



UNIVERSIDADE BRASIL
INSTITUTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

EDNA DE MORAIS GARCEZ

**EFEITO CLÍNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM
PORTADORES DE PARALISIA CEREBRAL**

SÃO PAULO
2020

EDNA DE MORAIS GARCEZ

**EFEITO CLÍNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM
PORTADORES DE PARALISIA CEREBRAL**

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Baptista

Trabalho Final de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, como complementação de créditos necessários para a obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

SÃO PAULO

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

G197e GARCEZ, Edna de Moraes
 Efeito Clínico da Fotobiomodulação Transcraniana em
Paratletas com Paralisia Cerebral / Edna de Moraes Garcez --
São Paulo, 2020.
 38 f.: il.

 Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-
graduação do Curso de Bioengenharia da Universidade Brasil.
 Orientação: Profa. Dra. Alessandra Baptista

 1. Comprometimento Neurológico. 2. Esporte Paralímpico. 3.
Estimulação Cerebral. 4. TPBM. 5. Bocha Adaptada. I. Baptista,
Alessandra. II. Título.

CDD 620.82

TERMO DE APROVAÇÃO



TERMO DE APROVAÇÃO

EDNA DE MORAIS GARCEZ

“EFEITO CLÍNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PORTADORES DE PARALISIA CEREBRAL”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista (presidente-orientador)

Prof.(a) Dr.(a) Silvia Cristina Nunez (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Martha Simões Ribeiro (IPEN)

São Paulo, 31 de março de 2020
Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista

FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DO TEXTO NA PÁGINA DA UNIVERSIDADE BRASIL E BANCO DE TESES DA CAPES E REPRODUÇÃO DO TRABALHO



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

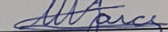
Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

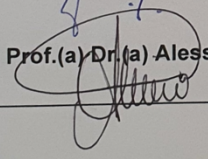
Título do Trabalho: “EFEITO CLÍNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PORTADORES DE PARALISIA CEREBRAL”

Autor(es):

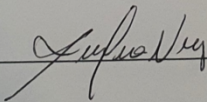
Discente: **Edna de Moraes Garcez**

Assinatura: 

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista**

Assinatura: 

Coorientador(a):

Assinatura: 

Data: 31/03/2020

DEDICATÓRIA

Ao meu marido que sempre esteve ao meu lado, acreditando, incentivando e caminhando junto;

Aos meus filhos, netos, genros e nora pelo apoio;

Especialmente ao meu maior incentivador para a realização deste sonho, luz da minha vida, meu filho Aguinaldo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de haver colocado em meu caminho, pessoas que fizeram a diferença ao longo deste trabalho:

Aos paratletas que, voluntariamente se dispuseram a participar do experimento, enriquecendo o nosso trabalho, o que permitiu a obtenção dos resultados que embasaram as conclusões;

À Professora Silvia Cristina Nuñez pelo exemplo de liderança, serenidade, perspicácia sabedoria e humildade;

À Professora Alessandra Baptista pelo apoio, dedicação, direcionamento, carinho e orientação ao longo da pesquisa;

Professor Ricardo Scarparo Navarro pela amizade, apoio, colaboração e incentivo durante a realização do experimento;

Aos demais professores e aos colegas o meu muito obrigada!

RELEVÂNCIA PARA BIOENGENHARIA

O presente estudo se enquadra na área de concentração de FOTOBIMODULAÇÃO, BIOMARCADORES E SISTEMAS DIAGNÓSTICOS, na linha de pesquisa: BIOFOTÔNICA APLICADA, dentro do projeto de pesquisa: FOTOBIMODULAÇÃO DE TECIDOS BIOLÓGICOS COM LASER/LED DE BAIXA POTÊNCIA. O tema abordado visa o uso de uma tecnologia baseada na fotobiomodulação transcraniana, uma técnica não invasiva que promove aumento do fluxo sanguíneo local, aumentando o metabolismo energético cerebral e as defesas antioxidantes, além de propiciar melhoria da sobrevivência dos neurônios e suas terminações sinápticas, que podem contribuir para melhora da performance de paratletas.

RESUMO

A fotobiomodulação transcraniana (t-PBM– do inglês *transcranial photobiomodulation*) é uma modalidade de terapia não invasiva, que promove aumento do metabolismo energético cerebral e as defesas antioxidantes. Essa terapia usa a luz, geralmente, de um laser ou LED para estimular o metabolismo mitocondrial, promovendo um suprimento de energia mais alto nas células. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da t-PBM na coordenação motora e intralimbal de paratletas com danos cerebrais. Foram avaliados 6 paratletas, classificados de acordo com os parâmetros definidos pelo Comitê Paralímpico Internacional, em BC1, BC2 e BC3, com idades entre 23 e 41 anos. Cada paratleta foi submetido à t-PBM de toda a cabeça por meio de um capacete composto de 204 LEDs, com comprimentos de onda intercalados de 660 e 850 nm (CAPELLUX I9, Comedical, Mauá/SP, Brasil), 3 vezes por semana em dias alternados, por 15 min, durante 2 semanas. Foram realizados testes de destreza manual e coordenação intralimbal (ILC-do inglês *intralimbal coordination*), antes do início do tratamento, 7 e 14 dias após. Os resultados mostraram como os movimentos contínuos para avaliação da destreza manual e ILC testados, parecem ter capacidade de distinguir as limitações motoras dos jogadores, confirmando a classificação do Comitê Paralímpico Internacional. A avaliação da destreza manual mostrou melhora gradativa significativa da destreza manual após as sessões de t-PBM, tanto para a mão dominante como para a mão não dominante ($p < 0,05$). Os testes de avaliação da ILC mostraram que não houve redução do tempo de realização dos movimentos horizontais tanto na mão dominante, como na mão não dominante, após 3 e 6 sessões de t-PBM ($p > 0,05$). No entanto, as avaliações dos movimentos verticais mostraram que houve redução do tempo de execução do exercício na mão dominante, entre a avaliação inicial e a final e na mão não dominante, a redução do tempo ocorreu apenas entre a segunda e a terceira avaliação ($p < 0,05$). Finalmente, o teste de toque vertical contínuo mostrou aumento gradativo e significativo do número de movimentos verticais nos dois grupos testados, quando comparados aos valores iniciais e finais ($p < 0,05$). Portanto, podemos concluir que a t-PBM se apresenta como uma alternativa efetiva na melhoria da coordenação motora, avaliada por meio de testes de destreza manual e coordenação intralimbal, em paratletas praticantes de bocha adaptada.

Palavras chave: Danos cerebrais, estimulação cerebral, bocha adaptada.

