

# **Avaliação comparativa da distância percorrida, da função pulmonar e da qualidade de vida após reabilitação cardiorrespiratória com e sem fotobiomodulação transcraniana em indivíduos com espasticidade – Estudo piloto**

**Comparative assessment of distance covered, lung function and quality of life after cardiorespiratory rehabilitation with and without transcranial photobiomodulation in individuals with spasticity – Pilot study**

**Evaluación comparativa de distancia recorrida, función pulmonar y calidad de vida tras rehabilitación cardiorrespiratoria con y sin fotobiomodulación transcranial en individuos con espasticidad – Estudio piloto**

Recebido: 29/09/2022 | Revisado: 16/10/2022 | Aceitado: 18/10/2022 | Publicado: 22/10/2022

**Ana Paula Pinto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4433-4152>  
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil  
E-mail: [apaula@outlook.com.br](mailto:apaula@outlook.com.br)

**Sérgio Luiz Lemos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3543-8611>  
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil  
E-mail: [lemossil@uol.com.br](mailto:lemossil@uol.com.br)

**Alessandra de Almeida Fagundes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9601-7709>  
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil  
E-mail: [alefa@univap.br](mailto:alefa@univap.br)

**Rodrigo Álvaro Brandão Lopes-Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4533-1335>  
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil  
E-mail: [ralopesmartins@gmail.com](mailto:ralopesmartins@gmail.com)

**Marcele Florêncio das Neves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4292-9443>  
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil  
E-mail: [marcele2703@gmail.com](mailto:marcele2703@gmail.com)

**Fernanda Pupio Silva Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-7800>  
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil  
E-mail: [fpupio@univap.br](mailto:fpupio@univap.br)

**Mário Oliveira Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-5296>  
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil  
E-mail: [mol@univap.br](mailto:mol@univap.br)

## **Resumo**

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da reabilitação cardiorrespiratória (RC) isolada e associada a fotobiomodulação transcraniana (Ft) na distância percorrida (DP), função pulmonar e qualidade de vida de indivíduos com espasticidade. Os participantes foram alocados em dois grupos: Grupo fotobiomodulação transcraniana (GF, RC + Ft ativa, n=8) e Grupo placebo (GP, RC + Ft simulada, n=7). A RC consistiu em 12 semanas de tratamento, 2x semana por 1 hora, incluindo exercícios aeróbicos, respiratórios e resistidos de membros inferiores. Para Ft utilizou-se o cluster de laser ( $\lambda=680$  nm e 3 Lasers no  $\lambda=808$  nm, energia total de 36 J/ponto) nos pontos F7, F8, AFz. Foram avaliadas a DP, espirometria, manovacuometria e SF-36 na avaliação basal e reavaliação com 8 e 12 semanas. A DP aumentou em 165,43 metros e 222,46m em 12 semanas para GF e GP, respectivamente, com diferenças estatísticas intragrupos ( $p<0,05$ ) e sem diferença intergrupos ( $p>0,05$ ). Observou-se aumento no índice pico de fluxo expiratório apenas no GF na análise basal x12 semanas ( $p<0,05$ ). O GF apresentou aumento da P<sub>Imax</sub> e P<sub>E<sub>max</sub></sub> em 20% (8 semanas) e 15% (12 semanas). No SF-36, a diferença em relação ao basal, verificou-se os domínios aspectos físicos e dor para o GF comportamento de crescimento, e para o GP de decréscimo. Concluiu-se que a DP melhorou no GF e

GP pós-intervenção, sem efeito potencializador do desempenho no GF e que a Ft parece ter influenciado na mecânica respiratória do GF e nos aspectos físicos e dor do SF-36.

**Palavras-chave:** Espasticidade; Doenças neurológicas; Reabilitação cardiorrespiratória; Exercício aeróbico; Fotobiomodulação transcraniana.

### Abstract

The aim of the study was to evaluate the effects of cardiorespiratory rehabilitation (CR) alone and associated with transcranial photobiomodulation (PBMt) on distance walked (WD), pulmonary function and quality of life in individuals with spasticity. Participants were divided into two groups: Transcranial photobiomodulation group (PBMtG, CR + active PBMt, n=8) and placebo group (PG, CR + sham PBMt, n=7). The CR consisted of 12 weeks of treatment, 2x week for 1 hour, including aerobic, respiratory and resistance exercises of the lower limbs. For PBMt, the laser cluster was used ( $\lambda= 680$  nm and 3 lasers at  $\lambda= 808$  nm, total energy of 36 J/point) at points F7, F8, AFz. WD, spirometry, manovacuometry and SF-36 were evaluated at baseline and reassessment at 8 and 12 weeks. The WD increased by 165.43 meters and 222.46m at 12 weeks for PBMtG and PG, respectively, with intragroup statistical differences ( $p<0.05$ ) and no intergroup difference ( $p>0.05$ ). An increase in the peak expiratory flow index was observed only in the FG in the baseline analysis x12 weeks ( $p<0.05$ ). The PBMtG showed an increase in MIP and MEP by 20% (8 weeks) and 15% (12 weeks). In the SF-36, the difference in relation to the baseline, the physical aspects and pain domains were verified for the growth behavior PBMtG, and for the decrease PG. It was concluded that the WD improved in the PBMtG and PG after the intervention, without a potentiating effect on the performance in the PBMtG and that PBMt seems to have influenced the respiratory mechanics of the PBMtG and the physical aspects and pain of the SF-36.

**Keywords:** Spasticity; Neurological diseases; Cardiorespiratory rehabilitation; Aerobic exercise; Transcranial photobiomodulation.

### Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de la rehabilitación cardiorrespiratoria (RC) sola y asociada a la fotobiomodulación transcraneal (Ft) sobre la distancia recorrida (DP), la función pulmonar y la calidad de vida en personas con espasticidad. Los participantes se dividieron en dos grupos: grupo de fotobiomodulación transcraneal (GF, RC + Ft activo, n=8) y grupo de placebo (GP, RC + Ft simulado, n=7). El RC consistió en 12 semanas de tratamiento, 2x semana durante 1 hora, incluyendo ejercicios aeróbicos, respiratorios y de resistencia de miembros inferiores. Para Ft se utilizó el cluster láser ( $\lambda= 680$  nm y 3 láseres a  $\lambda= 808$  nm, energía total de 36 J/punto) en los puntos F7, F8, AFz. Se evaluaron DP, espirometría, manovacuometría y SF-36 al inicio del estudio y reevaluación a las 8 y 12 semanas. La DP aumentó en 165,43 metros y 222,46 m a las 12 semanas para GF y GP, respectivamente, con diferencias estadísticas intragrupo ( $p<0,05$ ) y sin diferencia intergrupo ( $p>0,05$ ). Se observó un aumento en el índice de flujo espiratorio máximo solo en el GF en el análisis basal x12 semanas ( $p<0,05$ ). El GF mostró un aumento en MIP y MEP en un 20% (8 semanas) y 15% (12 semanas). En el SF-36, se verificó la diferencia con relación a la línea de base, los aspectos físicos y los dominios del dolor para el comportamiento de crecimiento GF y para la disminución de GP. Se concluyó que la DP mejoró en el GF y GP tras la intervención, sin efecto potenciador del rendimiento en el FG y que la fotobiomodulación parece haber influido en la mecánica respiratoria del GF y en los aspectos físicos y dolorosos del SF-36.

**Palabras clave:** Espasticidad; Enfermedades neurológicas; Rehabilitación cardiorrespiratoria; Ejercicio aeróbico; Fotobiomodulación transcraneal.

## 1. Introdução

A espasticidade é uma das complicações de várias doenças do sistema nervoso central e sua causa decorre dos danos aos neurônios motores superiores, acarretando a síndrome do neurônio motor superior. Isso pode ocorrer tanto em lesões adquiridas, como acidente vascular encefálico (AVE) ou traumatismo cranioencefálico (TCE), quanto em condições congênitas, como por exemplo, a paralisia cerebral (PC), também denominada encefalopatia crônica não progressiva (Flanigan et al., 2020; Korzhova et al., 2018; Synnot et al., 2017; Trompetto et al., 2014).

O AVE é a segunda causa de morte no mundo. Um importante estudo do Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factors prevê que no ano de 2040 ainda será uma das três principais causas (Foreman et al., 2018). A mortalidade pós TCE grave representa taxas de 30 a 40% dos casos (Khellaf; et al., 2019). E na população adulta com PC, o óbito ocorre pelo menos 20 anos mais cedo em comparação com pessoas sem acometimentos neurológicos (Landes, 2019).

As doenças descritas estão entre as principais causas de incapacidades funcionais permanentes em adultos em todo mundo e, muitas vezes, promove sequelas neurológicas extensas e permanentes, incluindo a espasticidade, que é considerada

um grave problema de saúde pública por necessitar de cuidados contínuos e gastos indiretos (Liu; et al., 2018; Chohan; et al., 2019; Landes, 2019; Flanigan et al., 2020; Ziaka; Exadaktylos, 2021).

As alterações decorrentes de disfunções neurológicas que acometem os motoneurônios motores superiores, englobam a área cognitiva-comportamental e causam, em muitos casos, fraqueza muscular, hiperreflexia, espasmos, distonia, alteração da inibição recíproca e da destreza (Trompetto et al., 2014). Com todas essas modificações consequente à lesão cortical, outras complicações secundárias ocorrem, como dor crônica, fadiga, diminuição da aptidão cardiorrespiratória, maior prevalência de doenças crônicas musculoesqueléticas, metabólicas e cardiopulmonares (Peterson e tal., 2015; Korzhova et al., 2018; Hamel; Smoliga, 2019; Khan et al., 2019).

Indivíduos com lesão do sistema nervoso central frequentemente apresentam níveis baixos de aptidão cardiovascular para se realizar as atividades de vida diárias e uma vida independente (Sharpe et al., 2021), o que favorece ainda mais o estilo de vida sedentário, levando a um ciclo de descondição físico (Song et al., 2020).

