. Na condição *sham* a montagem foi semelhante a condição ETCC-a. As mulheres foram estimuladas durante 20 minutos numa intensidade de corrente de 2,0 mA. Na condição *sham* o dispositivo foi desligado após 30 segundos de estímulo. Após a ETCC as mulheres realizaram o teste de força de 10RM no leg-press 45. Como resultados os autores encontraram um maior volume de carga para a condição ETCC-a (2.340,2 kg) em comparação as condições ETCC-c (1.519,4 kg) e *sham* (1.541,8 kg). De contrapartida eles não encontraram diferença significativa entre as condições ETCC-a e *sham* nas respostas de PSE. Em adição a condição ETCC-c obteve uma resposta de maior PSE. Os autores atribuem os resultados a montagem dos eletrodos e a variabilidade individual na excitabilidade cortical dos participantes.

Dentre os trabalhos supracitados, parece que a ETCC-a aplicada sobre CPF DL resulta na modulação da PSE (Lattari *et al.*, 2016; Alix-Fages *et al.*, 2020). Os autores acreditam que a ETCC-a aplicada sobre o CPF DL poderia aumentar a excitabilidade da região e inibir os sinais de fadiga, proporcionando uma menor PSE frente ao exercício de força (Lattari *et al.*, 2016; Alix-Fages *et al.*, 2020). Contudo, embora o uso da ETCC-a tenha resultados promissores sobre

a PSE e maior volume de treinamento (Lattari *et al.*, 2016; Alix-Fages *et al.*, 2020), outro estudo não encontrou resultados positivos (Lattari *et al.*, 2018). Nesse sentido, a literatura relacionada ao tema ainda necessita de maiores esclarecimentos.

3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1. Sujeitos

A amostra foi composta por 16 participantes experientes no TF e com idade entre 18 e 35 anos. As características dos participantes encontram-se descritas na tabela 1. Para a seleção da amostra, os seguintes critérios de inclusão foram adotados: a) Não apresentarem históricos de doenças pré-existentes como: hipertensão arterial, diabetes, doenças pulmonares, doenças cardiovasculares, neurológicas ou mentais; b) Serem classificados como aptos a prática de atividade física, de acordo com o Questionário de prontidão para a atividade física (PAR-Q) (Adams,1999) (Anexo I); c) Serem avançados no treinamento em força com no mínimo 2 anos ininterruptos segundo as diretrizes do ACMS (ACMS,2002).Foram utilizados os seguintes critérios de exclusão: a) apresentarem histórico de lesões ósseas, musculares ou ligamentares por pelo menos 12 meses anteriores ao estudo; b) fazer uso qualquer de medicação; c) Não consigam realizar a técnica correta no exercício de agachamento; d) utilizar qualquer bebida cafeinada ou alcoólica nas últimas 24h, além de recursos ergogênicos 48h de cada sessão experimental; e) Realizaram qualquer exercício extenuante dois dias antes da sessão experimental; f) Sejam fumantes; g) Doenças neurológicas; h) Possuam qualquer implante metálicos ou marcapassos cardíacos. Os tópicos, f, g e h estão relacionados ao uso da estimulação transcraniana, podendo comprometer os resultados da técnica bem como a segurança dos participantes (Bikson; Grossman; Thomas; Zannou et.al., 2016).

Todos esses critérios foram rastreados através do Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) (Adams,1999). assim como uma anamnese elaborada pelo pesquisador a fim de responder esses quesitos. Previamente, os voluntários que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todos os procedimentos experimentais da pesquisa foram em acordo com a Resolução Nacional nº 466/2012 que trata de pesquisas e testes em seres humanos. Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Salgado de Oliveira, Niterói, sob o número de parecer 6.262.581.

Tabela 1 – Caracterização da amostra (n = 16)

Variáveis	M±DP
-----------	------

Idade (anos)	24,4 ± 3,7
Estatura (m)	1,8 ± 0,1
Massa corporal (kg)	76,0 ± 12,6
IMC (kg/m ²)	24,2 ± 3,3
Gordura (%)	12,3 ± 5,6
Tempo de treinamento (meses)	24,0 ± 10,7
1RM (kg)	129,9 ± 22,5
1RM/Massa corporal	1,7 ± 0,4

Legenda: M = média; DP = desvio padrão; IMC = índice de massa corporal; 1RM = uma repetição máxima.

3.2. Desenho de estudo

Foi realizado um estudo cruzado, randomizado, simples-cego e controlado por estimulação placebo (*sham*) para explorar os efeitos da ETCC sobre o volume de repetições controle inibitório e percepção subjetiva de esforço no exercício de agachamento em homens treinados em força. Para isso, os participantes compareceram ao laboratório de Cineantropometria da Universidade Salgado de Oliveira por cinco visitas com intervalo de 48 a 72 horas entre elas. Na primeira visita, os participantes foram submetidos a uma avaliação antropométrica, seguido do teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício de agachamento parcial no Smith e a uma sessão de familiarização com os testes e as sessões experimentais do estudo. Durante a segunda visita, os participantes realizaram novamente o teste de 1RM no exercício de agachamento parcial no Smith além de uma segunda sessão de familiarização. Para a terceira, quarta e quinta visitas os participantes foram submetidos as seguintes sessões experimentais: ETCC-a, ETCC-c e *sham*. A randomização das sessões experimentais foi feita através de um site específico (<https://www.randomizer.org>). Os sujeitos foram submetidos a tarefa de controle inibitório (*Stroop*) antes e imediatamente após as sessões experimentais, assim como imediatamente após o protocolo de exercício de força. O protocolo de força foi realizado no exercício de agachamento parcial no aparelho Smith, em séries sucessivas de cinco repetições e um minuto de intervalo entre séries. A série era interrompida assim que o sujeito atingisse a falha concêntrica do movimento dentro da série. Dez minutos após término da tarefa de força, aproximadamente 10 minutos após o término do protocolo de treinamento de força, a PSE da sessão foi mensurada (Foster *et al*, 2001). Todas as sessões foram realizadas no período da manhã (entre 8 – 12h), em ambiente controlado com temperaturas entre 20° a 22°C.

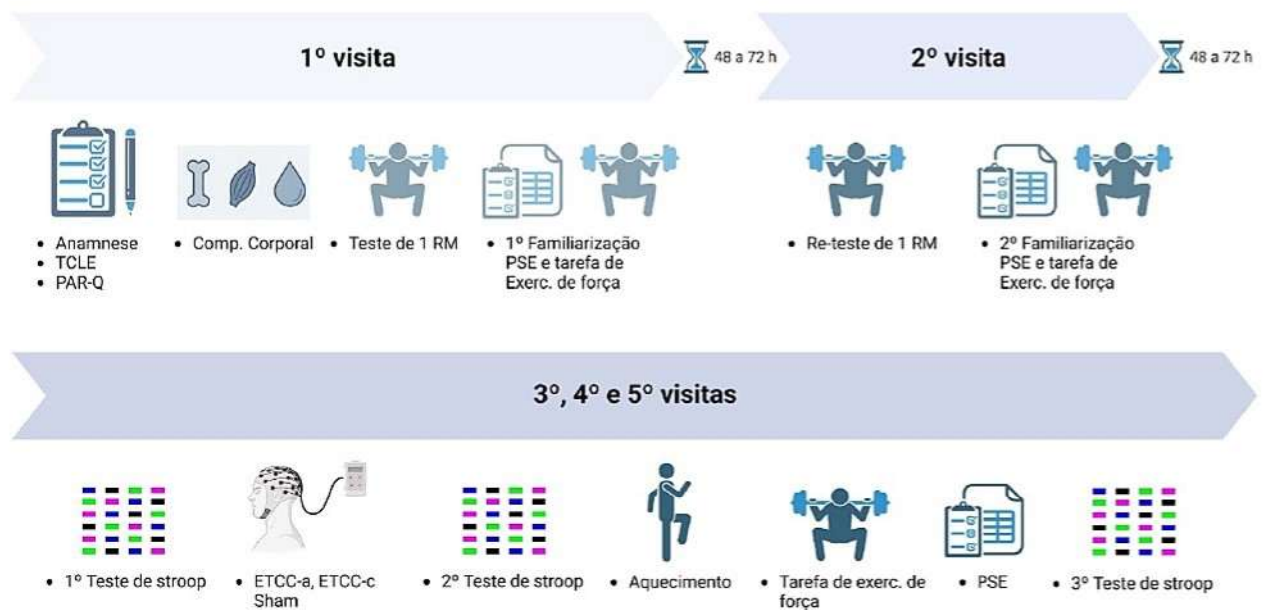


Figura 1: Desenho do estudo

Legendas: TCLE = Termo de compromisso livre e esclarecido; PAR-Q = Questionário de prontidão para atividade física; 1RM = 1 repetição máxima; PSE sessão = Percepção subjetiva de esforço da sessão de treino; ETCC-a = Estimulação transcraniana por corrente contínua anódica.; ETCC-c = Estimulação transcraniana por corrente contínua catódica; Sham = placebo.

3.3. Procedimentos

3.3.1. Avaliação antropométrica

A massa corporal e a estatura foram mensuradas utilizando uma balança mecânica com estadiômetro acoplado (Filizola modelo 31, São Paulo, Brasil), com resolução de 0,1 kg para massa corporal e 0,5 cm para estatura. As dobras cutâneas abdominal, peitoral e coxa medial foram avaliadas por meio de um compasso científico de dobras cutâneas (Sanny®, São Bernardo do Campo, Brasil), com resolução de 1 mm e precisão de ± 1 mm. Os cálculos utilizados para estimar a densidade corporal e percentual de gordura, foram realizados através da equação de 3 dobras proposta por Jakson e Pollock (1978) e Siri (1993), respectivamente. Todas as avaliações foram conduzidas por um avaliador experiente a fim de evitar erros inter-avaliadores.