ABSTRACT

Transcranial photobiomodulation (t-PBM) is a non-invasive therapy modality that promotes increased of cerebral energy metabolism and antioxidant defenses. This therapy uses light, usually from a laser or LED to stimulate mitochondrial metabolism, promoting a higher energy supply in the cells. The aim of this study was to evaluate the effects of t-PBM on motor and intralimbal coordination of brain-damaged parathletes. Six parathletes were evaluated, classified according to the parameters defined by the International Paralympic Committee, in BC1, BC2 and BC3, aged between 23 and 41 years. Each parathlete was submitted to t-PBM of the whole head through a helmet composed of 204 LEDs, with interspersed wavelengths of 660 and 850 nm (CAPELLUX I9, Comedical, Mauá / SP, Brazil), 3 times per week on alternate days, for 15 min, for 2 weeks. To assess the effects of t-PBM, manual dexterity and intralimbal coordination tests (ILC) were performed before the start of treatment, 7 days and 14 days after. The results showed how the continuous movements for the evaluation of manual dexterity and tested ILC, seem to have the capacity to distinguish the motor limitations of the players, confirming the classification of the International Paralympic Committee. The evaluation of the manual dexterity showed a significant gradual improvement in the manual dexterity, after t-PBM sessions, for both the dominant and non-dominant hands ($p < 0.05$). The evaluation tests of the ILC showed that there was no reduction in the time to perform horizontal movements in both the dominant and non-dominant hands, after 3 and 6 sessions of t-PBM ($p > 0.05$). However, the evaluations of the vertical movements showed that there was a reduction in the execution time of the exercise in the dominant hand, between the initial and the final evaluation and in the non-dominant hand, the reduction in time occurred only between the second and the third evaluation ($p < 0.05$). Finally, the continuous vertical touch test showed a gradual and significant increase in the number of vertical movements in the two groups tested, when compared to the initial and final values ($p < 0.05$). Therefore, we can conclude that t-PBM presents itself as an effective alternative in the improvement of motor coordination, assessed through tests of manual dexterity and intralimbal coordination, in practicing athletes of adapted bocce.

Keywords: Brain damage, Paralympic sport, brain stimulation, Adapted Bocce

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. HIPÓTESE.....	13
3. OBJETIVO.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5. RESULTADOS.....	22
6. DISCUSSÃO.....	28
7. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A fotobiomodulação (PBM - do inglês: *photobiomodulation*) é uma forma de terapia que utiliza fontes de luz não ionizantes, incluindo laser, LED e luz de banda larga, na área visível e infravermelho do espectro. Trata-se de um processo não térmico que envolve cromóforos celulares endógenos capazes de absorverem a luz e desencadarem eventos fotofísicos e fotoquímicos em diferentes escalas biológicas. Esse processo promove resultados terapêuticos, incluindo, entre outros, o alívio da dor, a redução dos processos inflamatórios, a imunomodulação e a promoção da cicatrização de feridas e regeneração de tecidos [1].

A fotobiomodulação transcraniana (t-PBM – do inglês: *transcranial photobiomodulation*) com fontes de luz, emitindo no vermelho a infravermelho próximo (600-1200 nm) tem sido utilizada para tratar algumas condições neurológicas em humanos, como mal de Alzheimer [2], depressão [3], traumatismo craniano [4] e acidente vascular cerebral [5]. Os resultados destes estudos mostraram benefícios, desde a melhoria da locomoção e/ou cognição até a melhoria da sobrevivência dos neurônios e suas terminações sinápticas [6,7,8]. A partir de estudos em modelos animais das doenças de Parkinson e Alzheimer, um dos principais achados da t-PBM é a ação neuroprotetora, podendo retardar a progressão da neurodegeneração [7,8].

A Bocha Adaptada é um esporte originalmente desenvolvido para paratletas com Paralisia Cerebral, mas atualmente também pode ser praticado por paratletas com comprometimento motor severo. Dependendo de suas habilidades físicas e funcionais, os paratletas são classificados pelo Comitê Paralímpico Internacional – IPC (do inglês *International Paralympic Committee*) em 4 classes funcionais da Bocha Adaptada, BC1 a BC4. Eles recebem a seguinte classificação [9]: BC1: paratletas com paralisia cerebral que conseguem arremessar a bola e podem receber auxílio para estabilizar a cadeira e pegar a bola; BC2: paratletas com paralisia cerebral com mais facilidade para arremessar a bola do que os da classe BC1 (não recebem assistência); BC3: paratletas com paralisia cerebral que não conseguem arremessar sozinhos e utilizam acessórios auxiliares (calha, antena, ponteira...) para isso e BC4: paratletas com outras deficiências severas, com dificuldade para arremessar [10]. Trata-se de um jogo competitivo que pode ser praticado individualmente, em duplas ou em equipes. A prática fortalece a coordenação e o

equilíbrio, pois este esporte depende de grande controle muscular, acurácia no arremesso da bola, concentração, raciocínio, estratégia e tática durante o jogo [10,11]. Esta modalidade esportiva pode ser praticada desde os momentos de lazer e recreação até o mais alto nível de competição. Atualmente ela é reconhecida pelas entidades oficiais de nível internacional, tornando-se um desporto paralímpico. [12,13].

Paratletas com sequelas de danos cerebrais apresentam comprometimento do sistema nervoso e conseqüentemente as habilidades motoras são afetadas. Os músculos podem se tornar espasmódicos, difíceis de coordenar, rígidos, difíceis de mover ou paralisados [14]. Coordenação motora é a capacidade que nos permite realizar movimentos articulados com os músculos esqueléticos, propiciando-nos o domínio do corpo no espaço e o controle dos movimentos. Ou seja, ela é a capacidade de sincronizar vários movimentos, envolvendo cérebro, músculos e articulações. Pode ser dividida em duas categorias: coordenação motora bruta, que envolve principalmente grandes grupos musculares, podendo ser desenvolvida a partir da prática de atividades físicas e que são essenciais para nossa capacidade de andar, correr, pular, deslizar, nadar, arremessar, pegar e chutar; e a coordenação motora fina, que está relacionada com atividades que exigem muita precisão, envolvendo grupos musculares menores, responsáveis pela coordenação de movimentos mais delicados e objetivos, geralmente os das mãos, pulsos, dedos e olhos, que são controladas pelo nosso sistema nervoso [15].

Neste contexto, os efeitos fotobiomodulatórios da t-PBM na coordenação motora de pessoas com sequelas de danos cerebrais pode ser uma boa alternativa. No entanto, muito pouco foi investigado em relação aos efeitos da t-PBM no desempenho motor diretamente [16], e no melhor do nosso conhecimento, nunca foi avaliada em indivíduos com danos cerebrais.

2. HIPÓTESE

A hipótese deste estudo é que a t-PBM pode trazer efeitos benéficos sobre a coordenação motora e a destreza manual de paratletas de Bocha Adaptada.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da t-PBM na coordenação motora e intralimbal de indivíduos com danos cerebrais.

Objetivo específico:

Aferir os efeitos da t-PBM na coordenação motora e intralimbal de paratletas praticantes de bocha adaptada, adotando como variáveis as habilidades de pegar e largar um objeto e a capacidade de arremessar objetos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Aspectos éticos

Este trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Brasil (parecer nº 3.596.195 – ANEXO A). Todos os participantes e/ou seus responsáveis legais concordaram em participar do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início da coleta de dados.