O exercício aeróbico é uma modalidade de exercício que possui inúmeros benefícios, dentre estes estão a regulação da função cerebral mediada pelo aumento das neurotrofinas – BDNF (do inglês Brain-Derived Neurotrophic Factor), aumento do fluxo sanguíneo cerebral, da atividade cortical e da memória de trabalho, melhora da função cardiorrespiratória e muscular, diminuição da inflamação sistêmica e do sistema nervoso central, aumento dos fatores de crescimento cerebral e da produção e liberação de neurotransmissores do bem-estar, como dopamina e serotonina (Mang et al., 2013).

Sabe-se que o treinamento aeróbico pode promover o mecanismo de neuroplasticidade para que haja a recuperação funcional e a adoção de uma rotina mais ativa de pacientes neurológicos, quebrando o ciclo de sedentarismo e suas complicações. A neuroplasticidade é definida pela capacidade que o tecido nervoso tem de se reorganizar dinamicamente e estruturalmente, a partir de estímulos apropriados, alterando a produção de neurotransmissores, a arquitetura do córtex e a representação ou mapa cortical. Nossas conexões nervosas podem ser remodeladas a qualquer momento, sendo estas mais intensas nos primeiros anos de vida, e são moduladas a partir do ambiente em que estamos inseridos e por meio do processo de aprendizagem e memória individual. Essa reorganização pode facilitar a recuperação da função perdida e estimular a funcionalidade a partir da intensidade, frequência, grau de dificuldade e repetição do treinamento tarefas específicas (Orczykowski et al., 2018; Borella; Sacchelli, 2009). Outro tratamento que favorece o aprimoramento cognitivo é a terapia a laser de baixa intensidade da região cortical frontal, também nomeada de fotobiomodulação (Hwang; et al., 2016).

Nos últimos anos, a fotobiomodulação transcraniana tornou-se uma terapia que vem crescendo por ter demonstrado efeitos benéficos na melhora da função cognitiva, comportamental e neuroprotetora. É uma terapêutica promissora para a estimulação dos neurônios, com o objetivo de melhorar a função cerebral, utilizando o recurso da laserterapia ou ledterapia de baixa intensidade (Salehpour et al., 2018; Wang et al., 2021).

Os efeitos conhecidos da irradiação cerebral incluem a estimulação da cadeia de transferência de elétrons mitocondrial, ocasionando o aumento do metabolismo energético cerebral, do fluxo sanguíneo e dos elementos antioxidantes, além de estimular os fatores neurotróficos (Salehpour et al., 2018; Wang et al., 2021; Montazeri et al., 2021).

Wang et al. (2021) demonstraram em seu estudo com fotobiomodulação transcraniana que após a irradiação na região da testa, as atividades das ondas alfa e beta aumentam sua potência nas regiões anteroposteriore parietal, locais e bandas relacionadas com atenção, cognição e planejamento motor (Delmas et al., 2018; Wang et al., 2021).

Segundo Hennessy e Hamblin (2017), para estimular o cérebro deve-se irradiar a luz laser diretamente à cabeça, mais precisamente na testa, pois não há presença de cabelos, o que pode dissipar/dispersar os fótons de luz. Irradiar a luz do laser diretamente na testa, estimula os frontais do córtex, área responsável pela função motora, resolução de problemas, memória, linguagem, iniciação e controle de impulsos. Porém, os mesmos autores relatam que os benefícios da fotobiomodulação no cérebro podem ocorrer não só através da irradiação direta ao tecido nervoso.

Tendo como base esses estudos, hipotetizamos que a estimulação direta nas regiões análogas às áreas de planejamento motor e áreas motoras, poderia desencadear efeitos positivos periféricamente em relação a contração muscular voluntária. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da reabilitação cardiorrespiratória isolada e associada a fotobiomodulação transcraniana no desempenho de caminhada, função pulmonar e qualidade de vida de indivíduos com espasticidade.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Design do estudo**

O desenho experimental do estudo foi de caráter longitudinal, duplo-cego, randomizado, com comparação dos efeitos da reabilitação cardiorrespiratória + fotobiomodulação transcraniana e reabilitação cardiorrespiratória + placebo fotobiomodulação (Herdy et al., 2014; Walt, 2018).

### **2.2 Questões éticas**

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade do Vale do Paraíba, sob o protocolo CAAE: 94858718.3.0000.5503 com parecer de aprovação 2.879.764. Todos os participantes leram e foram esclarecidos sobre a pesquisa e todos os procedimentos que seriam submetidos, após concordarem, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

### **2.3. Participantes e grupos do estudo**

Participaram do estudo voluntários com mobilidade reduzida decorrente da espasticidade causada por doenças neurológicas crônicas do sistema nervoso central.

Os critérios de inclusão foram: Indivíduos com AVE, TCE e PC; caucasianos; idade acima de 18 anos, ambos os gêneros; indivíduos com o cognitivo preservado e pessoas que conseguiram deambular na esteira voluntariamente ou por auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov®. Como critérios de exclusão, considerou-se: doenças neurológicas progressivas; acidente vascular encefálico hemorrágico, tabagistas ativos; portadores de patologias respiratórias crônicas e cardíacas descompensadas; obesidade grau II - índice de massa corpórea maior que 34,99 kg/m<sup>2</sup>.

Os voluntários foram divididos aleatoriamente em dois grupos:

-Grupo Fotobiomodulação transcraniana (GF): Os indivíduos deste grupo receberam a fotobiomodulação transcraniana seguida de reabilitação cardiorrespiratória.

-Grupo Placebo Fotobiomodulação (GP): Foi simulada a aplicação da fotobiomodulação, o dispositivo apenas emitia um estímulo sonoro, mas não a luz terapêutica. Posteriormente, receberam a reabilitação cardiorrespiratória.

Os pesquisadores responsáveis pelas avaliações, análise estatística e pacientes foram cegos a essas informações, somente o terapeuta que aplicou a fotobiomodulação sabia a alocação do grupo.

### **2.4 Avaliações**

Todos os participantes da pesquisa participaram por todas as avaliações e reavaliações, seguindo o mesmo método, independente do grupo. Realizaram-se 3 coletas de dados nos seguintes tempos:

-Basal (pré-tratamento): Primeira avaliação dos sujeitos, antes de iniciarem a reabilitação;

-8 semanas: Aproximadamente na 8ª semana de reabilitação cardiorrespiratória;

-12 semanas: Aproximadamente na 12ª semana de reabilitação cardiorrespiratória, ao final da reabilitação;

#### 2.4.1 Tolerância ao exercício

Para avaliação da tolerância ao exercício utilizou-se o teste de caminhada de seis minutos (TC6). A aplicação do TC6 foi baseada na Diretriz da American Thoracic Society (2002) e adaptada em uma esteira ergométrica (Moviment RT200®). Os voluntários tiveram o auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® para a estabilização do tronco e assim se manterem na posição ortostática para deambularem na esteira. A esteira e estação foram utilizadas como recurso no teste para melhorar a estabilidade e segurança do indivíduo.

O indivíduo foi instruído a caminhar o mais rápido possível, conforme a tolerância e sem correr. De 30 em 30 segundos foi estabelecido para o terapeuta perguntar se poderia aumentar a velocidade, mas também o indivíduo foi orientado a sinalizar a qualquer momento se queria aumentar ou diminuir o ritmo da esteira. Os sinais vitais foram monitorados durante o teste. Ao final, era anotada a distância percorrida pelo participante (em metros).

#### 2.4.2 Espirometria

Foram avaliados os volumes e capacidades pulmonares, durante a respiração lenta e manobras expiratórias por meio do espirômetro (MicroQuark, Cosmed®), seguindo as recomendações das Diretrizes para Testes de Função Pulmonar de Espirometria (Pereira, 2002).

O teste foi realizado com o indivíduo em sedestação. Utilizou-se bocais descartáveis e de uso individual e clipe nasal para a execução das manobras da capacidade vital lenta, capacidade vital forçada e ventilação voluntária máxima. Os parâmetros de volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), capacidade vital forçada (CVF), índice de Tiffeneau (VEF1/CVF%), pico de fluxo expiratório (PFE) e ventilação voluntária máxima (VVM) foram avaliados. Em cada manobra foi coletado no mínimo três medidas, que deveriam ser reprodutíveis e considerou a maior. Para a coleta e análise dos dados obtidos foi utilizado o software PFTsuite®.

#### 2.4.3 Manovacuometria

As pressões inspiratórias (PI<sub>max</sub>) e expiratórias máximas (PE<sub>max</sub>) foram avaliadas por meio do manovacuômetro analógico (0±300 cmH<sub>2</sub>O, Ger-Ar®) para avaliar a força muscular inspiratória e expiratória.

Para a coleta da PI<sub>max</sub>, o sujeito foi orientado inicialmente a realizar uma expiração máxima, até o volume residual, e com a peça do bucal acoplada na boca (sem deixar escapar ar) realizou-se um esforço inspiratório máximo, puxando o ar pela boca. E para a coletar o valor da PE<sub>max</sub>, o indivíduo realizou uma inspiração profunda e em seguida, efetuou um esforço expiratório máximo (soltar o ar pela boca). Foram realizados, 3 mensurações (as quais deveriam ser semelhantes) e foi escolhida a de maior valor. Os valores preditos foram calculados por meio da equação de Neder e colaboradores (1999).

#### 2.4.4 Questionário SF-36

O Short Form Health Survey (SF-36) é questionário de qualidade de vida SF-36 criado por Ware e Sherbourne (1992) e validado no Brasil por Ciconelli e colaboradores (1999). Trata-se de um formulário genérico e multidimensional que possui 11 questões e 36 itens agrupados em 8 domínios, comparando sobre a percepção atual da saúde há um período anterior (meses, ano). Os 8 domínios são:

- Capacidade Funcional (Domínio com dez itens): avalia as limitações relacionadas a capacidade física;
- Aspecto Físico (Domínio com quatro itens): avalia o quanto as limitações dificultam as atividades de vida diária e o trabalho;
- Dor (Domínio com dois itens): avalia a intensidade dolorosa e sua influência nas atividades de vida diária;
- Estado Geral de Saúde (Domínio com cinco itens): avalia como o paciente se sente em relação a sua saúde global;

- Vitalidade (Domínio com quatro itens): avalia o nível de fadiga e energia;
- Aspecto Social (Domínio com dois itens): avalia a integração do indivíduo nas atividades sociais;
- Aspecto Emocional (Domínio com três itens): avalia o bem-estar em relação aos aspectos psicológicos;
- Saúde Mental (Domínio com cinco itens): avalia o bem-estar psicológico, ansiedade, depressão, comportamento e descontrole emocional.