3.3.2. Teste de 1RM

Inicialmente foi realizado um aquecimento com exercícios de mobilidades de quadril. Foi utilizado 2 séries com 12 repetições de flexão de quadril seguido de um aquecimento específico no exercício de agachamento livre parcial com uma série de oito repetições a 50 %

da carga de 10RM estimada individualmente. O agachamento parcial iniciou com indivíduo na posição vertical, com a barra posicionada na musculatura do trapézio, pés afastados na largura dos ombros, joelhos e quadris levemente flexionados. A partir dessa posição, o participante realizava o movimento de descida de forma contínua até atingir aproximadamente 90 graus de flexão dos joelhos, caracterizando o padrão de agachamento parcial. Na primeira visita, durante o teste de 1RM, foi utilizado um goniômetro universal para mensuração e padronização da amplitude correspondente a 90° de flexão de joelho. Após a determinação desse ângulo, a posição individual foi registrada e utilizada como referência para ajuste da trava de segurança da máquina Smith (Vitality, São José do Rio Preto- SP, Brasil.). Nas visitas subsequentes, essa marcação foi reproduzida, garantindo a padronização e a reprodutibilidade da amplitude do movimento ao longo de todas as sessões experimentais. A amplitude do movimento foi controlada individualmente por meio da trava de segurança da máquina Smith, de modo que, ao tocar o ponto de referência da trava, o participante iniciava o movimento de subida através da contração concêntrica. Foram realizadas entre três e cinco tentativas, com intervalo de três a cinco minutos entre elas, para determinar a carga no teste de 1RM. Adotou-se um incremento de cargas entre 5kg e 10 kg, até o participante só conseguir realizar apenas uma repetição máxima. (Brown; Weir, 2001). As seguintes estratégias foram adotadas durante o teste de 1RM, para reduzir erros de execução: 1) Todos os participantes foram devidamente instruídos sobre os procedimentos do teste e a técnica de desempenho no exercício de agachamento parcial no Smith; 2) Em caso de erro na execução, a repetição não era válida; 3) O participante que não fosse capaz de reproduzir uma execução correta no exercício era cortado da amostra. A reprodutibilidade do teste de 1RM foi realizada 48 horas após o primeiro teste e foi analisada pelo coeficiente de correlação intraclasse. A carga de 1RM apresentou excelente confiabilidade teste-reteste (ICC = 0,989; IC95%: 0,970–0,996; $p < 0,001$), evidenciando alta reprodutibilidade do protocolo experimental. A maior carga obtida entre esses dois dias de teste foi utilizada para calcular a carga na sessão de treinamento de força.

3.3.3. Familiarização

Foram realizadas no primeiro e segundo dia de visita todas as familiarizações com os testes usados no projeto. A primeira instrução concedida foi quanto ao teste de *Stroop* (*Stroop*, 1935). Foram apresentados os cartões do teste de *Stroop* aos participantes. O pesquisador instruiu que eles deveriam responder às cores pintadas em todos os cartões no menor tempo possível. Cada participante realizou 2 vezes o teste. Em seguida, para adaptar os sujeitos quanto a utilização da PSE, foram realizadas três séries de cinco repetições com uma

progressão de carga de 50%, 70% e 80% de 1RM para cada série e 1 minuto de intervalo entre séries no exercício de agachamento parcial. Ao final de cada série os sujeitos eram solicitados a responderem a PSE. Essa estrutura de familiarização permitiu aos participantes uma percepção mais sensível para cada intensidade de carga vivenciada. Quanto a PSE sessão, 10 minutos ao final das três séries, os sujeitos também eram solicitados a responderem a PSE, porém referente a sessão completa.

3.3.4. Estimulação transcraniana por corrente contínua

Previamente durante as visitas iniciais, os participantes receberam instruções quanto ao ETCC, uma delas seria lavar o cabelo com sabonete neutro e não fazer uso de nenhum produto no couro cabeludo, para que houvesse boa condutividade através do circuito (Thair *et al.*, 2017). Durante a estimulação, os participantes permaneceram confortavelmente sentados. O estímulo elétrico foi aplicado por eletrodos (anódicos e catódicos) envolvidos por duas esponjas embebidas em solução salina e conectados em um aparelho específico de ETCC (Microestim Genius NKL, Santa Catarina, Brasil). Para a condição ETCC-a, o ânodo foi posicionado sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo e o cátodo sobre o córtex supra- orbital (CSO) direito, para a condição ETCC-c o eletrodo catodo foi posicionado sobre o CPFDL esquerdo e o eletrodo ânodo foi posicionado sobre o CSO direito. O posicionamento dos eletrodos foi de acordo com o sistema internacional de eletroencefalografia 10-20 (Da Silva *et al.*, 2011). Os eletrodos de tamanho 5,0 x 5,0 cm foram escolhidos devido a localização da área estimulada (ou seja, CPFDL esquerdo) e melhor conforto para os sujeitos durante a estimulação (Thair *et al.*, 2017). Os participantes foram estimulados por 20 minutos e intensidade de corrente de 2 mA (0,08 mA/cm²) durante as sessões de ETCC-a e ETCC-c. Nota-se que esse protocolo já se mostrou eficaz para induzir um efeito ergogênico proporcionando um aumento no volume de repetições no exercício resistido nas condições ETCC-a (Lattari *et al.*, 2016), assim como melhorias no controle inibitório (Angius *et al.*, 2019). Para a sessão *sham*, o eletrodo ânodo foi posicionado no CPFDL esquerdo e o eletrodo catodo posicionado sobre o CSO direito, durante 20 minutos de duração, porém o estimulador foi desligado após 60 segundos de estimulação ativa, permitindo um cegamento aos participantes (Russo *et al.*, 2013). As funções de aumento e diminuição da intensidade da corrente elétrica foram realizadas no minuto inicial e final da estimulação ativa. Os níveis da impedância foram mantidos abaixo de 5 k ohms (Da Silva *et al.*, 2011).

3.3.5. Teste de Stroop

Para mensuração do controle inibitório, foi aplicado o teste de *Stroop*, versão Victoria

(*Stroop*, 1935) antes e após as estimulações, assim como após o protocolo de treinamento de força. Esse teste busca mensurar a inibição de respostas indesejadas através do seu modelo incongruente de tarefa, no qual o participante responde a cor que está pintada e não a que está escrita. Os voluntários foram orientados a realizarem o teste no menor tempo possível. Para esse teste, leva-se mais tempo para nomear as cores pintada do que o nome das cores. O teste consiste em 3 cartões contendo 24 estímulos, sobre um fundo branco. O primeiro cartão se apresenta da seguinte forma: 24 círculos impressos nas cores verde, preto, azul e vermelho de modo que cada cor aparecesse uma vez por carreira de forma aleatória. Nesse cartão o objetivo consiste em falar os nomes das cores o mais rápido possível. No segundo cartão, similar ao primeiro cartão, só que agora com estímulos que no lugar dos círculos encontram – se palavras. Essas palavras (Ex: cadeira, lápis, fácil, comida) estão pintadas nas cores verde, preto, azul e vermelho aleatoriamente. Nesse cartão o objetivo é dizer o nome das cores, ignorando o nome das palavras o mais rápido possível. No terceiro cartão é a tarefa de forma incongruente. Os estímulos são as palavras: verde, preto, azul e vermelho, impressos nas cores, vermelho, azul, preto e verde. De modo que a cor da tinta e o nome da cor nunca serão as mesmas. Nesse cartão o objetivo é dizer o nome das cores da tinta (ignorando o nome das cores), no tempo mais rápido possível. Para cada cartão o tempo de execução da tarefa foi cronometrado, bem como o registro de erros de cada estímulo. A alteração na velocidade de nomeação de palavras coloridas (cartão 1) e de nomeação de cores de palavras incongruentes (cartão 3) é denominada interferência *Stroop* (Ben-David; Scheneider, 2009), tempo de conclusão do cartão 3 menos o tempo de conclusão do cartão 1, encontramos o tempo de interferência de *Stroop*. Um maior valor do tempo de Interferência *Stroop* (IS), assim como um score alto de erros da tarefa incongruente (cartão 3) está associado uma menor capacidade em inibir respostas indesejadas e uma menor atenção seletiva do sujeito (Boaz; Scheneider, 2009). Esse teste pode ser avaliado usando essas 3 variáveis: Erros (E), tempo de conclusão (TC) e interferência *Stroop* (IS). Essas variáveis foram usadas no desfecho desse presente estudo.

3.3.6. Protocolo do agachamento parcial

Logo após a estimulação e o segundo teste de *Stroop*, os sujeitos realizaram o protocolo do agachamento parcial. Antes do protocolo foi realizado um aquecimento com exercícios de mobilidade e um aquecimento específico. Para o exercício de mobilidade foram feitas 2 séries de 12 repetições de mobilidades de quadril e tornozelo onde o indivíduo na posição ajoelhada realizou 12 repetições de flexão de quadril. Em seguida, foi feito um aquecimento específico composto de uma série, 10 repetições no agachamento parcial no Smith com carga de 60% de

1RM. Nota-se que a escolha desse protocolo de aquecimento foi devido a uma possível melhora no desempenho, sem induzir fadiga neuromuscular que pudesse comprometer a tarefa principal (Behm; Chaouachi, 2011). Logo após o aquecimento, o protocolo de exercício de força foi realizado em séries de cinco repetições, com um minuto de descanso entre séries e carga de 80% do 1RM para o exercício de agachamento parcial no Smith. (Alix Fages *et al.*, 2020). A sessão foi encerrada quando os participantes não eram capazes de completar as cinco repetições da série. A escolha desse protocolo foi para conceder aos participantes uma alta intensidade e um alto volume, pois segundo Mangine *et al.*, (2015) ambas as variáveis (i.e., intensidade e volume) são fundamentais nas adaptações neuromusculares para a melhoria da hipertrofia e ganho de força. A execução do agachamento parcial no Smith foi similar à adotada no teste de 1RM e os participantes foram encorajados a completar o maior número possível de repetições nas séries com o máximo de velocidade pretendida em cada repetição. Os números de repetições dos participantes foram devidamente registrados.

3.3.7. Volume de treinamento

O volume de treinamento é comumente estimado a partir do total de séries e repetições realizadas ao longo de uma sessão de exercício resistido. Essa variável tem sido amplamente associada à magnitude do trabalho mecânico total, o qual, por sua vez, desempenha um papel fundamental nos processos adaptativos relacionados à hipertrofia muscular. Evidências consistentes apontam que protocolos com maior volume de treinamento, particularmente aqueles que envolvem múltiplas séries promovem adaptações hipertróficas superiores quando comparados a programas de baixo volume ou com conjuntos únicos, sobretudo em indivíduos previamente treinados em resistência (Kraemer; Ratamess, 2004). O número total de repetições foi considerado como indicador de volume no exercício de agachamento, sendo registrada pelo pesquisador no momento da tarefa de força. Essa escolha foi devida à alta validade externa do procedimento, que utilizam testes de campo para avaliar a resistência muscular em repetições realizadas até atingir a falha com diferentes porcentagens de 1RM (% da carga de 1RM), tanto em sujeito treinados como destreinados em força (Shimano *et al.*, 2006).