Participantes

Seis paratletas (4 homens e 2 mulheres) da equipe de bocha da AACD – Esporte – São Paulo/SP, classificados de acordo com o IPC entre BC1 e BC3 foram recrutados para participar voluntariamente deste estudo. Todos os participantes preencheram os seguintes critérios de inclusão: (i) ter um comprometimento cerebral ou uma condição neurológica semelhante; (ii) ser classificado como BC1 (quadriplegia espástica ou atetóide ou uma mistura, incluindo aqueles com ataxia grave), BC2 (quadriplegia espástica ou com atetose) [9] e BC3 (quadriplegia espástica com atetose ou ataxia, hemiplegia); (iii) não ter realizado cirurgias ou injeções de toxina botulínica nos 6 meses anteriores aos testes, o que poderia afetar sua função motora; e (iv) ser capaz de seguir as instruções pertinentes dos testes, fornecidas pelos pesquisadores. Os critérios de exclusão foram os seguintes: (i) paratletas classificados como BC4 (ou seja, comprometimentos não centrais do sistema nervoso) ou (ii) paratletas com comprometimento intelectual (ou seja, participantes que apresentassem limitações para entender os objetivos do estudo ou os protocolos dos testes).

t-PBM

Cada paratleta foi submetido à t-PBM com o auxílio de um capacete composto de 204 LEDs com comprimentos de onda intercalados de 660 e 850 nm (CAPELLUX I9, Comedical, Mauá/SP, Brasil) (Figura 1). A potência por LED é de 10 mW e a potência total do equipamento de 2,04 W. A densidade de potência usada por LED foi de 10 mW/cm², 3 vezes por semana em dias alternados. O tempo de irradiação foi o determinado a partir do equipamento, que realiza um ciclo de 15 min, resultando em uma energia de 9 J/ LED e energia total de 1836 J.

Para a realização das irradiações os paratletas foram mantidos em suas cadeiras de rodas e acomodados de forma confortável. O capacete de LEDs foi colocado de forma contrária à convencional, como ilustra a Figura 2, para que a região frontal do crânio do indivíduo recebesse luz diretamente, por tratar-se da área responsável pelas funções motoras e mentais superiores: concentração, planejamento, julgamento, expressão emocional, inibição, criatividade, movimento dos olhos e orientação [17].



Figura 1: Imagem do capacete de LEDs.
(Fonte própria)

Avaliações Motoras

Os paratletas foram submetidos ao teste de caixa e bola, para avaliação da destreza manual (DM) e a testes de toque para avaliar a coordenação motora. A coordenação motora, foi avaliada através do teste de ILC (do inglês *intralimbal coordination*). O ILC é definido como a coordenação entre as articulações envolvidas no movimento de flexão e extensão de um membro, neste caso as articulações do ombro, cotovelo e pulso [18].

A DM bruta foi mensurada pelo teste caixa e bola adaptado [19]. O teste foi realizado de forma que dois cestos de mesmo tamanho foram colocados lado a lado, um contendo bolas de bocha e outro vazio. Os participantes foram instruídos a pegar as bolas de bocha individualmente, a partir de um cesto e transportá-las ao cesto oposto o mais rápido possível no intervalo de 60 s (Figura 4). Eles realizaram o teste uma vez com cada mão, começando pela mão dominante (MD), seguido pela mão não dominante (MnD). A pontuação foi determinada em função do número de bolas transportadas em 60 s. A DM é definida como a capacidade de realizar movimentos precisos das mãos e dedos para agarrar e manipular objetos [20].



Figura 4: Imagem ilustrativa do teste de DM (BBLT).
(Fonte própria)

Para avaliação da coordenação intralimbal foram realizados três testes diferentes de toque, seguindo protocolos previamente definidos [21,22].

Os testes discretos de ILC avaliaram as médias de tempo de movimento vertical e horizontal do braço e o teste contínuo avaliou o número de batidas (n) que cada participante conseguiu fazer entre placas durante o período de 1 min.

Todos os testes foram realizados primeiro com a mão dominante (MD), seguido pela mão não dominante (MnD) de cada participante.

Teste de toque horizontal discreto

Os participantes sentaram-se em suas próprias cadeiras de rodas e foram colocados de frente para uma mesa, a 10 cm da borda das chapas de batida. A mesa foi ajustada de tal forma que ficasse alinhada aos quadris dos jogadores e o ombro do braço dos participantes estivesse alinhado com as placas. Os participantes foram solicitados a colocar o braço não avaliado sobre o peito e manter a mão avaliada, fechada com o dedo indicador estendido. No entanto, devido a algumas limitações motoras (por exemplo, espasticidade grave), nem todos os participantes conseguiram posicionar seus ombros ou dedos conforme solicitados e, portanto, esses participantes foram autorizados a colocá-los na posição mais confortável para eles, desde que isso não interferisse na execução do teste.

Para a realização deste teste foram confeccionadas 2 placas de madeira de 30cm de comprimento e 20cm de largura, marcadas com um alvo central de 18 x 5cm cada uma (alvo A e B), dispostas horizontalmente, com uma distância fixa de 30cm entre os centros dos alvos (Figura 5).

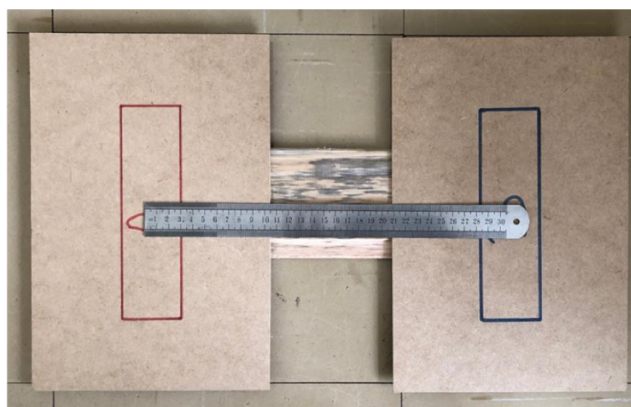


Figura 5: Disposição das placas para o teste de toque horizontal discreto.
(Fonte própria)

Para a conclusão do teste, os participantes precisavam efetuar 10 ciclos completos de movimento. Cada ciclo foi considerado completo quando o participante a partir da placa A atingisse o centro da placa B e retornasse o dedo para a placa inicial (placa A) o mais rápido possível. Qualquer contato fora da área de destino não foi registrado. Antes do início dos testes os participantes treinaram pelo menos uma vez os movimentos para se familiarizarem com o teste. O objetivo deste teste foi avaliar com que rapidez, em segundos, o participante pode mover o dedo de uma placa para a outra (Figura 6).



Figura 6: Imagem ilustrativa da avaliação ILC.
(Fonte própria)

Teste de toque vertical discreto

Os participantes permaneceram acomodados como no teste anterior (Teste de toque horizontal discreto), no entanto, desta vez, as placas foram dispostas verticalmente em forma de “L” (90°) (Figura 7). A distância entre os dois centros das placas foi mantida em 30 cm, como descrito anteriormente, e os dois testes usaram o mesmo protocolo. O objetivo do Teste de toque vertical discreto foi também avaliar a rapidez, em segundos, em que o participante pode mover o dedo de uma placa para outra no eixo vertical.

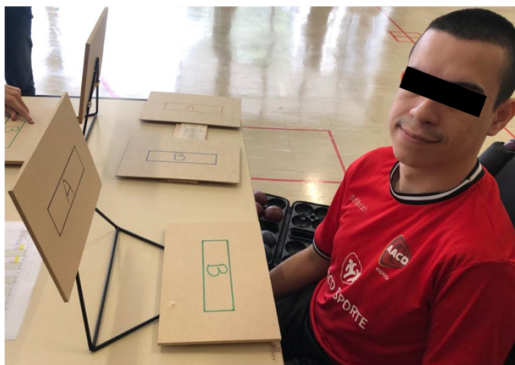


Figura 7: Imagem ilustrativa da avaliação ILC.
Note o posicionamento do atleta e a distância entre as placas.
(Fonte própria)

Teste de toque vertical contínuo

Os participantes realizaram um movimento contínuo composto por tocar com o dedo os alvos das placas A e B, alternadamente, o mais rápido possível dentro de 1 min. As placas foram colocadas na vertical, conforme descrito para o teste de toque vertical discreto. O contato do dedo poderia ser feito em qualquer parte dos alvos.