Após um cálculo sugerido por Ciconelli e colaboradores (1999), o sujeito recebe uma pontuação para cada domínio, que varia de 0 a 100, sendo 0 o pior escore e 100 o melhor.

## 2.5 Protocolo reabilitação cardiorrespiratória e fotobiomodulação transcraniana

Foi elaborado um protocolo de reabilitação cardiorrespiratória composto por exercícios aeróbico, respiratórios e de fortalecimento muscular, baseado na Diretriz Sul-Americana de Prevenção e Reabilitação Cardiovascular (Herdy et al., 2014) e no protocolo de Pinto e colaboradores (2019) associado com a fotobiomodulação transcraniana (FT), com duração de 12 semanas, frequência de 2x semanais, sendo 1 hora cada sessão.

Para os grupos GF e GP o protocolo de reabilitação cardiorrespiratório foi o mesmo. A sessão de tratamento se dividiu em 5 etapas:

Etapa 1 – Repouso inicial: 10 minutos de repouso após a chegada no local. Durante o repouso dos indivíduos do GF, foi utilizada a FT ativa por meio do cluster de lasers (Laser IV, MMO®, Brasil), equipamento com 3 lasers no  $\lambda = 680$  nm e 3 Lasers no  $\lambda = 808$  nm, potência de 100 mW, energia de 6 Joules/ Laser. Cada região será irradiada por 60 segundos (energia total de 36 J/ponto). As regiões de irradiação foram nas análogos das artérias cerebrais médias (foram utilizados como ponto de referência os pontos F7 e F8 de acordo o Sistema Internacional 10-20 do eletroencefalograma) e artéria cerebral anterior (ponto AFz de acordo o Sistema Internacional 10-20 do eletroencefalograma). Para o GP, foi simulado o processo de irradiação, o aparelho emitia apenas um estímulo sonoro, mas sem a luz terapêutica direcionada para o paciente.

Durante o período de realização da aplicação da FT, foram adotadas todas as medidas de biossegurança, ou seja, todos os presentes no local estarão devidamente equipados com óculos de segurança adequado ao comprimento de onda utilizado.

Após o repouso inicial foram coletados os dados dos sinais vitais, como os valores da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SpO2) e o valor da escala de percepção de esforço (BORG).

Etapa 2 – Treino aeróbico (25 minutos), contínuo, com aumento de carga gradual, ou intervalado, divididos em intervalos de acordo com a tolerância do participante. Porém, o alvo era que o sujeito evoluísse para o treino aeróbico contínuo. A intensidade do exercício foi moderada, seguindo a FC de treinamento alvo de 50-75% de intensidade, prescrita pela fórmula de Karvonen:  $FC_{\text{treinamento}} = FC_{\text{repouso}} + (FC_{\text{máxima}} - FC_{\text{repouso}}) \times \% FC (50-75\%)$  (Karvonen & Vuorimaa, 1988). Essa etapa ocorreu na esteira ergométrica (Moviment RT200®) utilizando o apoio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov®.

A Estação de Reabilitação e Atividade Física Brainmov® (Número de patente: BR 20 2017 020782 5) é composta por quatro pilares de ferro onde extensores e cordas elásticas são adicionados com o objetivo de favorecer a suspensão e a estabilização de pessoas com disfunções neuromusculares de comprometimento leve a grave. Essa estrutura permite aos usuários a prática de exercícios dinâmicos que não poderiam ser realizados sem o auxílio de terceiros. Além disso, o equipamento é seguro e adaptado para a reabilitação e treinamento de pessoas com mobilidade reduzida, podendo proporcionar desde treino aeróbico a fortalecimento muscular (Brainmov, 2022).

Etapa 3 – Exercícios respiratórios: Com objetivo de otimizar e treinar a consciência respiratória e expansão pulmonar. O sujeito em sedestação, foi instruído a respirar no padrão diafragmático, em que na fase inspiratória deve-se inspirar o ar

pelas narinas, contraindo o diafragma, de modo que a região abdominal e torácica se expanda. E na fase expiratória, o ar foi exalado pela boca com freno labial, associado a contração abdominal (3x8 repetições).

Etapa 4 - Exercício de fortalecimento muscular:

-Agachamento – Com objetivo de fortalecer os grupos musculares isquiotibias, quadríceps femoral, glúteo médio e glúteo máximo: O indivíduo fará o movimento de agachar, o qual poderá segurar no espaldar para realizar o movimento e terá auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® para executar o exercício (3x10 segundos e 3x10 repetições, conforme progressão).

-Tríplice flexão de membros inferiores – Com o objetivo de fortalecer o grupo muscular iliopsoas e quadríceps femoral: O indivíduo fará o movimento de flexão de quadril e joelho, na tentativa de favorecer o movimento de tríplice flexão durante a marcha. O voluntário poderá segurar no espaldar para realizar o movimento e terá auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® para executar o exercício (3 séries de 10 repetições).

Etapa 5 – Relaxamento e Orientações: Foram realizados alongamentos globais para membros superiores e membros inferiores, de forma passiva e nesta etapa, foram fornecidas para os participantes e seus familiares orientações que facilitassem as atividades de vida diária e elucidação sobre a doença e o processo de reabilitação cardiorrespiratória.

Após a última etapa, foram coletados os sinais vitais e a escala de percepção de esforço.

## 2.6 Análise estatística

A verificação de normalidade foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para dados relacionados utilizou-se Teste t pareado para as distribuições normais ou Wilcoxon para dados não normais. E para dados não relacionados, utilizou-se Teste t para distribuições normais ou Mann Whitney para dados não normais. Foram utilizadas também análise pela correlação de Pearson (Akoglu, 2018). O índice de significância adotado foi de 0,05.

## 3. Resultados

Este estudo foi composto por 15 indivíduos no total. Divididos entre dois grupos: GF (46,50 anos±14,05) e GP (59,43 anos±7,69). A Tabela 1 demonstra os dados da caracterização dos participantes:

**Tabela 1.** Caracterização dos participantes.

Grupo	n	Altura (m)	Massa Corpórea (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	HD	Tempo de Lesão (anos)
GF	8 (3m/5f)	1,61±10,02	73,34±22,17	27,49±5,94	AVE: 5 TCE:1 PC:2	11±11,45
GP	7 (6m/1f)	1,69±8,92	82±9,25	26 ±2	AVE: 5 TCE:1 PC:1	11,85±15,75

Valores expressos em média ± desvio padrão. GF= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo; n= Número de participantes (sendo m= Gênero masculino; f= Gênero feminino); IMC= Índice de massa corporal; HD= Hipótese diagnóstica; AVE= Acidente vascular encefálico; TCE= Traumatismo cranioencefálico; PC= Paralisia cerebral. Fonte: Autores (2022).

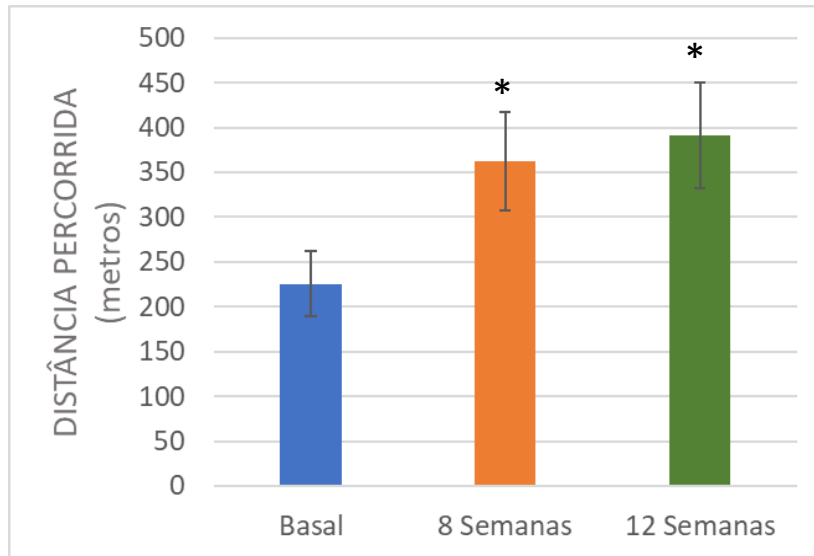
Os dados da tabela são referentes ao número de participantes em cada grupo, incluindo o gênero, média da altura, massa corporal, o diagnóstico das disfunções neurológicas (todas lesões do motoneurônio superior) e o tempo de lesão.

### 3.1 Distância percorrida

A seguir, serão demonstrados os resultados referentes a tolerância ao exercício por meio da distância percorrida no TC6.

Na Figura 1, observa-se os valores da distância percorrida dos participantes do GF, nas avaliações basal; 8 semanas e 12 semanas.

**Figura 1.** Distância percorrida do GF.

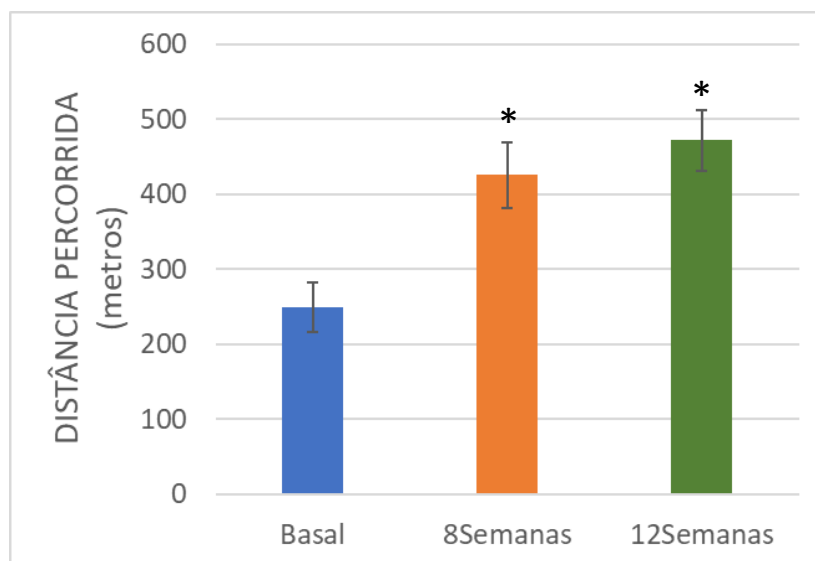


Distância percorrida dos participantes do grupo fotobiomodulação transcraniana (GF). Valores expressos em média±erro padrão. Utilizou-se o Teste t pareado, onde \* indica  $p < 0,05$  para basal x 8 semanas e basal x 12 semanas.  $n=8$ . Fonte: Autores (2022).

Nota-se que a distância aumentou em 8 semanas (362,27±55,48 metros) e 12 semanas (391,1±58,47 metros) em relação ao basal (225,67±36,7 metros), com diferença estatística nas comparações de basal x 8 semanas e basal x12 semanas ( $p<0,05$ ).

O gráfico da Figura 2 demonstra a distância percorrida do GP na avaliação basal e reavaliações de 8 semanas e 12 semanas.

**Figura 2.** Distância percorrida do GP.



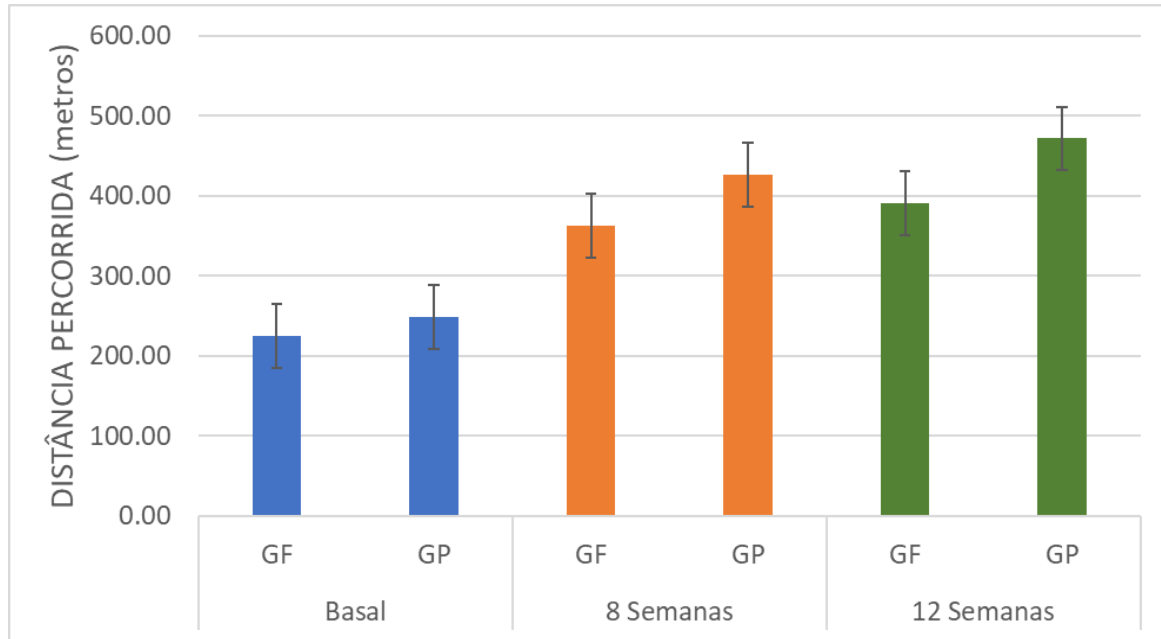
Distância percorrida dos participantes do grupo placebo (GP). Valores expressos em média±erro padrão. Utilizou-se o Teste t pareado, onde \* indica  $p < 0,05$ . Para basal x 8 semanas e basal x 12 semanas.  $n=7$ . Fonte: Autores (2022).



Observa-se que no GP também houve melhora da distância percorrida com significância estatística ( $p < 0,05$ ) nas comparações basal x 8 semanas e basal x 12 semanas, onde basal =  $249,03 \pm 32,56$  metros; 8 semanas =  $425,64 \pm 43,99$  metros; 12 semanas =  $471,49 \pm 39,83$ .

A Figura 3 demonstra graficamente o resultado da distância percorrida de ambos os grupos nas avaliações basal, 8 e 12 semanas.

**Figura 3.** Distância percorrida do GF x GP.



Distância percorrida dos participantes do grupo fotobiomodulação (GF) x grupo placebo (GP). Valores expressos em média  $\pm$  erro padrão. Utilizou-se o Teste t para as avaliações GF x GP basal, 8 semanas e 12 semanas, sem significância estatística em todas as análises ( $p > 0,05$ ).  $n=7$ . Fonte: Autores (2022).

Nas comparações entre GF x GP não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ) na distância percorrida entre os grupos em relação ao basal x basal; 8 semanas x 8 semanas e 12 semanas x 12 semanas, significando que os dois grupos evoluíram com o tratamento, e que não houve diferença significativa nesta evolução entre os grupos, ambos evoluíram (Figura 3).

### 3.2 Espirometria

Na Tabela 2 estão demonstrados os valores preditos (%) dos índices VEF1, CVF, VEF1/CVF, PFE e VVM dos GF e GP.

**Tabela 2.** Valores preditos dos índices da espirometria.

	GF			GP		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
<b>VEF1</b>	84,64 $\pm$ 6,63	82,2 $\pm$ 6,51	83,11 $\pm$ 5,83	91,23 $\pm$ 2,74	90,71 $\pm$ 2,64	92,39 $\pm$ 2,10
<b>CVF</b>	84,76 $\pm$ 5,74	82,72 $\pm$ 6,33	85,10 $\pm$ 5,74	89,17 $\pm$ 3,11	89,41 $\pm$ 3,73	89,21 $\pm$ 3,13
<b>VEF1/CVF</b>	99,87 $\pm$ 3,02	80,28 $\pm$ 1,38	98,12 $\pm$ 2,01	103,13 $\pm$ 3,2	104,44 $\pm$ 4,08	104,73 $\pm$ 4,14
<b>PFE</b>	49,05 $\pm$ 7,27	59,07 $\pm$ 6,02	67,15 $\pm$ 4,38*	74,24 $\pm$ 5,56	79,86 $\pm$ 5,4	79,6 $\pm$ 7,14
<b>VVM</b>	73,75 $\pm$ 8,21	72,92 $\pm$ 9,11	77,45 $\pm$ 8,74	94,91 $\pm$ 6,17	93,77 $\pm$ 5,91	99,29 $\pm$ 7,33

Valores preditos (%) dos índices da espirometria, obtidos pelo software PFTsuite®. Dados expressos em média  $\pm$  erro padrão. GF= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo; VEF1= volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF= capacidade vital forçada; VEF1/CVF= VEF1/CVF (%) = índice de Tiffeneau, significa VFE1 em % da CVF; PFE= pico de fluxo expiratório e VVM= Ventilação voluntária máxima. A análise estatística foi verificada pelo teste t pareado (dados normais) ou Wilcoxon (dados não normais). \* = Diferença estatística ( $p < 0,05$ ) basal x 12 semanas para o GF, nesta análise, utilizou-se o Teste t pareado. Fonte: Autores (2022).

Os dois grupos não apresentam evidência de diferença da fase basal x 8 semanas e basal x 12 semanas, exceto pelo índice PFE no GF, que apresentou aumento com diferença estatística ( $p < 0,05$ ) em 12 semanas quando comparado com o basal. O PFE para o GP teve aumento de 5% (basal x 12 semanas), mas sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ). Para o índice VVM no GF observa-se aumento de 3,7% em 12 semanas e para o GP aumento de 4,4%, porém ambos sem significância estatística ( $p > 0,05$ ).

### 3.3 Manovacuometria

A Tabela 3 demonstra os valores brutos (cmH<sub>2</sub>O) e preditos (%) da P<sub>I</sub>max e P<sub>E</sub>max dos GF e GP nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

**Tabela 3.** Valores brutos e preditos da pressão inspiratória e pressão expiratória do GF e GP.

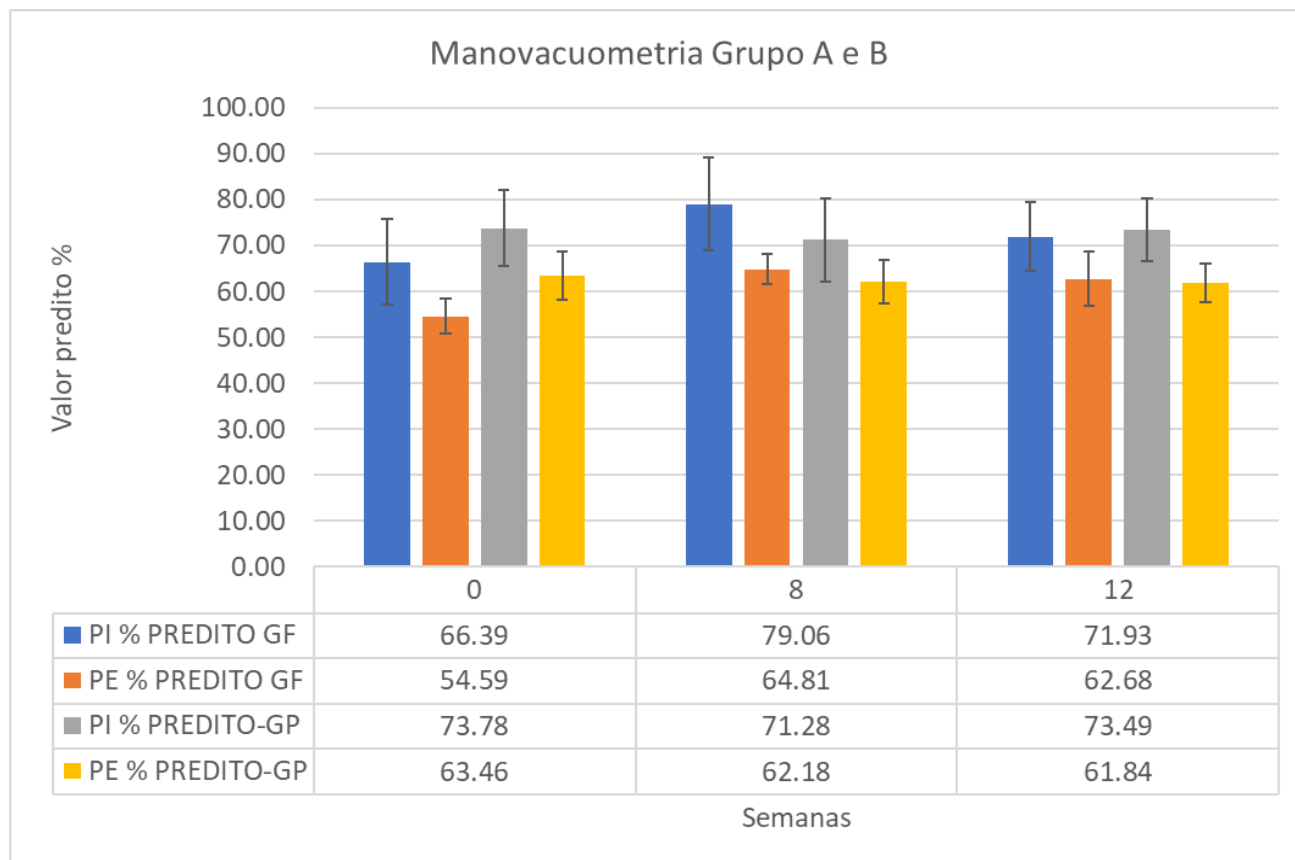
	GF			GP		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
<b>P<sub>I</sub>max (cmH<sub>2</sub>O)</b>	61,43±8,19	74,28±10,27	68,57±8,75	75,71±6,01	72,86±7,2	75,71±5,66
<b>P<sub>I</sub>max % predito</b>	66,39±9,36	79,06±10,22	71,92±6,98	73,78±8,24	71,27±9,09	73,49±6,91
<b>P<sub>E</sub>max (cmH<sub>2</sub>O)</b>	94,28±7,79	112,85±9,63	107,14±8,81	122,85±9,2	120±6,7	120±7
<b>P<sub>E</sub>max % predito</b>	54,59±3,8	64,81±3,26	62,67±5,54	63,46±5,35	62,18±4,75	61,84±4,19

Manovacuometria. Dados expressos em média±erro padrão. P<sub>I</sub>max (cmH<sub>2</sub>O)= Pressão inspiratória máxima na unidade de centímetros de água; P<sub>I</sub>max % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; P<sub>E</sub>max (cmH<sub>2</sub>O)= Pressão expiratória máxima na unidade de centímetros de água; P<sub>E</sub>max % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima. Fonte: Autores (2022).

Os dados da tabela demonstram que os valores da P<sub>E</sub>max são numericamente maiores que os valores da P<sub>I</sub>max em ambos os grupos. Também se observa que a variação dos valores da P<sub>I</sub>max e P<sub>E</sub>max são pequenas, em comparação ao GF.

Na Figura 4 estão demonstrados os valores da P<sub>I</sub>max % predito e P<sub>E</sub>max % predito em forma de gráfico de barras.

**Figura 4.** Resultado da manovacuometria do GF e GP.



Manovacuometria. Dados expressos em média  $\pm$  erro padrão. GF= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo; 0= Avaliação basal; 8=Avaliação na oitava semana de tratamento; 12= Avaliação ao término da décima segunda semana de tratamento; PI % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; PE % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima. Comparações basal x 8 semanas, basal x 12 semanas, GF x GP (basal, 8 semanas e 12 semanas) sem diferença estatística ( $p>0,05$ ), verificado pelo Teste t pareado (dados normais) ou Wilcoxon (dados não normais) para análise intragrupos e Teste t (dados normais) ou Mann Whitney (dados não normais) para análise inter grupos. Fonte: Autores (2022).

Esses indicadores não apresentaram diferença estatística ( $p>0,05$ ) intragrupos (basal x 8 semanas, basal x 12 semanas) e intergrupos GF x GP (comparações basal x basal, 8 semanas x 8 semanas, 12 semanas x 12 semanas).

Para os dados da PImax % predito e PEmax % predito foi realizada uma análise de correlação e de tendência com os dados normalizados em relação ao basal.

Na Figura 5 está demonstrada graficamente os dados da tendência da PI% Predito x PE% Predito em relação ao basal do GF.

**Figura 5.** Gráfico da tendência da PI% Predito x PE% Predito em relação ao basal – GF.

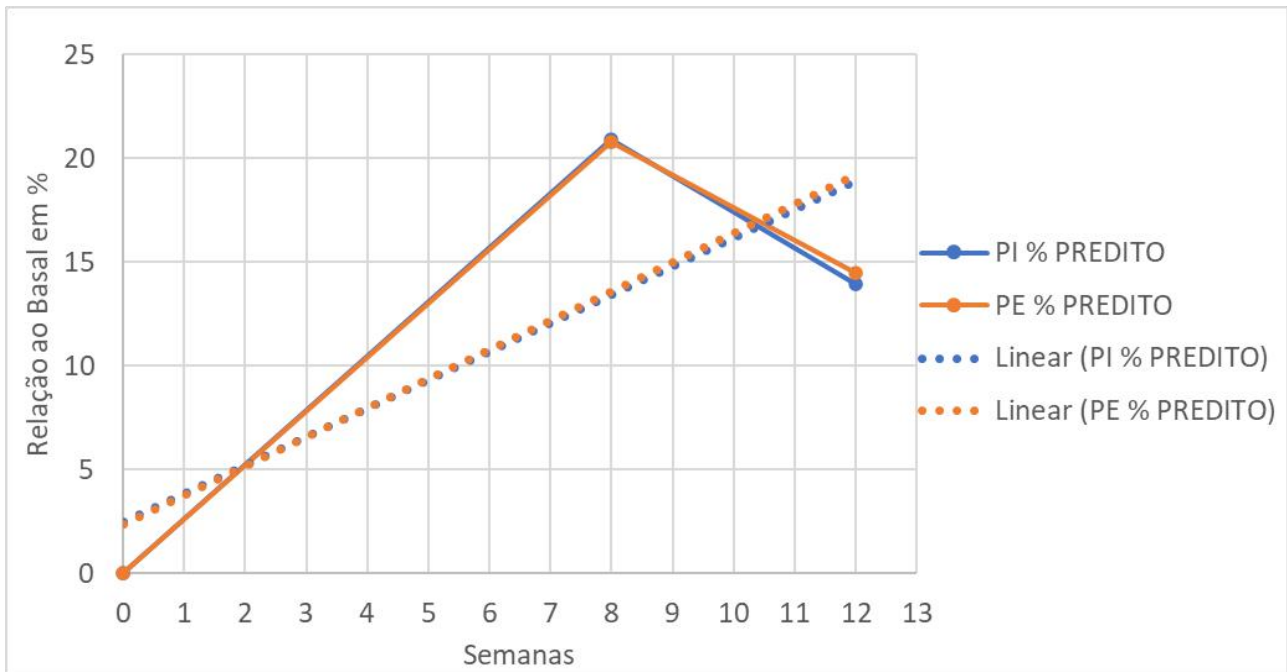


Gráfico de tendência calculado por meio da regressão linear dos índices PI % predito e PE % predito, ambos normalizados em relação ao basal. PI % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; PE % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima. Fonte: Autores (2022).

Foi verificado que no GF, a correlação PI x PE = 0,99, indicando que a evolução da PI como PE ocorreram de forma semelhante, refletindo uma tendência de melhora no desempenho respiratório.

No GP, a correlação PI x PE = 0,17, mostrando uma correlação muito fraca ou inexistente, refletindo que a PI e PE não evoluíram de maneira semelhante (Figura 6).

**Figura 6.** Gráfico da tendência da PI% Predito x PE% Predito em relação ao basal – GP.

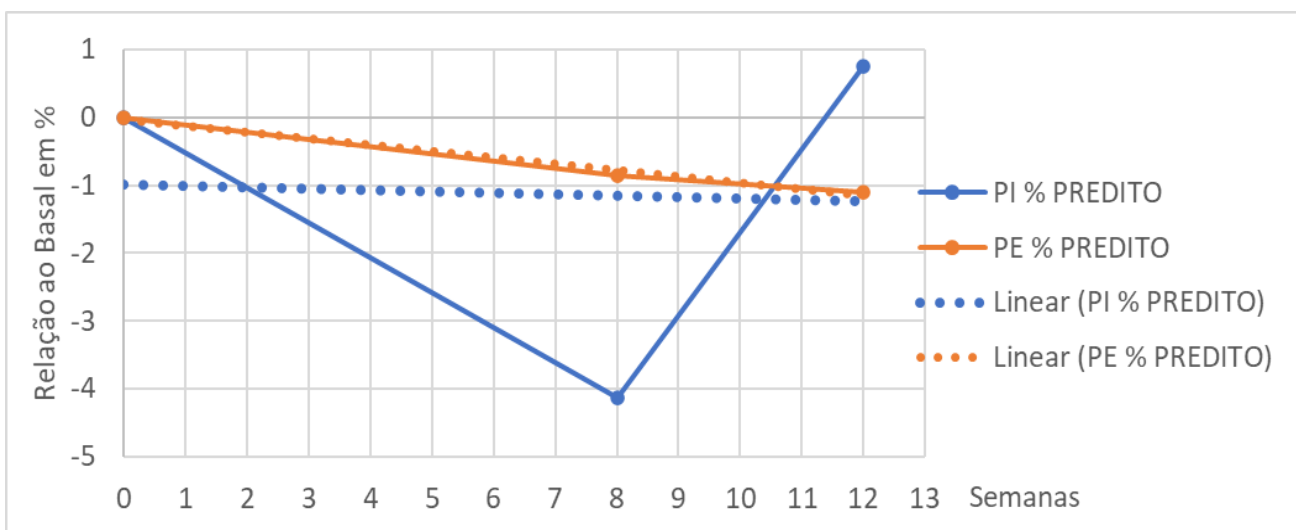


Gráfico de tendência calculado por meio da regressão linear dos índices PI % predito e PE % predito, ambos normalizados em relação ao basal. PI % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; PE % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima. Fonte: Autores (2022).

Também foi realizada a análise da tendência desses índices, em que foi observado um comportamento diferente na evolução PI e PE nos GF e GP, sendo que o comportamento no GF apresenta um resultado melhor que do GP em relação ao desempenho.

Na verificação da tendência de PI e PE entre GF x GP, as correlações foram  $PI\% \text{ GF} \times PI\% \text{ GP} = -0,65$  e  $PE\% \text{ GF} \times PE\% \text{ GP} = -0,87$ , indicando correlação regular e boa, respectivamente, porém indicando comportamento contrário, ou seja, quando temos o crescimento dos indicadores no GF, há o decréscimo dos indicadores respectivos do GP. Estes dados sugerem que há uma diferença na tendência dos grupos para estes indicadores, podendo sugerir um melhor desempenho ao GF.

### 3.4 Questionário SF-36

Na Tabela 4 estão demonstradas as médias das pontuações do questionário de qualidade de vida SF-36 dos grupos GF e GP, ambos referentes a avaliação basal, 8 semanas e 12 semanas.

**Tabela 4.** Pontuação do questionário SF-36 dos grupos GF e GP.

	GF			GP		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
<b>Capacidade funcional</b>	43,125±6,18	43,75±6,54	48,13±8,19	48,57±8,79	49,29±9,52	57,86±10,92
<b>Aspectos físicos</b>	46,88±13,58	50±14,66	71,88±13,58	67,86±14,91	92,86±6,19	89,29±6,88
<b>Dor</b>	57,62±7,62	51,2±8,78	72,5±8,67	77,5±10,31	93,9±4	88,71±5,77
<b>Estado geral de saúde</b>	73,37±4,34	67,75±4,15	73,12±3,42	67,85±8,20	79,29±5,86	83,14±3,92*
<b>Vitalidade</b>	52,5±6,37	48,12±4,75	52,5±6,9	62,86±5,04	71,43±5,89	76,43±5,12*#
<b>Aspectos sociais</b>	78,13±5,3	60,94±9,74	78,13±4,82	69,64±7,93	82,14±3,99	92,86±3,44*#
<b>Aspectos emocionais</b>	58,32±16,4	41,65±14,3	62,5±14,95	42,86±16,10	71,43±9,82	85,7±9,18*
<b>Saúde mental</b>	69,5±6,85	67,87±6,65	65,5±5,96	69,71±6,61	72±5,55	80±5,99

Questionário SF-36. Dados expressos em média±erro padrão. GF= Grupo fotobimodulação transcraniana; GP= Grupo placebo. \*= Diferença estatística ( $p < 0,05$ ) para o GP nas comparações basal x 12 semanas, verificada pelo Teste t pareado (dados normais) e Wilcoxon (dados não normais); #= Diferença estatística ( $p < 0,05$ ) para o GF x GP nas comparações da avaliação de 12 semanas, verificada pelo Teste t (dados normais) ou Mann Whitney (dados não normais). Fonte: Autores (2022).

Nota-se que para o GF as médias das pontuações dos domínios de capacidade funcional, aspectos físicos, dor e aspectos emocionais aumentaram na comparação basal x 12 semanas, porém sem significância estatística ( $p > 0,05$ ).

Já para o GP, a pontuação média aumentou para todos os domínios nas avaliações de basal x 12 semanas, com diferença estatística ( $p < 0,05$ ) nos domínios de estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais e aspectos emocionais.

Ao comparar GF x GP, houve diferença intergrupos nos domínios de vitalidade e aspectos sociais na comparação de 12 semanas, sendo esta diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Assim, o escore desses domínios no GP foram maiores em relação ao GF.

Na Figura 7 observa-se o gráfico de radar, que demonstra as diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GF e GP (diferença da pontuação dos domínios entre as avaliações de 8 e 12 semanas, subtraídas do escore basal).

**Figura 7.** Gráfico das diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GF e GP.

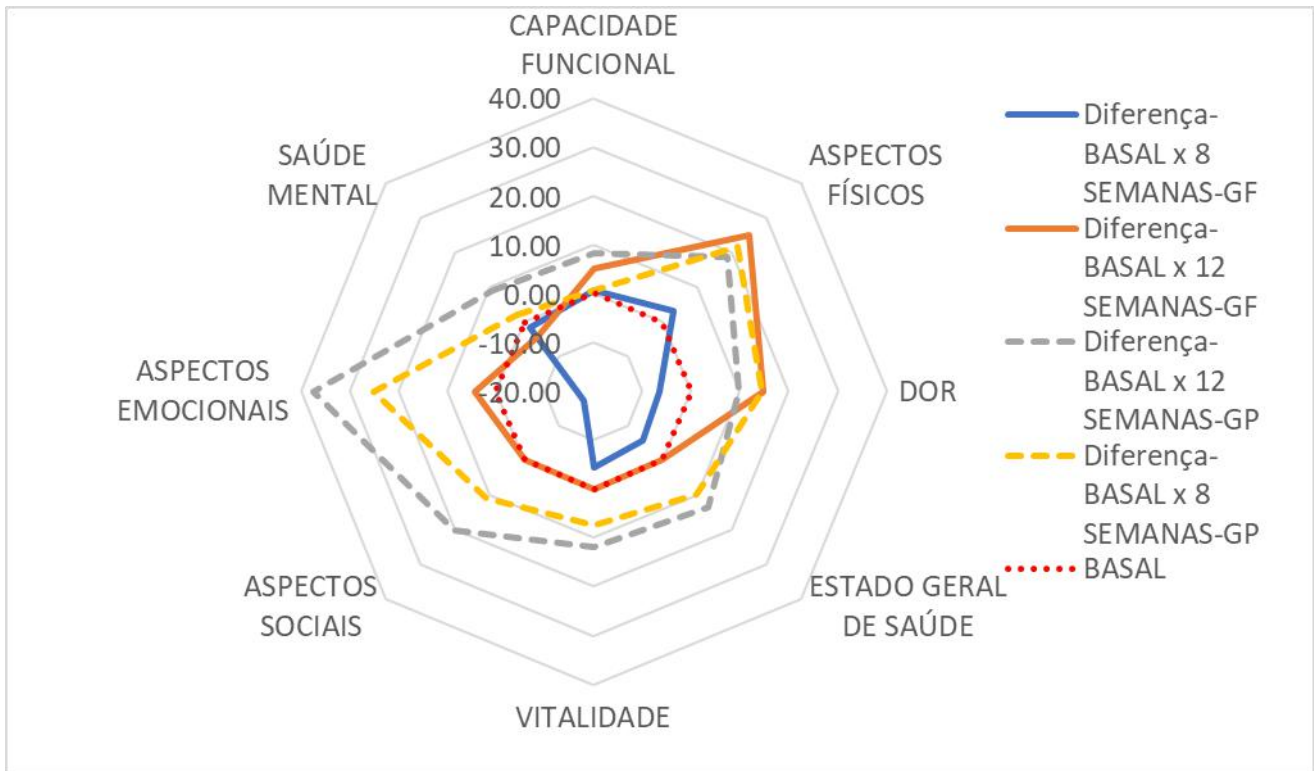


Gráfico das diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GF e GP em relação ao basal. GF= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo. Fonte: Autores (2022).

Verificou-se que as correlações dos domínios aspectos físicos, dor e capacidade funcional, foram iguais a 0,48 (fraca), -0,09 (insignificante), 0,99 (forte), respectivamente, sugerindo uma diferença de comportamento dos grupos GF e GP nos domínios aspectos físicos e dor. Nos domínios aspectos físicos e dor, para o GF verificou-se um comportamento de crescimento enquanto para o grupo GP há um comportamento de decréscimo, o que poderia sugerir uma evolução melhor do grupo GF nestes domínios.

#### 4. Discussão

Um protocolo de reabilitação cardiopulmonar de 12 semanas foi aplicado em indivíduos com espasticidade. No presente estudo avaliamos a interferência deste tratamento sobre a distância percorrida avaliada por meio do TC6, mecânica respiratória e qualidade de vida.

Em ambos os grupos houve melhora da distância percorrida com a reabilitação nas comparações basal x 8 semanas e basal x 12 semanas com diferença estatística intragrupos ( $p < 0,05$ ) e sem diferença nas comparações intergrupos ( $p > 0,05$ ).

O objetivo de irradiar as regiões análogas às artérias cerebrais média e cerebral anterior, foi de aumentar a oxigenação no lobo frontal - córtex pré-frontal e frontal, responsáveis pelas áreas motoras, e planejamento (Lent, 2005; Hall, 2011), com a finalidade de observar se repercutiriam efeitos potencializados no movimento voluntário, refletido pelo desempenho no TC6 e da função pulmonar, por interferência da musculatura esquelética periférica e respiratória.

Fulk e He (2018) estudaram o índice de diferença mínima clinicamente importante no TC6 em indivíduos adultos pós-evento neurológico, que é uma estimativa do quanto um aumento de determinado teste/avaliação repercute na condição clínica do paciente. Para o TC6, uma melhora de 44 metros já foi observada impacto na rotina da população estudada.

Duncan e colaboradores (2011) realizaram um ensaio de treinamento locomotor em sujeitos com AVE agudos e

crônicos, no período de 12-16 semanas, 3x semana em esteira, mas sem controle da intensidade pela FC alvo, apenas pela tolerância do paciente em poder ou não caminhar mais rápido. Na avaliação final, obteve-se uma melhora de 41 metros.

No protocolo de exercício aeróbico intervalado de alta intensidade com pacientes com AVE crônico, duração de 3 meses, 3x semana, observou-se melhora da distância percorrida no TC6 (melhora do desempenho em 64,25 metros), aumento consumo de oxigênio pico (VO<sub>2</sub> pico- elevação de 4,60 ml/kg/min), demonstrando aumento da capacidade aeróbica, além do decréscimo do custo energético de caminhada (redução de 30,8 ml/kg·km) pós-intervenção (Munari et al., 2018).

Na literatura, não foram encontrados ensaios publicados que realizassem a reabilitação cardiorrespiratória focada em sujeitos com PC na fase adulta que avaliassem o desfecho da TC6 pós-tratamento. Gillett e colaboradores (2018) realizaram um programa de treinamento anaeróbico de alta intensidade de membros inferiores em 17 adultos jovens com PC, com frequência de 3 x semana por 12 semanas, com resistência progressiva. Os participantes obtiveram aumento da força e volume muscular do flexores plantares e melhora do desempenho no TC6 de 30,56 metros.

O ensaio de Mossberg e Fortini (2012) de tratamento multidisciplinar, incluindo terapêutica fonoaudiológica, terapia ocupacional e fisioterapia convencional com exercícios aeróbicos de baixa intensidade em 21 sujeitos com TCE crônico (16 homens e 5 mulheres), com duração de 18 semanas, de 3 a 5x semana demonstrou-se eficaz em aumentar a distância do TC6 de 342,6 metros para 408,9 metros pós-tratamento.

Assim como no presente estudo, Lorenz e colaboradores (2018) realizaram um programa de exercícios direcionados para 14 adultos com lesões cerebrais adquiridas (TCE=9; AVE=3; PC por anóxia=1; tumor cerebral=1). O programa com duração de 6 semanas, 3xsemana 60-90 minutos por sessão, envolveu exercícios aeróbicos, fortalecimento muscular e alongamentos. O desempenho no TC6 foi de 131,36 m na avaliação basal para 309,68 metros

O treino de marcha convencional ou com a inclusão do uso de suporte de peso corporal na caminhada em esteira são comuns no tratamento de AVE e disfunções neurológicas que tem como estratégia a melhora da condição da marcha (Duncan et al., 2011). A reabilitação cardiorrespiratória é muito mais do que um treino de marcha, pois no treinamento aeróbico, os sinais vitais são bem controlados, e com o objetivo de manter o exercício na FC alvo de trabalho (intensidade moderada) para possibilitar as adaptações fisiológicas para se obter os benefícios sobre o sistema cardiopulmonar e metabólico (Herdy et al., 2014), e neste estudo por se tratar de um grupo de sujeitos com espasticidades, optou-se em utilizar a esteira como recurso para também se obter a melhora do sistema locomotor como um todo em conjunto com o suporte de peso corporal da estação BrainMov® e ajustou-se a compensação mínima, sem ajuda de controle pneumático e alta facilitação como os suportes de peso robóticos, apenas para aumentar a estabilização e a segurança durante o treino, e assim permitir o esforço vindo por parte do paciente, em que a marcha fosse mais próxima da condição de normalidade no participante. Os dados relacionados à interferência da reabilitação cardiorrespiratória nos sinais vitais de sujeitos com espasticidade estão publicados em outro ensaio do grupo de pesquisa (Lopes et al., 2022).

Neste estudo, foi constatado que o protocolo de exercício aeróbico foi eficaz para melhora do desempenho da distância percorrida em ambos os grupos, sem diferença estatística nas comparações intergrupos (GFxGP), demonstrando que neste ponto não foi possível identificar um efeito adicional da fotobiomodulação transcraniana no GF.

Resultado semelhante foi encontrado por Hwang; et al., (2016). Os autores realizam um estudo comparando os efeitos da fotobiomodulação transcraniana e exercício aeróbico agudo em 64 adultos saudáveis, com objetivo de avaliar se a combinação dessas terapias iria influenciar no aprimoramento cognitivo. Os participantes foram alocados quatro grupos. Nos grupos de terapia isolada da fotobiomodulação transcraniana (irradiação a laser de baixa intensidade na região frontal/testa; E= 816 J/local) e exercício aeróbico de alta intensidade (85-90% do VO<sub>2</sub> pico por 20 minutos) observou-se melhora dos testes de vigilância psicomotora e memória de trabalho pós-intervenção em relação ao grupo controle (1/12 da dose de energia da terapia a laser e 1/12 da intensidade da FC alvo de treinamento do exercício aeróbico). Não foi observado efeito somatório na

terapia combinada (fotobiomodulação + exercício aeróbico).

É conhecido na literatura que tanto o exercício aeróbico de moderada a alta intensidade e a fotobiomodulação transcraniana interferem no funcionamento celular, principalmente na função das mitocôndrias, aumento da oxigenação cerebral, aumento de neurotrofinas, como o BDNF (Hwang; et al., 2016). Talvez seja por isso que não foi encontrada diferença entre grupos, em que hipotetizou-se que o GF teria um desempenho melhor, justamente por ter uma terapia adicional, mas como ambos os grupos receberam a intervenção do exercício aeróbico, o GF e GP apresentaram melhora do desempenho da caminhada no TC6.

Quanto a mecânica respiratória, avaliou-se a influência indireta da reabilitação cardiorrespiratória na função pulmonar e força muscular respiratória, uma vez que não foi utilizada técnicas específicas para o fortalecimento muscular respiratório (exercícios resistidos para tal musculatura).

Em relação a função pulmonar, avaliada pela espirometria, o índice PFE no GF apresentou aumento significativo em relação ao basal x 12 semanas ( $p < 0,05$ ), não houve diferença entre os demais índices. Os valores da VVM aumentaram cerca de 4% para ambos os grupos, mas sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ).

Para os valores médios de P<sub>Imax</sub> e P<sub>E<sub>max</sub></sub>, não se observou diferença estatística intra e intergrupos. Porém, ao analisar a diferença normalizada da intervenção de 8 e 12 semanas em relação ao basal, notou-se uma melhora no GF de 20% após 8 semanas, e cerca de 14% após 12 semanas. Na análise de correlação, resultou em uma forte correlação entre a P<sub>Imax</sub> e P<sub>E<sub>max</sub></sub> (0,99), indicando semelhança de evolução, com crescimento em relação ao basal, para a musculatura respiratória do GF, podendo ter refletido no aumento do PFE após 12 semanas de intervenção. Entretanto, para o GP, não houve diferença na evolução da força da musculatura respiratória em percentual e a análise de correlação, indicou uma correlação entre a P<sub>Imax</sub> e P<sub>E<sub>max</sub></sub> muito fraca (0,17), com comportamento não semelhantes entre elas. E por último, na análise da tendência desses índices, em que foi observado um comportamento diferente na evolução P<sub>Imax</sub> e P<sub>E<sub>max</sub></sub> nos GF e GP, sendo que o comportamento no GF apresenta uma tendência de aumento da força muscular respiratória, diferente do GP que a tendência é estabilização.

É comum pacientes com disfunções neurológicas apresentarem fraqueza muscular respiratória, diminuição do PFE, tosse voluntária prejudicada e comprometimento da aptidão cardiorrespiratória (Lampe et al., 2014; Chin et al., 2019; Liaw et al., 2020).

O principal músculo respiratório, o diafragma, pode ser ativado de forma automática por vias do sistema nervoso autônomo ou na forma voluntária, onde as vias corticoespinhal parecem estar envolvidas pelo comando do córtex motor. O comprometimento de uma injúria no córtex motor pode afetar as vias voluntárias interferindo na musculatura respiratória (Liaw et al., 2020). Foi demonstrado por Colebatch e colaboradores (1991) que durante a inspiração voluntária, observou-se aumento do fluxo sanguíneo na região do córtex motor primário, evidenciado pela tomografia por emissão de pósitrons.

Em um estudo realizados com hemiplégicos adultos, utilizou a estimulação magnética na região do vértice cerebral motor e cervical (região C3-C5) para verificar o efeito da contração do músculo diafragma quando o estímulo ocorre pela estimulação periférica ou por estimulação cortical (potenciais evocados motores). Notou-se que a contração do diafragma por potenciais evocados pode ser abolida ou retardada no lado plégico/parético, apoiando o comprometimento do controle voluntário do diafragma, sendo que a perseverança da atividade espontânea do diafragma no lado afetado se dá pela atividade autonômica dos núcleos aferentes de origem bulbar (Similowski et al., 1996).

Assim, pela tendência de crescimento no GF, sugere-se que a fotobiomodulação transcraniana pode ter influenciado no aumento da ativação do córtex motor, responsável pela respiração voluntária, interferindo no desempenho da função respiratória.

E por fim, na avaliação da qualidade de vida por meio do questionário SF-36, no GF observamos melhora nos



domínios de capacidade funcional, aspectos físicos, dor e aspectos emocionais, mas sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ). Para o GP, houve melhora em todos os domínios em relação à média, com diferença estatística ( $p < 0,05$ ) nos índices de estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais e aspectos emocionais. Na análise intergrupos nos domínios de vitalidade e aspectos sociais na comparação de 12 semanas, notamos diferença estatística ( $p < 0,05$ ). Assim, o escore desses domínios no GP foram maiores em relação ao GF.

Na avaliação da evolução por meio da diferença entre basal e reavaliações (basal-8 semanas; basal-12 semanas), verificou-se que nos domínios de aspectos físicos e dor para o GF um comportamento de tendência de crescimento, enquanto para o grupo GP há um comportamento de decréscimo, o que poderia sugerir uma evolução melhor do grupo GF nestes domínios.

Na análise realizada, para os outros domínios, talvez uma amostra maior pudesse trazer resultados que corroborasse o estudo de Block e colaboradores (2016) e Bonnefoy-Mazure; De Coulon; Armand (2020) que demonstraram que a melhora do desempenho da marcha e atividade física influenciam positivamente na qualidade de vida (Block et al., 2016; Bonnefoy-Mazure; De Coulon; Armand, 2020).

Munari e colaboradores realizaram um treinamento aeróbico em esteira com 15 pacientes com AVE crônico, 3 meses de duração. Avaliaram VO<sub>2</sub>, TC6, equilíbrio, largura do passo, qualidade de vida. Os achados foram de melhora para todos os testes físicos avaliados, mas sem diferença para a qualidade de vida analisado pelo SF-36, corroborando com os resultados do nosso trabalho. Além disso, a espasticidade presente nos participantes é um fator importante para a deficiência, uma seqüela que afeta o sistema musculoesquelético, cardiorrespiratório, interferindo na realização até mesmo das atividades de vida diária, autocuidado, rotina de trabalho e que afetam a qualidade de vida (Korzhova et al., 2018).

