

UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM  
CIÊNCIAS DA ATIVIDADE FÍSICA

**EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA DE CORRENTE CONTÍNUA NO  
DESEMPENHO DA POTÊNCIA AERÓBIA MÁXIMA.**

Bruno Soares de Oliveira

NITERÓI - RJ  
2017

UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM  
CIÊNCIAS DA ATIVIDADE FÍSICA

**EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA DE CORRENTE CONTÍNUA NO  
DESEMPENHO DA POTÊNCIA AERÓBIA MÁXIMA.**

Bruno Soares de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação da Universidade Salgado de  
Oliveira (UNIVERSO) como requisito parcial  
à obtenção do título de Mestre em  
Ciências da Atividade Física.

Orientador: **Prof. Dr. Geraldo Albuquerque Maranhão Neto**

NITERÓI – RJ  
2017

**EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA DE CORRENTE CONTÍNUA NO  
DESEMPENHO DA POTÊNCIA AERÓBIA MÁXIMA.**

Bruno Soares de Oliveira

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Geraldo Albuquerque Maranhão Neto  
Universidade Salgado de Oliveira - UNIVERSO

---

Prof. Dr. Sergio Eduardo de Carvalho Machado  
Universidade Salgado de Oliveira - UNIVERSO

---

Prof. Dr. Flavia de Abreu Augusto Paes  
Universidade Santa Úrsula

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a toda minha família, minha mãe que sempre me incentivou “mandou” estudar, meu pai Luiz que em toda sua vida, nunca deixou faltar nada em casa sempre trabalhando para pagar ótimas escolas, a minha irmã Priscila sempre foi meu apoio nas horas boas e ruins e a minha namorada Gabriela que sempre aturou meus momentos de estresse e sempre me dando força para buscar meus objetivos. Obrigado à todos, amo vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Não tem outra saída a não ser a da coragem, levanta e vai a luta, sempre escuta essa mensagem. Meu rosto no espelho, meu filho, minha mãe, meu pai. E todos que me amam me dizem: Levanta e vai!

Se todo mundo cai, eu também caí um dia. Eu chorava e não entendia porque um estranho sorria. E sua mão ele estendia pra me levantar do chão. Fazendo-me acreditar que o sim é mais forte que o não. Em qualquer situação eu sempre chego pra somar. Se quiser somar vem junto se não for pra somar, some!

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida. A Nossa Senhora Aparecida por estar sempre me protegendo com seu manto. A esta universidade, seu corpo docente, meu orientador Dr. Geraldo Maranhão e Dr. Sérgio Machado, que oportunizaram o momento que hoje vivo e vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ético aqui presente.

Também gostaria de agradecer ao Prof. Rodrigo Veca do SESI Petrópolis, por me proporcionar a possibilidade de troca de horário de trabalho e assim iniciar meu mestrado. Aos meus alunos de personal Paulo, Alice e Anderson que muitas das vezes necessitava trocar seus horários para assistir as aulas do mestrado. Ao meu cunhado Junior pelos pedais que me proporcionaram momentos para espairecer cabeça e ao mesmo tempo pensar e a refletir. Nesse período tive a oportunidade de conviver com pessoas que muito contribuíram para meu crescimento durante o curso. São eles: Alfredo Faria Jr., Maurício Murad, Paulo Farinatti, Roberto Ferreira, Antônio Marcos, Blair, Leandro Santana, Marcus Vinicius dentre tantos outros que de alguma forma me ajudaram. Agradeço também a todos os voluntários que dedicaram um pouco do seu tempo para que essa pesquisa pudesse ser feita.

Mais uma etapa vencida e sem a presença de todos esses momentos não seria possível.

## EPÍGRAFE

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

Charles Chaplin

Oliveira, Bruno Soares de (2017). Efeito agudo da estimulação transcraniana por corrente contínua no desempenho da potência aeróbia máxima. (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro: Universidade Salgado de Oliveira (Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Atividade Física).

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Albuquerque Maranhão Neto.

## RESUMO

Atualmente temos observado um aumento no número de pessoas praticantes de atividades físicas. Segundo Ribeiro et,al (2001) este fato pode estar relacionado com o crescente número de estudos epidemiológicos que relacionam a prática de atividades físicas com a melhora da qualidade de vida, que coloca sua centralidade na capacidade de viver sem doenças ou de superar as dificuldades dos estados ou condições de morbidade, através da manutenção e promoção da saúde.

Sendo assim os fatores limitantes da máxima *performance* em humanos tem sido amplamente investigada. O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos agudos da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre o tempo limite e percepção subjetiva de esforço. Dez mulheres, moderadamente ativas seguindo a classificação do IPAQ (Questionário Internacional de Atividade Física) (MATSUDO, 2001). Os sujeitos foram orientados a comparecer em três dias de experimentos. Na primeira visita foi feita uma avaliação antropométrica e um teste incremental máximo no cicloergômetro, para obtenção do pico de potência (PP). . No segundo dia com um intervalo de 48 horas para o primeiro dia foi feito a ETCC e imediatamente após a estimulação, o indivíduo realizou o Teste limite, após o teste, os sujeitos responderam ha um questionário de percepção subjetiva de esforço. No terceiro e último dia com um intervalo de 48 horas para o segundo dia, foi realizado a estimulação, teste e aplicação do questionário de percepção subjetiva de esforço seguindo os mesmos procedimentos do segundo dia, porém, com a outra intervenção de ETCC. Na condição a-tDCS, o estímulo foi aplicado sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo, com intensidade de 2 mA e duração de 20 minutos. Na condição sham (placebo), após 30 segundos de iniciado a estimulação o aparelho foi desligado, sendo considerada uma estimulação ineficaz. Os resultados demonstraram que o tlim foi maior na condição a-tDCS comparado a condição sham. Nenhuma diferença foi encontrada entre as condições (a-tDCS vs sham) para a PSE. Assim, pode-se demonstrar que o estímulo anódico aumentou a tolerância ao exercício realizado no cicloergômetro com carga máxima.

Oliveira, Bruno Soares de (2017). Acute effect of transcranial stimulation by direct current in the performance of maximal aerobic power. (Masters dissertation). Rio de Janeiro: Salgado de Oliveira University (Stricto Sensu Postgraduate Program in Physical Activity Sciences).

Advisor: Prof. Dr. Geraldo Albuquerque Maranhão Neto.

## **ABSTRACT**

Currently we have observed an increase in the number of people practicing physical activities. According to Ribeiro et al (2001), this fact may be related to the increasing number of epidemiological studies that relate the practice of physical activities to the improvement of quality of life, which places its centrality on the capacity to live without diseases or to overcome difficulties Of states or conditions of morbidity, through the maintenance and promotion of health.

Thus, the limiting factors of maximum performance in humans have been widely investigated. The objective of this study was to verify the acute effects of transcranial pro current continuous stimulation on the time limit and subjective perception of effort. Ten women, moderately active following the IPAQ (International Physical Activity Questionnaire) classification (MATSUDO, 2001). The subjects were asked to attend three days of experiments. At the first visit, an anthropometric evaluation and a maximal incremental test were performed on the cycle ergometer to obtain peak power (PP). . On the second day with an interval of 48 hours for the first day the CTEF was done and immediately after the stimulation, the individual performed the Limit Test, after the test, the subjects answered a questionnaire of subjective perception of effort. On the third and last day with a 48-hour interval for the second day, the stimulation, test and application of the subjective perception of effort questionnaire were performed following the same procedures of the second day, but with the other CTEF intervention. In the a-tDCS condition, the stimulus was applied to the left dorsolateral prefrontal cortex (CPFDL), with intensity of 2 mA and duration of 20 minutes. In the sham (placebo) condition, after 30 seconds of initiation of stimulation, the device was switched off and ineffective pacing was considered. The results demonstrated that tlim was higher in a-tDCS condition compared to sham condition. No difference was found between the conditions (a-tDCS vs sham) for the PSE. Thus, it can be demonstrated that the anodic stimulus increased the tolerance to the exercise performed in the cycloergometer with maximum load.



## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	14
INTRODUÇÃO .....	14
CAPÍTULO II .....	22
Metodologia .....	22
Medidas Antropométricas, PA e FC.....	23
Aplicação do ETCC.....	24
Teste de tempo limite (tlim).....	25
Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) .....	25
Análise estatística.....	26
CAPÍTULO III .....	26
Resultados.....	26
CAPÍTULO IV .....	27
Discussão .....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
ANEXOS .....	38
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	39
QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA - IPAQ.....	40

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Desenho experimental.....23

**Tabela 2** – Característica da amostra.....26

**Tabela 3** – Estatística descritiva.....27

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1** – Posicionamento para colocação dos eletrodos.....24

**Figura 2** – Escala CR10 de Borg (1982).....25

**Figura 3** - Valores entre os diferentes grupos.....27

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACSM – American College of Sports Medicine

CM – Córtex Motor

CPF – Córtex Pré-Frontal

CPFDL - Córtex Pré-Frontal Dorso Lateral

CPFL – Córtex Pré-Frontal Ventrolateral

CPFO – Córtex Pré-Frontal Orbital

EEG – Eletroencefalograma

ETCC – Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

FC – Frequência Cardíaca

IPAQ – Questionário Internacional de Atividade Física

PSE – Percepção subjetiva de esforço

TLIM – Tempo Limite

VO<sub>2máx</sub> - Consumo máximo de oxigênio

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	39
Anexo 2 – Questionário IPAQ.....	40

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

Atualmente temos observado um aumento no número de pessoas praticantes de atividades físicas. Segundo Ribeiro et,al (2001) este fato pode estar relacionado com o crescente número de estudos epidemiológicos que relacionam a prática de atividades físicas com a melhora da qualidade de vida, que coloca sua centralidade na capacidade de viver sem doenças ou de superar as dificuldades dos estados ou condições de morbidade, através da manutenção e promoção da saúde.

Segundo *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2011), a prática de exercícios físicos sistematizados e atividade física regular estão associadas a inúmeros benefícios à saúde física e mental. Porém este efeito vai depender de uma prescrição e exercício adequados em relação à intensidade, duração, frequência e modalidade.

Nahas (2001) descreve que a aptidão física geral de um indivíduo diz respeito à sua capacidade de desempenhar um bom trabalho motor quando submetido a situações que envolvam esforços físicos. Dentre os vários componentes que caracterizam a aptidão física de um indivíduo, a capacidade cardiorrespiratória tem sido considerada uma das mais importantes (ACMS, 2001).

Astrand (1992) define que a prática regular de atividade física é essencial para otimizar as funções do corpo humano. Encontramos na literatura a seguinte definição sobre a aptidão física: que é a capacidade de rendimento para realizar um trabalho forte e de longa duração sem a sensação de fadiga (Sanchez, 2000). Maranhão Neto (2004) considera que aptidão cardiorrespiratória é um componente da aptidão física relacionada à saúde que descreve a capacidade dos sistemas cardiovascular e respiratório de fornecer oxigênio durante uma atividade física contínua.

Autores como GUEDES & GUEDES (1995), apud MONTEIRO (2001, p.87), relatam que os indivíduos cuja aptidão cardiorrespiratória exhibe níveis mais elevados tendem a apresentar maior eficiência nas atividades do cotidiano e a recuperar-se mais rapidamente, após a realização de esforços físicos mais intensos.

Dentre os exercícios que proporciona a melhora de inúmeros benefícios, encontramos o ciclismo, que é um dos exercícios utilizados para o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória e a avaliação clínica de pacientes. Segundo Caputo (2005) quando utilizamos a bicicleta para esse tipo de esforço, temos uma redução do impacto sobre as articulações associando com a utilização de grandes grupos musculares. Powers e Howley (2000) corroboram que a principal diferença entre o exercício realizado na esteira e o movimento realizado na bicicleta é o fato de que o peso corporal na bicicleta é suportado por um assento, o que faz com que a taxa de trabalho dependa somente da velocidade da manivela e da carga sobre a roda.

Nos dias atuais há uma crescente na utilização da percepção subjetiva de esforço (PSE) em diversas áreas como a medicina, a ergonomia e fisiologia. A PSE pode ser definida como uma variável psicofísica resultante de feedbacks aferentes integrados. Escalas de PSE têm sido aceitas como uma medida para monitorar e avaliar a tolerância individual ao exercício e o nível de esforço, assim como relacioná-la com o estresse fisiológico. (ACMS, 2005).

Diversas respostas fisiológicas têm sido estudadas e relacionadas com a PSE: frequência cardíaca, ventilação, taxa respiratória, consumo de oxigênio, concentração sanguínea de lactato, acidose metabólica, entre outros. Segundo (Hampson et al. 2001) há outros possíveis fatores que contribuem nas respostas de PSE, durante o exercício à força produzida, ao estresse mecânico, ao dano muscular, à estimulação de mecanorreceptores e metaborreceptores,. Embora, a literatura sobre PSE mostra que não existe apenas uma variável fisiológica que explique sua formação e, apesar de inúmeros estudos, ainda não está claro como o cérebro integra e interpreta os sinais de *feedback* aferentes para formar a PSE durante o exercício em diferentes populações.

Os fatores limitantes da máxima *performance* em humanos tem sido amplamente investigada (di Prampero 2003). A falha do sistema neuromuscular frente a um exercício exaustivo tem sido interpretado sob um aspecto periférico e central (Noakes, St Clair Gibson et al. 2004, St Clair Gibson and Noakes 2004). Algumas pesquisas evidenciam o papel do sistema nervoso central, mais especificamente o córtex motor (CM) e o córtex pré-frontal (CPF), como responsável direto pela manutenção de contrações musculares mesmo em estado de fadiga muscular (Liu, Dai et al. 2002, Liu, Shan et al. 2003, Liu, Yao et al. 2005).

De acordo com Nitché e Paulos (2001), a intensa ativação do córtex motor durante a prática de atividade física, inicia o processo de fadiga central.

A região do córtex pré-frontal dorso lateral (CPFL) segundo (DAVIS, et.al 1997), parece desempenhar um papel fundamental no aumento do output motor, exemplificando, há um aumento no sistema de facilitação contra os efeitos da fadiga central. Sendo assim a ativação do CPFL esta relacionada com a duração da resistência a fadiga física.

O córtex pré-frontal dorsolateral direito tem suma importância no processo de fadiga central, porque essa área altera a saída do córtex motor modulando a resistência para realizar uma tarefa que despenda força física, isto é, essa área do córtex cerebral é ativada tentar compensar a perda da capacidade de gerar força muscular e se opor a fadiga, através de uma entrada inibitória para a área sensorio motora, e o recrutamento de fibras eferentes descendentes. Uma área que também tem uma participação especial no processo de percepção subjetiva da fadiga é o córtex pré-frontal ventrolateral (CPFVL) que age sobre o córtex motor promovendo a excitação emocional para facilitar o esforço físico. Outras estruturas como o córtex cingulado e o córtex insular conectam-se com o córtex pré-motor e com o córtex parietal, o que potencializa a contribuição do cérebro no processo de fadiga, e termino do exercício, reforçando os estudos do cérebro como governador durante os exercícios (ANDRADE, 2014).

Segundo THOMAS (1996), podemos considerar que o homem é composto de dimensões, essas dimensões podem ser descritas em psicológicas quando os elementos do ambiente são reorganizados e reestruturam a dinâmica do pensamento e do comportamento do sujeito sendo e emergem para o desenvolvimento de processos afetivos. Já quando forem veiculadas ao fisiológico é quando a manutenção física necessita ser mantida em pleno funcionamento (NOAKES & GIBSON, 2004).

Estudos concluíram que o cérebro, em sua percepção, pode emitir sensações de fadiga quando o sistema orgânico sinaliza perigo de colapso (HAMPSON et al, 2001; KANG et al, 2003; ROGER et al, 2005). Em afirmar que o exercício físico começa e termina no cérebro (KAYSER, 2003), podemos constatar que existem pontos de coincidência dos componentes fisiológicos como mensuração de



frequência cardíaca, metabolitos sanguíneos e consumo de oxigênio na execução do exercício físico com o relato de sensação de dor e fadiga com escalas subjetivas.

Com a tentativa de buscar novas respostas sobre o comportamento humano no exercício físico, Noakes e Gibson, 2004 seguidos de estudos de Lambert em 2005, trás o modelo do sistema complexo de fadiga. O modelo “governador central” que integra as informações da periferia às informações centrais, como sensações por exemplo. Através de um banco de dados o cérebro é capaz de prever se aquele determinado ritmo de exercício físico ameaça a homeostase do organismo. O “governador central” integra esses sistemas para formular estratégias como de economia de corrida, por exemplo, e respostas às perturbações externas. Gibson e Noakes basearam-se na hipótese de Ulmer (1996), que sugeriu que esse mecanismo de banco de dados do cérebro ocorre de fatores subconscientes da intensidade do esforço, baseadas em experiências anteriores para completar uma tarefa junto a limites biomecânicos e/ou metabólicos do corpo.