A posição inicial desse teste foi considerada quando do toque na placa A. O registro de dados foi ativado no primeiro contato com a placa A e cada ciclo foi considerado completo quando o participante atingisse o centro da placa B e retornasse o dedo para a placa inicial, o mais rápido possível. Os participantes praticaram o movimento por 10 s para se familiarizarem com o movimento antes de iniciar o teste. O objetivo desse teste foi avaliar com que rapidez, em segundos, o participante podia mover o dedo de uma placa para a outra.

Análise Estatística

Inicialmente, a normalidade dos dados foi verificada pelo teste de distância Shapiro-Wilk. Como não foram violados os pressupostos de normalidade, aplicou-se a análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) para todos os testes avaliados (BBT, Toque Vertical Discreto, Toque Horizontal Discreto e Toque Vertical Contínuo) em todos os tempos estudados, seguido pelo teste de comparações múltiplas Tukey. As análises foram realizadas pelo programa Graph Pad Prism 8.0 (Graph Pad Software Inc, San Diego, CA). O nível de significância estabelecido para estas análises foi de 5%.

5. RESULTADOS

O teste de DM (teste de caixa e bola adaptado) da mão dominante foi capaz de sugerir a discriminação de paratletas das diferentes classes esportivas de bocha (BC1, BC2 e BC3), nas 3 avaliações realizadas, mostrando os jogadores classificados como BC3, como tendo pior desempenho em relação a BC1 e BC2, respectivamente (Figura 8).

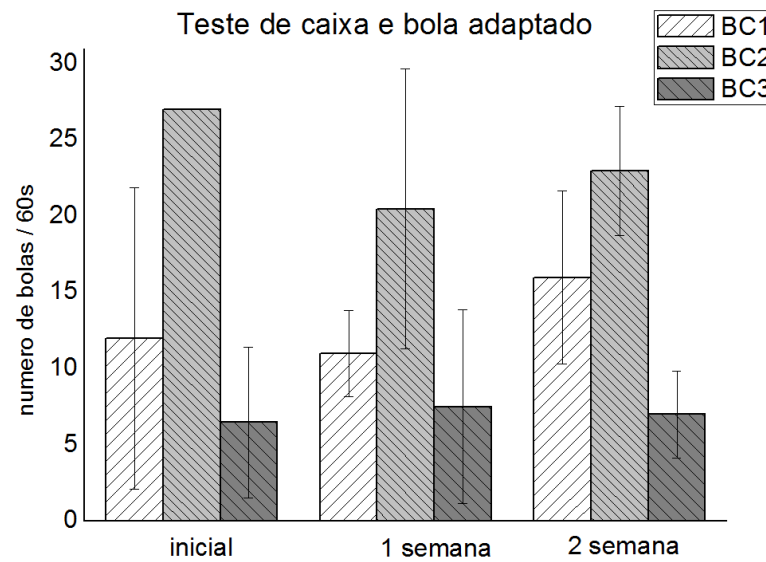


Figura 8: Desempenho médio de atletas de bocha, classificados em BC1, BC2 e BC3 em 3 momentos de avaliação (n=2).

Os testes da ILC, horizontal, vertical e teste de toque vertical contínuo, da mão dominante, sugerem que jogadores classificados como BC2 apresentam melhor desempenho que BC1 e BC3 nas avaliações iniciais (Figura 9). No entanto, as avaliações da 1ª semana e 2ª semana, dos testes horizontal e vertical, sugerem que a t-PBM promoveu uma tendência de melhora na performance apenas de jogadores classificados como BC1 (Figura 9 A e B).

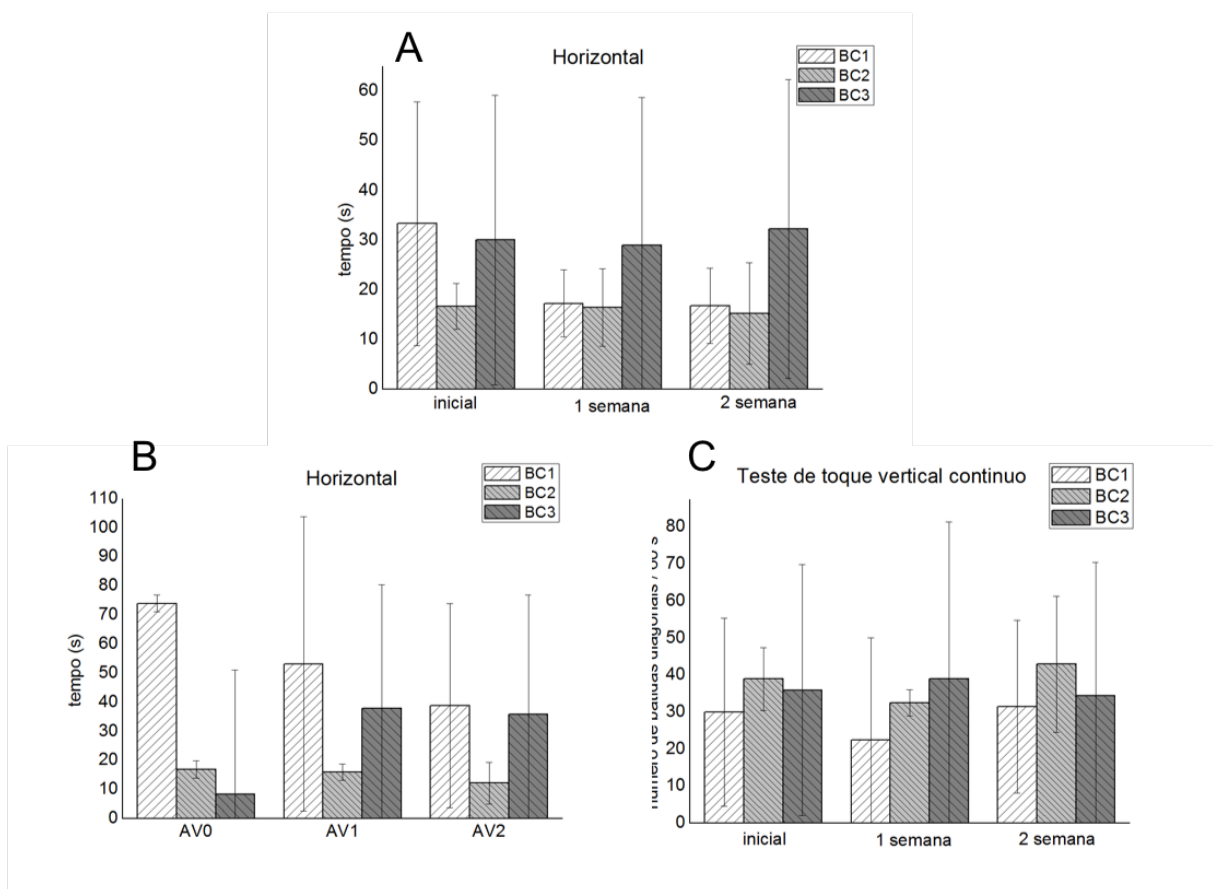


Figura 9: Desempenho médio de testes de coordenação intralimbica, Horizontal (A); Vertical (B) e Teste de toque contínuo (C), de atletas de bocha classificados em BC1, BC2 e BC3 em 3 momentos de avaliação (n=2).