3.3.8. Mensuração da percepção subjetiva de esforço da sessão.

A percepção subjetiva de esforço (PSE) da sessão foi mensurada por meio da escala CR10 de Borg, modificada por Foster *et al.* (2001). Essa escala é composta por valores que variam de 0 a 10, acompanhados de descritores verbais que representam a intensidade do esforço percebido, onde 0 corresponde a “repouso” e 10 a “esforço máximo”. Valores intermediários incluem, por exemplo, 1 (“muito leve”), 3 (“moderado”), 5 (“forte”), 7 (“muito

forte”) e 10 (“extremamente forte” ou “máximo”), permitindo uma quantificação subjetiva da intensidade do exercício. Essa ancoragem verbal facilita a compreensão dos participantes e contribui para maior consistência no autorrelato do esforço percebido (Borg, 2000). A aferição foi realizada dez minutos após a última repetição executada em cada sessão, conforme proposto por Foster et al. (2001).

3.4 Análises estatísticas

Inicialmente, a confiabilidade relativa das cargas obtidas no teste de 1RM para o exercício de agachamento foi avaliada por meio do coeficiente de correlação intraclass (ICC), utilizando um modelo de duas vias misto (two-way mixed-effects model), com critério da média das medidas. Posteriormente, a normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro–Wilk. Diante da violação dessa premissa, utilizaram-se testes não paramétricos, incluindo o teste de Friedman para comparações entre condições e o teste de Wilcoxon com correção de Bonferroni para análises post hoc. Os resultados foram expressos em mediana e intervalo interquartil (Med [IIQ]), enquanto o nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

4. RESULTADOS

4.1 Volume de repetições

O teste de Friedman revelou efeito significativo da condição experimental sobre o número total de repetições realizadas ($\chi^2_{(2)} = 15,19$; $p = 0,0005$). As comparações específicas revelaram que a condição ETCC-a apresentou maior número de repetições quando comparada à condição ETCC-c (67,5 reps [59,25] vs. 43,0 [37,25]; $p = 0,0057$) e à condição *sham* (43,5 reps [47,25]; $p < 0,0001$). Por outro lado, não foi observada diferença significativa entre as condições ETCC-c e *sham* ($p = 0,2446$). A Figura 2 apresenta as diferenças entre as condições experimentais.

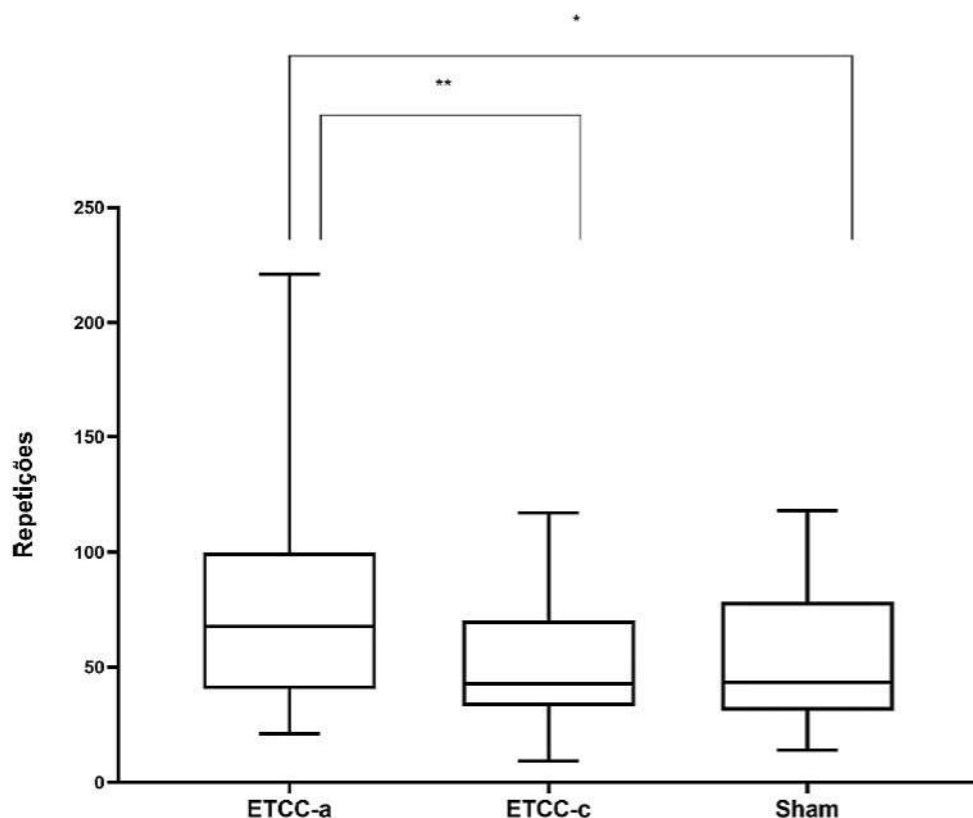


Figura 2- Volume de repetições nas diferentes condições experimentais

Legenda: *ETCC-a e Sham ($p \leq 0,001$); **ETCC-a > ETCC-c ($p = 0,0057$).

4.2 Percepção Subjetiva de Esforço da sessão (PSE)

Para a percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE), o teste de Friedman não revelou efeito significativo da condição experimental ($\chi^2_{(2)} = 2,579$; $p = 0,28$), sendo encontrados os seguintes valores descritivos para a condição ETCC-a (8,5 u.a. [2,75]), para ETCC-c (7,5 u.a. [2,0]) e para Sham (8,0 u.a. [2,0]).

4.3 Controle Inibitório

O teste de Friedman não encontrou efeito significativo entre as condições para o número de erros ($\chi^2(8) = 15,511$; $p = 0,055$), mas revelou um efeito limítrofe da condição sobre o tempo de conclusão da tarefa ($\chi^2(8) = 15,571$; $p = 0,050$). Entretanto, as comparações pareadas subsequentes utilizando o teste de postos sinalizados de Wilcoxon com correção de Bonferroni não identificaram diferenças significativas entre condições específicas ou momentos de avaliação (todos os $p > 0,05$). Por outro lado, foi encontrado um efeito significativo para a interferência de *Stroop* ao longo das avaliações repetidas ($\chi^2(8) = 15,917$; $p = 0,044$), mas as análises pós-hoc realizadas por meio do teste

de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni não revelaram diferenças pareadas significativas entre as condições ou os momentos de avaliação (todos os $p > 0,05$).

Tabela 2- Desempenho no teste de *Stroop* (número de erros, tempo de tarefa e interferência *Stroop*) nas diferentes condições experimentais e momentos de avaliação.

Variáveis	ETCC-a		ETCC-c		Sham	
Número de erros	MED	IQR	MED	IQR	MED	IQR
Pré-estimulação	1,0	2,0	1,0	2,75	1,0	2,0
Pós-estimulação	1,0	1,0	1,0	2,75	2,0	2,75
Pós-exercício	1,5	2,75	1,0	3,00	1,5	2,0
Tempo da tarefa (s)	MED	IQR	MED	IQR	MED	IQR
Pré-estimulação	18,36	4,87	19,19	5,15	19,06	9,53
Pós-estimulação	16,31	4,61	17,81	5,69	19,32	7,00
Pós-exercício	15,95	5,40	17,50	2,72	17,03	10,0
Interferência <i>Stroop</i> (s)	MED	IQR	MED	IQR	MED	IQR
Pré-estimulação	7,45	4,05	6,27	4,20	9,47	9,22
Pós-estimulação	5,37	4,77	7,32	6,61	8,23	7,51
Pós-exercício	5,65	4,11	6,51	3,45	6,44	9,36

5. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos agudos da ETCC aplicada sobre CPFDL no volume de repetições, no controle inibitório e na percepção subjetiva de esforço em indivíduos experientes no treinamento de força. De acordo com a hipótese inicial, esperava-se que a estimulação anódica promovesse aumento no volume de repetições, melhora no controle inibitório, bem como redução da percepção subjetiva de esforço comparada as outras condições experimentais. De modo geral, os resultados confirmam parcialmente com essas hipóteses, uma vez que foi observado aumento no volume de repetições na ETCC-a, porém nenhuma alteração na percepção subjetiva de esforço e controle inibitório. Esses achados destacam o potencial da ETCC-a sobre o CPFDL como uma estratégia promissora para aumentar o volume de treinamento em indivíduos treinados.

Quanto ao volume de repetições, os presentes achados corroboram a literatura prévia, conforme evidenciado nos estudos de Vieira et al. (2020), Rodrigues et al. (2022) e Alix-Fages et al. (2020), que relataram maior número de repetições ou volume de carga após a aplicação de ETCC-a em comparação às condições ETCC-c e *sham*. Especificamente, Vieira et al. (2020) observaram que a aplicação de 20 minutos de ETCC-a sobre o CPFDL, com intensidade de 2

mA, promoveu aumento no volume de repetições em comparação à condição *sham* (34 vs. 30 reps) no exercício de agachamento em homens com experiência intermediária em TF. De forma semelhante, Rodrigues et al. (2022) demonstraram maior volume de carga na condição ETCC-a em comparação à *sham* (1808.5 kg vs. 1,458.3 kg), com grande magnitude de efeito entre as condições ($d = 0,96$), durante a execução do exercício de agachamento em indivíduos treinados. É importante destacar que os protocolos empregados por Rodrigues et al. (2022) e Vieira et al. (2020) foram semelhantes ao utilizado no presente estudo, envolvendo a aplicação de ETCC-a associada à realização do agachamento parcial em três séries com carga correspondente a 80% de 1RM executadas até a falha concêntrica. Os achados de Alix-Fages et al. (2020) são particularmente relevantes para a interpretação dos resultados do presente estudo, uma vez que ambos os trabalhos utilizaram protocolos de indução à fadiga com características metodológicas semelhantes e observaram aumento do volume de repetições exclusivamente após a ETCC-a. Entretanto, mais do que reproduzir resultados prévios, o presente estudo amplia essas evidências ao demonstrar efeito semelhante em um contexto distinto. Enquanto Alix-Fages et al. (2020) investigaram o exercício de supino reto, o presente estudo utilizou o agachamento parcial realizado a 80% de 1RM, um exercício multiarticular amplamente empregado no treinamento de força, caracterizado pelo envolvimento de grande massa muscular, elevada demanda neuromuscular e alta aplicabilidade prática para o desenvolvimento da força e da hipertrofia de membros inferiores (Figueiredo *et al.*, 2018). Dessa forma, os resultados sugerem que os efeitos neuroergogênicos da ETCC-a aplicada sobre o CPFDL não se restringem a exercícios de membros superiores, podendo também beneficiar tarefas de maior complexidade motora e elevado custo fisiológico. Tal aspecto confere originalidade ao presente estudo e fortalece a hipótese de que a modulação cortical promovida pela ETCC-a exerce influência consistente sobre o desempenho em protocolos de resistência de força realizados até à fadiga.