Diversas técnicas de estimulação tem sido desenvolvida para otimizar a maior resistência muscular e menor percepção de esforço frente a contrações musculares submáximas fatigantes (Kidgell and Pearce 2011, Hendy and Kidgell 2013). Dentre essas diversas técnicas, a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) tem recebido grande interesse de diversos estudos (Cogiamanian, Marceglia et al. 2007, Tanaka, Hanakawa et al. 2009, Williams, Hoffman et al. 2013, Okano, Fontes et al. 2015, Vitor-Costa, Okuno et al. 2015, Lattari, Andrade et al. 2016).

A estimulação transcraniana de corrente continua (ETCC) é uma técnica não invasiva, que foi desenvolvida há muitas décadas e vem sendo utilizada como uma ferramenta para modular a atividade cerebral para sondar causalmente repercussões nos domínios sensório-motor e nas funções cognitivas, podendo facilitar o tratamento de uma variedade de distúrbios neurológicos e psiquiátricos (ZHENG et al, 2011). Dependendo do estímulo aplicado, pode ocorrer uma despolarização ou hiperpolarização da membrana neuronal de repouso, assim gerando um estado excitatório (estímulo anódico) ou inibitório (estímulo catódico) (Nitsche, Liebetanz et al. 2002, Nitsche, Nitsche et al. 2003).

Segundo Boggio (2006) a estimulação elétrica no cérebro teve seu início 43 há 48 anos depois de Cristo na Roma antiga, onde foi aplicado em um peixe elétrico enrolado na cabeça do paciente com o intuito de aliviar as dores de cabeça.

Recentemente a ETCC vem sendo utilizada com outras finalidades, tais como a melhoria do desempenho físico (COGIAMANIAN et al, 2010), reabilitação física (TANAKA et al, 2009), regulação do apetite (MONTENEGRO et al, 2012), aprendizagem motora implícito (ANTAL et al, 2001) no tratamento de depressão (PALM et al, 2012), dos sintomas de Alzheimer e Doença de Parkinson (BOGGIO et al, 2011), dores crônicas (ANTAL et al, 2010).

Um dos principais pesquisadores atualmente de ETCC o alemão Nitsche, realizou diversos estudos com essa técnica, onde encontrou que tem-se a mudança da excitabilidade cortical do indivíduo (Nitsche e colaboradores, 2005), melhora do tempo de reação da pessoa (Nitsche e colaboradores, 2003) e ameniza ou cura diversas doenças (Nitsche e colaboradores, 2008).

A ETCC tem se apresentado como promissora e benéfica na função motora em pacientes pós-acidente vascular encefálico (BUTLER et al., 2013). Além disso, tem sido inserida dentro do contexto do exercício físico, onde seus resultados demonstraram que a-ETCC promoveu aumento na força muscular do membro contralateral de forma aguda (HENDY e KIDGELL, 2014) e crônica (HENDY et al., 2014).

Além das possibilidades citadas acima, a ETCC foi aplicada sobre o córtex motor para aumentar a excitabilidade cortical e o desempenho físico até à exaustão em exercício isométrico para os músculos flexores do cotovelo, bem como a força de extensão do joelho e a força de preensão dos pés, tendo sido encontrada uma eficácia do método, (COGIAMANIAN et al., 2007; TANAKA et al., 2009).

Poucos estudos foram conduzidos utilizando a tDCS em exercícios fatigantes de características cíclicas (Montenegro, Farinatti Pde et al. 2011, Montenegro, Okano et al. 2012, Montenegro, Okano et al. 2014, Okano, Fontes et al. 2015, Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). Algumas pesquisas tiveram como objetivo verificar alterações na variabilidade da frequência cardíaca, consumo máximo de oxigênio e percepção subjetiva de esforço (Montenegro, Farinatti Pde et al. 2011, Montenegro, Okano et al. 2014, Okano, Fontes et al. 2015). Somente duas pesquisas analisaram o efeito da tDCS sobre o desempenho motor em exercícios cíclicos (Okano, Fontes et al. 2015, Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). Na pesquisa realizada por Okano et al. a-tDCS foi aplicada no córtex temporal, com intensidade de 2,0mA e duração de 20 minutos (Okano, Fontes et al. 2015). O pico de potência exercido no cicloergômetro aumentou cerca de 4% na condição a-tDCS (a-tDCS= 313,2±29,9 vs sham= 301,0±19,8 watts). A percepção subjetiva de esforço aumentou durante o exercício,

porém ocorreu de forma mais lenta na condição a-tDCS comparada a *sham*. Em outro estudo, 11 sujeitos ativos realizaram uma tarefa específica de tempo limite no cicloergômetro (Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). Essa tarefa consistiu em suportar o máximo de tempo possível, até atingir uma exaustão voluntária, contra uma carga constante (80% da máxima previamente obtida). Três condições foram utilizadas antes da tarefa: a-tDCS, c-tDCS ou *sham*. O estímulo foi aplicado sobre o córtex motor, com intensidade de 2,0 mA e 13 minutos de duração. Os resultados demonstraram que a-tDCS proporcionou um maior tempo limite, até atingir a exaustão, no cicloergômetro ( $491 \pm 100$  segundos) em comparação com a estimulação catódica ( $443 \pm 11$  segundos) e *sham* ( $407 \pm 69$  segundos). Nenhuma diferença foi encontrada entre as condições para a percepção subjetiva de esforço, frequência cardíaca e atividade eletromiografia dos músculos principais envolvidos na tarefa.

Foi demonstrado que a aplicação do estímulo anódico (a-tDCS) no córtex motor gerou melhoria na resistência muscular em exercícios de força para grupamentos musculares do membro superior (Cogiamanian, Marceglia et al. 2007, Williams, Hoffman et al. 2013, Lattari, Andrade et al. 2016). Apesar disso, uma pesquisa demonstrou que a aplicação da a-tDCS sobre o córtex motor não proporcionou melhorias agudas na resistência muscular (Kan, Dundas et al. 2013). A percepção subjetiva de esforço também tem demonstrado resultados conflitantes, como aumento (Williams, Hoffman et al. 2013, Okano, Fontes et al. 2015) e nenhuma alteração após estimulação anódica do córtex motor em tarefas de resistência de força muscular (Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). De forma voluntária, existe a possibilidade do córtex motor (CM) atingir um efeito teto, de modo que a falha do CM talvez não seja a causa da cessação do exercício (Kan, Dundas et al. 2013). Nesse ponto, o córtex pré-frontal tem sido apontado como uma área promissora para melhoria da resistência de força e redução na percepção subjetiva de esforço (Lattari, Andrade et al. 2016), suprimindo a falha do CM.

Diferenças metodológicas de estudos prévios (Okano, Fontes et al. 2015, Vitor-Costa, Okuno et al. 2015, Lattari, Andrade et al. 2016), como local do estímulo aplicado (córtex temporal e CM), diferentes desfechos analisados como o pico de potência atingido em um teste incremental máximo (Okano, Fontes et al. 2015), teste de tempo limite de carga constante submáxima (80% da máxima) (Vitor-Costa, Okuno et al. 2015) e resistência de força (Lattari, Andrade et al. 2016), permitem que novas investigações sejam realizadas. Como em tarefas de tempo limite a

oxigenação do ambiente não constituiu o fator determinante que afeta o desempenho (Amann and Calbet 2008, Amann, Hopkins et al. 2008), talvez o córtex pré-frontal esteja envolvido dentro desse processo. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos agudos da tDCS sobre o tempo limite e percepção subjetiva de esforço. Postula-se que a condição a-tDCS irá promover um maior tempo de execução do exercício no ciclo ergométrico e menor percepção subjetiva de esforço em comparação a condição placebo (*sham*).

Segundo HENDY (2013) os efeitos da ETCC são mais eficazes quando a técnica é combinada com o treinamento de força, sendo a mesma responsável em modular a plasticidade cortical via aumento na excitabilidade corticoespinal e diminuições na inibição intracortical de curto intervalo (SICI), o que não é visto somente com o treinamento de força. A estimulação cerebral não invasiva tem outro aspecto importante, pois pode contribuir sobre a diminuição da percepção subjetiva de esforço em exercícios de intensidade submáxima, podendo ser responsável em modular a atividade do sistema nervoso central e a percepção sensorial do esforço (OKANO et al., 2013).