Finalizando, não foi possível verificar um efeito da fotobiomodulação em função da distância percorrida, porque os dois grupos melhoraram nas análises intragrupos, porém sem diferença intergrupos. Evidenciou-se melhora do PFE e tendência de evolução com correlação positiva para melhora do desempenho da P<sub>Imax</sub> e P<sub>Emax</sub> no GF, sugerindo que a fotobiomodulação pode ter contribuído na otimização da função respiratória, bem como, verificou-se na análise do SF-36 que para os aspectos físicos e dor o comportamento do GF mostrou uma diferença positiva na evolução pela análise de correlação. Portanto, sugere-se que mais estudos devem ser realizados para investigar o efeito ou a contribuição que a fotobiomodulação transcraniana possa ter em protocolos de reabilitação como terapia auxiliar.

## 5. Conclusão

Houve melhora significativa da distância percorrida do grupo fotobiomodulação transcraniana e grupo placebo após reabilitação cardiorrespiratória, mas sem evidências de um efeito potencializador no desempenho do teste de caminhada de seis minutos causado pela fotobiomodulação no grupo fotobiomodulação transcraniana. Já referente a mecânica respiratória, a fotobiomodulação no grupo fotobiomodulação transcraniana promoveu a melhora significativa do pico de fluxo expiratório e aumento do desempenho muscular respiratório.

Portanto, considerando os benefícios demonstrados neste estudo, sugere-se que os exercícios aeróbicos e a reabilitação cardiorrespiratória sejam realizados em pessoas com sequelas de doenças neurológicas, como a espasticidade.

A fotobiomodulação transcraniana demonstrou ser um recurso adicional quanto a otimização da função respiratória, que para ser melhor elucidada e ter maior conhecimento dos seus potenciais efeitos, deve-se investir na elaboração e aplicação de novos protocolos clínicos.

Sugere-se estudos com maior número de participantes, com diferentes doses de energia da fotobiomodulação, além de subgrupos, como grupos comparando os efeitos da fotobiomodulação aplicada diretamente na musculatura alvo e em pontos transcranianos.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## Referências

- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turk J Emerg Med*, 7;18(3):91-93.
- American Thoracic Society (ATS) (2002). ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 166(1):111-7.
- Block, V. A., et al. (2016). Remote Physical Activity Monitoring in Neurological Disease: A Systematic Review. *PLoS One.*, 28;11(4):e0154335.
- Bonnefoy-Mazure, A., De Coulon, G., & Armand, S. (2020). Self-perceived gait quality in young adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.*, 62(7):868-873.
- Borella, M. P., & Sacchelli, T. (2009). The effects of motor activities practice on neural plasticity. *Rev. Neurocienc.*, 17 (2): 61-9, 2009.
- Brainmov. Equipamentos. *Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov*. < <http://www.brainmov.com.br/equipamentos>>.
- Ciconelli, R. M., et al. (1999). Tradução para a língua portuguesa e validação do questionário genérico de avaliação de qualidade de vida SF-36 (Brasil SF-36). *Revista Brasileira de Reumatologia*, 39 (3):143-150.
- Chin, L. M. K., et al (2019). Oxygen uptake on-kinetics before and after aerobic exercise training in individuals with traumatic brain injury. *Disabil Rehabil*, (24):2949-2957.
- Chohan, S. A., Venkatesh, P. K., How, C. H. (2019). Long-term complications of stroke and secondary prevention: an overview for primary care physicians. *Singapore Med J.*, 60(12):616-620.
- Colebatch, J. G., et al. (1991). Regional cerebral blood flow during volitional breathing in man. *J Physiol.*, 443:91-103.
- Delmas, S., et al. (2018). Motor planning perturbation: muscle activation and reaction time. *Journal of Neurophysiology*, 120 (4): 2059–2065.
- Duncan, P. W., et al. (2011). Body-Weight-Supported Treadmill Rehabilitation after Stroke. *N Engl J Med*, 364:2026-2036.
- Flanigan, M., et al. (2020). Spasticity and pain in adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 62(3):379-385.
- Foreman, K. J., et al. (2018). Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: reference and alternative scenarios for 2016-40 for 195 countries and territories. *Lancet*. 392(10159):2052-2090.
- Fulk, G. D., & He, Y. (2018). Minimal Clinically Important Difference of the 6-Minute Walk Test in People With Stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 42(4): 235-240.
- Gillett, J. G., et al. (2018). Functional Anaerobic and Strength Training in Young Adults with Cerebral Palsy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50 (8): 1549-1557.
- Hall, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. (12ª ed.): Elsevier, 2011, 1173p.
- Hamel, R. N., & Smoliga, J. M. (2019). Physical Activity Intolerance and Cardiorespiratory Dysfunction in Patients with Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury. *Sports Med*, 49, 1183–1198.
- Hennessy, M., & Hamblin, M. R. (2017). Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. *J Opt.*, 19(1):013003.
- Herdy, A. H., et al. (2014). South American Guidelines for Cardiovascular Disease Prevention and Rehabilitation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 103(2): Suppl 1, 1-31.
- Hwang, J., Castelli, D. M., & Gonzalez-Lima, F. (2016). Cognitive enhancement by transcranial laser stimulation and acute aerobic exercise. *Lasers Med Sci.*, 31, 1151–1160.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med*. 5(5):303-11.
- Khan, F., et al. (2019). Non-pharmacological interventions for spasticity in adults: An overview of systematic reviews. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 62 (4): 265-273.
- Khellaf, A., Khan, D. Z., & Helmy, A. (2019). Recent advances in traumatic brain injury. *J Neurol.*, 266(11):2878-2889.
- Korzhova, J., et al. (2018). Transcranial and spinal cord magnetic stimulation in treatment of spasticity: a literature review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 54(1):75-84.
- Lampe, R., et al. (2014). Lung vital capacity and oxygen saturation in adults with cerebral palsy. *Patient Prefer Adherence*, 9(8):1691-7.
- Landes, S. D. (2019). Mortality risk among adults with cerebral palsy: alarming findings and lingering questions. *Dev Med Child Neurol.*, 61(8):860-861.

- Lent, R. *Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência*. (2ª Ed.): Atheneu, 2005, 714 p.
- Liaw, M. Y., et al. (2020). Respiratory muscle training in stroke patients with respiratory muscle weakness, dysphagia, and dysarthria - a prospective randomized trial. *Medicine*, 99(10):e19337.
- Liu, J., Zhang, J., & Wang, L. N. (2018). Gamma aminobutyric acid (GABA) receptor agonists for acute stroke. *Cochrane Database Syst Rev.*, 30;10(10):CD009622.
- Lopes, T., et al. (2022). Analysis of performance and vital signs in a cardiorespiratory rehabilitation protocol in subjects with central nervous system diseases. *Research, Society and Development*, 11(8):e50411829668.
- Lorenz, L. S., et al. (2018). Healthy body, healthy mind: A mixed methods study of outcomes, barriers and supports for exercise by people who have chronic moderate-to-severe acquired brain injury. *Disabil Health J.* 11(1):70-78.
- Mang, C. S., et al. (2013). Promoting neuroplasticity for motor rehabilitation after stroke: considering the effects of aerobic exercise and genetic variation on brain-derived neurotrophic factor. *Phys Ther.*, 93(12):1707-16.
- Montazeri, K., et al. (2021). Transcranial photobiomodulation in the management of brain disorders. *J Photochem Photobiol B.*, 221:112207.
- Mossberg, K. A., & Fortini, E. (2012). Responsiveness and validity of the six-minute walk test in individuals with traumatic brain injury. *Phys Ther.*, 92(5):726-33.
- Munari, D., et al. (2018). High-intensity treadmill training improves gait ability, VO<sub>2</sub>peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.*, 54(3):408-418.
- Neder, J., et al. (1999). Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res.* 32(6):719-27.
- Orczykowski, M. E., et al. (2018). Cell based therapy enhances activation of ventral premotor cortex to improve recovery following primary motor cortex injury. *Experimental Neurology*, 305: 13-25.
- Pereira, C. A. C. (2002). Diretrizes para Testes de Função Pulmonar – Espirometria. *J Pneumol*, 28 (Supl 3), S1-S82.
- Peterson, M. D., et al. (2015). Chronic Conditions in Adults With Cerebral Palsy. *JAMA*; 314(21):2303-5.
- Pinto, A. P., et al. (2019). Sensory-motor and cardiorespiratory sensory rehabilitation associated with transcranial photobiomodulation in patients with central nervous system injury: Trial protocol for a single-center, randomized, double-blind, and controlled clinical trial. *Medicine*, 98(25):e15851.
- Salehpour, F., et al. (2018). Brain Photobiomodulation Therapy: a Narrative Review. *Mol Neurobiol.*, 55(8):6601-6636.
- Sharpe, A., et al. (2021). Cardiopulmonary Exercise Testing in Stroke Rehabilitation: Benefits and Clinical Utility Perceived by Physiotherapists and Individuals with Stroke. *Physiother Can.*, 73(2):110-117.
- Similowski, T., et al. (1996). Impairment of central motor conduction to the diaphragm in stroke. *Am J Respir Crit Care Med.*, 154(2 Pt 1):436-41.
- Song, J. Z., et al. (2020). Physical Performance Outcome Measures Used in Exercise Interventions for Adults with Childhood-onset Disabilities: A Scoping Review. *NeuroRehabilitation*, 47(4): 359 – 380.
- Synnot, A., et al. (2017). Interventions for managing skeletal muscle spasticity following traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 22;11(11):CD008929.
- Trompetto, C., et al. (2014). Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation. *Biomed Res Int.* 2014:354906.
- World Association for LASER Therapy. *WALT standard for conduct of randomized controlled trials*. <[https://waltpbm.org/wp-content/uploads/2021/08/walt\\_standard\\_for\\_conduct\\_of\\_randomized\\_controlled\\_trials.pdf](https://waltpbm.org/wp-content/uploads/2021/08/walt_standard_for_conduct_of_randomized_controlled_trials.pdf)>.
- Wang, X., et al. (2021). Transcranial photobiomodulation and thermal stimulation induce distinct topographies of EEG alpha and beta power changes in healthy humans. *Sci Rep.*, 11, 18917.
- Ware, J. E., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-item short health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Medical Care*, 30(6):473-483.
- Ziaka, M., & Exadaktylos, A. (2021). Brain-lung interactions and mechanical ventilation in patients with isolated brain injury. *Crit Care.*, 13;25(1):358.