A avaliação de todos os participantes no teste de caixa e bola adaptado, independentemente da classificação funcional, mostrou melhora gradual e significativa da destreza manual de paratletas, após a t-PBM, tanto para a mão dominante (MD) como para a mão não dominante (MnD), como mostra a Figura 10 .

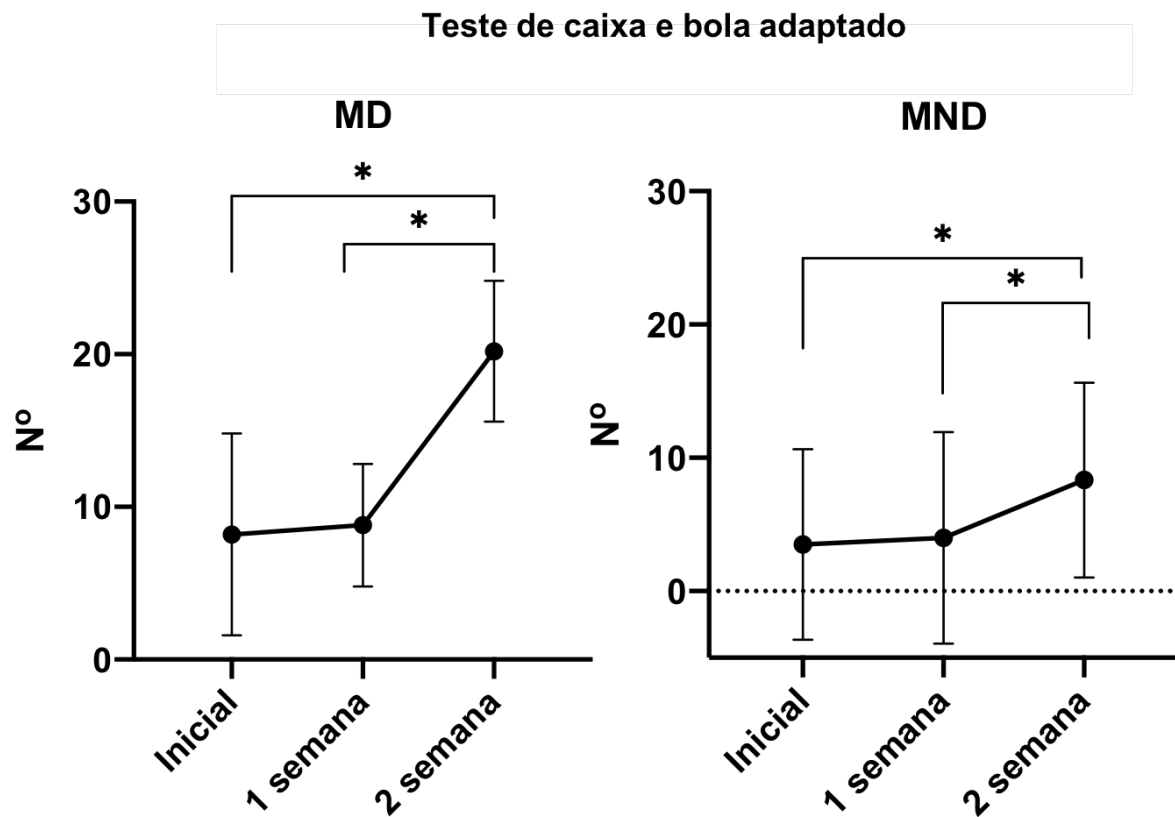


Figura 10: Desempenho médio de atletas de bocha em 3 momentos de avaliação (n=6)
Os asteriscos indicam diferença estatística significativa ($p < 0.05$).

O teste horizontal discreto de todos os paratletas não mostrou redução significativa do tempo de realização dos movimentos, tanto na MD, como na MnD, após a t-PBM, em qualquer dos tempos avaliados (Figura 11).

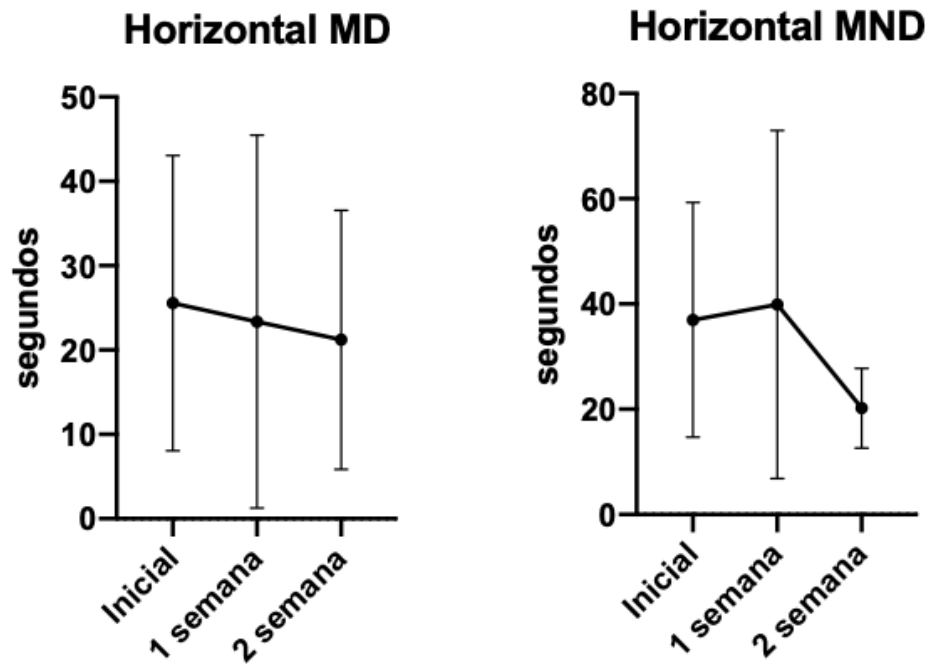


Figura 11: Desempenho médio de paratletas de bocha no teste discreto horizontal em 3 momentos diferentes de avaliação, após t-PBM (n=6).

Os resultados do teste vertical de todos os participantes mostraram que houve redução do tempo de realização dos movimentos verticais na MD, entre a avaliação inicial e a final, após a t-PBM, sendo que na MnD, a redução do tempo de execução do exercício ocorreu da segunda para a terceira avaliação, como visto na Figura 12.

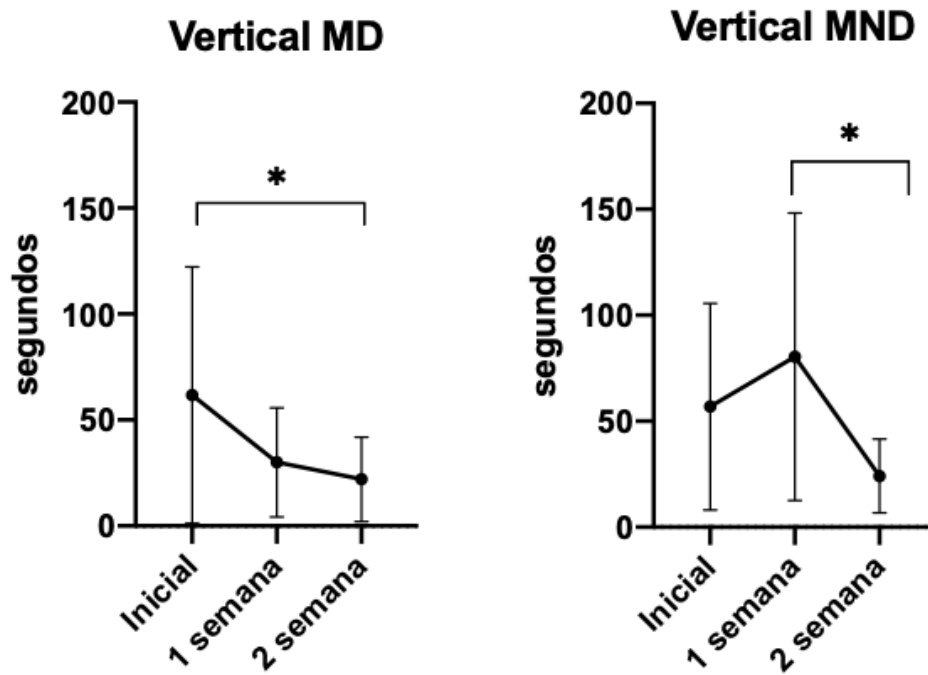


Figura 12: Desempenho médio de atletas de bocha no teste discreto vertical em 3 momentos diferentes de avaliação, após t-PBM (n=6).

Os asteriscos indicam diferença estatística significativa ($p < 0.05$).

Da mesma forma os resultados totais do Teste vertical contínuo mostraram que houve aumento gradual e significativo do número de movimentos verticais nos dois grupos testados, quando comparados os valores iniciais e finais e entre a primeira e a última avaliação, como apontado pela figura 13, após a t-PBM.

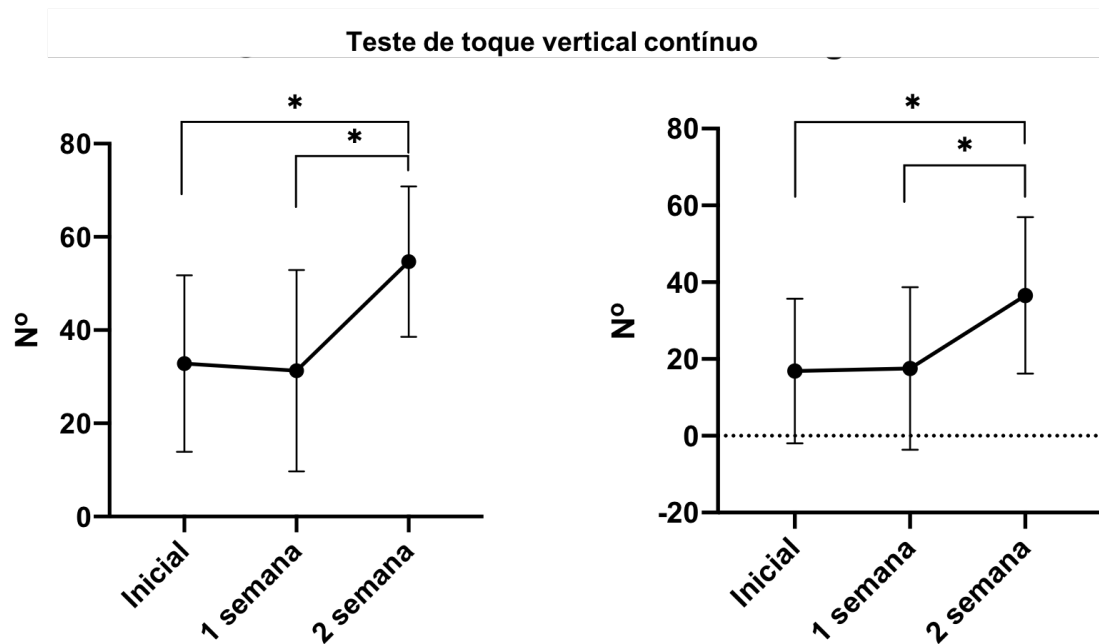


Figura 13: Desempenho médio de atletas de bocha no teste vertical contínuo em 3 momentos diferentes de avaliação após t-PBM (n=6).

Os asteriscos indicam diferença estatística significativa ($p < 0.05$)

6. DISCUSSÃO

No melhor do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos da t-PBM (Fotobiomodulação Transcraniana) no desempenho motor de pessoas com sequelas de danos cerebrais.

Este estudo avaliou os efeitos da t-PBM na coordenação motora bruta e fina de paratletas praticantes de Bocha Adaptada, com comprometimento motor severo, adotando como variáveis as habilidades de pegar e largar e a capacidade de arremessar objetos.

Os testes utilizados para avaliação dos efeitos da t-PBM já foram realizados em paratletas de Bocha Adaptada, a fim identificar os jogadores nas diferentes classes funcionais e quantificarem o nível de funcionalidade da coordenação motora que esses paratletas apresentavam [23]. Nossos resultados mostraram que os testes utilizados para avaliação da destreza manual e coordenação intralimbal parecem ter capacidade de distinguir as limitações motoras dos paratletas, coincidindo com os critérios de classificação funcional do Comitê Paralímpico Internacional.

Apesar da nossa amostra ser bem heterogênea, pois cada paratleta possui uma condição única, o teste de destreza manual (teste de caixa e bola adaptado) permitiu uma melhor identificação da classificação dos jogadores, antes e após 1 e 2 semanas de t-PBM. Os paratletas que apresentaram pior desempenho neste teste foram os classificados como BC3, os mais comprometidos. Resultado semelhante foi encontrado em crianças com diferentes graus de paralisia cerebral e mostrou que crianças com maiores níveis de comprometimento transferiram um número menor de bolas, em comparação às crianças menos afetadas [24]. A avaliação da destreza manual de todos os participantes, independentemente da classificação funcional, mostrou melhora gradual e significativa da destreza manual de paratletas, após as sessões de t-PBM, tanto para a mão dominante, como para a mão não dominante.

Nossos resultados mostraram ainda, que danos cerebrais promovem limitações da coordenação intralimbal devido a fraqueza muscular, ativação muscular voluntária prejudicada e problemas em relação à coativação muscular, como foi encontrado em estudos em crianças com paralisia cerebral [25,26]. Testes de toque discretos da coordenação intralimbal geralmente exigem menos controle motor, menos ajustes e menos planejamento de movimento [27]. Nessas tarefas, os paratletas conseguiram se autorregular, de acordo com seu nível de comprometimento, escolhendo o ritmo

ideal para executar as tarefas, o mais rápido possível. Os testes de toque discretos horizontal e vertical, sugerem que a t-PBM promoveu uma tendência de melhoria na performance, apenas de jogadores menos comprometidos, classificados como BC1.

A avaliação do teste de toque discreto horizontal de todos os paratletas não mostrou redução significativa do tempo de realização dos movimentos, tanto na mão dominante, como na mão não dominante, após 3 e 6 sessões de t-PBM. No entanto, a avaliação do teste de toque discreto vertical, de todos os participantes, mostrou que houve redução do tempo de realização dos movimentos verticais na mão dominante, entre a avaliação inicial e a final e na mão não dominante, a redução do tempo de execução do exercício ocorreu apenas entre a segunda e a terceira avaliações. Finalmente, o teste de toque vertical contínuo, de todos os participantes, mostrou aumento gradual e significativo do número de movimentos verticais nos dois grupos testados, quando comparados os valores iniciais e finais.