A ETCC se caracteriza basicamente, como uma fraca corrente elétrica aplicada sobre o couro cabeludo com eletrodos de borracha, que utiliza corrente contínua de baixa intensidade (i.e., até 2mA), tendo a vantagem de ser barata, fácil de administrar, não invasiva e indolor. Esses eletrodos são envolvidos por tecido esponjoso, molhados por solução salina (NaCl) não só para minimizar o desconforto na pele, mas principalmente para maximizar a passagem de corrente elétrica (NITSCHKE, 2008).

O posicionamento dos eletrodos irá depender de qual área do córtex cerebral será estimulada, seguindo as recomendações do Sistema Internacional de Posicionamento 10 -20 de Eletroencefalograma (EEG), com o intuito de influenciar uma área específica do córtex cerebral, com o anodo estimulando e o catodo suprimindo essa excitabilidade cortical (NITSCHKE e PAULUS, 2000). Segundo (NITSCHKE et al, 2003a) pode ocorrer excitação cortical mesmo até 1 hora após o fim da aplicação.

DYMOND (1975) apesar de a corrente ser aplicada sobre o couro cabeludo, já foi demonstrado em humanos e por modelamento matemático (MIRANDA; LOMAREV; HALLETT, 2006) que a estimulação é capaz de atravessar o crânio e atingir o córtex cerebral.

A ETCC permite dois tipos de estimulação: estimulação anódica, que se caracteriza pelo posicionamento do eletrodo anódico sobre o córtex que se deseja excitar, e a estimulação catódica, que se caracteriza pela inversão do posicionamento dos eletrodos; assim, o eletrodo catódico será posicionado sobre o córtex que se deseja inibir (UTZ et al, 2010). Está praticamente descartado que a ETCC possa causar algum tipo de lesão cerebral pela formação de produtos tóxicos (ANTAL et al, 2010).

Segundo NITSCHKE (2000) as alterações causadas pela ETCC podem perdurar além do tempo de estimulação, desde que aplicada por no mínimo três minutos e permanecer estáveis por pelo menos uma hora se a ETCC for aplicada por um tempo  $\geq 10$  minutos empregando-se corrente com intensidades entre 1-2mA (NITSCHKE; PAULUS, 2001).

A ETCC é uma técnica que proporciona algumas vantagens em relação à estimulação magnética transcraniana, que utiliza como princípio a geração de pulsos eletromagnéticos para induzir correntes elétricas no cérebro. Sendo assim a ETCC oferece algumas vantagens tais como: maior portabilidade, o aparelho de ETCC é pequeno e portátil; os efeitos da ETCC apresentam maior duração, 10 minutos de estimulação magnética transcraniana repetitiva pode modular a excitabilidade cortical por não mais que 10 minutos (Romero et al, 2002), enquanto uma sessão de 13 minutos de ETCC tem efeitos de excitabilidade cortical por até 2 horas (Nitsche et al, 2001).

Em relação à segurança da técnica do ETCC, tem sido considerada segura, porém alguns efeitos podem ser observados, como formigamento na pele sobre os eletrodos, fadiga moderada e coceira. Além disso, mais raramente, foram reportadas náusea, insônia e cefaleia (POREISZ et al., 2007). Alguns estudos relatam quanto à segurança da ETCC, não haver prejuízo na saúde, durante ou após a aplicação da técnica (POREISZ et al, 2007; BIKSON, DATTA e ELWASSIF, 2009).

Dependendo do tipo de delineamento de estudo que se queira utilizar, usa-se a condição placebo ou *sham*, seguindo-se a mesma sequência metodológica da aplicação de ETCC real. No entanto, o aparelho estimulador fica ligado por apenas 10 segundos, entrando corrente elétrica (*fade in*), fazendo que os indivíduos não saibam qual é o tipo de estimulação que estarão recebendo no momento e após esse tempo a atividade cessa (*fade out*), sendo esta estratégia útil para estudos randomizados e duplo-cegos (GANDIGA, HUMMEL e COHEN, 2006).

Mesmo a ETCC sendo uma técnica não invasiva e com uma gama diversificada de aplicações, o seu efeito sobre o desempenho dinâmico motor e tolerância ao esforço físico ainda não foi estudado (OKANO et al, 2013). Lippold (1964) afirma que pouco se sabe da influência do ETCC sobre a modulação dos centros cardiorrespiratórios e sistema nervoso autônomo e as evidências disponíveis são controversas.

## CAPÍTULO II

### Metodologia

O presente projeto tem um caráter transversal e *cross-over*. O estudo foi realizado no laboratório da Universidade Salgado Filho localizado na cidade de Niterói. A amostra foi composta por 10 praticantes de exercício aeróbico, por pelo menos três meses seguindo critérios de acordo com o *American College of Sports Medicine* (ACSM). Os critérios de inclusão foram do gênero feminino, considerados moderadamente ativos seguindo a classificação do IPAQ (Questionário Internacional de Atividade Física) (MATSUDO, 2001), pois foi o mesmo foi preenchido, foram excluídos sujeitos destreinados, com doenças neuropsiquiátricas, doenças cardiovasculares, doenças osteo-articulares, uso de medicamentos neuropsiquiátricos, e, que fizeram uso de bebida alcoólica no dia anterior ou qualquer bebida que contivesse cafeína no dia do experimento. Todos os participantes foram inicialmente esclarecidos sobre o procedimento e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme Normas de Realização da Pesquisa em Seres Humanos (resolução nº 466/2012 do CNS). Este trabalho será submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Salgado de Oliveira (UNIVERSO).

Os sujeitos foram orientados a comparecer em três dias de experimentos, no primeiro foi realizada a caracterização da amostra, assim como foi realizado o teste submáximo. Segundo Astrand (1987) escolhemos uma carga inicial de acordo com o testato: cardiopatas= 10 Watts, mulheres= 25 Watts e homens= 50 Watts. Com um tempo entre os estágios de 3 minutos onde se tinha um acréscimo de 25 Watts, com uma velocidade de 60 rpm, com resultado expresso em ml.1/min. O teste máximo teve como objetivo estabelecer a intensidade a ser ajustada durante a realização do teste limite. O exercício aeróbio foi realizado em cicloergômetro (Inbrasport, CG –

04, Inbrasport, Brasil). O objetivo do teste é trazer informações sobre o nível de condicionamento em que se encontra o indivíduo. Os testes indiretos em sua maioria são baseados na relação linear entre consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e frequência cardíaca (FC), e para estimar o  $VO_{2max}$  utiliza-se a resposta da FC relativa à sobrecarga de trabalho que o indivíduo avaliado foi submetido. Para a intervenção da ETCC ou ETCC placebo ocorreu uma randomização. No segundo dia com um intervalo de 48 horas para o primeiro dia foi feito a ETCC por 20 minutos e imediatamente após a estimulação, o indivíduo realizou o Teste limite, após o teste, os sujeitos responderam a um questionário de percepção subjetiva de esforço. No terceiro e último dia com um intervalo de 48 horas para o segundo dia, foi realizado a estimulação, teste e aplicação do questionário de percepção subjetiva de esforço seguindo os mesmos procedimentos do segundo dia, porém, com a outra intervenção de ETCC.