Por outro lado, esperava-se um efeito deletério da ETCC-a sobre o desempenho de força, sendo hipotetizado devido ao seu potencial de inibição cortical (Nozari *et al.*, 2014). No entanto, os resultados do estudo não demonstraram diferenças significativas para as condições ETCC-c e *sham*. Corroborando os achados do presente estudo, o estudo de Alix -Fages et al. (2020), também observou que a ETCC-c apresentou efeitos semelhantes à condição *sham*, não evidenciando impacto deletério sobre o desempenho. Em contrapartida, o estudo de Lattari et al. (2020) demonstrou uma redução no volume de repetições sob a condição ETCC-c. Diversos aspectos podem explicar tal nulidade entre as condições, como a montagem dos eletrodos, com o catódico posicionado sobre o CPFDL e o anódico na região supraorbital, associada ao CPF,

especialmente à porção orbitofrontal o que pode ter promovido efeitos difusos e reduzido a especificidade da modulação cortical (Goldman-Rakic, 1996). Adicionalmente, evidências sugerem que os efeitos da estimulação catódica são dependentes da intensidade da corrente e não seguem um padrão linear (Jamil *et al.*, 2016). Em uma pesquisa de revisão foi observado que intensidades mais baixas ($\leq 1,0$ mA) tendem a reduzir a excitabilidade cortical, enquanto intensidades mais elevadas ($\geq 1,5-2,0$ mA) podem atenuar, neutralizar esse efeito, não promovendo a esperada inibição cortical (Jamil *et al.*, 2016). Dessa forma, a ausência de efeito deletério sobre o desempenho de força observada no presente estudo pode estar associada a múltiplos fatores relacionados à aplicação da ETCC-c, os quais ainda não estão totalmente esclarecidos, ressaltando a necessidade de estudos adicionais para melhor compreensão dos mecanismos envolvidos.

No que concerne ao controle inibitório, não foram observadas diferenças significativas entre as condições experimentais, contrariando a hipótese inicial de que a ETCC-a aplicada sobre o (CPFDL-E) promoveria melhorias no desempenho dessa função executiva. Essa hipótese foi fundamentada no papel desempenhado pelo CPFDL nos processos cognitivos relacionados ao controle inibitório, na atenção seletiva e na capacidade de inibir respostas automáticas ou inadequadas diante das demandas da tarefa. Nesse contexto, essa região cortical é considerada um dos principais substratos neurais envolvidos na regulação do comportamento direcionado a objetivos, permitindo a modulação de respostas impulsivas e a adaptação do comportamento frente a estímulos conflitantes (Diamond, 2012).

Dessa forma, esperava-se que o aumento da excitabilidade cortical promovido pela ETCC-a favorecesse o desempenho no Teste de *Stroop*, conforme previamente relatado em outros estudos (Loftus *et al.*, 2015; Jeon; Han, 2012). Entretanto, os resultados do presente estudo não corroboraram essa hipótese, uma vez que não foram observadas diferenças significativas entre as condições experimentais para as medidas de número de erros e tempo de conclusão da tarefa. Além disso, embora a análise global tenha revelado um efeito significativo para a medida de interferência do Teste de *Stroop* ao longo das avaliações repetidas, as comparações pós-hoc realizadas por meio do teste de Wilcoxon com correção de Bonferroni não identificaram diferenças significativas entre as condições experimentais ou momentos avaliados.

Esses achados diferem parcialmente dos relatados por Angius *et al.* (2019), que observaram melhorias no desempenho do teste de Stroop após a aplicação de ETCC-a sobre o

CPFDL-E. Especificamente, os autores verificaram menor número de erros no teste de Stroop concomitantemente a um aumento do tempo até a exaustão durante uma tarefa de ciclismo na condição ETCC-a. Esses resultados sugerem que a modulação do CPFDL-E pode favorecer o controle inibitório e, conseqüentemente, aumentar a capacidade do indivíduo de tolerar por mais tempo os desconfortos inerentes ao exercício prolongado (Robertson; Marino, 2016). Com base nesses achados, esperava-se que efeitos semelhantes fossem observados no presente estudo. Embora a tarefa utilizada tenha sido de resistência de força, e não de resistência aeróbia, ambas compartilham a necessidade de sustentar o desempenho diante do aumento progressivo da fadiga e do desconforto fisiológico (Fisher; Steele, 2017). Dessa forma, hipotetizou-se que uma melhora no controle inibitório decorrente da ETCC-a poderia favorecer a supressão de respostas associadas ao desejo de interromper o exercício, permitindo ao participante tolerar por mais tempo os estímulos aversivos produzidos pela tarefa e, conseqüentemente, realizar um maior número de repetições.

Uma possível explicação para a divergência entre os resultados pode estar relacionada às diferenças metodológicas entre os estudos. Especificamente, Angius et al. (2019) utilizaram uma versão computadorizada do teste de Stroop, enquanto o presente estudo empregou a versão em papel. Avaliações computadorizadas oferecem maior precisão na mensuração dos tempos de resposta, além de melhor controle da apresentação dos estímulos e registro automatizado das respostas, características que podem aumentar a sensibilidade para detectar alterações sutis no desempenho cognitivo (Brunetti *et al.*, 2021). Por outro lado, a aplicação em papel pode estar mais sujeita à variabilidade de medida e à influência de fatores relacionados ao avaliador, reduzindo potencialmente a capacidade de identificar efeitos de menor magnitude decorrentes da intervenção. (Penner *et al.*, 2012). Além disso, evidências da literatura sugerem que diferentes versões do teste de Stroop não são necessariamente equivalentes. Penner et al. (2012), por exemplo, verificaram que, embora todas as variantes produzissem efeito de interferência, a magnitude e até mesmo a natureza desse efeito variavam de acordo com o formato da tarefa. Com base nesses achados, os autores ressaltam que a equivalência entre versões em papel e computadorizadas não deve ser assumida automaticamente. Dessa forma, a utilização de instrumentos distintos entre os estudos pode ter contribuído para a divergência dos resultados observados, limitando comparações diretas entre os achados.

Adicionalmente, a ausência de diferenças significativas nas medidas de controle inibitório pode estar relacionada às características da amostra investigada. Os participantes eram adultos jovens, saudáveis e com nível educacional elevado, fatores associados a melhor

desempenho em tarefas executivas e de controle cognitivo. Evidências indicam que a escolaridade exerce influência positiva sobre o desempenho no teste de *Stroop*, enquanto indivíduos jovens tendem a apresentar desempenho próximo ao ótimo nessas tarefas (Van der Elst *et al.*, 2006; Wan *et al.*, 2025). Nesse contexto, é possível que tenha ocorrido um efeito teto, reduzindo a margem para melhorias adicionais induzidas pela ETCC-a. Essa interpretação é reforçada por revisões que demonstram efeitos cognitivos inconsistentes da ETCC em populações de adultos saudáveis após uma única sessão de estimulação (Horvath *et al.*, 2015).

Essa interpretação é compatível com o caráter neuromodulador da ETCC. Diferentemente de uma técnica capaz de gerar novas capacidades cognitivas, a ETCC atua modulando a excitabilidade de circuitos neurais já existentes, sendo seus efeitos dependentes do estado funcional prévio dessas redes (Silvanto *et al.*, 2008; Horvath *et al.*, 2015). Assim, quando uma determinada função cognitiva já se encontra em níveis elevados de desempenho, o potencial para ganhos adicionais pode ser reduzido, dificultando a observação de mudanças significativas em medidas comportamentais. Dessa forma, é possível que a ausência de efeitos detectáveis no teste de *Stroop* reflita, ao menos em parte, um funcionamento basal já otimizado das redes neurais associadas ao controle inibitório na amostra investigada.

No que se refere à percepção subjetiva de esforço (PSE), não foram observadas diferenças significativas entre as condições experimentais, contrariando a hipótese inicial de que a ETCC-a aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL-E) reduziria a interpretação do esforço durante o exercício. Essa hipótese foi fundamentada no modelo psicobiológico de Marcora (2009), segundo o qual a PSE resulta da interpretação consciente do esforço realizado, envolvendo mecanismos centrais relacionados ao processamento cortical do exercício. Nesse contexto, o CPFDL desempenha papel relevante na integração de informações cognitivas, comportamentais e perceptivas associadas à tolerância ao esforço e à regulação da fadiga (Robertson & Marino, 2016). Dessa forma, esperava-se que a excitabilização dessa região cortical promovesse reduções na PSE, conforme previamente relatado em estudos que investigaram os efeitos da ETCC sobre o desempenho físico (Alix-Fages *et al.*, 2020; Lattari *et al.*, 2016; Lattari *et al.*, 2019).

Entretanto, apesar do aumento significativo no volume de repetições observado após a ETCC-a, os valores de PSE permaneceram semelhantes entre as condições. Esse resultado sugere que os efeitos ergogênicos da estimulação não foram acompanhados por alterações na interpretação subjetiva do esforço. Uma possível explicação é que a ETCC tenha exercido um

efeito moderador sobre a PSE (Rodrigues *et al.*, 2021). Considerando que maiores volumes de treinamento normalmente estão associados a aumentos proporcionais da percepção de esforço (Shimano *et al.*, 2006), a manutenção de valores semelhantes de PSE, mesmo diante de um maior número de repetições, pode indicar uma neutralização perceptiva da maior demanda fisiológica imposta pela tarefa. Essa interpretação é consistente com os achados de Lattari *et al.* (2020), que observaram aumento do volume-load em exercícios para membros inferiores sem alterações significativas na PSE após a aplicação de ETCC sobre o CPFDL. Em conjunto, essas evidências sugerem que os efeitos neuroergogênicos da ETCC-a podem ocorrer mesmo na ausência de mudanças perceptíveis no esforço subjetivo.