Estes resultados da avaliação dos testes usando o toque discreto do dedo corroboram, em parte, com um estudo que usou o mesmo teste para avaliar o efeito da t-PBM no desempenho motor em pessoas convencionais, que com apenas 1 sessão de t-PBM, mostraram aumento significativo no número de toques, indicando melhora da coordenação motora [16], o que poderia ser resultado da melhoria da função neuronal da região motora e células neurais moduladoras [28,29].

O termo t-PBM tem sido utilizado na estimulação da atividade neural, com a finalidade de melhorar a oxigenação e as funções cerebrais [30,31]. Essa técnica baseada na luz envolve a exposição do tecido neural a densidades de energia, que variam entre 1 e 20 J/cm² e comprimentos de onda que variam do vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1100 nm) [31]. A penetração da luz no tecido cerebral, nestes comprimentos de onda, foi estabelecida em estudos anteriores em cadáveres e em modelos computadorizados [32-33]. Tem sido utilizada para tratar algumas condições neurológicas em humanos, como o Mal de Alzheimer [2], a depressão [3], o traumatismo craniano [4] e acidente vascular cerebral [5]. No entanto, muito pouco foi investigado em relação aos efeitos da t-PBM, diretamente no desempenho motor [16].

A limitação mais importante neste campo de estudo da t-PBM é a escolha dos parâmetros mais adequados que permitam a penetração da luz através do couro cabeludo, crânio e tecidos cerebrais [31]. Devido a atenuação exponencial da luz durante o caminho óptico através dos tecidos do crânio e do cérebro, sabemos que

uma pequena fração de luz incidente será realmente entregue aos neurônios localizados nas camadas mais profundas do córtex cerebral [31]. A penetração da luz nos tecidos depende de vários parâmetros ópticos, como comprimento de onda, densidade de potência, tempo de exposição e área irradiada [31]. No entanto, a irradiação transcraniana possui uma série de outros fatores anatômicos e fisiológicos, que contribuem dificultando a penetração da luz, incluindo a geometria individual da cabeça e a composição de tecidos, como a quantidade e pigmentação do cabelo.

Além disso, a variabilidade na distância cérebro-couro cabeludo entre as diferentes regiões do cérebro (por exemplo, as regiões frontais têm uma distância cérebro-couro cabeludo mais curta que as regiões medial e parietal) [31,34]. Nesse contexto, as escolhas dos comprimentos de onda utilizados neste estudo foram realizadas de acordo com a região alvo [35].

Dispositivos de lasers e LEDs têm sido utilizados na entrega de luz em t-PBM. A literatura reporta que o uso de irradiação multidirecional transcraniana usando matrizes de múltiplos LEDs, com parâmetros adequados, pode melhorar o fluxo de fótons entregues, sem causar aumento de temperatura [31,33].

Vale ressaltar que mesmo não sendo o objetivo deste estudo, um dos participantes, classificado como BC3, ou seja, com comprometimento motor severo, provocado por traumatismo craniano oriundo de um acidente automobilístico, relatou, imediatamente após algumas sessões de t-PBM, a recuperação de memórias específicas de antes do acidente, que ocorreu a aproximadamente 10 anos, como: endereço, número de telefone, cor e marca de veículo. É importante lembrar que a região responsável pela memória é justamente a região frontal do cérebro [36], que era um dos alvos deste estudo. Sugere-se que trabalhos futuros possam também explorar a eficácia da t-PBM em tais problemas.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, podemos afirmar que a hipótese de que a t-PBM pode ter efeitos benéficos sobre a coordenação motora e a destreza manual de paratletas praticantes de Bocha Adaptada é verdadeira, nos parâmetros testados. No entanto, por tratar-se de pessoas com comprometimentos motores severos e com características únicas, mais estudos com maior tempo de avaliação são necessários.

7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos permitem concluir que a t-PBM se apresenta como uma alternativa efetiva na melhoria da coordenação motora e intralimbal, avaliada por meio de testes de destreza manual e coordenação intralimbal, em paratletas praticantes de Bocha Adaptada.

REFERÊNCIAS

1. Tsai S-R, Hamblin M R. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*. 2017; 170:197–207.
2. Saltmarche A E, Naeser M A, Ho K F, Hamblin M R, Lim L. Significant improvement in cognition in mild to moderately severe dementia cases treated with transcranial plus intranasal photobiomodulation: case series report. *Photomed. Laser Surg*. 2017; 35(8):432-441.
3. Schiffer F, Johnston A L , Ravichandran C, Polcari A, Teicher M H, Webb R H, et al. Psychological benefits 2 and 4 weeks after a single treatment with near infrared light to the forehead: a pilot study of 10 patients with major depression and anxiety. *Behav. Brain Funct*. 2009; 5,46.
4. Naeser M A, Saltmarche A, Krengel M H, Hamblin M R, Knight J A. Improved cognitive function after transcranial, light-emitting diode treatments in chronic, traumatic brain injury: two case reports. *Photomed. Laser Surg*. 2011; 29:351-358.
5. Lapchak P A, Salgado K F, Chao C H, Zivin J A. Transcranial near-infrared light therapy improves motor function following embolic strokes in rabbits: an extended therapeutic window study using continuous and pulse frequency delivery modes. *Neuroscience*. 2007; 148: 907-914.
6. Hamblin M R. Shining light on the head: photobiomodulation for brain disorders. *BBA Clin*. 2016; 6:113-124.
8. Johnstone D M, Moro C, Stone J, Benabid A.-L, Mitrofanis J. Turning on lights to stop neurodegeneration: the potential of near infrared light therapy in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Front. Neurosci*. 2016; 9:500.
9. Mitrofanis J. Why and how does light therapy offer neuroprotection in Parkinson's disease? *Neural Regen. Res*. 2017; 12:574-575.
10. BISFed: About Boccia [Internet]. *BISFed Classification, Boccia Classification Rules*. London: Boccia International Sport Federation (2017).
11. Cardoso V D, Gaya A C. A classificação funcional no esporte paraolímpico. *Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP*. 2014; 12 (2): 132-146.
12. Campeão M S. O esporte paraolímpico como instrumento para a moralidade das práticas em saúde pública envolvendo pessoas com deficiência uma abordagem a partir da bioética da proteção. Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Ciências /Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde. Rio de Janeiro de 2011.