1 DIA	2 DIA	3 DIA
AVALIAÇÃO FÍSICA	ESTIMULAÇÃO	ESTIMULAÇÃO
QUESTIONÁRIO	ANÓDICA OU SHAM	ANÓDICA OU SHAM
TESTE SUBMÁXIMO	TESTE TLIM	TESTE TLIM

**Tabela 1:** Desenho Experimental

### Medidas Antropométricas, PA e FC

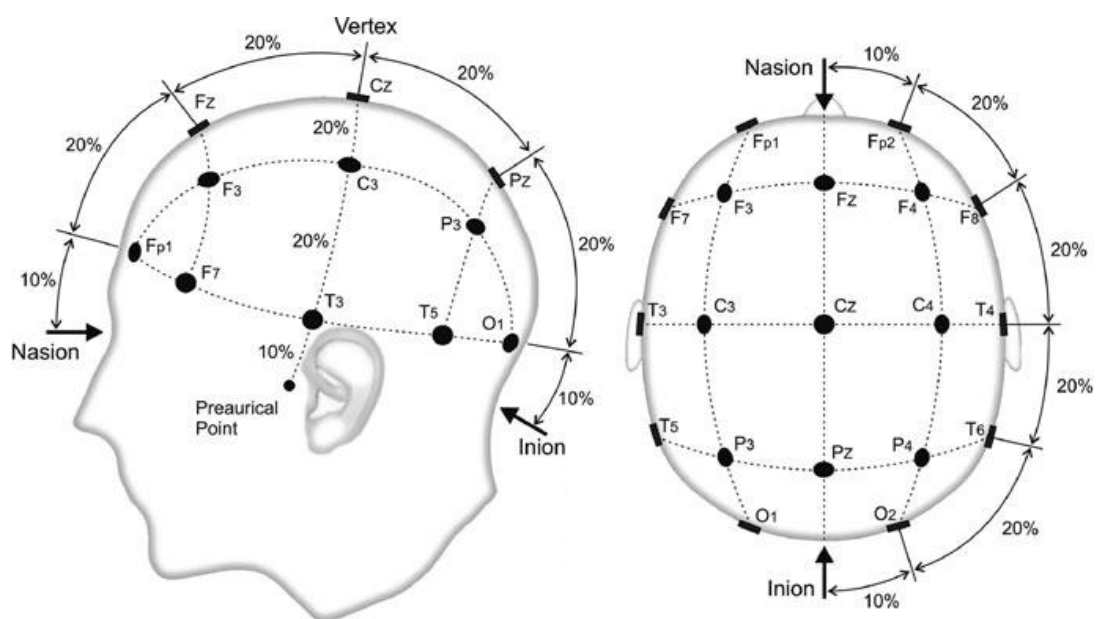
Para mensuração da estatura e massa corporal foram utilizados, respectivamente, um estadiômetro (Sanny®, modelo ES2020, São Paulo, Brasil) e uma balança mecânica (Welmy®, modelo w 200, São Paulo, Brasil). Para execução das medidas, foram adotadas as padronizações de Gordon *et al.* (1988) para massa corporal e Martin *et al.*, (1988) para estatura.

No caso da PA, foi utilizado o equipamento Omrom com medidas realizadas pelo método oscilométrico automático (Omrom® HEM - 7113, Dalian, China). E para

as medidas de FC, foi utilizado um monitor cardíaco Polar (Polar™ RS-800cx, Kempele, Finland).

### Aplicação do ETCC

Os indivíduos permaneceram sentados em uma cadeira localizada no interior do laboratório. Os eletrodos (anódico e catódico) foram conectados a um dispositivo de estimulação de corrente contínua com um output máximo de 10 mA,. Para a condição a-ETCC, o estímulo foi aplicado no córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo (Lattari, Andrade et al. 2016, Lattari, Costa et al. 2016), localizado sobre área do eletrodo F3, de acordo com o sistema internacional 10-20 de EEG (Jasper 1958). O cátodo foi posicionado sobre o córtex pré-frontal orbital (CPFO) direito, localizado sobre a área do eletrodo Fp2. O estímulo teve intensidade de 2mA e duração de 20 minutos. Um par de esponjas embebidas em solução salina (140 mMol de NaCl dissolvido em água Milli-Q) foi utilizada para envolver os dois elétrodos (35 cm<sup>2</sup>) (Nitsche and Paulus 2000, Nitsche, Liebetanz et al. 2002) que foram fixados por elásticos. Para condição *sham*, os eletrodos foram colocados na mesma posição da condição a-tDCS, o aparelho foi ligado, mas após 30 segundos o mesmo foi desligado, sendo considerada uma estimulação ineficaz (Gandiga, Hummel et al. 2006). Esse procedimento permite que os sujeitos tornem-se 'cegos' para o tipo de estímulo que receberão durante o teste, garantido assim, um efeito de controle (Boggio, Zaghi et al. 2008).



**Figura 1** – Sistema Internacional 10-20 de EEG para colocação dos eletrodos.



### Teste de tempo limite (tlim)

Conceitualmente representa o tempo máximo que pode ser sustentado com a mesma intensidade de exercício (DENADAI, 2000). Os avaliados realizaram um aquecimento de 5 min, com uma velocidade de 60 rpm e com uma carga associada a 60% do teste máximo. Após o aquecimento, a carga atingida no teste incremental máximo (PP) foi utilizada para aferir o tempo de exaustão atingido de forma voluntária (tlim). O Tlim foi considerado como o tempo total de esforço mantido, onde os indivíduos não sustentaram a cadência mínima de 60 rpm por 5 segundos, sendo expresso em segundos.

### Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)

A PSE tem como entendimento a integração dos sinais centrais e periféricos que são interpretados pelo córtex sensorial, produzindo uma percepção local ou geral do empenho para determinado esforço (BORG, 1982). Ao termino do exercício a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada usando a escala de Borg (CR-10) com pontuação de 0 (nenhum esforço) e 10 (máximo absoluto) (Borg 1998). Sendo que essa medida foi utilizada para mensurar toda a avaliação global da sessão de treino.

<b>Classificação</b>	<b>Descritor</b>
0	Repouso
1	Muito, Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

**Figura 2:** Escala CR10 de Borg (1982) modificada por Foster et al. (2001)

## Análise estatística

Estatística descritiva com dados de média e desvio padrão foram calculados para idade, medidas antropométricas, frequência cardíaca de repouso, PP e  $VO_{2\text{máx}}$ . Um teste *t* *pareado* foi utilizado para comparação entre as condições experimentais (a-tDCS e *sham*) para as seguintes variáveis: tlim e PSE. Dados de média e desvio padrão foram reportados para as medidas de desfecho. A estatística inferencial foi realizada utilizando o “*Statistical Package for Social Sciences 23.0*” (SPSS). O nível de significância foi estabelecido com  $p \leq 0,05$ .

## CAPÍTULO III

### Resultados

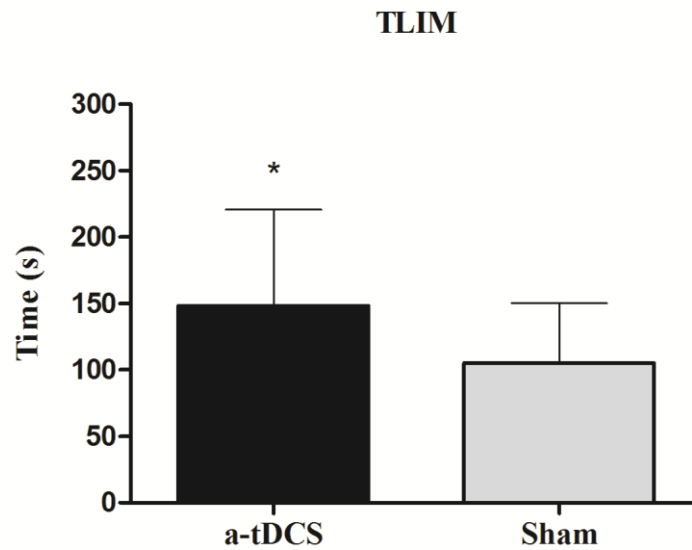
As características dos participantes estão demonstradas na tabela 2.

**Tabela 2 – Características da Amostra**

Variáveis	Participantes (M±DP)
Idade (anos)	24.0±2.2
Massa total (kg)	64.0±10.2
Estatura (cm)	166.5±4.4
Frequência cardíaca de repouso (bpm)	65.0±7.0
Porcentagem de gordura (%)	25.6±5.7
Pico do Potência (W)	162.5±23.4
$VO_{2\text{máx}}$ (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	35,9±3,4

Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as condições a-tDCS e *sham* para PSE ( $t=-0.667$ ;  $p=0,52$ ). O tlim na condição a-tDCS foi maior comparado ao *sham* ( $t=3.635$ ;  $p=0,005$ ) (Figura 2). Dados de média e desvio padrão para as medidas de desfecho foram demonstradas na tabela 2.

**Figura 3 – Valores entre os diferentes grupos**



**Tabela 3 – Estatística Descritiva e Inferencial das variáveis coletadas entre os grupos**

Variáveis	a-ETCC (M±DP)	Sham (M±DP)	<i>t</i>	<i>p</i>
PSE	8.0±3.0	8.4±1.6	-0.667	0.52
tlim (s)	199.5±97.2	137.1±73.1	3.635	0.005

## CAPÍTULO IV

### Discussão

O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos agudos da tDCS sobre o tempo limite e percepção subjetiva de esforço, onde demonstrou-se que a condição a-tDCS foi eficaz na maior tolerância ao exercício realizado no cicloergômetro com carga máxima, sendo que nenhuma alteração foi observada na percepção subjetiva de esforço.