Tradicionalmente, parte da literatura tem atribuído os efeitos positivos da ETCC sobre o desempenho em tarefas de resistência à redução da PSE, assumindo que menores níveis de esforço percebido aumentariam a tolerância à tarefa e, consequentemente, o volume de treinamento realizado (Alix-Fages *et al.*, 2020; Angius *et al.*, 2017; Lattari *et al.*, 2016). Contudo, os resultados do presente estudo apontam para uma interpretação alternativa. Até o momento, poucos estudos no contexto do treinamento de força investigaram simultaneamente os efeitos da ETCC sobre mecanismos cognitivos potencialmente relacionados ao desempenho em resistência de força. Nesse sentido, embora tenha sido observado aumento no volume de repetições após a ETCC-a, não foram verificadas diferenças significativas na PSE nem nas medidas de controle inibitório avaliadas pelo teste de *Stroop*. Dessa forma, os resultados não permitem afirmar que a melhora do desempenho tenha sido mediada diretamente por alterações nessas variáveis. Por outro lado, considerando o papel do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL-E) na regulação do comportamento durante tarefas fisicamente exigentes, é possível que a ETCC-a tenha modulado outros processos associados à atividade dessa região cortical. Além do controle inibitório, o CPFDL-E está envolvido em funções relacionadas à tomada de decisão, motivação, regulação emocional, respostas afetivas e interpretação de sinais interoceptivos associados à fadiga (Goldman-Rakic, 1996). Evidências recentes sugerem que a manutenção do desempenho em exercícios de resistência depende não apenas de fatores fisiológicos, mas também de processos cognitivos, afetivos e motivacionais que influenciam a disposição do indivíduo em persistir diante do desconforto imposto pela tarefa (Robertson & Marino, 2016; Tempest; Parfitt, 2016). Nessa perspectiva, o aumento da excitabilidade cortical promovido pela ETCC-a pode ter favorecido a tolerância ao esforço e à fadiga por meio da modulação desses processos, permitindo que os participantes sustentassem a execução da tarefa por mais tempo e realizassem maior número de repetições, mesmo na ausência de alterações

detectáveis na PSE e no desempenho do teste de *Stroop*.

Algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, a ausência de uma medida basal do desempenho no agachamento limita a análise da magnitude real das mudanças observadas. Segundo, o teste utilizado para avaliação do controle inibitório foi o teste de *Stroop* em versão papel, o qual, embora seja amplamente utilizado e considerado um instrumento padrão-ouro, pode apresentar menor acurácia na mensuração de variáveis como a velocidade de processamento e o tempo de resposta, quando comparado a versões computadorizadas (Angius *et al.*, 2019). Por fim, a ausência de métodos diretos para avaliação da excitabilidade cortical impede a confirmação dos mecanismos neurofisiológicos propostos, sendo tais interpretações baseadas em inferências teóricas. Adicionalmente, novas investigações poderão explorar de forma mais aprofundada a relação entre funções executivas, especialmente o controle inibitório, e o desempenho em tarefas de resistência de força, contribuindo para a elucidação dos mecanismos cognitivos envolvidos nos efeitos neuroergogênicos da ETCC. Apesar dessas limitações, o presente estudo apresenta importantes pontos fortes. Destaca-se a utilização de um protocolo com elevada validade ecológica, envolvendo o exercício de agachamento parcial realizado a 80% de 1RM até a falha concêntrica, condição frequentemente empregada em contextos reais de treinamento de força. Além disso, o estudo avaliou simultaneamente desfechos físicos, cognitivos e perceptivos, permitindo uma compreensão mais abrangente dos possíveis mecanismos associados aos efeitos da ETCC. Outro aspecto relevante foi a investigação da estimulação aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral, região ainda pouco explorada em estudos de treinamento de força quando comparada ao córtex motor primário. Por fim, os achados fornecem evidências de que o aumento do volume de repetições pode estar associado à modulação de processos cognitivos relacionados ao controle inibitório, ampliando a compreensão dos mecanismos envolvidos na manutenção do desempenho sob fadiga e abrindo novas perspectivas para pesquisas futuras.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que a ETCC-a aplicada sobre o CPFDL-E foi capaz de aumentar o volume de repetições no exercício de agachamento em indivíduos experientes no treinamento de força, sem promover alterações significativas na percepção subjetiva de esforço e no controle inibitório. Esses achados sugerem que a ETCC-a pode representar uma estratégia potencialmente eficaz para otimizar o desempenho em tarefas de resistência de força, contribuindo para o aumento do volume de treinamento realizado. Tal aplicação torna-se especialmente relevante

em indivíduos treinados, nos quais aumentos adicionais do volume de treinamento sugerem maiores ganhos hipertróficos, especialmente em exercícios de membros inferiores como o quadríceps (Brigatto *et al.*, 2022). Por fim, mais estudos são necessários para elucidar os mecanismos pelos quais a ETCC-a sobre o CPFDL-E influencia o desempenho em exercícios de resistência de força. Investigações futuras devem empregar medidas mais sensíveis de funções executivas, bem como avaliar simultaneamente aspectos relacionados à motivação, respostas afetivas, tomada de decisão e tolerância ao esforço, a fim de compreender de maneira mais abrangente os fatores responsáveis pelo aumento do desempenho observado após a estimulação cortical.

7. REFERÊNCIAS

ACSM. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Baltimore (MD): Lippincott Williams & Wilkins, 2018. 1469826666.

ADAMS, Randy. Revised Physical Activity Readiness Questionnaire. **Canadian Family Physician**, v 45, p. 992, 1999.

ALIX-FAGES, Carlos et al. Short-term effects of anodal transcranial direct current stimulation on endurance and maximal force production: A systematic review and meta-analysis. **Journal of clinical medicine**, v.8, p. 536, 2019. DOI: 10.3390/jcm8040536.

ALIX-FAGES, Carlos et al. Anodal transcranial direct current stimulation enhances strength training volume but not the force–velocity profile. **European Journal of Applied Physiology**, v.120, p.1881–1891, 2020. DOI: 10.1007/s00421-020-04417-2.

ANGIUS, Luca. et al. The effect of transcranial direct current stimulation of the motor cortex on exercise-induced pain. **European journal of applied physiology**, v.115, 2015. DOI:10.1007/s00421-015-3212-y.

ANGIUS, Luca et al. Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion of the knee extensors. **Neuroscience**, v. 339, p. 363-375, 2016. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2016.10.028.

ANGIUS, Luca. et al. The Ergogenic Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Exercise Performance. **Frontiers in physiology**, v.8, p. 90, 2017. DOI:10.3389/fphys.2017.00090.

ANGIUS, Luca. et al. Brain stimulation and physical performance. **Progress in brain research**, v.240, p. 317-339, 2018. DOI: 10.1016/bs.pbr.2018.07.010.

ANGIUS, Luca et al. Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves endurance performance in healthy individuals. **Brain stimulation**, v.11, p. 108-117, 2018. DOI: 10.1016/j.brs.2017.09.017.

ANGIUS, Luca et al. Transcranial Direct Current Stimulation over the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Improves Inhibitory Control and Endurance Performance in Healthy Individuals. **Neuroscience**, v. 419, p.34-45,2019. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2019.08.052.

BEHM, David; CHAOUACHI, Anis. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. **Eur J Appl Physiol**, v.111, p. 2633-2651,2011. DOI: 10.1007/s00421-011-1879-2.

BEM-DAVID, Boaz; SCHENEIDER, Bruce. A sensory origin for color-word *Stroop* effects in aging: a meta-analysis. **Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn**. v.16 p.505-534, 2009. DOI: 10.1080/13825580902855862.

BERNADÉZ-VÁZQUEZ Roberto et al. Resistance Training Variables for Optimization of Muscle Hypertrophy: An Umbrella Review. *Frontiers in sports and active living* v. 4 p. 949021, 2022. DOI:10.3389/fspor.2022.949021.

BIKSON, Marom. et al. Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update. **Brain Stimul**. v 9, p. 641-661, 2016. DOI: 10.1016/j.brs.2016.06.004.

BORG, Gunnar. **Escalas de Borg para a Dor e Esforço Percebido**. Manole. São Paulo, 2000.

BRIGATTO, Felipe A et al. High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. **Journal of strength and conditioning research** v. 36, p.22-30, 2022. DOI:10.1519/JSC.0000000000003413.

BRIGATTO, Felipe et al. High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. **Journal of strength and conditioning research** v. 36,1 p. 22-30. 2022. DOI:10.1519/JSC.0000000000003413.

BROWN, Lee; WEIR, Joseph. Asep procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiologyonline** v.4, 2001.

BRUNETTI, Ricardo et al. eStroop: Implementation, Standardization, and Systematic Comparison of a New Voice-Key Version of the Traditional Stroop Task. **Front. Psychol**. v.12 p.663-786, 2021. DOI:10.3389/fpsyg.2021.663786.

CODELLA, Roberto et al. Ergogenic effects of bihemispheric transcranial direct current stimulation on fitness: A randomized cross-over trial. **International Journal of Sports Medicine**, v .42, p. 66-73, 2021. DOI: 10.1055/a-1198-8525.

COGIAMANIAN, F. et al. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. **European Journal of Neuroscience**, v .26, p. 242-249, 2007. DOI: 10.1111/j.1460-9568.2007.05633. x.

DASILVA, Alexandre. et al. Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. **JoVE (Journal of Visualized Experiments)**, v.51, p. e2744, 2011. DOI: 10.3791/2744.

DIAMOND, Adele. Activities and Programs That Improve Children's Executive Functions. **Current Directions in Psychological Science** v. 21, p. 335–341, 2012. DOI: 10.1177/0963721412453722.

DIAMOND, Adele. Executive Functions. **Rev. Psychol**. v. 64 p.135-168, 2013. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.

ETEMADI, Matin et al. Anodal tDCS over the left DLPFC but not M1 increases muscle activity and improves psychophysiological responses, cognitive function, and endurance performance in normobaric hypoxia: a randomized controlled trial. **BMC neuroscience** v. 24 p.25, 2019.

DOI: 10.1186/s12868-023-00794-4.

FIGUEIREDO, Vandr  et al. Volume para hipertrofia muscular e desfechos de saúde: a variável mais efetiva no treinamento resistido **Medicina esportiva**, v .48, p. 499–505, 2018. DOI: 10.1007/s40279-017-0793-0.

FISHER, James; STEELE, James. Heavier and lighter load resistance training to momentary failure produce similar increases in strength with differing degrees of discomfort. **Muscle & nerve**,v.56,4 p.797-803, 2017. DOI:10.1002/mus.25537.

FLEMING, Melanie. et al. Transcranial direct current stimulation for promoting motor function in cerebral palsy: a review. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v 15 p.121, 2018. DOI: 10.1186/s12984-018-0476-6.