13. Richter K, Gaebler-Spira D, Musheett C. Sport and the person with spasticity of cerebral origin. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1996; 38:867-870.
14. Rodrigues D A. Educação Especial - Deficiência Motora (coletânea de textos), Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Educação Física, Lisboa, 1983.
15. Goter J W, Rosenbaum P L, Hanna S E, Palisano R J, Bartlett D J, Russel D J, Walter S D, Raina P, Galuppi B E, Wood E. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol*. 2004; 46(7): 461-467.
16. Scheier C., Pfeifer R. Classification as sensory-motor coordination. In: Morán F., Moreno A., Merelo J.J., Chacón P. (eds) *Advances in Artificial Life. ECAL 1995. Lecture Notes in Computer Science (Lecture Notes in Artificial Intelligence)*, vol 929. Springer, Berlin, Heidelberg.
17. Fekri A, Jahan A , Salimi M M , Oskouei A E. Short-term Effects of Transcranial Near-Infrared Photobiomodulation on Motor Performance in Healthy Human Subjects: An Experimental Single Blind Randomized Clinical Trial. *J Lasers Med Sci*. 2019;10(4):317-323.
18. Pirau L, Lui F. *Frontal Lobe Syndrome*. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Jan 2020.
19. Quinzi F, Camomilla V, Felice F, Mario A, Sbriccoli P. Differences in neuromuscular control between impact and no impact roundhouse kick in athletes of diferente skill levels. *J Electromyogr Kines*. 2013; 23(1):140-150.
20. Mathiowetz V, Volland G. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *Am J Occup Ther*. 1985; 39(6):386–91.
21. Wang X, Dmochowski J P, Zeng L, Kallioniemi E, Husain M, Gonzalez-Lima F, Liu H. Transcranial photobiomodulation with infrared laser increases power of brain oscillations. *bioRxiv preprint first posted online Jan. 31, 2019*.
22. Kreutzer J S, DeLuca J, Caplan B. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*. New York: Springer. 2011: 676.
23. Connick M J, Beckman E, Deuble R, Tweedy S M. Developing tests of impaired coordination for Paralympic classification: normative values and test-retest reliability. *Sports Eng*. 2016; 19(3):147–54.
24. Roldan A, Sabido R, Barbado D, Caballero C, Reina R. Manual Dexterity and intralimbcoordination assessment to Distinguish Different levels of impairment in Boccia Players with cerebral Palsy. *Front. Neurol*. 2017; 8:582.
25. Golubović Š, Slavković S. Manual ability and manual dexterity in children with

cerebral palsy. *Hippokratia* (2014) 18(4):310–4.

26. Huang PC, Pan PJ, Ou YC, Yu YC, Tsai YS. Motion analysis of throwing Boccia balls in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* (2014) 35(2):393–9.
27. Steenbergen B, Meulenbroek RG. Deviations in upper-limb function of the less-affected side in congenital hemiparesis. *Neuropsychologia* (2006).
28. Everitt J, Fletcher S, Caird-Daley A. Task analysis of discrete and continuous skills: a dual methodology approach to human skills capture for automation. *Theor Issues Ergon Sci* (2015) 16(5):513–32.
29. Bornstein RA, Baker G, Douglass A. Short-term retest reliability of the Halstead-Reitan Battery in a normal sample. *J Nerv Ment Dis.* 1987;175(4):229-32.
30. Strauss E, Sherman EM, Spreen O. A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary. Oxford: Oxford University Press; 2006.
31. Holmes E, Barrett D W, Saucedo C L, O'Connor P, Liu H, Gonzalez-Lima F. Cognitive enhancement by transcranial Photobiomodulation Is Associated With Cerebrovascular Oxygenation of the Prefrontal Cortex. *Front. Neurosci.* 2019; 13:1129.
32. Salehpour F, Majdi A, Pazhuhi M, Ghasemi F, Khademi M, Pashazadeh F, Hamblin M R, Cassano P. Transcranial Photobiomodulation Improves Cognitive Performance in Young Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Photomed Laser Surg.* 2019; 37(10): 635–643.
33. Salgado S, Parreira R, Ceci L, de Oliveira L, Zangaro R. Transcranial light emitting diode therapy (TCLT) and its effects on neurological disorders. *J Bioeng Biomed Sci.* 2015;5(1):1-5.
34. Yue L, Humayun M S. Monte Carlo analysis of the enhanced transcranial penetration using distributed near-infrared emitter array. *J. Biomed. Opt.* 2015; 20(8): 088001.
35. Haeussinger FB, Heinzl S, Hahn T, Schecklmann M, Ehlis A-C, Fallgatter AJ. Simulation of nearinfrared light absorption considering individual head and prefrontal cortex anatomy: implications for optical neuroimaging. *PloS One.* 2011; 6(10):e26377.
36. Cassano P, Tran A P, Katnani H, Bleier B S , Hamblin M R, Yuan Y, Fang Q. Selective photobiomodulation for emotion regulation: model-based dosimetry study. *Neurophotonics.* 2019; 6(1), 015004.
37. Izquierdo I. *Estudos Avançados. Estud. av.* 1989; 3 (6). On-line version ISSN 1806-9592

ANEXO A



UNIVERSIDADE BRASIL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTUDO DOS EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO SOBRE A COORDENAÇÃO MOTORA E A FORÇA MUSCULAR DE ATLETAS PARALÍMPICOS

Pesquisador: ALESSANDRA BAPTISTA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 20715019.1.0000.5494

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE BRASIL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.596.195

Apresentação do Projeto:

Projeto está claro e com detalhes tanto na caracterização do alvo do estudo quanto na descrição dos testes que serão aplicados nas pessoas com deficiência (PCDs).

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo será: avaliar os efeitos da PBM associada a atividade física orientada, na melhoria da coordenação motora de atletas praticantes de bocha adaptada e no aumento da potência muscular, da capacidade respiratória e na redução do tempo de recuperação muscular em atletas praticantes de natação paralímpica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

As atividades físicas e os testes de destreza manual para avaliação da coordenação intralimbal são da rotina dos atletas paralímpicos e serão realizados por profissionais habilitados. No entanto, o tratamento por meio do laser (PBM) pode promover pequenos desconfortos durante o procedimento, como discreto aumento de temperatura e necessidade do atleta permanecer sem se mexer durante o procedimento.

Benefícios:

Todos os atletas/voluntários desta pesquisa receberão o programa de exercícios específicos para suas modalidades paralímpicas, além dos benefícios da PBM, que já estão bem estabelecidos na

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 235

Bairro: ITAQUERA

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)2070-0167

CEP: 08.230-030

E-mail: comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br



UNIVERSIDADE BRASIL



Continuação do Parecer: 3.595.195

literatura, por promoverem ação analgésica e reparadora.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa que pode trazer resultados relevantes para a população de PCDs que praticam esportes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Como sugestão:

No TCLE, citar o nome dos "educadores físicos" no trecho: "Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são a pesquisadora Profa. Dra. Alessandra Baptista e educadores físicos e com eles poderei manter contato pelos telefones 11-99364-4470." ou deixar apenas da pesquisadora responsável.

Recomendações:

Inclusão do nome dos demais profissionais participantes no TCLE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O relator considera o protocolo aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado acata o parecer do relator considerando o protocolo aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1432734.pdf	10/09/2019 16:40:42		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	brochura_atletasparalimpicos.pdf	10/09/2019 16:40:09	ALESSANDRA BAPTISTA	Aceito
Outros	cartadeanuencia.pdf	10/09/2019 16:38:52	ALESSANDRA BAPTISTA	Aceito
Outros	lattes_AlessandraBaptista.pdf	10/09/2019 16:38:11	ALESSANDRA BAPTISTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	assentimento.pdf	10/09/2019 16:37:36	ALESSANDRA BAPTISTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	10/09/2019 16:37:22	ALESSANDRA BAPTISTA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoGarcez.pdf	10/09/2019	ALESSANDRA	Aceito

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 235
 Bairro: ITAQUERA
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)2070-0167

CEP: 06.230-030

E-mail: comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br



UNIVERSIDADE BRASIL



Continuação do Parecer: 3.595.195

Folha de Rosto	folhaDeRostoGarcez.pdf	16:36:44	BAPTISTA	Acelto
----------------	------------------------	----------	----------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 24 de Setembro de 2019

Assinado por:
SILVIA CRISTINA NUNEZ
 (Coordenador(a))

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 235
Bairro: ITAQUERA
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2070-0167

CEP: 08.230-030**E-mail:** comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br