Estudos anteriores demonstraram que a tDCS foi eficaz na melhoria do desempenho físico, isto é, maior potência de pico no teste incremental máximo e maior tempo de tolerância ao exercício com carga estimada em 80% da máxima, além de algum benefício indireto sobre o desempenho físico. De forma indireta, a-tDCS aplicada sobre o córtex temporal proporcionou um aumento na atividade parassimpática e diminuição na atividade simpática em um grupo de atletas, no estado de repouso (Montenegro, Farinatti Pde et al. 2011). Já no grupo de não atletas não foram detectados efeitos significativos. Isso é particularmente importante no aspecto do desempenho físico, pois a modulação na atividade parassimpática tem boa relação com desempenho esportivo de atletas e negativa com a fadiga muscular (Atlaoui, Pichot et al. 2007).

De forma direta, alguns estudos têm utilizado a-tDCS e verificado importantes alterações relacionadas ao desempenho físico. Em pesquisa realizada por Okano et al. foram investigadas os efeitos da tDCS em ciclistas treinados sobre indicadores de desempenho em um teste aeróbio incremental máximo (Okano, Fontes et al. 2015). Foram duas condições de estímulo antecedendo ao teste, a-tDCS e sham. O estímulo foi aplicado no córtex temporal, com intensidade de 2,0 mA e duração de 20 minutos. O pico de potência exercido no cicloergômetro aumentou cerca de 4% na condição a-tDCS (a-tDCS= 313,2±29,9 vs sham= 301,0±19,8 watts).

Em uma pesquisa conduzida por Vitor-Costa *et al.*, foram avaliados os efeitos da tDCS sobre o tempo limite (Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). Para isso, onze indivíduos ativos realizaram um teste aeróbio incremental no cicloergômetro para obtenção do pico de potência associado ao máximo. O tempo limite foi investigado imediatamente após três condições experimentais: a-tDCS, c-tDCS ou *sham*. O estímulo foi aplicado no córtex motor, com intensidade de 2,0 mA e 13 minutos de duração. A carga de 80% referente à máxima encontrada previamente foi utilizada no teste de tempo limite. Os resultados demonstraram que a condição a-tDCS proporcionou maior tolerância ao exercício (491±100 segundos) em comparação com a condição c-tDCS (443±11 segundos) e sham (407±69 segundos). Nenhuma diferença foi observada entre as condições para frequência cardíaca e atividade eletromiografia. Ao compararmos com nossa pesquisa, a condição a-tDCS também proporcionou aumento na tolerância ao exercício. Contudo, diferentemente do estudo conduzido por Vitor-Costa et al. (Vitor-Costa, Okuno et al. 2015), em nosso estudo a carga utilizada foi a máxima atingida no teste incremental máximo e o

estímulo anódico foi aplicado sobre o córtex pré-frontal. As possíveis causas para que ocorram melhorias no tempo limite e nenhuma alteração em variáveis fisiológicas permanecem inconclusivas.

Classicamente, o limite no desempenho físico é caracterizado por alterações metabólicas nos músculos em exercício, onde ocorre uma falha catastrófica da homeostasia, sendo denominada como fadiga periférica (Noakes, St Clair Gibson et al. 2004). Tem sido proposto que a maior tolerância ao exercício com cargas máximas, isto é, potência crítica, é dependente de fatores como a capacidade do metabolismo energético anaeróbico, a taxa de absorção de oxigênio aumentada no início do exercício e o consumo máximo de oxigênio que pode ser alcançando (Jones, Wilkerson et al. 2008). Porém, em relação ao consumo de oxigênio, Montenegro et al. demonstraram que o estímulo aplicado no córtex pré-frontal, com intensidade de 2,0 mA e duração de 20 minutos, não apresentou diferença entre as condições a-tDCS e *sham* (Montenegro, Okano et al. 2014). O significado fisiológico para exercícios com característica predominantemente “anaeróbia”, como o teste de tempo limite, permanece obscuro devido à dificuldade de quantificar a contribuição relativa desse sistema energético durante o exercício dinâmico de alta intensidade (Jones, Vanhatalo et al. 2010).

Pesquisas anteriores sugerem que a estimulação cerebral pode modular o sistema nervoso, a percepção subjetiva de esforço e a maior tolerância ao exercício, indicando que o cérebro desempenha um papel crucial na regulação do desempenho no exercício (Montenegro, Farinatti Pde et al. 2011, Okano, Fontes et al. 2015, Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). De fato, o cérebro parece ser o grande regulador do desempenho, onde frente a diversos estímulos interoceptivos, tem uma determinada percepção subjetiva de esforço e decide sobre a continuidade ou desistência por parte do exercício (Noakes, St Clair Gibson et al. 2004). O córtex motor tem a função de aumentar os sinais de condução corticais aos músculos para os níveis mais elevados de ativação, com objetivo de compensar a perda de força induzida pela fadiga muscular periférica (Liu, Shan et al. 2003). Especula-se que a-tDCS aplicada sobre o córtex motor possa modular diretamente a excitabilidade cortical do córtex motor, assim como modular áreas pré-motoras, diminuindo dores musculares relacionados à fadiga, aumentando a motivação e produzindo um melhorar acoplamento sinérgico do músculo (Cogiamanian, Marceglia et al. 2007). Contudo, isto é questionável, pois Kan et al. demonstraram que a-tDCS aplicada

sobre o CM não foi eficaz na resistência de força isométrica (30% da CVM) de flexores de cotovelo (Kan, Dundas et al. 2013). Já na pesquisa conduzida por Williams et al., a-tDCS aplicada sobre o córtex motor gerou uma maior fadiga e percepção de esforço quando comparada a condição *sham*, em um exercício de flexão de cotovelo com 20% da CVIM (Williams, Hoffman et al. 2013). Apesar de Vitor-Costa et al. demonstrarem melhorias no tempo limite com estímulo anódico aplicados sobre o córtex motor, nenhuma alteração foi observada na percepção subjetiva de esforço (Vitor-Costa, Okuno et al. 2015). Questiona-se a capacidade do córtex motor de modular a excitabilidade de áreas pré-motoras e, consequentemente, diminuir a percepção de fadiga e aumentar a motivação.

O córtex pré-frontal e o córtex temporal são sugeridos por desempenharem um papel crucial na fadiga central (Okano, Fontes et al. 2015, Lattari, Andrade et al. 2016). Apesar disso, em nosso estudo, a aplicação da a-tDCS sobre o córtex pré-frontal não demonstrou nenhuma alteração na percepção subjetiva de esforço comparada a condição *sham*. Talvez o uso de escalas de percepção subjetiva de esforço não seja a mais indicada em testes de tempo limite, sendo a escala de Estimativa do Tempo Limite (ETL) a mais recomendada (Eston 2009). A escala ETL mostrou ser uma ferramenta de percepção válida e confiável (Garcin, Vandewalle et al. 1999, Coquart and Garcin 2007). A escala ETL fornece informações do estresse psicológico provocadas pelo exercício (intensidade e duração) de forma mais adequada (Garcin, Vandewalle et al. 1999, Garcin and Billat 2001), permitindo uma melhor estimativa do tempo que pode ser mantido um dado esforço físico (Coquart, Legrand et al. 2009). Pode ser visto em estudo realizado que a percepção subjetiva de esforço aumentou durante o exercício incremental máximo, porém ocorreu de forma mais lenta, após a aplicação do estímulo anódico (Okano, Fontes et al. 2015).

Assim, pode-se demonstrar que o estímulo anódico aumentou a tolerância ao exercício realizado no cicloergômetro com carga máxima. Nosso estudo foi inovador ao estimular o córtex pré-frontal e aferir possíveis alterações na tolerância ao exercício e PSE, já que esta área se apresenta como promissora para tais alterações (Lattari, Andrade et al. 2016). Além disso, nenhuma pesquisa utilizou o pico de potência como carga no teste de tempo limite com o uso da tDCS. Uma das grandes limitações de nosso estudo foi não ter avaliado alterações fisiológicas de forma objetiva, como frequência cardíaca, consumo de oxigênio e outras. Além disso, sugere-se o uso de escalas mais apropriadas para estimar o estresse

psicofisiológico com o teste de tempo limite. Outra possibilidade futura seria investigar a excitabilidade cortical, o que normalmente é atribuído como possível fator influenciador de melhora em tarefas de resistência de força.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Med Sci Sports Exerc** 1998;30:975-91.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**, 7th edn. Williams and Watkins Lippincott, Baltimore. 2005.