FLOOD, Andrew et al. The effects of elevated pain inhibition on endurance exercise performance. **PeerJ**, v.5, 2017. DOI: 10.7717/peerj.3028

FOSTER, Carl. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v.30, p.1164-1168, 1998. DOI:10.1097/00005768-199807000-00023.

FOSTER, Carl. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of strength and conditioning research**, v.15, p.109–115, 2001. DOI:10.1519/00124278-200102000-00019.

FRIESE, Malte et al. Suppressing Emotions Impairs Subsequent *Stroop* Performance and Reduces Prefrontal Brain Activation. **PloS one** v.8, 2013. DOI:10.1371/journal.pone.0060385

GARBER, Carol. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and science in sports and exercise**. v. 43, p.1334–1359, 2011. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318213feff.

GANDEVIA, Simon et al. Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. **Journal of Physiology**. v .490 p. 529-532, 1996. DOI: 10.1113/jphysiol.1996.sp021164.

GANDIGA, Prateek C. et al. Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind *sham*-controlled clinical studies in brain stimulation. **Clinical neurophysiology**, v.117, p. 845-850, 2006. DOI: 10.1016/j.clinph.2005.12.003.

GIBOIN, Louis-Solal; GRUBER, Markus. Anodal and cathodal transcranial direct current stimulation can decrease force output of knee extensors during an intermittent MVC fatiguing task in young healthy male participants. **Journal of Neuroscience Research**, v .96, p. 1600-1609, 2018. DOI: 10.1002/jnr.24254.

GOLDMAN-RAKIC, Patricia. The prefrontal landscape: implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v.35, p.1445–1453, 1996. DOI: 10.1098/rstb.1996.0129.

GROSPRÊTRE, Sidney .et al. Effect of transcranial direct current stimulation on the psychomotor, cognitive, and motor performances of power athletes. **Scientific reports**, v .11,2021. DOI: 10.1038/s41598-021-89159-7.

HAGGER, Martin et al. Self-regulation and self-control in exercise: the strength-energy model. **International Review of Sport and Exercise Psychology**. v.3 p.62-86, 2010.

DOI:10.1080/17509840903322815.

HAZIME, Fuad Ahmad et al. Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) increases isometric strength of shoulder rotators muscles in handball players. **International journal of sports physical therapy**, v. 12, p. 402, 2017.

HORVATH, Jared et al. Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). **Brain Stimulation**. v. 8, 2015. DOI: 10.1016/j.brs.2015.01.400.

JACKSON, Andrew S.; POLLOCK, Michael L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, p. 497-504, 1978. DOI:10.1079/BJN19780152.

JAMIL, Asif et al. Systematic evaluation of the impact of stimulation intensity on neuroplastic after-effects induced by transcranial direct current stimulation. *The journal of Physiology*, v. 595, p. 1273-1288, 2016. DOI:10.1113/JP272738.

JEON, Seo ; HAN, Soo. Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. **Annals of rehabilitation medicine**, v.36, p.585–595, 2012. DOI: 10.5535/arm.2012.36.5.585.

JONES, Andrew et al. The effects of priming restrained versus disinhibited behaviour on alcohol-seeking in social drinkers. **Drug and alcohol dependence**, v.113, p.55–61, 2011. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2010.07.006.

KAN, Benjamin. et al. Effect of transcranial direct current stimulation on elbow flexor maximal voluntary isometric strength and endurance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.38, p. 734-739, 2013. DOI: 10.1139/apnm-2012-0412.

KRISHNAN, Chandramouli et al. Anodal transcranial direct current stimulation alters elbow flexor muscle recruitment strategies. **Brain stimulation**, v. 7, p. 443-450, 2014. DOI: 10.1016/j.brs.2014.01.057.

KRAEMER, Willian J; RATAMESS, Nicholas A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Med Sci Sports Exerc**. v.36, p.674-688, 2004. DOI: 10.1249/01.mss.0000121945.36635.61.

LATTARI, Eduardo. et al. Can transcranial direct current stimulation improve the resistance strength and decrease the rating perceived scale in recreational weight-training experience? **J Strength Cond Res**, v.30, p.3381–3387, 2016. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001457.

LATTARI, Eduardo et al. Acute effects of single dose transcranial direct current stimulation on muscle strength: A systematic review and meta-analysis. **PLoS One**, v.13, n. 12, p.513, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0209513.

LATTARI, Eduardo et al. Effects of transcranial direct current stimulation on time limit and ratings of perceived exertion in physically active women. **Neuroscience letters**, v. 662, p. 12-16, 2018. DOI: 10.1016/j.neulet.2017.10.007.

LATTARI, Eduardo et al. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation With Caffeine Intake on Muscular Strength and Perceived Exertion. **Journal of strength and conditioning research** v. 33,5 p.1237-1243, 2019. DOI:10.1519/JSC.0000000000003123

LATTARI, Eduardo et al. Effects on Volume Load and Ratings of Perceived Exertion in Individuals' Advanced Weight Training After Transcranial Direct Current Stimulation. **Journal**

of strength and conditioning research, v. 34, p.89–96, 2020. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002434.

LATTARI, Eduardo et al. Can transcranial direct current stimulation improve muscle power in individuals with advanced weight-training experience?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.34, n. 1, p.97-103, 2020. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001956.

LATTARI, Eduardo et al. Transcranial Direct Current Stimulation Combined With or Without Caffeine: Effects on Training Volume and Pain. **Perception. Research Quarterly for Exercise and Sport**, 2022. DOI: 10.1080/02701367.2021.1939251.

LATTARI, Eduardo et al. Transcranial Direct Current Stimulation Combined With or Without Caffeine: Effects on Training Volume and Pain **Perception. Research quarterly for exercise and sport**, v.94, p. 45–54, 2023. DOI: 10.1080/02701367.2021.1939251.

LOFTUS, Andrea et al. The impact of transcranial direct current stimulation on inhibitory control in young adults. **Brain and behavior**, v.5, e00332, 2015. DOI: 10.1002/brb3.332.

LU, Panpan et al. Transcranial direct current stimulation enhances muscle strength of non-dominant knee in healthy young males. **Frontiers in Physiology**, v.12, p. 788719, 2021. DOI: 10.3389/fphys.2021.788719.

MANGINE, Gerald T et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. **Physiological reports** v.3,2015. DOI: 10.14814/phy2.12472.

MARCORA, Samuele. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. **Journal of applied physiology**, v.106, p.2060–2062, 2009. DOI: 10.1152/japplphysiol.90378.2008.

MOFFIT, Terrie et al. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.108, p. 2693–2698, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1010076108.

MUTHALIB, Maki et al. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex on Prefrontal Cortex Activation During a Neuromuscular Fatigue Task: An fNIRS Study. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 789, 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-7411-1_11.

NEJATI, Vahid et al. Interaction of the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex (l-DLPFC) and Right Orbitofrontal Cortex (OFC) in hot and Cold Executive Functions: Evidence from Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). **Neuroscience**, v.369, p.109–123, 2018. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2017.10.042.

NITSCHKE, Michael A.; PAULUS, Walter. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **The Journal of physiology**, v. 527, n. 3, p. 633, 2000. DOI: 10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633. x.

NITSCHKE, Michael A.; PAULUS, Walter. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. **Neurology**, v.57, n.10, p.1899-1901, 2001. DOI: 10.1212/wnl.57.10.1899.

NITSCHKE, Michael A. et al. Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. **Journal of neurophysiology**, v. 97, n.4, p.3109-3117, 2007. DOI: 10.1152/jn.01312.2006.

- NITSCHKE, Michael A.; PAULUS, Walter. Transcranial direct current stimulation–update 2011. **Restorative neurology and neuroscience**, v. 29, n.6, p. 463-492, 2011. DOI: 10.3233/RNN-2011-0618.
- NITSCHKE, Michael et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. **Brain stimulation**, v.3, p.206–223, 2008. DOI: 10.1016/j.brs.2008.06.004.
- NOZARI, Nazbanou et al. Consequences of cathodal stimulation for behavior: when does it help and when does it hurt performance? **PloS one**, v.9, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0084338.
- PENNER, Iris-Katharina et al. The Stroop Task: Comparison Between the Original Paradigm and Computerized Versions in Children and Adults. **The Clinical Neuropsychologist** v.26 p.1142–53, 2012. DOI:10.1080/13854046.2012.713513.
- PRIORI, Alberto. Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. **Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v.114, p. 589–595, 2003. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00437-6.
- RODRIGUES, Guilherme Moraes et al. Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Training Volume and Pleasure Responses in the Back Squat Exercise Following a Bench Press. **Journal of strength and conditioning research** v. 36,11, p.3048-3055, 2022. DOI:10.1519/JSC.0000000000004054.
- ROGALEWSKI, Andrea. et al. Transcranial direct current stimulation disrupts tactile perception. **The European journal of neuroscience**, v.20, p. 313–316, 2004. DOI: 10.1111/j.0953-816X.2004.03450. x.
- ROBERTSON, C, V.; MARINO F, E A role for the prefrontal cortex in exercise tolerance and termination. **J Appl Physiol**. v.120, p.464– 466, 2016. DOI: 10.1152/jappphysiol.00363.2015.
- ROMERO-ARENAS, Salvador et al. Transcranial direct current stimulation does not improve countermovement jump performance in young healthy men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.35, n.10, p. 2918-2921, 2021. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003242.
- ROTHWELL, John. Transcranial brain stimulation: Past and future. **Brain and neuroscience advances** v.2, 2018. DOI: 10.1177/2398212818818070.
- RUSSO, Riccardo et al. Perception of comfort during active and sham transcranial direct current stimulation: a double blind study. **Brain Stimulation**, v.6, No. 6. p. 946 – 951, 2013. DOI: 10.1016/j.brs.2013.05.009
- SAVOURY, Ryan et al. Reduced isometric knee extensor force following anodal transcranial direct current stimulation of the ipsilateral motor cortex. **PloS one**, v.18, e0280129, 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0280129.
- SILVANTO, Juha et al. State-dependency in brain stimulation studies of perception and cognition. **Trends in cognitive sciences** v. 12, p. 447-54, 2008. DOI:10.1016/j.tics.2008.09.004.
- SIRI, WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. **Nutrition**. v;9 p.:480-491, 1993.
- SHIMANO, Tomoko et al. Relationship between the number of repetitions and selected

percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. **Journal of strength and conditioning research**. v.20, 2006. DOI: 10.1519/R-18195.1.

SOLTANINEJAD, Zahra et al. Effect of Anodal and Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation on DLPFC on Modulation of Inhibitory Control in ADHD. **Journal of attention disorders**, v.23, p.325–332, 2019. DOI: 10.1177/1087054715618792.

STROOP, Ridley. Studies of interference in serial verbal reaction. **Journal of Experimental Psychology**. v.121, n1, p.15-23, 1992. DOI:10.1037/h0054651.

TAYLOR, Janet et al. Changes in motor cortical excitability during human muscle fatigue. **J. Physiol**, v.490, p. 519–28, 1996. DOI: 10.1113/jphysiol. 1996.sp021163.

TEMPEST, Gavin; PARFITT, Gaynor. Self-reported tolerance influences prefrontal cortex hemodynamics and affective responses. **Cognitive, affective & behavioral neuroscience** v.16, p.63-71, 2016. DOI:10.3758/s13415-015-0374-3.

THAIR, Hayley et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS): a beginner's guide for design and implementation. **Frontiers in neuroscience**, v.11, p. 276151, 2017. DOI: 10.3389/fnins.2017.00641.

VAN DER ELST, Wim et al. The *Stroop* color-word test: influence of age, sex, and education; and normative data for a large sample across the adult age range. **Assessment** v.13, p. 62-79 2006. DOI:10.1177/1073191105283427.

VAN NOPPEN, Pia et al. Transcranial direct current stimulation and attention skills in burnout patients: a randomized blinded sham-controlled pilot study. **F1000Research** v.9 p.116, 2020 DOI:10.12688/f1000research.21831.2.

VIEIRA, Lucas Antunes Faria et al. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Improves Back-Squat Performance in Intermediate Resistance-Training Men. **Research quarterly for exercise and sport** v. 93,1 p. 210-218, 2022. DOI:10.1080/02701367.2020.1815638.

VITOR-COSTA, Marcelo et al. Improving cycling performance: transcranial direct current stimulation increases time to exhaustion in cycling. **PloS one**, v.10, n.12, p. e0144916, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0144916.

WANG, Zhiyuan et al. Higher Education Influences Stroop Performance in Non-Demented Older Adults: The Mediating Role of Resting-State Brain Activity. **Clinical and translational science** v. 18, 2025. DOI:10.1111/cts.70372

WASHABAUGH, Edward P. et al. Low-level intermittent quadriceps activity during transcranial direct current stimulation facilitates knee extensor force-generating capacity. **Neuroscience**, v. 329, p. 93-97, 2016. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2016.04.037.

WRIGHTSON, James Graeme et al. No effect of tDCS of the primary motor cortex on isometric exercise performance or perceived fatigue. **European Journal of Neuroscience**, v 52, n. 2, p. 2905-2914, 2020. DOI: 10.1111/ejn.14651.

ZAGO, Stefano et al. Bartholow, Sciamanna, Alberti: pioneers in the electrical stimulation of the exposed human cerebral cortex. **The Neuroscientist**, v.14, n. 5, p. 521-528, 2008. DOI:10.1177/1073858407311101.

ANEXO I- APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIVERSIDADE SALGADO DE
OLIVEIRA - ASOEC -
UNIVERSO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre o volume de repetições, velocidade e percepção de esforço no exercício de agachamento

Pesquisador: JOSE EDUARDO LATTARI RAYOL PRATI

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 67836522.8.0000.5289

Instituição Proponente: ASSOCIACAO SALGADO DE OLIVEIRA DE EDUCACAO E CULTURA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.030.753

Apresentação do Projeto:

Introdução: A estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (ETCC) têm demonstrado efeitos benéficos quanto ao aumento da força muscular. Especificamente, quando a ETCC anódica (ETCC-a) é aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo, resulta em aumentos no volume de treinamento em diferentes exercícios de força. Contudo, os mecanismos associados aos aumentos do volume de treinamento pelo uso da ETCC são escassos na literatura. **Objetivo:** O objetivo do presente projeto será explorar os efeitos da ETCC sobre o volume de treinamento, percepção subjetiva de esforço e velocidade de movimento no exercício de agachamento em homens treinados em força. **Métodos:** Serão recrutados 16 homens saudáveis e treinados em força com idades entre 18 e 35 anos. Os participantes deverão comparecer ao laboratório de cineantropometria da Universidade Salgado de Oliveira por quatro ocasiões com intervalos de uma semana elas. Durante a primeira visita ao laboratório, os participantes serão submetidos a uma avaliação antropométrica, seguido de uma sessão de familiarização com as sessões

experimentais e, posteriormente, ao teste do perfil carga-velocidade para estimar a carga referente a uma repetição máxima (1RM) no exercício de agachamento. Para as outras três visitas, os participantes serão submetidos as seguintes sessões experimentais de forma randomizada: ETCC-a, ETCC catódica (ETCC-c) e ETCC placebo (Sham). Posteriormente, os participantes deverão completar um protocolo de treinamento de força no

Endereço: MARECHAL DEODORO, 263 Bl. B - Térreo, a sala fica ao final do corredor do térreo

Bairro: CENTRO

CEP: 24.030-060

UF: RJ

Município: NITERÓI

Telefone: (21)2136-4583

E-mail: cepuniverso@nt.universo.edu.br

ANEXO II- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

	UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física	
---	--	---

Nome:	
Identidade:	
Telefone	

Apresentação

Vossa senhoria, acima identificado, está sendo formalmente convidado pelo pesquisador José Eduardo Lattari Rayol Prati (da Universidade Salgado de Oliveira) a participar voluntariamente do estudo intitulado: **“Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) sobre o desempenho de força, controle inibitório e percepção de esforço em indivíduos treinados em força.”**

Objetivo do estudo: Investigar os efeitos do ETCC-a aplicada sob o córtex pré-frontal no desempenho de força, controle inibitório e na percepção subjetiva de esforço em indivíduos treinados em força.

Características do estudo: Serão realizadas quatro visitas ao Laboratório de Cineantropometria, localizado na Rua Marechal Deodoro, 217 – Bloco A – Centro, Niterói – RJ, Brasil, CEP: 24030-060. 1ª visita- a) Aplicação de uma anamnese e, questionário PARQ para triagem da amostra; b) Mensuração de medidas antropométricas para caracterização da amostra (com instrumentos e roupas adequadas); c) Teste de 1RM no exercício de agachamento livre. 2ª visita -Serão feitos os re- testes de 1RM 3ª e 4ª visitas- Serão feitas as intervenções do estudo: a) Teste de *Stroop* (avaliação de controle inibitório); b) Serão aplicados as duas condições experimentais do estudo, de forma randomizada, cruzada (1:1): (ETCC-a e Sham); b) Teste de *Stroop* (avaliação de controle inibitório); c) Aquecimento geral e específico para a tarefa de desempenho de força; d) Tarefa de desempenho de força, será realizada a tarefa de agachamento livre em séries de 5 repetições com 1 min de recuperação entre as séries até a falha concêntrica do movimento; e). Aplicação da escala de percepção subjetiva de esforço (Borg CR10) a cada intervalo entre séries; f). Aplicação da escala de percepção subjetiva de esforço (Borg CR10) 10 min depois de terminar a tarefa de desempenho de força; g) Teste de *Stroop* (avaliação de controle inibitório). Todos os procedimentos metodológicos serão aplicados pelo profissional de Educação Física e pesquisador responsável pelo projeto de pesquisa José Eduardo Lattari Rayol Prati.

Descrição de riscos e desconfortos: O teste de 1RM, bem como a tarefa de desempenho de força no agachamento livre, pode levar o sujeito a experimentar certos graus de fadiga e desconforto muscular. Nesses casos, apenas o descanso do indivíduo é o suficiente para plena recuperação. Além disso, em casos excepcionais, a prática do exercício físico pode proporcionar algum tipo de lesão aguda, seja muscular ou ligamentar. No caso da ocorrência de alguma dessas lesões, o avaliador responsável irá realizar os procedimentos de primeiros socorros necessários, como a aplicação de gelo e imobilizações. Também será responsabilidade do avaliador conduzir o indivíduo para o hospital mais próximo no caso da ocorrência de algumas das lesões supracitadas oriundas do experimento. Todas as medidas de emergência não irão onerar o serviço público de saúde. Deve-se ressaltar que o acompanhamento é formado em educação física e possui treinamento para prescrever seu exercício e prestar qualquer procedimento de primeiros socorros necessários. Além disso, durante a aplicação da ETCC, alguns voluntários podem reportar sensação de formigamento, porém isto não ocorre em todos. Para evitar essa possível sensação, o avaliador irá aplicar solução salínica (isto é, soro fisiológico) nas esponjas que envolvem os eletrodos. Esse procedimento minimiza esse possível efeito perceptivo dos avaliados.

Benefícios aos participantes: o presente estudo poderá beneficiá-lo diretamente, uma vez que fornecerá dados em relação a antropometria, valores sobre 1RM de força, avaliação do desempenho de força e desempenho cognitivo.

Garantia de acesso aos pesquisadores: Em qualquer fase do estudo você terá pleno acesso aos pesquisadores responsáveis pelo projeto nos seguintes endereços:

Universidade Salgado de Oliveira- Rua Marechal Deodoro 217, 2º Andar - Centro - Niterói – RJ, CEP: 24.030-060. Telefone: (21) 2138-4927;

Comitê de Ética da Universidade Salgado de Oliveira- Rua Marechal Deodoro 263, Bloco B, térreo - Centro - Niterói – RJ, CEP: 24.030-060. Telefone: (21) 2138-4983.

Garantia de liberdade: A participação neste estudo é absolutamente voluntária. Dentro desta premissa, todos os participantes estão integralmente livres para, a qualquer momento, negar o consentimento ou desistir de participar e retirar o consentimento, sem que isto provoque qualquer tipo de penalização para você. Lembramos, assim, que a sua recusa não trará nenhum prejuízo à relação com o pesquisador ou com a instituição e a sua participação não é obrigatória. Mediante a aceitação, espera-se que você esteja nos dias e horários marcados e, acima de tudo, siga as instruções determinadas pelos pesquisadores responsáveis.

Direito de confidencialidade: os dados colhidos na presente investigação serão utilizados para subsidiar a confecção de artigos científicos. Porém, todas as informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o absoluto sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar a identificação do participante e ninguém, a não ser o próprio pesquisador, poderá ter acesso aos resultados da pesquisa de forma individual.