AMANN, M. AND J. A. CALBET (2008). "Convective oxygen transport and fatigue." **J Appl Physiol** (1985) **104**(3): 861-870.

AMANN, M., W. G. HOPKINS AND S. M. MARCORA (2008). "Similar sensitivity of time to exhaustion and time-trial time to changes in endurance." **Med Sci Sports Exerc** **40**(3): 574-578.

ANTAL A, NITSCHKE MA, KINCSES TZ, et al. Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. **Eur J Neurosci** 2004;19:2888–92.

ANTAL A, PAULUS W. [Transcranial magnetic and direct current stimulation in the therapy of pain]. **Schmerz** 2010;24:161–6.

ANTAL A, TERNEY D, KUHN S, PAULUS W. Anodal transcranial direct current stimulation of the motor cortex ameliorates chronic pain and reduces short intracortical inhibition. **J Pain Symptom Manage**. 2010 May;39(5):890-903.

ATLAOUI, D., V. PICHOT, L. LACOSTE, F. BARALE, J. R. LACOUR AND J. C. CHATARD (2007). "Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers." **Int J Sports Med** **28**(5): 394-400.

ATTARI, E., M. L. ANDRADE, A. S. FILHO, A. M. MOURA, G. M. NETO, J. G. SILVA, N. B. ROCHA, T. F. YUAN, O. ARIAS-CARRION AND S. MACHADO (2016). "Can transcranial direct current stimulation improves the resistance strength and decreases the rating perceived scale in recreational weight-training experience?" **J Strength Cond Res**.

BINDMAN LJ, LIPPOLD OC, REDFEARN JW. The Action of Brief Polarizing Currents on the Cerebral Cortex of the Rat (1) during Current Flow and (2) in the Production of Long-Lasting afterEffects. **J Physiol**. 1964; 172:369-82.

BOGGIO PS, VALASEK CA, CAMPANHA C, et al. Non-invasive brain stimulation to assess and modulate neuroplasticity in Alzheimer's disease. **Neuropsychol Rehabil** 2011;21:703–16.

BOGGIO, P. S., S. ZAGHI, M. LOPES AND F. FREGNI (2008). "Modulatory effects of anodal transcranial direct current stimulation on perception and pain thresholds in healthy volunteers." **Eur J Neurol** **15**(10): 1124-1130.



BORG, G. (1998). **Borg's perceived exertion and pain scales**, Human kinetics.

COGIAMANIAN, F., S. MARCEGLIA, G. ARDOLINO, S. BARBIERI AND A. PRIORI (2007). "Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas." **Eur J Neurosci** 26(1): 242-249.

COGIAMANIAN F , MARCEGLIA S , ARDOLINO G , BARBIERI S , PRIORI A . Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas . **Eur J Neurosci** 2007 ; 26 : 242 – 249

COGIAMANIAN F, MARCEGLIA S, ARDOLINO G, et al. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. **Eur J Neurosci** 2007;26:242–9.

COQUART, J. B. AND M. GARCIN (2007). "Validity and reliability of perceptually-based scales during exhausting runs in trained male runners." **Percept Mot Skills** 104(1): 254-266.

COQUART, J. B., R. LEGRAND, S. ROBIN, A. DUHAMEL, R. MATRAN AND M. GARCIN (2009). "Influence of successive bouts of fatiguing exercise on perceptual and physiological markers during an incremental exercise test." **Psychophysiology** 46(1): 209-216.

DI PRAMPERO, P. E. (2003). "Factors limiting maximal performance in humans." **Eur J Appl Physiol** 90(3-4): 420-429.

DYMOND, A. M. et al. Intracerebral current levels in man during electrosleep therapy. *Biological Psychiatry*, **New York**, v. 10, n.1, p.101-104, Feb. 1975.

FLECK SJ, KRAEMER WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. Porto Alegre: **Artes Médicas**, 1999.

ESTON, R. G. (2009). "Perceived exertion: Recent advances and novel applications in children and adults." **Journal of Exercise Science & Fitness** 7(2): S11-S17.

GANDIGA, P.C.; HUMMEL, F.C.; COHEN, L.G. Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. **Clinical Neurophysiology**, v. 117, p. 845-850, 2006.

GANDIGA, P. C., F. C. HUMMEL AND L. G. COHEN (2006). "Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation." **Clin Neurophysiol** 117(4): 845-850.

GARCIN, M. AND V. BILLAT (2001). "Perceived exertion scales attest to both intensity and exercise duration." **Percept Mot Skills** 93(3): 661-671.

GARCIN, M., H. VANDEWALLE AND H. MONOD (1999). "A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time: a preliminary study." **Int J Sports Med** 20(1): 40-43.

GUEDES, D. P. e GUEDES, J. E. R. P. Crescimento, composição Corporal e desempenhos motores de crianças e adolescentes. São Paulo: CLR, **Baliero**, 1997.

GUIMARAES GV, SILVA MS, D'AVILA VM, FERREIRA SM, SILVA CP, BOCCHI EA. Peak VO<sub>2</sub> and VE/VCO<sub>2</sub> slope in betablockers era in patients with heart failure: a Brazilian experience. **Arq Bras Cardiol**. 2008 Jul;91(1):39-48.

HAMPSON DB, ST CLAIR GIBSON A, LAMBERT MI, NOAKES TD. The Influence of Sensory Cues on the Perception of Exertion During Exercise and Central Regulation of Exercise Performance. **Sports Med** 2001;31(13):935-952.

HENDY, A.M.; KIDGELL, D.J. Anodal-tDCS applied during unilateral strength training increases strength and corticospinal excitability in the untrained homologous muscle. **Exp Brain Res**. 232(10):3243-52, 2014.

HENDY, A.M.; TEO, W.P.; KIDGELL, D.J. Anodal tDCS Prolongs the Cross-education of Strength and Corticomotor Plasticity. **Med Sci Sports Exerc**. 2014

HENDY, A.M.; KIDGELL, D.J. Anodal tDCS applied during strength training enhances motor cortical plasticity. **Med Sci Sports Exerc**. 45(9):1721-9, 2013.

Hendy, A. M. and D. J. Kidgell (2013). "Anodal tDCS applied during strength training enhances motor cortical plasticity." **Med Sci Sports Exerc** 45(9): 1721-1729.

JACKSON, A. S. AND M. L. POLLOCK (1978). "Generalized equations for predicting body density of men." **Br J Nutr** 40(3): 497-504.

JASPER, H. (1958). "Progress and problems in brain research." **J Mt Sinai Hosp N Y** 25(3): 244-253.

JONES, A. M., A. VANHATALO, M. BURNLEY, R. H. MORTON AND D. C. POOLE (2010). "Critical power: implications for determination of V O<sub>2</sub>max and exercise tolerance." **Med Sci Sports Exerc** 42(10): 1876-1890.

JONES, A. M., D. P. WILKERSON, A. VANHATALO AND M. BURNLEY (2008). "Influence of pacing strategy on O<sub>2</sub> uptake and exercise tolerance." **Scand J Med Sci Sports** 18(5): 615-626.

KAN, B., J. E. DUNDAS AND K. NOSAKA (2013). "Effect of transcranial direct current stimulation on elbow flexor maximal voluntary isometric strength and endurance." **Appl Physiol Nutr Metab** 38(7): 734-739.

KIDGELL, D. J. AND A. J. PEARCE (2011). "What has transcranial magnetic stimulation taught us about neural adaptations to strength training? A brief review." **J Strength Cond Res** 25(11): 3208-3217.

LATTARI, E., S. S. COSTA, C. CAMPOS, A. J. DE OLIVEIRA, S. MACHADO AND G. A. MARANHÃO NETO (2016). "Can transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex improves balance and functional mobility in Parkinson's disease?" **Neurosci Lett**.

LIPPOLD O C , REDFEARN J W . Mental Changes Resulting from the Passage of Small Direct Currents through the Human Brain . **Br J Psychiat** 1964 ; 110 : 768 – 772

LIU, J. Z., T. H. DAI, V. SAHGAL, R. W. BROWN AND G. H. YUE (2002). "Nonlinear cortical modulation of muscle fatigue: a functional MRI study." **Brain Res** **957**(2): 320-329.