Direito de acessibilidade: cada participante poderá ter acesso aos resultados de suas próprias medidas, bem como, asseguramos a necessária interpretação e informações cabíveis sobre os dados coletados.

Despesas e compensações: o participante, em qualquer fase do estudo não terá despesas financeiras pessoais. As despesas, assim, se porventura ocorrer, deverão ser de responsabilidade dos próprios pesquisadores. Também, não haverá compensação financeira relacionada à sua participação.

Os materiais utilizados para coleta de dados serão armazenados por 5 (cinco) anos, após descartados, conforme preconizado pela Resolução CNS nº. 466 de 12 de dezembro de 2012.

Em caso de dúvidas ou questionamentos, queira se manifestar, agora ou em qualquer momento do estudo, para explicações adicionais.

Consentimento

Eu, _____, acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações sobre o estudo acima citado.

Declaro, assim, que discuti com o Pesquisador José Eduardo Lattari Rayol Prati sobre minha decisão em participar desse estudo. Ficaram claros para mim quais são os objetivos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesa. Concordo, voluntariamente, em participar desse estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido em seu atendimento nesta instituição. Eu receberei uma cópia desse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra ficará com o pesquisador responsável por essa pesquisa. Além disso, estou ciente de que eu e o pesquisador responsável deveremos rubricar todas as folhas desse TCLE e assinar na última folha.

Niterói, ____ de _____ de 202__

Avaliado

José Eduardo Lattari Rayol Prati

APÊNDICE I- PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

Resumos publicados em anais de congressos

OLIVEIRA, H. F.; SILVA, I. O.; PAES, M. B.; ALVES, S. M.; LATTARI, E.; MAHET, D. O. Benefícios do treinamento de força para jovens. In: **Anais do XIII Seminário de Pesquisa PPGCAF-UNIVERSO**, 2026, Niterói. Niterói, 2026. p. 30–30.

MARQUES, J. P.; HONORATO, F.; RODRIGUES, R. B. R.; GONÇALVES, A. L.; LATTARI, E.; MAHET, D. O. O efeito do treinamento resistido na hipertrofia de jovens. In: **Anais do XIII Seminário de Pesquisa PPGCAF-UNIVERSO**, 2026, Niterói. Niterói, 2026. p. 31–30.

NASCIMENTO NETO, J.; MARTINS, D. V. F.; QUINA, R. M.; OLIVEIRA, D. M.; LATTARI, E. A importância do treino de potência muscular dos membros inferiores na prevenção de quedas em idosos ativos. In: **Anais do XIII Seminário de Pesquisa PPGCAF-UNIVERSO**, 2026, Niterói. Niterói, 2026. p. 31–30.

MAHET, D. O; PRATI, J. E. L. R. Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre o desempenho de força, controle inibitório e percepção de esforço em indivíduos treinados em força. In: **Anais da II Jornada de Ciências da Atividade Física e XI Seminário de Pesquisa PPGCAF**, 2024, Niterói. Anais da II Jornada de Ciências da Atividade Física e XI Seminário de Pesquisa PPGCAF, 2024. p. 68-68.

MAHET, D.O. Efeitos do treinamento baseado na velocidade sobre o desempenho do salto vertical. In: VI Congresso internacional de educação física e desportos III Simpósio internacional de fisiologia do exercício I Seminário de escola, esporte e cultura, 2024, Rio de Janeiro. VI Congresso internacional de educação física e desportos III Simpósio internacional de fisiologia do exercício I Seminário de escola, esporte e cultura. Rio de Janeiro: **Revista Brasileira Fisiologia do Exercício**, 2024.

Capítulo de Livro

OLIVEIRA, D. M.; RAMBAL, L. P. P.; PEREIRA, M. F.; BENTES, C. M.; PRATI, J. E. L. R. Limites e potenciais das teorias pós-críticas. In: SILVA, C. A. F. (Org.). *Perspectiva Transcrítica e educação física*. Niterói: Editora Equalitas, 2025. p. 213–214. DOI: <https://doi.org/10.51995/perspectvatranscriticacap8>

APÊNDICE II- DETECÇÃO DE PLÁGIO



Relatório do Software Anti-plágio CopySpider

Para mais detalhes sobre o CopySpider, acesse: <https://copyspider.com.br>

Instruções

Este relatório apresenta na próxima página uma tabela com o resumo da análise do CopySpider. Cada linha associa o conteúdo do arquivo de entrada com um documento encontrado na internet (para "Busca em arquivos da internet") ou do arquivo de entrada com outros arquivos em seu computador (para "Pesquisa em arquivos locais").

A quantidade de termos comuns representa um fator utilizado no cálculo de similaridade dos arquivos. Quanto maior a quantidade de termos comuns, combinada com o agrupamento desses termos, maior a similaridade entre os arquivos.

No início de cada comparação entre arquivos, encontram-se um resumo numérico dos resultados:

- Arquivo 1: <nome do arquivo> (<Ni> termos)
- Arquivo 2: <nome do arquivo> (<Nc> termos)
- Termos comuns: <N>
- Similaridade:
 - * Índice novo (Si): <y> %
 - * Agrupamento (Sg): <Alto|Moderado|Baixo>
 - * Índice antigo (S): <x> %

No texto do documento, os termos em comum são marcados em cores diferentes:

- **Amarelo**: quando são considerados no cálculo do Novo Índice de Semelhança (Si) e;
- **Vermelho**: quando estão agrupados e fazem parte do Índice de Agrupamento (Sg).

Os termos marcados em amarelo são comuns entre os documentos, mas, por não estarem agrupados, tendem a não caracterizar cópia. Os termos marcados em vermelho também são comuns e têm maior chance de serem interpretados como cópia.

É importante destacar que a classificação da semelhança como Alta, Moderada e Baixa não representa um "índice de plágio". Por exemplo, documentos que citam de forma direta (transcrição) outros documentos, podem ter uma similaridade Alta e ainda assim não podem ser caracterizados como plágio. Há sempre a necessidade do avaliador fazer uma análise para decidir se as semelhanças encontradas caracterizam ou não o problema de plágio ou mesmo de erro de formatação ou adequação às normas de referências bibliográficas.

Veja também:

[Analisando o resultado do CopySpider](#)

[Qual o percentual aceitável para ser considerado plágio?](#)

[Como interpretar os índices de semelhança?](#)

Versão do CopySpider: 3.5.1

Relatório gerado por: matheusnegaogarcia@gmail.com

Análise no modo: Web/Normal (disponibilidade de 98.9%) em 33:11 s (1 análise)

Idioma da busca: Português

Installation ID: 061baed896b0fb3ac84527d02bc3117a996805b4

Arquivo de entrada: DISSERTAÇÃO TEXTO.docx

Candidato	Termos comuns	Semelhança	Agrupamento
universidadebrasil.edu.br/portal/_biblioteca/regulamentos_portarias/20200721172034.pdf	1154	Moderada	Nulo
www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/motriz/article/download/85/66/387	1134	Moderada	Nulo
repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/54722603-3a2a-4a01-a96e-95947037da99/content	388	Baixa	Baixo
revistardp.org.br/revista/article/download/359/315/1085	109	Baixa	Baixo
www.redalyc.org/journal/3915/391573997032	103	Baixa	Baixo
adventista.emnuvens.com.br/formadores/article/download/1823/1458/6845	96	Baixa	Baixo
brunacastoldi.com.br/estimulacao-transcraniana-por-corrente-continua	43	Baixa	Baixo
sigaa.ufpe.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=pt_BR&id=1910	635	Baixa	Nulo
institutosantosdumont.org.br/wp-content/uploads/2025/12/Vol.10-N.-1-2025.-VII-Congresso-Neuromodulacao-e-XI-Simposio-Neuroengenharia.pdf	622	Baixa	Nulo
sigaa.ufpb.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=pt_BR&id=2621	581	Baixa	Nulo

Arquivos com problema de download

<https://www.jove.com/pt/t/2744/electrode-positioning-montage-transcranial-direct-current> - Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - % Total % Received % Xferd Average Speed Time Time Time Current Dload Upload Total Spent Left Speed

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 --:--:-- --:--:-- --:--:-- 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 --:--:-- --:--:-- --:--:-- 0; ArquivoNaoRenomeado
```

<https://actabiomedica.com.br/index.php/acta/article/view/10> - Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - curl: (6) Could not resolve host: actabiomedica.com.br; [csu] timeout

https://www.ufpe.br/documents/616030/866413/Efeito_da_estimula%C3%A7ao_transcraniana_por_corre

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE TRABALHOS CIENTÍFICOS

O discente da ASSOCIAÇÃO SALGADO DE OLIVEIRA DE EDUCAÇÃO E CULTURA – ASOEC, mantenedora da UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA - UNIVERSO, com sede na cidade de Niterói - RJ, à rua Marechal Deodoro, 217 – Bloco A, inscrita no CNPJ sob o nº 28.638.393/0003-44, na qualidade de titular dos direitos autorais do trabalho indicado abaixo, nos moldes da Lei nº. 9610/98, ao assinar o presente termo, ato esse de livre vontade, **AUTORIZA** que:

A Universidade Salgado de Oliveira - UNIVESO publique, de forma gratuita, por tempo indeterminado, em ambiente digital institucional, sem qualquer tipo de ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral do Trabalho de Conclusão de Curso descrito abaixo, em formato PDF e/ou outro que identifique ser mais adequado, a título de divulgação da produção científica gerada pela Instituição de Ensino Superior.

Nome do discente/autor: Danielle Malet Oliveira
Curso: Graduação em Ciências da Atividade Física
Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Efeitos Agudos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua no Volume de Repetição, Controle Inibitório e Generação do Espelho no Exercício de Apacinhamento.
Endereço: Rua Teixeira de Carvalho 166 ap 706 - Anália - RJ
CPF: 132-405467-03 RG: 34.796.200-4
E-mail: 2255.dan.oliveira@gmail.com Telefone: (11) 94362 8326

O discente está ciente quanto a sua responsabilidade de originalidade e que detém o direito de disponibilizar a obra indicada nesta autorização, conforme art. 30, da Lei 9.610/98, sendo, contudo, vedada a cópia/plágio de trabalhos de terceiros. Assim, quaisquer medidas judiciais ou extrajudiciais concernentes a divulgação/reprodução/cópia/exposição/venda de seu conteúdo, sem autorização do titular dos direitos autorais, serão de inteira responsabilidade do infrator e de iniciativa exclusiva do discente/autor.

Niterói, 1 de junho de 2026.

Danielle Malet Oliveira.

Aluno