LIU, J. Z., Z. Y. SHAN, L. D. ZHANG, V. SAHGAL, R. W. BROWN AND G. H. YUE (2003). "Human brain activation during sustained and intermittent submaximal fatigue muscle contractions: an fMRI study." **J Neurophysiol** **90**(1): 300-312.

LIU, J. Z., B. YAO, V. SIEMIONOW, V. SAHGAL, X. WANG, J. SUN AND G. H. YUE (2005). "Fatigue induces greater brain signal reduction during sustained than preparation phase of maximal voluntary contraction." **Brain Res** **1057**(1-2): 113-126.

MIRANDA, P. C.; LOMAREV, M.; HALLETT, M. Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. **Clinical Neurophysiology**, v. 117, no. 7, p. 1623- 1629, July 2006.

MEDICINE, A. C. O. S. (2013). **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**, Lippincott Williams & Wilkins.

MONTENEGRO, R., A. H. OKANO, F. A. CUNHA, E. B. FONTES AND P. FARINATTI (2014). "Does prefrontal cortex transcranial direct current stimulation influence the oxygen uptake at rest and post-exercise?" **Int J Sports Med** **35**(6): 459-464.

MONTENEGRO, R. A., T. FARINATTI PDE, E. B. FONTES, P. P. SOARES, F. A. CUNHA, J. L. GURGEL, F. PORTO, E. S. CYRINO AND A. H. OKANO (2011). "Transcranial direct current stimulation influences the cardiac autonomic nervous control." **Neurosci Lett** **497**(1): 32-36.

MONTENEGRO, R. A., A. H. OKANO, F. A. CUNHA, J. L. GURGEL, E. B. FONTES AND P. T. FARINATTI (2012). "Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults." **Appetite** **58**(1): 333-338.

MONTEIRO, WALACE D. Personal training: Manual para avaliação e prescrição de condicionamento físico. 3 ed. Rio de Janeiro: **Sprint**, 2001.

MONTENEGRO R A , OKANO A H , CUNHA F A , GURGEL J L , FONTES E B , FARINATTI P T . Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults . **Appetite** 2012 ; 58 : 333 – 338.

NITSCHKE MA, PAULUS W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. **Neurology**. 2001; 57: 1899-901.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **J Physio**, v. 527, p. 633-639, 2000.

NITSCHKE, M. A., D. LIEBETANZ, F. TERGAU AND W. PAULUS (2002). "[Modulation of cortical excitability by transcranial direct current stimulation]." **Nervenarzt** **73**(4): 332-335.

NITSCHKE, M. A., M. S. NITSCHKE, C. C. KLEIN, F. TERGAU, J. C. ROTHWELL AND W. PAULUS (2003). "Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex." **Clin Neurophysiol** **114**(4): 600-604.

NITSCHKE, M. A. AND W. PAULUS (2000). "Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation." **J Physiol** **527 Pt 3**: 633-639.

NOAKES, T. D., A. ST CLAIR GIBSON AND E. V. LAMBERT (2004). "From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans." **Br J Sports Med** **38**(4): 511-514.

OKANO, A.H.; FONTES, E.B.; MONTENEGRO, R.A.; FARINATTI, P.T.V.; CYRINO, E.S.; LI, M.L.; BIKSON, M.; NOAKES, T.D. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. **Br J Sports Med**, 2013a; April, 11 -2012-091658.

OKANO, A. H., E. B. FONTES, R. A. MONTENEGRO, T. FARINATTI PDE, E. S. CYRINO, L. M. LI, M. BIKSON AND T. D. NOAKES (2015). "Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise." **Br J Sports Med** **49**(18): 1213-1218.

PAULUS, W.; HUMMEL, F.; BOGGIO, P.S.; FREGNI, F.; PASCUAL-LEONE, A. Transcranial direct current stimulation: State of the art. **Brain Stimulation**, v.1, p. 206-23, 2008.

PEREIRA MIR, GOMES PSC. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências. **Rev Bras Med Esporte** \_ Vol. 9, Nº 5 – Set/Out, 2003.

PALM U, SCHILLER C, FINTESECU Z, et al. Transcranial direct current stimulation in treatment resistant depression: a randomized double-blind, placebo-controlled study. **Brain Stimul** 2012;5:242–51.

POREISZ, C. et al. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. **Brain Research Bulletin.**, v. 72, no. 4/6, p. 208-214, May 2007.

REDFEARN J W , LIPPOLD O C , COSTAIN R . A Preliminary Account of the Clinical Effects of Polarizing the Brain in Certain Psychiatric Disorders . **Br J Psychiat** 1964 ; 110 : 773 – 785.

ROMERO JR, ANSCHEL D, SPARING R, GANGITANO M, PASCUAL-LEONE A. Subthreshold low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation selectively decreases facilitation in the motor cortex. **Clinical Neurophysiol.** 2002; 113:101-7.

ST CLAIR GIBSON, A. AND T. D. NOAKES (2004). "Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans." **Br J Sports Med** 38(6): 797-806.

TANAKA, S., T. HANAKAWA, M. HONDA AND K. WATANABE (2009). "Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation." **Exp Brain Res** 196(3): 459-465.

VITOR-COSTA, M., N. M. OKUNO, H. BORTOLOTTI, M. BERTOLLO, P. S. BOGGIO, F. FREGNI AND L. R. ALTIMARI (2015). "Improving Cycling Performance: Transcranial Direct Current Stimulation Increases Time to Exhaustion in Cycling." **PLoS One** 10(12): e0144916.

UTZ KS, DIMOVA V, OPPENLANDER K, KERKHOFF G. Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology--a review of current data and future implications. **Neuropsychologia.** 2010 Aug;48(10):2789-810.

WAGNER T, FREGNI F, FECTEAU S, GRODZINSKY A, ZAHN M, PASCUAL LEONE A. Transcranial direct current stimulation: a computerbased human model study. **Neuroimage.** 2007; 35: 1113-1124

ZHENG X, ALSOP DC, SCHLAUG G. Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on human regional cerebral blood flow. **Neuroimage.** 2011 Sep 1;58(1):26-33.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, \_\_\_\_\_, R.G. \_\_\_\_\_ como voluntário(a) da pesquisa, afirmo que fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre a finalidade e objetivos desta pesquisa, bem como sobre a utilização das informações exclusivamente para fins científicos.

As seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- A pesquisa intitulada: Efeito Agudo da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua no desempenho da potencia aeróbia máxima tem o objetivo de **verificar os efeitos agudos da estimulação transcraniana** por corrente contínua sobre o tempo limite e percepção subjetiva de esforço.
- A pesquisa será realizada em 3 dias distintos. Na primeira visita você responderá o questionário IPAQ e anamnese e realizará um teste submáximo para mensurar seu VO<sub>2</sub>, além de realizar medidas de peso e altura. Nos outros dois dias, você realizará duas sessões de exercício aeróbio em bicicleta ergométrica. Nas duas sessões experimentais, antes da sessão de exercício, será aplicada uma estimulação elétrica através de eletrodos posicionados no couro cabeludo.
- Você poderá sentir formigamento ou coceira por até 30 segundos durante a aplicação de ETCC;
- Você poderá sentir algum tipo de incômodo relacionado ao exercício como cansaço e/ou sede;
- Será garantido o anonimato e o sigilo das informações, além da utilização dos resultados exclusivamente para fins científicos;
- Você poderá solicitar informações ou esclarecimentos sobre o andamento da pesquisa em qualquer momento com o pesquisador responsável;
- Sua participação não é obrigatória, podendo retirar-se do estudo ou não permitir a utilização dos dados em qualquer momento da pesquisa;
- Sendo um participante voluntário, você não terá nenhum pagamento e/ou despesa referente à sua participação no estudo;
- Os materiais utilizados para coleta de dados serão armazenados por 5 (cinco) anos, após descartados, conforme preconizado pela Resolução CNS nº. 196, de 10 de outubro de 1.996.

Niterói, de \_\_\_\_\_ de 2017

---

Assinatura do voluntário

---

Assinatura do pesquisador

**ANEXO 2****QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA - IPAQ**

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( )

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia... As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na ÚLTIMA semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Porfavor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

Atividades físicas VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal.

Atividades físicas MODERADAS são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias \_\_\_\_ por SEMANA ( ) Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

horas: \_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades MODERADAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)

dias \_\_\_\_ por SEMANA ( ) Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: \_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_



3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades VIGOROSAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

dias \_\_\_\_\_ por SEMANA ( ) Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana? \_\_\_\_\_ horas  
\_\_\_\_\_ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?  
\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos