

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

PÂMELA CAMILA PEREIRA

FOTOBIMODULAÇÃO NO TRATAMENTO DA PNEUMONIA COMUNITÁRIA.

TESE DE DOUTORADO

**DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, Fevereiro/2023

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

PÂMELA CAMILA PEREIRA

FOTOBIMODULAÇÃO NO TRATAMENTO DA PNEUMONIA COMUNITÁRIA.

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica

Orientador: Prof. Dr. Antonio Guillermo Jose Balbin Villaverde

Coorientadores: Prof. Dr. Carlos José de Lima;

Profa. Dra. Adriana Barrinha Fernandes

São José dos Campos, Fevereiro/2023

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

PÂMELA CAMILA PEREIRA

FOTOBIMODULAÇÃO NO TRATAMENTO DA PNEUMONIA COMUNITÁRIA.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica. Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Prof. Antonio Guillermo Jose Balbin Villaverde
Orientador
Doutorado em Engenharia Biomédica
Centro de Inovação, Tecnologia e Educação (CITÉ)

Prof. Dr. Ronaldo Júlio Baganha
Universidade do Vale do Sapucaí

Profa. Dra. Flávia Doná Simone
Universidade Federal de São Paulo

Prof. Dr. Carlos José de Lima
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Leandro Procópio Alves
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Fabiano Polliti (Suplente)
Universidade Nove de Julho

Prof. Dra. Livia Helena Moreira da Silva Melo (Suplente)
Universidade Anhembi Morumbi

São José dos Campos, Fevereiro/2023

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

PÂMELA CAMILA PEREIRA

Graduada em Fisioterapia pela Universidade do Vale do Sapucaí - Univás. Pós-graduada nas áreas de Fisioterapia Pneumofuncional, Terapia intensiva, Neurofuncional adulto e Infantil, Aprendizagem, desenvolvimento e Controle motor e Traumato-Ortopédica e Reumatológica. Mestre em Reabilitação do Equilíbrio Corporal e inclusão social – UNIAN. Fisioterapeuta plantonista da UTI da Santa Casa de Misericórdia de Itajubá. Docente do Curso de Fisioterapia - FEPI.

Ficha Catalográfica

P494f Pereira, Pâmela Camila
 Fotobiomodulação no tratamento da pneumonia comunitária.
 / Pâmela Camila Pereira – 2023.
 72f.: 30 cm.

 Orientador: Antonio Guillermo Jose Balbin Villaverde.
 Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade
 Anhembí Morumbi, São José dos Campos, 2023.
 Bibliografia: f. 59-69.

 1. Engenharia Biomédica. 2. Pneumonia Adquirida. 3. Hemograma.
 4. Fotobiomodulação. 5. LED Infravermelho. 6. Efeitos
 Cardiopulmonares. I. Título.

CDD 610.28

DEDICATÓRIA

Dedico esse estudo a todos pacientes que por meio de novas tecnologias
terão possibilidades de respirar melhor!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar a possibilidade de realizar um sonho, para me qualificar e expandir os conhecimentos impagáveis.

Ao meu marido Luís Henrique por estar ao meu lado, apoiar as minhas escolhas e me auxiliar nos dias de luta, sem você tudo seria bem mais difícil.

A minha família, meus pais Marta e Moacir pelo alicerce que são em minha vida, essenciais para eu seguir os meus sonhos e batalhar por eles. Aos meus sogros Sandra e José Carlos por me incentivar cada segundo. As pessoas especiais da minha vida, minha irmã Érika, meu Cunhado William, meu sobrinho e afilhado Théo, minha cunhada Carol e minha sobrinha Duda, pelo apoio, motivação e amizade.

Ao meu orientador Professor Balbin por toda ajuda e suporte em todos os momentos. E ao Professor Lima, Professora Adriana e ao Professor Zângaro, aprendi muito com vocês, direcionaram não só um doutorado, mas também caminhos, ensinamentos que levarei sempre!!

Aos demais professores do Programa de Doutorado em Engenharia Biomédica, por todo o conhecimento e carinho compartilhado por esses anos.

A querida Nídia por sua presteza, simpatia e carinho, auxiliando e tirando dúvidas em qualquer momento que fosse. Confesso que sem ela, tudo ficaria impossível!

Agradeço aos colegas, pela troca fundamental nesse processo!

E por fim, agradeço imensamente aos pacientes por acreditarem nesse estudo e principalmente, por confiar que a ciência e a tecnologia podiam proporcionar condições melhores de tratamento e de recuperação clínica.

“Meça-se um homem pela grandeza de
seus sonhos e pela paciência em
executá-lo”.

Augusto Cury

FOTOBIMODULAÇÃO NO TRATAMENTO DA PNEUMONIA COMUNITÁRIA

RESUMO

Introdução: A pneumonia adquirida na comunidade (PAC) constitui a principal causa de morte no mundo entre as doenças respiratórias, com significativo impacto nas taxas de morbidade. Caracterizada por doença pulmonar restritiva que pode afetar o aparelho neuromuscular respiratório, a caixa torácica, o espaço pleural e o parênquima pulmonar. Uma reação inflamatória ocorrida nos alvéolos, produz exsudato que interfere na difusão, além da presença de leucócitos (neutrófilos) no local, resulta na oclusão parcial dos brônquios e alvéolos, e uma diminuição da pressão de oxigênio alveolar, a hipoventilação, ocorrendo desequilíbrio da ventilação e perfusão. **Objetivo:** Verificar o desempenho da técnica de fotobiomodulação com luz de baixa potência em associação ao tratamento convencional, antibioticoterapia e fisioterapia respiratória, de pacientes com pneumonia comunitária. **Metodologia:** Trata-se de um ensaio clínico, prospectivo, descritivo longitudinal. A coorte foi composta por 30 pacientes em tratamento com PAC que foram divididos e alocados aleatoriamente em 2 grupos iguais: o grupo LED (LED), tratado com LED infravermelho em 940 nm e terapia convencional, e o grupo controle (CON), que recebeu tratamento convencional (antibioticoterapia e fisioterapia) com irradiação de LED desligada. O tratamento com fotobiomodulação (FBM) utilizou um colete, com 300 LEDs (940 nm) montados em uma área de 36 cm x 58 cm (2.088 cm²), posicionado nas regiões torácica anterior e abdominal do paciente. A potência óptica total foi de 6 W, com tempo de irradiação de 15 min. Previamente os pacientes foram classificados quanto ao Índice de Severidade da Pneumonia (PSI) e posteriormente avaliadas as funções cardiopulmonares e hemograma, antes e após o tratamento. Os pacientes foram tratados diariamente por 7 dias. A análise estatística foi realizada usando teste t de Student, pareado e não pareado, bicaudal a um nível de significância de $\alpha = 0,05$, teste de normalidade Kolmogorov–Smirnov, e teste ANOVA one-way bicaudal e paramétrico, seguido de pós-teste de Tukey de comparações múltiplas. **Resultados:** O uso de FBM mostrou melhorar o estado pulmonar e clínico, reduzir os sintomas, diminuir a permanência hospitalar (9,3 vs 7,3 dias) ($p < 0,001$) e, melhorar o processo de recuperação. A melhora do estado clínico após o tratamento FBM foi evidenciada: aumento na SpO₂ (88,3 para 98%), melhora PIM (-40 para -65,3 cmH₂O), CVF (62% para 80%), ($p < 0,001$), Melhora dos dados hematológicos como eritrócitos (3,51 para 5,54 mm⁻³) e linfócitos típicos (40 para 31%), melhora na ausculta pulmonar com ausência dos ruídos adventícios (6,1 para 3,1 dias) ($p < 0,001$). A análise estatística não mostrou diferenças significativas entre os dois tratamentos para as funções cardíacas dos pacientes. Nenhuma diferença entre os tratamentos é observada para a série de hematócritos, plaquetas e proteínas C. **Conclusão:** O uso da fotobiomodulação associada ao tratamento convencional melhorou o estado pulmonar e clínico dos pacientes com PAC, reduziu os sintomas respiratórios, além de diminuir o tempo de internação.

Palavras-chave: Engenharia Biomédica; Pneumonia Adquirida na Comunidade; Fotobiomodulação; LED infravermelho; Efeitos cardiopulmonares; Hemograma.

PHOTOBIMODULATION IN THE TREATMENT OF COMMUNITY PNEUMONIA

ABSTRACT

Introduction: Community-acquired pneumonia (CAP) is the leading cause of death worldwide among respiratory diseases, with a significant impact on morbidity rates. Characterized by restrictive lung disease that can affect the respiratory neuromuscular system, rib cage, pleural space, and lung parenchyma. An inflammatory reaction occurring in the alveoli produces exudate that interferes with diffusion, in addition to the presence of leukocytes (neutrophils) at the site, resulting in partial occlusion of the bronchi and alveoli, and a decrease in alveolar oxygen pressure, hypoventilation, resulting in ventilation imbalance and perfusion. **Objective:** To verify the performance of the photobiomodulation technique with low-power light in association with conventional treatment, antibiotic therapy, and respiratory physiotherapy, in patients with community-acquired pneumonia. **Methodology:** This is a clinical, prospective, longitudinal descriptive trial. The cohort consisted of 30 patients undergoing treatment with CAP, who were divided and randomly allocated into 2 equal groups: the LED group (LED), treated with infrared LED at 940 nm and conventional therapy, and the control group (CON), who received conventional treatment (antibiotic therapy and physiotherapy) with LED irradiation turned off. Phototherapy used a vest with 300 LEDs (940 nm) mounted in an area of 36 cm × 58 cm (2,088 cm²), positioned on the patient's anterior thoracic and abdominal regions. The total optical power was 6 W, with an irradiation time of 15 min. Previously, the patients were classified according to the Pneumonia Severity Index (PSI) and subsequently the cardiopulmonary functions and blood count were evaluated, before and after treatment. Patients were treated daily for 7 days. Statistical analysis was performed using a two-tailed unpaired Student's t-test at a significance level of $\alpha = 0.05$, Kolmogorov–Smirnov normality test, and two-tailed and parametric one-way ANOVA, followed by Tukey's post-test. of multiple comparisons. **Results:** The use of FBM has been shown to improve pulmonary and clinical status, reduce symptoms, decrease hospital stay (9.3 vs. 7.3 days) ($p < 0.001$) and improve the recovery process. The improvement in clinical status after FBM treatment was evidenced: increase in SpO₂ (88.3 to 98%), improvement PIM (-40 to -65.3 cmH₂O), FVC (62% to 80%), ($p < 0.001$), Improvement of hematological components such as erythrocytes (3.51 to 5.54 mm⁻³) and typical lymphocytes (40 to 31%), improvement in pulmonary auscultation with absence of adventitious noises (6.1 to 3.1 days) ($p < 0.001$). Statistical analysis showed no significant differences between the two treatments for the patients' cardiac functions. No difference between treatments was observed for hematocrit, platelet, and protein C series. **Conclusion:** The use of photobiomodulation associated with conventional treatment improved the pulmonary and clinical status of patients with CAP, reduced respiratory symptoms, and decreased hospitalization time. However, it is suggested that further studies should be conducted with a larger number of patients and focused specifically on the pulmonary inflammatory process.

Keywords: Biomedical Engineering; Community-acquired pneumonia; Photobiomodulation; infrared LED; Cardiopulmonary effects; Blood count.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. JUSTIFICATIVA.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1 Objetivo Geral.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
4. HIPÓTESE.....	24
5. REVISÃO DE LITERATURA.....	24
5.1 Pneumonia Adquirida na Comunidade (PAC).....	24
5.1.1 Fisiopatologia.....	26
5.1.2 Sintomas Clínicos.....	27
5.1.3 Diagnóstico Clínico.....	27
5.1.4 Diagnóstico Laboratorial.....	28
5.2 Fisioterapia x Dispositivo de Oscilação Oral de Alta Frequência (OOAF).....	29
5.3 Fotobiomodulação (FBM).....	31
5.3.1 Diodo Emissor de Luz (LED) nas Alterações Pulmonares.....	32
6. METODOLOGIA.....	35
6.1 Aspectos Éticos	35
6.2 Tipo de Estudo.....	36

6.3 Local do Estudo e Amostra.....	36
6.4 Critérios de Inclusão e não Inclusão.....	36
6.5 Atribuição de Grupo.....	36
6.6 Protocolo Convencional de Tratamento de PAC.....	37
6.7 Protocolo de Terapia LED da PAC.....	38
6.8 Protocolo de Avaliação.....	39
6.9 Análise Estatística.....	44
7 RESULTADOS.....	45
8 DISCUSSÃO.....	52
9 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE I.....	70
APÊNDICE II.....	72

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Dispositivo de oscilação oral de frequência OOAF Shaker®.....	30
Figura 2	Fluxograma mostrando a distribuição da coorte e os estágios do protocolo experimental.....	37
Figura 3	Protocolo de LED-terapia: (A) Colete óptico para FBM na PAC com 300 LEDs em 940 nm; (B) Paciente vestindo o colete durante o processo de irradiação.....	38
Figura 4	Colete de LEDs ligado emitindo radiação infravermelha.....	39
Figura 5	Equipamento de controle do tempo de irradiação do paciente.....	39
Figura 6	Avaliação da Pressão Inspiratória Máxima (esquerda) e Pressão Expiratória Máxima (direita), medidas pelo Manovacumetro Spire®.....	42
Figura 7	Saturação da Oxiemoglobina medida pela oximetria periférica de pulso Rossmax® (SpO ₂)	43
Figura 8	Espirômetro Contec SP-10® para avaliação das VEF ₁ e CVF.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Índice de Severidade da Pneumonia (PSI): número de pacientes em cada classe e grupo.....	45
Gráfico 2	Comorbidades associadas dos pacientes.....	46
Gráfico 3	Análise da CVF% dos grupos LED e CON, antes e após o tratamento.....	49
Gráfico 4	Análise da PIM dos grupos LED e CON, antes e após o tratamento.....	49
Gráfico 5	Ausculta pulmonar e tempo de internação (dias) dos grupos LED e CON.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estratificação do Índice de Severidade da Pneumonia – PSI.....	41
Tabela 2	Avaliações das funções pulmonares e cardíacas dos grupos LED e CON, Média (DP): análises estatísticas intragrupo e intergrupos.....	48
Tabela 3	Avaliações dos componentes hematológicos dos grupos LED e CON, Média (DP): análises estatísticas intragrupo e intergrupos.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

AMP	Monofosfato Cíclico de Adenosina
ATP	Adenosina Trifosfato
AVD's	Atividades de Vida Diária
AVE	Acidente Vascular Encefálico
Bpm	Batimentos por minuto
BQ	Bronquiectasia
CA	Câncer
CON	Grupo Controle
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CRP	Proteína C reativa
CV	Capacidade Vital
CVF	Capacidade vital forçada
CVL	Capacidade Vital Lenta
CW	Onda Contínua
DM	Diabetes Mellitus
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DP	Desvio Padrão
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
DRC	Doença Renal Crônica
EUA	Estados Unidos da América
FBM	Fotobiomodulação

FC	Frequência Cardíaca
FEPI	Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá
FiO ₂	Fração parcial de Oxigênio
FR	Frequência Respiratória
FRE	Função respiratória externa
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
HB	Hemoglobina
Ht	Heritrócito
IC	Insuficiência Cardíaca
ICAM-1	Molécula de adesão intercelular-1
IgM	Imunoglobulina M
IL	Interleucina
ILIB	Irradiação laser intravascular de sangue (<i>Intravascular Laser Irradiation of Blood</i>)
IMC	Índice de massa corporal
INFY	Interferon Gama
LBA	Lavagem broncoalveolar
LBIT	Laser de baixa intensidade por via transcutânea
LED	Diodo emissor de luz (<i>Light-emitting diode</i>)
LLLT	Laser terapia de baixa intensidade
LPA	Lesão Pulmonar Aguda
MPO	Mieloperoxidase
mRNA	Ácido ribonucleico mensageiro
NBT	Testes de nitroazul tetrazólio

NF-KB	Fator Nuclear Kappa B
Ns	Não significativo
OMS	Organização Mundial de Saúde
OOAF	Oscilador Oral de Alta Frequência
PA	Pressão Arterial
PAC	Pneumonia Adquirida na Comunidade
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PCT	Prolactonina
PEM	Pressão Expiratória Máxima
PEP	Pressão Expiratória Positiva
PFE	Pico de Fluxo Expiratório
PIM	Pressão Inspiratória Máxima
PSI	Índice de Gravidade de Pneumonia
ReBEC	Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos
RNA	Ácido ribonucleico
ROS	Espécies reativas de oxigênio
rpm	Respirações por minuto
RVM	Revascularização do Miocárdio
SaO ₂	Saturação de Oxigênio
SDRA	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo
SpO ₂	Saturação parcial de Oxigênio
SPs	Proteínas Surfactantes

SUS	Sistema Único de Saúde
TC'6	Teste de Caminhada de 6 minutos
TGF β	Fator de Transformação de Crescimento
TLR4	Receptor do tipo Toll 4
TNF	Fator de necrose tumoral
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
UTN	Número de teste universal
VC	Volume Corrente
VEF1	Volume Expiratório Forçado no 1 minuto
VEF1/CVF	Relação VEF1 e CVF
VR	Volume Residual

1. INTRODUÇÃO

A pneumonia é uma doença que se adquire na comunidade (PAC) após a instalação de agentes patógenos infecciosos como vírus, fungos, e bactérias, o pulmão passa sofrer agressões, mesmo por respostas químicas ou alérgicas, nos espaços alveolares, espaço aéreo terminal ou parênquima pulmonar. O agente mais comum é o *Streptococcus pneumoniae* (*pneumococo*), presente em cerca de 30 a 70% dos casos (LUNA; PULIDO; BURGOS, 2018).

Caracterizada pelo desenvolvimento fora do espaço hospitalar ou podendo surgir nas primeiras 48 horas após sua admissão. Não inclui aqueles pacientes que foram hospitalizados por mais de 2 dias nos 90 anteriores, idosos institucionalizados, pacientes tratados por antibioticoterapia ou quimioterapia nos últimos 30 dias e os que estão em hemodiálise (MEJIA; GÁMEZ; SCHMIDT, 2018; PREVOTAT *et al.*, 2018; RIDER; FRAZEE, 2018).

A PAC constitui a principal causa de morte no mundo entre as doenças respiratórias, com significativo impacto nas taxas de morbidade. Os autores Corrêa *et al.* (2018) recomendam que o paciente com PAC seja avaliado na sala de emergência quanto a gravidade inicial e identificação precoce do risco de evolução. Na ausência de PAC grave, ou seja, a presença de fatores de risco individuais e doenças associadas, relação custo-eficácia e fatores epidemiológicos, além de doenças associadas descompensadas, hipoxemia, ou impossibilidade de ingestão oral de medicamentos, deve-se considerar o tratamento ambulatorial para pacientes com PAC.

Doenças respiratórias agudas ou crônicas, como asma, tuberculose, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), entre outras, condições ambientais e sanitárias intervêm com maior frequência para o contágio da pneumonia (SUÁREZ; ORTEGA, 2011). O predomínio do sexo masculino (70%) também foi descrito no estudo de coorte retrospectivo de episódios de PAC, realizado por Vallés *et al.* (2016), que avaliaram as características clínicas e epidemiologia ao longo de 15 anos.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a cada ano morre 1,6 milhão de pessoas no mundo, representando a 6ª maior causa geral de morte entre pessoas maiores de 65 anos, e entre as doenças infecciosas ocupa a primeira colocação. Estudos mostram que as pneumonias são a maior causa de internação dentre todas as doenças respiratórias, sendo 3 a 4 vezes mais frequentes nos idosos do que na

população geral (BAHLIS *et al.*, 2018; MINISTÉRIO DA SAÚDE - DATASUS, 2021). De acordo com o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), do Ministério da Saúde, foram registradas 25.917 internações e 3.596 óbitos por pneumonia no Brasil em agosto de 2021.

Dentre as manifestações clínicas estão a febre, calafrios, cefaleia, taquipneia, dispneia ou apneia, dor torácica, limitação dos movimentos respiratórios, tosse com ou sem presença de secreção, sudorese, mal-estar, e secreção purulenta. As manifestações são corroboradas pela presença de uma nova opacidade pulmonar detectada por radiografia do tórax e ausculta pulmonar compatível com estertores crepitantes (80%) e roncos pulmonares (HIRSCH *et al.*, 2019).

A lesão no parênquima pulmonar causa diminuição na complacência pulmonar devido ao preenchimento dos alvéolos por exsudato, dificultando então, a expansão adequada dos alvéolos, isto causa diminuição dos volumes corrente, residual, reserva expiratória e inspiratória, e das capacidades pulmonares vital, pulmonar total, inspiratória e residual funcional; sendo assim, a PAC afeta a ventilação de difusão. Uma reação inflamatória que produz exsudato nos alvéolos, interferindo diretamente no processo de difusão pulmonar. Além da presença de leucócitos (neutrófilos) no local, onde anteriormente havia presença de ar terá a presença de edema na mucosa, resultando na oclusão parcial dos brônquios e alvéolos, e uma diminuição da pressão de oxigênio alveolar, essa alteração levará a hipoventilação, ocorrendo desequilíbrio da ventilação e perfusão (V/Q) com conseqüente hipoxemia arterial (CORRÊA *et al.*, 2018; RIDER; FRAZEE, 2018).

A hospitalização para tratamento é necessária entre 22% e 51% dos pacientes com PAC, sendo que destes aproximadamente 10% são encaminhados para Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) (MILANÉS; RONDON; LLORCA, 2018).

A antibioticoterapia deve ser instituída o mais precocemente possível, com tempo limite de 4 h para pacientes internados, com objetivo de diminuir a mortalidade e dias de hospitalização. Conhecer os potenciais agentes etiológicos na PAC, seu grau de resistência e sua taxa de letalidade, é crítico para inserção da terapia eficaz. Bahlis *et al.* (2018) observaram uma elevada necessidade de troca de antibióticos (63%) durante a internação. O esquema terapêutico utilizado é associação de oxacilina e ceftriaxone (53,7%), e para os que apresentam falha terapêutica é necessária a mudança para os seguintes esquemas: vancomicina e meropenem, vancomicina e ceftriaxone, e linezolida. A média de duração da hospitalização foi de

7,2 dias e, na evolução dos pacientes, 29% necessitaram tratamento em UTI e 15,5% foram a óbito intra-hospitalar (BURNHAM; KAKOL; VAZQUEZ-GUILLAMET, 2019; VALLÉS *et al.*, 2016).

A terapia de fotobiomodulação (FBM) com laser de baixa intensidade e diodos emissores de luz (LEDs), é baseada na absorção de fótons de luz pelo citocromo c oxidase nas mitocôndrias celulares, causando um estímulo em cascata fotoquímica que aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), trifosfato de adenosina (ATP) e indução de fatores de transcrição, responsáveis pela regulação do ciclo celular, síntese de proteínas e enzimas importantes (VETRICI *et al.*, 2021). A radiação LED é utilizada para promover a regeneração tecidual, diminuir a inflamação e a dor. Uma luz de largura espectral estreita na faixa vermelho - infravermelho próximo (600–1000 nm) com densidade de potência de 1–5000 mWcm⁻² é usada em FBM, que pode alterar o metabolismo celular e molecular, esse fenômeno ocorre atenuando o influxo de células inflamatórias e inibindo a secreção de citocinas pró-inflamatórias, levando a uma diminuição do dano pulmonar. A FBM tem mostrado resultados promissores na redução da inflamação pulmonar aguda, pois apresenta alto potencial para o equilíbrio local das respostas imunes (CARVALHO *et al.*, 2017; DE LIMA *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2020; SOHEILIFAR; FATHI; NAGHDI, 2021).

A FBM representa uma nova intervenção terapêutica, não invasiva, para o tratamento de numerosas doenças. Recentemente a FBM vem sendo empregada no tratamento da PAC, estudo realizado pelo nosso grupo traz bons resultados para a resposta inflamatória pulmonar, com efeitos significativos para eritrócitos, hemoglobina, leucócitos, neutrófilos segmentados e em banda, linfócitos e monócitos ($p < 0,05$). As maiores diferenças entre os grupos LED (tratamento com FBM) e CON (tratamento convencional) foram redução da contagem de linfócitos (60% vs. 16%), aumento de eritrócitos (86% vs. 35%) e redução de leucócitos (28% vs. 15%) (PEREIRA *et al.*, 2022).

Visando o conforto e recuperação clínica dos pacientes e a ausência de estudos específicos sobre o tratamento da PAC usando a FBM com LEDs, apresenta-se como uma técnica eficaz que proporciona a reversão do quadro agudo e resulta na minimização dos sintomas, redução do tempo de internação e antibioticoterapia, diminuição dos custos hospitalares e melhor qualidade de vida durante o tratamento.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a eficácia da técnica de FBM com luz de baixa intensidade, utilizando LED no infravermelho próximo, em associação ao tratamento convencional de antibioticoterapia e fisioterapia respiratória, de pacientes com pneumonia comunitária.

2. JUSTIFICATIVA

A pneumonia é caracterizada por ser uma doença restritiva que pode afetar o aparelho neuromuscular respiratório, a caixa torácica, o espaço pleural e o parênquima pulmonar (AMBROGGIO *et al.*, 2018; RIDER; FRAZEE, 2018). As vias aéreas geralmente permanecem funcionando adequadamente, preservando assim os índices de fluxos, ou seja, embora a Capacidade Vital Forçada (CVF) e o Volume Expirado Forçado no primeiro segundo (VEF_1) estejam reduzidos, o índice $VEF/CVF\%$ está normal. Como nas doenças restritivas pulmonares a redução do volume diminui a retração elástica, no entanto, o fluxo expiratório forçado 25-75% (FEF25-75%) pode ser reduzido sem haver obstrução ao fluxo aéreo (MELÉN, GUERRA, 2017; PREVOTAT *et al.*, 2018).

A presença de hipóxia é comum, e pode ser gerada por dois mecanismos: o primeiro relaciona-se a grande quantidade de exsudato presente no espaço interalveolar e o segundo ocorre pelo espessamento da membrana alvéolo capilar em decorrência do edema, o que prejudica a difusão. Na grande maioria dos casos, a hipóxia tem relação direta com o desenvolvimento de shunt, evoluindo para uma consolidação de um lobo pulmonar, comum na pneumonia (BAHLIS *et al.*, 2018; RIDER; FRAZEE, 2018). Suas principais complicações são o derrame pleural, insuficiência respiratória e o abscesso pulmonar, sendo a insuficiência respiratória mais frequente (RIDER; FRAZEE, 2018).

A fisioterapia respiratória visa reduzir os efeitos deletérios produzidos pela infecção respiratória, e tem como objetivos melhorar a ventilação pulmonar, aumentar a oxigenação, a remoção das secreções, bem como maximizar a tolerância ao exercício, às Atividades da Vida Diária (AVD's), e reduzir a dor. Além disso, a fisioterapia minimiza a progressão da doença, prevenindo complicações respiratórias, ajudando na redução da mortalidade, e diminuindo o tempo de hospitalização. Possui importante papel na remoção das secreções brônquicas, auxiliando em sua remoção e mobilização por meio de diferentes técnicas, manuais ou através de dispositivos de

depuração das vias aéreas, como a oscilação oral de alta frequência (OOAF) (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A técnica de FBM com o LED tem sido empregada para reparação tecidual, aceleração da cicatrização de feridas, para acelerar a recuperação da lesão isquêmica do coração e degeneração atenuada dos nervos ópticos lesados, melhorando o metabolismo e a produção de energia mitocondrial. Além disso, a FBM também foi utilizada como tratamento promissor para as doenças pulmonares, a fim de reduzir o edema pulmonar, influxo de neutrófilos, promover a regeneração do tecido pulmonar, e melhor oxigenação para todos os órgãos relacionados. Foi também considerada uma abordagem terapêutica em pacientes hospitalizados com COVID-19, na tentativa de minimizar os casos graves e a necessidade de UTI (BASTOS; LIZARELLI; PARIZOTTO, 2009; DE LIMA *et al.*, 2010; DE MATOS *et al.*, 2021; DESMET *et al.*, 2006; FERNANDES *et al.*, 2020; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009; NEJATIFARD *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2023).

Estudos relatam os efeitos da terapia com LEDs, mas poucos apresentam relatos de estudos clínicos *in vivo* abordando o tratamento de doenças infecciosas, como a PAC utilizando radiação LED associada a terapia convencional, trazendo a importância de estudos como este, na abordagem clínica e função pulmonar de pacientes hospitalizados.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Verificar a eficácia da técnica de fotobiomodulação com luz de baixa intensidade, utilizando LEDs no infravermelho próximo, em associação à terapia convencional de antibioticoterapia e fisioterapia respiratória no tratamento de pacientes com pneumonia comunitária.

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar o efeito que a luz dos LEDs no infravermelho próximo, provoca na função pulmonar de pacientes com pneumonia comunitária.
- Avaliar o desempenho muscular resultante, através da análise de Pressão Inspiratória Máxima (PIM) e Pressão Expiratória Máxima (PEM).

- Verificar o efeito da irradiação com LEDs no infravermelho próximo, atuando sobre a região toracoabdominal do paciente, nos parâmetros hematológicos, através da avaliação do hemograma completo.
- Avaliar a recuperação clínica do paciente via verificação de oximetria de pulso e tempo de internação.

4. HIPÓTESE

O tratamento da PAC usando a FBM, apresenta-se como uma técnica eficaz na melhora do quadro agudo e redução dos sintomas clínicos, diminuição dos dias de internação e parâmetros hematológicos. Promove melhora da função pulmonar, força dos músculos respiratórios, melhora da oxigenação e ausência de ruídos adventícios na ausculta pulmonar.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Pneumonia Adquirida na Comunidade (PAC)

A pneumonia adquirida na comunidade (PAC) é uma infecção aguda do parênquima pulmonar em um indivíduo que adquiriu fora do ambiente hospitalar, doença comum, e possui alta mortalidade (GOMES, 2018).

Constitui-se na principal causa de internação no Brasil no Sistema Único de Saúde. De acordo com o Portal de Transparência de Registro Civil em 2021 foram registrados 183.274 óbitos por pneumonias no Brasil e em 2022 já se registra um total de 128.826 acima dos 69 anos. Silveira; Ferreira e Corrêa (2012), em uma investigação entre critérios de internação e terapêutica, os autores encontraram dados concordantes com as diretrizes, associando desfechos favoráveis do tratamento de pacientes hospitalizados com PAC como fator protetor à menor mortalidade em 30 dias (73,2%).

Bahlis *et al.* (2018) encontraram uma boa capacidade de previsão de mortalidade intra-hospitalar usando os principais escores de gravidade da doença, confusão mental, taxas de ureia, frequência respiratória, pressão arterial e idade > 65 anos (acrônimo CURB-65) e índice de Gravidade de Pneumonia (PSI).

Eshwara; Mukhopadhyay e Rello (2020) citam que no PSI as categorias 4 e 5 compreendem 28,4% dos pacientes hospitalizados, e entre esses pacientes, a mortalidade geral foi de 7,3 e 50,6%, respectivamente. O patógeno mais comum é o *S. pneumoniae* em 29,2%, seguido por patógenos atípicos em 25% e bactérias Gram-negativas (*K. pneumoniae* e *P. aeruginosa*) em 22%. O estudo de Kim *et al.* (2019) demonstrou que o PSI é um fator crucial para avaliar o prognóstico de pacientes com PAC, independentemente da detecção do vírus respiratório.

Existem outros fatores relacionados com uma maior gravidade e mortalidade em pacientes com PAC, como a idade avançada e presença de algumas doenças crônicas, como: DPOC, Diabetes Mellitus (DM) e Insuficiência Cardíaca (IC) (GOMES, 2018).

O maior desafio no manejo da PAC é a dificuldade na identificação do patógeno causador da infecção. Certos microrganismos também são particularmente difíceis de cultivar, exigindo meios de crescimento específicos ou um ambiente particular. Embora possa ser causada por uma grande variedade de microrganismos, os pneumococos atípicos como *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* e certos bastonetes Gram-negativos são também patógenos encontrados, sendo o *Streptococcus Pneumoniae* consagrado como o principal patógeno relacionado à PAC (MANDELL, 2015; WELTE; TORRES; NATHWNI, 2012).

A identificação precoce do agente etiológico, traz um uso mais racional dos antibióticos, com redução das complicações e da mortalidade pela PAC. O atual padrão de diagnóstico é realizado por meio da avaliação microbiológica por hemocultura que geralmente leva pelo menos 48-72 h para fornecer um resultado, fazendo com que pacientes com PAC tenham seu tratamento iniciado empiricamente e, em muitas vezes, com espectro antibiótico mais amplo para aumentar a probabilidade de um organismo patogênico ser adequadamente coberto (GOMES, 2018).

Bahlis *et al.* (2018) observaram uma elevada necessidade de troca de antibióticos (63%) durante a internação. Na maioria das vezes, o tratamento inicial foi realizado com amoxicilina + clavulanato, e a principal alteração observada foi o acréscimo de azitromicina à terapêutica mediante avaliação clínica do médico assistente. A média de duração da hospitalização foi de 7,2 dias, na evolução dos pacientes, 29% necessitaram tratamento em UTI e 15,5% foram a óbito intra-hospitalar.

O tempo de início da antibioticoterapia a partir do diagnóstico da PAC é um grande desafio. Estudos consagraram que a demora no início da antibioticoterapia acima de 4 h eleva o risco de complicações e de morte do paciente. Bahlis *et al.* (2018) demonstraram também em seu estudo o elevado tempo decorrido para o início da antibioticoterapia (média de 10 h), sendo que foram poucos os pacientes que receberam antibióticos nas primeiras 4 h, apenas 19%. Dados alertam para a necessidade de que os hospitais implementem medidas que agilizem a administração da primeira dose de antibiótico nos casos de PAC dentro do serviço de emergência.

5.1.1 Fisiopatologia

Quando os patógenos acessam os alvéolos, os macrófagos alveolares residentes e as proteínas surfactantes (SPs) A e D entram em conflito. As proteínas hidrofílicas SP-A e SP-D pertencem à família das colectinas e apresentam um papel de defesa do hospedeiro, sendo que a SP-A tem se mostrado importante dentre outras funções, no desempenho da estrutura do surfactante em sua porção extracelular, ou seja, na mielina tubular e a SP-D confere relevante função na homeostase do surfactante. Os surfactantes geralmente agem para diminuir a tensão superficial entre dois líquidos ou uma interface líquido-sólido. SP-A e SP-D são glicoproteínas colagenosas que desempenham vários papéis no pulmão. Se essas defesas também não forem bem-sucedidas e o desafio da infecção persistir, a resposta inflamatória do paciente entra em ação e é responsável pela maioria dos sinais e sintomas de pneumonia (MANDELL, 2015).

Se a resposta da citocina pró-inflamatória for excessiva, o processo pode progredir para falência de órgãos e possivelmente choque séptico e até morte. Em casos de infecção grave, vários mediadores inflamatórios, incluindo interleucina 1 (IL-1), fator de necrose tumoral (TNF- α), IL-8 e fator estimulador de colônia de granulócitos, resultam em febre e liberação de neutrófilos devido a sua atração pelo tecido pulmonar (MANDELL, 2015).

Durante o processo pneumônico, ocorrem várias alterações no tecido pulmonar. Inicialmente, há edema causado pela presença de um exsudato proteico nos alvéolos, seguido por uma fase de hepatização vermelha. Isso é causado pela presença de muitas hemácias e é seguido pela fase de hepatização cinzenta na qual as hemácias são lisadas ou degradadas, e os neutrófilos e a deposição de fibrina começam a dominar. Em seguida é a fase de resolução no qual os macrófagos

assumem o controle, os detritos são eliminados e a resposta inflamatória diminui (MANDELL, 2015).

5.1.2 Sintomas Clínicos

Os sintomas da PAC são tosse (60%), febre e um ou mais dos seguintes: expectoração, dispneia (66%) e dor pleurítica (50%), mialgia generalizada, dor de garganta, anorexias, náuseas, vômitos, diarreia e achados focais no exame físico do tórax e manifestações sistêmicas (rebaixamento do nível de consciência - confusão, cefaleia, sudorese, calafrios, cianose e temperatura superior a 37,8°C), os quais são corroborados pela presença de uma opacidade pulmonar nova detectada por radiografia do tórax e ausculta pulmonar compatível com estertores crepitantes (80%) e roncos pulmonares (HIRSCH *et al.*, 2019).

Sendo assim, o diagnóstico de PAC é realizado com a associação da avaliação clínica do paciente com os exames de imagem, como a radiografia de tórax pósterio-anterior e em perfil, que nos permite detectar a gravidade da infecção e suas complicações (METLAY *et al.*, 2019; SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2009).

5.1.3 Diagnóstico Clínico

Geralmente, o diagnóstico de PAC é baseado em achados sugestivos de infecção como febre, calafrios ou aumento da contagem de leucócitos, mais sinais e/ou sintomas localizados no sistema respiratório. Considera-se pneumonia em paciente com evidência radiológica de pneumonia, com pelo menos um dos seguintes sinais ou sintomas: tosse, dor pleurítica, febre >38°C, escarro purulento, frequência respiratória >25 rpm ou ausculta pulmonar compatível (estertores, roncos ou macicez à percussão do tórax) (HIRSCH *et al.*, 2019).

Ocasionalmente, os achados radiográficos podem sugerir um patógeno específico, por exemplo, cavidades do lobo superior com tuberculose e pneumotoceles com *S. aureus*. A sensibilidade e especificidade do exame físico, porém, não é boa com valores de 56 e 67%, respectivamente (MANDELL, 2015).

A PAC pode ser classificada, de acordo com a gravidade da apresentação clínica, em:

- Sem indicação de internação;
- Com indicação de internação, mas não em UTI;
- Com indicação de UTI.

Pneumonia adquirida em ambiente hospitalar pode ser classificada, de acordo com o tempo de permanência hospitalar, em:

- Precoce (até 5 dias de internação);
- Tardia (mais de 5 dias de internação).

5.1.4 Diagnóstico Laboratorial

Dependendo das circunstâncias e gravidade da doença os testes/procedimentos disponíveis para ajudar a identificar os patógenos da PAC devem ser obtidos o mais rápido possível e, em seguida, o tratamento é iniciado.

- Radiografia de Tórax: o diagnóstico de pneumonia traz uma comprovação radiológica, no sentido de diferenciá-la de outros quadros infecciosos do trato respiratório inferior e superior. A radiografia, caso positiva, define ainda a extensão do processo, que se correlaciona com a gravidade do quadro (HIRSCH *et al.*, 2019).

- Teste Escarro: O teste do escarro expectorado tem limitação, pois em algumas séries até 40% dos pacientes podem ser incapazes de produzir uma amostra apropriada (> 25 leucócitos polimorfonucleares e <10 células epiteliais escamosas por campo de baixa potência). Mas, a concordância da bacterioscopia com a cultura do escarro tem um alto valor preditivo (MANDELL, 2015).

- Hemocultura: O rendimento das hemoculturas é surpreendentemente baixo e, em geral, apenas cerca de 7% a 16% das hemoculturas de pacientes hospitalizados são positivas, embora o rendimento tenda a ser maior em casos de pneumonia por *S. aureus*. Devido ao rendimento relativamente baixo e ao baixo impacto nos resultados do tratamento, não são indicadas para todos os pacientes, somente para os pacientes com suspeita de sepse (MANDELL, 2015).

- Sorologia: quando disponível, solicitar sorologia para *Chlamydia*, *Legionella*, *Mycoplasma* e vírus respiratórios. Coletar uma amostra no momento da internação e outra amostra entre 4 e 8 semanas, a fim de se avaliar a soroconversão. Geralmente depende de um aumento (geralmente quatro vezes) no anticorpo imunoglobulina M (IgM) entre amostras de soro de fase aguda e convalescente. São usados com menor

frequência, especialmente para *M. pneumoniae*, devido a problemas de precisão e ao tempo necessário para a obtenção de uma amostra convalescente (HIRSCH et al., 2019; MANDELL, 2015)

- Biomarcadores: Vários biomarcadores foram identificados, embora os dois mais utilizados em casos de pneumonia sejam a procalcitonina (PCT) e a proteína C-reativa. Estes, como outros biomarcadores, são considerados indicativos de inflamação e, como tal, são úteis em certas circunstâncias para o diagnóstico de infecção e para iniciar ou interromper a terapia antimicrobiana. A PCT é produzida como parte da resposta do hospedeiro à infecção bacteriana, mas não viral. Ensaio individuais e a meta-análise Cochrane mostraram que o uso de PCT no manejo da PAC pode resultar em menos uso de antibióticos sem qualquer aumento na mortalidade (MANDELL, 2015).

5.2 Fisioterapia x Dispositivo de Oscilação Oral de Alta Frequência (OOAF)

A fisioterapia respiratória auxilia na recuperação clínica dos pacientes internados a fim de minimizar os efeitos negativos que as internações podem causar. Seus principais objetivos são melhorar a ventilação pulmonar, aumentar a oxigenação, promover a limpeza e a drenagem das secreções, bem como melhorar a resistência e a tolerância à fadiga, melhorar a efetividade da tosse, promover suporte ventilatório adequado às AVD's, além de reduzir sintomas como dor. A fisioterapia também objetiva minimizar a progressão da doença, prevenindo complicações respiratórias, internações em setores intensivos e principalmente redução da mortalidade desses pacientes, com conseqüente contribuição na diminuição do tempo de hospitalização. Com diversas intervenções, o fisioterapeuta tem um papel importante nas doenças que possuem a produção aumentada de secreção brônquica, auxiliando em sua remoção e mobilização por meio de diferentes técnicas, como a drenagem postural, a percussão, a vibração e ou através de dispositivos de depuração das vias aéreas, como a oscilação oral de alta frequência (OOAF) (OLIVEIRA *et al.*, 2018; SUZAN *et al.*, 2015).

Dentre os equipamentos que fornecem a OOAF estão o Flutter® VRP1 e o Shaker®, sendo esses os mais populares, são produzidos com material plástico resistente e apresentam uma forma de pequeno cachimbo, contendo um canal em seu interior. Possuem duas extremidades: uma possuindo uma abertura na peça bucal

e outra angulada, tendo em seu interior um pequeno cone, com a presença de uma esfera de aço inoxidável de alta densidade, sendo coberto por uma tampa com uma série de pequenos orifícios, por onde o fluxo expirado é exalado (Figura 1) (GOMES; SOUZA; ALCÂNTARA, 2014).

O rápido deslocamento da esfera gera uma pressão expiratória positiva (PEP) e uma oscilação vibratória do ar dentro do aparelho, que é transmitida à caixa torácica e às vias aéreas, a PEP produzida evita o colapso precoce das vias aéreas, por proporcionar uma dilatação dos brônquios acima do nível dos bronquíolos periféricos distais, favorecendo a remoção e expectoração das secreções brônquicas. A utilização de um dispositivo OOAF associado a alterações de pressão são capazes de produzir uma frequência semelhante aos movimentos dos cílios pulmonares, facilitando o transporte mucociliar (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Aquino *et al.* (2005) verificaram que o Shaker® apresenta picos de frequência ressonantes mais bem definidos e potências relativas também maiores em toda a faixa analisada de 0 a 100 Hz.

O uso desses dispositivos aliado a terapia respiratória constitui um grande auxiliar na higiene brônquica, sendo usados até mesmo em UTI associados ao ventilador mecânico, como recurso coadjuvante às técnicas manuais de desobstrução brônquica.



Figura 1. Dispositivo de oscilação oral de frequência OOAF Shaker®

Fonte: Próprio Autor.

5.3 Fotobiomodulação (FBM)

A fundamentação da teoria fotoquímica por meio da radiação eletromagnética não ionizante e monocromática, é constatada pela sensibilidade das células à luz, como no laser de baixa intensidade e LED, com ela, a radiação eletromagnética estimula os cromóforos os quais respondem a uma faixa de luz específica. O processo de FBM ocorre pela presença de cromóforos sendo um dos componentes da cadeia respiratória mitocondrial (SANDOVAL-ORTIZ *et al.*, 2001). O potencial de membrana é incrementado pela absorção dos fótons associados ao aumento da produção de ATP na célula, representando um mecanismo fundamental a respeito dos efeitos fotobiomoduladores da luz (ROCHA JUNIOR *et al.*, 2007).

O mecanismo primário de ação da radiação laser de baixa intensidade e LED sob as moléculas fotorreceptoras ocorre por 4 mecanismos diferentes: 1- mudanças no estado de oxigenação – redução dos componentes da cadeia respiratória e aceleração da transferência de elétrons, 2- atividade bioquímica e estrutural pelo aquecimento transitório dos cromóforos, 3- aumento na concentração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), determinando um subsequente aumento de ânion superóxido (O_2^-) e 4- produção de oxigênio molecular (O_2) (SANDOVAL-ORTIZ *et al.*, 2001).

As reações bioquímicas secundárias apresentam ligações à alteração da homeostase celular: potencial hidrogeniônico (pH), concentração de cálcio (Ca^{2+}), adenosina 3',5'- monofosfato cíclico – (AMP cíclico), adenosina trifosfato (ATP), entre outras, com transdução do fotossinal por uma cascata de reações ocorridas no citoplasma (efeitos decorrentes das reações primárias que são amplificados e transmitidos à outras partes da célula conduzindo a efeitos biológicos secundários), determinando mudanças no DNA (Ácido Desoxirribonucleico) e RNA (Ácido Ribonucleico), na taxa de consumo de oxigênio (O_2) e no potencial da membrana (SANDOVAL-ORTIZ *et al.*, 2001; SMITH, 2005).

Na dose e comprimento de onda adequados, a luz ao interagir com as células e tecidos pode induzir funções celulares como a estimulação de linfócitos, a ativação de mastócitos, o aumento na produção de ATP mitocondrial e a proliferação de vários tipos de células, promovendo, assim, efeitos anti-inflamatórios (alterando a produção de citocinas como Interleucina 10 (IL-10), Interferon-gama (INF-g), interleucina 1 (IL-1) e fator de necrose tumoral (TNF- α); indução na produção de prostaglandina e pelos

queratinócitos, levando à diminuição da expressão molecular na superfície das células apresentadoras de antígeno e ação nos receptores de superfície dos queratinócitos e alterando a liberação das moléculas de adesão (ICAM-1)) (SMITH, 2005).

A FBM, proporciona ao organismo uma melhor resposta à inflamação, com conseqüente redução de edema, minimização da sintomatologia dolorosa e bioestimulação celular, apresenta-se como uma alternativa para processos com reação inflamatória, dor e atividade mitótica das células epiteliais e fibroblastos; na estimulação de colágeno e inibição secretora de alguns mediadores químicos, capazes de modificar a densidade capilar e estimular microcirculação local. Em nível vascular, estimula a proliferação das células endoteliais, resultando na formação de numerosos vasos sanguíneos, favorecendo a produção aumentada do tecido de granulação, estimulando o relaxamento da musculatura vascular lisa e contribuindo, assim, para os efeitos analgésicos (MALUF *et al.*, 2006; SMITH, 2005).

Quando a luz, laser de baixa intensidade ou LED, interage com as células e tecidos na dose adequada, certas funções celulares podem ser estimuladas, como a de linfócitos, a ativação de mastócitos, o aumento na produção de ATP mitocondrial promovendo, assim, efeitos anti-inflamatórios (MALUF *et al.*, 2006; PLESSAS, 2014; SMITH, 2005).

Catão (2004) em seu estudo, afirma que a FBM influencia mudanças de caráter metabólico, energético e funcional, uma vez que favorece o aumento da resistência e vitalidade celular, levando os tecidos a um rápido retorno à sua normalidade.

5.3.1 Diodo Emissor de Luz (LED) nas Alterações Pulmonares

A FBM com LED ou laser de baixa intensidade tem sido apontada como ferramenta promissora para o tratamento de doenças pulmonares, sendo que nesse sentido, diversos estudos vem sendo publicados na literatura científica

O estudo pré-clínico de Da Palma-Cruz *et al.* (2019), realizado com LED, 2 e 6 h após a injeção de lipopolissacarídeo, com avaliação dos parâmetros 3 e 7 dias após as injeções, constatou que o tratamento com LED reduziu o influxo de neutrófilos induzidos pela lesão pulmonar por sepse; diminuiu os níveis de interleucina IL-1 β , fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), IL-17^a, e aumentou os níveis de interferon gama (IFN- γ) no líquido de lavagem broncoalveolar (LBA). Além disso, o tratamento com LED aumentou os níveis de ácido ribonucleico mensageiro (mRNA), de IL-10 e IFN- γ , reduziu parcialmente a alta explosão oxidativa e aumentou migração de neutrófilos.

Não foram observadas diferenças na ativação da produção de expressão de fator nuclear kappa B (NF-KB), receptor do tipo Toll 4 (TLR4), edema e muco. Assim, os dados obtidos com o tratamento utilizando LED indicam que a FBM poderia modular o processo inflamatório, favorecendo o restabelecimento da homeostase pulmonar.

A luz que penetra nos tecidos na terapia LED é absorvida pelos cromóforos causando o aumento do metabolismo celular e liberação de substâncias algicas, tais como: histamina, serotonina, bradicinina e prostaglandinas, resultando em ação analgésica e anti-inflamatória, pela produção de beta-endorfinas e controle da produção de prostaglandinas, portanto, pode acarretar a diminuição da intensidade da dor e até causar analgesia (CHAVANTES *et al.*, 2009; GENOVESE, 2000).

De Lima *et al.* (2010) mostraram que a irradiação da pele sobre o brônquio inflamado em lesão pulmonar aguda (LPA), laser vermelho de 660 nm de onda contínua (CW), irradiando uma área de 0,785 cm² por 252 s, que resultou em uma dose de energia de 4,5 J/cm², e administrado 1 h após a indução da inflamação, inibiu o edema pulmonar e diminuiu a inflamação. O tratamento reduziu a ativação e o influxo de neutrófilos, os danos ao citoesqueleto endotelial e a quantidade de TNF- α e IL-1 β no pulmão e no fluido de LBA.

Brochetti *et al.* (2017) induziram fibrose pulmonar em camundongos e, em seguida, trataram os animais com LED vermelho de 660 \pm 20 nm (33 mWcm⁻² de irradiância, energia total 15 J, tempo de irradiação 150 s) diariamente por oito dias, começando no dia 14. Eles descobriram que o tratamento reduziu a produção de colágeno e o número de células inflamatórias nos alvéolos, diminuiu o espessamento intersticial e a elasticidade pulmonar estática e dinâmica. Além disso, as culturas de pneumócitos e fibroblastos obtidos dos animais mostraram regulação negativa de células pró-inflamatórias e depósitos de colágeno nos pulmões.

No estudo de modelo murino de De Brito *et al.* (2020) foram irradiados camundongos com laser de baixa intensidade por via transcutânea (LBIT), seguindo o protocolo de irradiação: comprimento de onda 780 nm (infravermelho próximo), potência 30 mW, dose 1,8 J e fluência 3 Jcm⁻². A área irradiada sobre a pele foi de 0,6 cm² em direção ao brônquio principal, após a fibrose pulmonar induzida por bleomicina. A aplicação do laser foi realizada 1 vez ao dia durante uma semana. Observou-se que LBIT reduziu a inflamação e os depósitos de colágeno nos pulmões de camundongos, diminuiu a regulação das citocinas pró-inflamatórias e regulou

positivamente a secreção de IL-10, de fibroblastos e pneumócitos, além de reduzir significativamente o fator de transformação de crescimento (TGF β) pulmonar total.

O estudo de Siqueira e colaboradores (2017) mostrou que o tratamento com LED em camundongos com asma, comprimento de onda de 660 nm (± 10 nm), potência de 100 mW, exposição radiante de 5 Jcm⁻², irradiância 33,3 mWcm⁻², área 2,8 cm², total energia 15 J, e tempo de irradiação 150 s, reduziu a infiltração de células pulmonares, produção de muco e edema. Esses efeitos podem ser modulados pela IL-10, IFN-gama e mastócitos.

Segundo o estudo de Burduli e Gabueva (2016), realizado em 100 pacientes com PAC, dos quais 70 receberam irradiação intravenosa a laser de baixa intensidade no sangue (ILIB) por meio da técnica ILIB-405 durante 7 dias. Foi avaliada a atividade funcional dos neutrófilos estimada a partir de sua capacidade de reduzir o teste nitroazul tetrazólio (NBT) espontâneo e estimulado. Verificado uma melhora significativa dos resultados dos NBT no grupo de pacientes que receberam os tratamentos com ILIB e considerável normalização da atividade bacteriana dos neutrófilos. Em outro estudo, Gabueva e Burduline (2015) verificaram que a incidência da irradiação intravenosa do sangue por laser no tratamento dos pacientes com PAC foi acompanhada pela normalização do nível de lactoferrina no sangue e melhora do curso clínico da doença.

Burduli e Pilieva (2010) verificaram mudanças na atividade do sistema de proteína C e outros parâmetros hemostáticos sob irradiação ILIB em pacientes com PAC, observou-se que antes do tratamento os pacientes com PAC apresentavam menor atividade do sistema de proteína C e os sinais de hipercoagulação eliminados pelo ILIB.

Lutaï, Egorova e Shutemova (2001) avaliaram a eficiência da FBM (contato deslizando transcutâneo) no tratamento da PAC em pacientes idosos, fazendo o acompanhamento do estado clínico e função respiratória, fluxo sanguíneo pulmonar e parâmetros imunológicos. A ausência de efeitos colaterais desse método permite que a terapia com laser infravermelho seja recomendada para reabilitação de pacientes idosos com pneumonia.

Borisova e Khadartsev (2004) reportaram que a fotobiomodulação induziu a redução dos efeitos colaterais das reações locais ou sistêmicas na asma, a melhora dos indicadores da função respiratória externa (FRE) e hemodinâmica central, alterações imunológicas positivas, melhora da função do córtex adrenal e redução da

sensibilidade específica a alérgenos e hiperreatividade inespecífica. O efeito terapêutico da FBM na asma, segundo os autores Borisova e Khadartsev (2004) e Novozhilova (2007), começa com a resposta das células imunocompetentes. O mecanismo de formação da resposta celular à triagem a laser encontra sua manifestação na fase inicial do processo de desenvolvimento, está associado a alterações na atividade de enzimas, na estrutura das membranas plasmáticas e inclui as seguintes etapas: rearranjos de membranas moleculares e reduções no fator de saturação de colesterol e ácidos graxos, aumentando a proporção de fosfolipídios e reduzindo a microviscosidade da membrana com modificação funcional e alterações nas interações lipídicas-proteínas, aumento do potencial transmembranar, modificação funcional das células, e aumento do índice fagocítico e contagem de neutrófilos.

O estudo de Moskvin e Khadartsev (2020) demonstrou que a exposição ao LLLT em vários modos permite um aumento extremamente eficaz na deformabilidade das membranas dos eritrócitos através de seu rearranjo estrutural. Ao mesmo tempo, mais de 90% dos eritrócitos com morfologia disfuncional restauraram sua forma discóide normal, o que permite a redução do nível de hipóxia. Verificaram que pacientes com asma atópica, moderada e grave demonstraram dinâmica positiva no curso da doença: com redução do número de sintomas noturnos, minimização da dispnéia, a tosse produtiva desapareceu, ausculta pulmonar foi normalizada e redução da dose de glicocorticosteróides ou interrupção, aumentando a sensibilidade a outros medicamentos, redução das internações (10,7%), e diminuição do tempo de permanência hospitalar dos pacientes em média em 2,91 dias.

6. METODOLOGIA

6.1 Aspectos Éticos

Este estudo foi realizado de acordo com os princípios da Declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá (FEPI) sob o número do parecer da plataforma Brasil: 3.154.473 (2019/02/19), e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) sob Número (UTN) U1111-1229-1296 (2019/06/05). Os pacientes que concordaram em participar do estudo assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início do tratamento.

6.2 Tipo de Estudo

Este foi um ensaio clínico, prospectivo, descritivo longitudinal e cego.

6.3 Local do Estudo e Amostra

A pesquisa foi realizada na Clínica Médica da Santa Casa de Misericórdia de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

6.4 Critérios de inclusão e não Inclusão

Os critérios de inclusão foram: idade entre 51 e 81 anos; ambos os sexos; diagnóstico clínico de PAC (*Streptococcus pneumoniae*), em tratamento convencional de fisioterapia respiratória, em oxigenoterapia até 1 L/min O₂ e em tratamento com antibióticos (azitromicina, cefalosporinas, fluoroquinolonas), realizados de acordo com protocolos clínicos adotados pelo hospital.

Não foram incluídos no estudo os pacientes internados por mais de 2 dias nos últimos 90 dias (pneumonia hospitalar) (5 pacientes), pacientes com alterações pleurais, traqueostomizados (1 paciente), com índice de massa corporal (IMC) >29,9 kgm⁻² (4 pacientes), que apresentavam neoplasias (1 paciente) e história de fotossensibilidade (1 paciente).

6.5 Atribuição de Grupo

Trinta pacientes em tratamento de PAC foram selecionados para participar do estudo, e distribuídos aleatoriamente em dois grupos: grupo controle não irradiado (CON), composto por 15 pacientes que receberam tratamento convencional, com o colete de LED desligado (placebo); e o grupo irradiado (LED), composto por 15 pacientes tratados com terapia convencional associada ao tratamento com LED infravermelho em 940 nm. Todas os atendimentos foram realizados diariamente no mesmo período do dia pela pesquisadora. Após os 7 dias de tratamento FBM ou placebo todos os pacientes continuaram com terapia convencional até a obtenção da alta hospitalar.

A variáveis primárias do estudo foram: função pulmonar, força muscular respiratória e ausculta pulmonar, sendo as secundárias: SpO₂, dados hematológicos, e tempo de internação.

A Figura 2 apresenta o fluxograma da distribuição da coorte e os estágios do protocolo experimental.

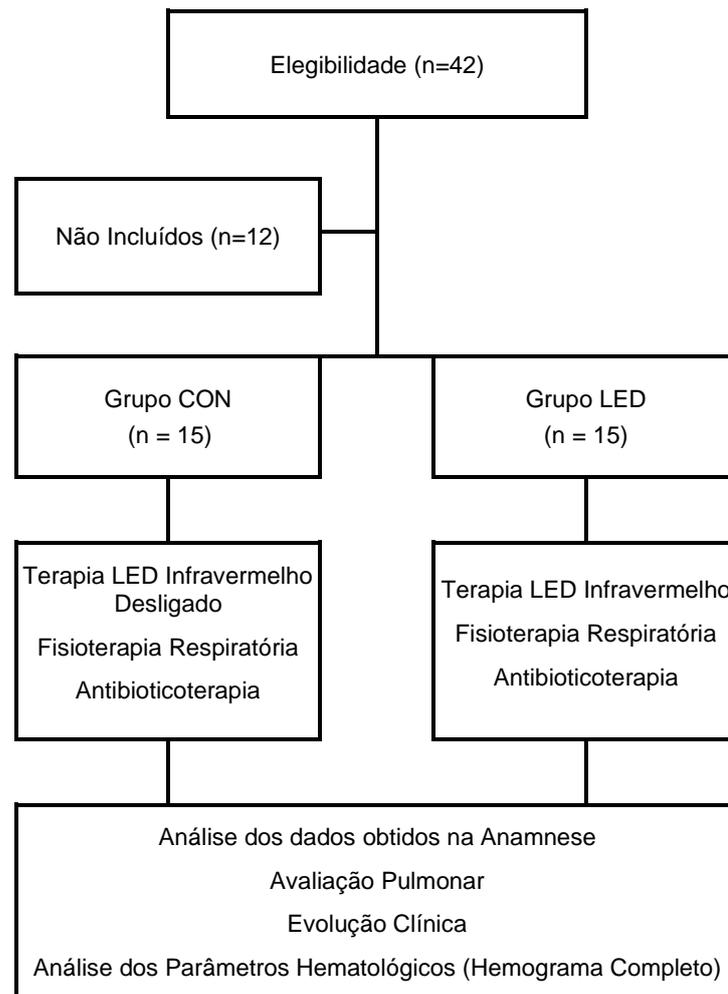


Figura 2 Fluxograma mostrando a distribuição da coorte e os estágios do protocolo experimental.

6.6 Protocolo convencional de tratamento da PAC

Todos os pacientes incluídos no estudo receberam antibioticoterapia com 500 mg de cloridrato de azitromicina (Laboratory MedQuímica, Juiz de Fora, Brasil) e 1 g de ceftriaxona sódica (Eurofarma, São Paulo, Brasil), associada à fisioterapia respiratória para higiene brônquica, utilizando dispositivo de oscilação oral de frequência (OOAF, Shaker, NCS, São Paulo, Brasil), com frequência de até 100 Hz. A fisioterapia respiratória com o aparelho OOAF foi realizada diariamente antes do uso do colete de LED durante os 7 dias de tratamento, e realizado em três ciclos de 10 repetições cada, com intervalo de 1 min entre os ciclos.

6.7 Protocolo de Terapia LED da PAC

O sistema de irradiação com LEDs consistiu em um conjunto de 300 LEDs infravermelhos (940 nm, GaAIAs, Multi-Quantum Well (MQW)), sendo cada componente em encapsulamento comum com diâmetro de 5 mm, banda espectral de 30 nm e uma superfície esférica na extremidade, pela qual foi emitido um feixe de luz infravermelha de geometria cilíndrica cônica com um ângulo de 25°, modelo TSAL6400 (Vishay Semiconductors). Os LEDs foram dispostos em uma distribuição tipo rede espaçados em 2 cm x 4 cm e posicionados nas regiões torácica anterior e abdominal do corpo através de um colete medindo 36 cm x 58 cm, com uma área total de 2088 cm² (Figuras 3, 4 e 5). O sistema LED foi construído em nosso próprio laboratório. Os pacientes foram irradiados por 15 min, um atendimento por dia imediatamente após a fisioterapia respiratória e por 7 dias consecutivos. Os parâmetros do sistema LED foram: potência óptica total de 6 W; densidade de potência de 2,9 mWcm⁻²; e densidade de energia, de 2,6 Jcm⁻², representando uma energia óptica total de 5,4 kJ durante os 900 s de irradiação.



Figura 3. Protocolo de LED-terapia: **(A)** Colete óptico para FBM na PAC com 300 LEDs em 940 nm; **(B)** Paciente vestindo o colete durante o processo de irradiação.

Fonte: Próprio Autor.

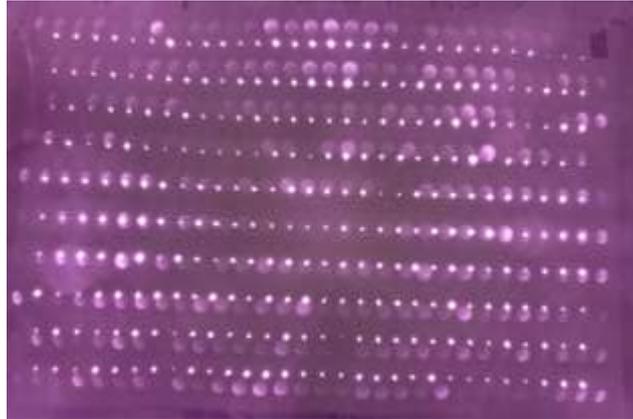


Figura 4. Colete de LEDs ligado emitindo radiação infravermelha.

Fonte: Próprio Autor.



Figura 5. Equipamento de controle do tempo de irradiação do paciente.

Fonte: Próprio Autor.

Para os atendimentos o colete foi revestido com uma película plástica para facilitar a sua higienização e impermeabilização, buscando eliminar contaminação cruzada entre pacientes. Não houveram queixas dos pacientes de aquecimento na região coberta pelo colete.

6.8 Protocolo de Avaliação

A avaliação realizada após a internação do paciente no setor de Clínica Médica da Santa Casa de Misericórdia de Itajubá, consistiu em uma ficha de anamnese com informações de dados pessoais (nome, sexo, peso, altura, idade, estado civil), avaliação clínica do paciente e classificação do Índice de Severidade da Pneumonia (PSI). Além disso, uma análise hematológica foi realizada por meio da avaliação do hemograma completo, que incluiu a contagem dos eritrócitos, determinação da

concentração de hemoglobina e hematócrito, leucócitos (ou série de glóbulos brancos) e contagem de plaquetas. O teste foi realizado pelo Laboratório de Análises Clínicas do *Syrius Medical Group* utilizando um modelo automatizado XS-800i (Sysmed, Curitiba, Brasil). O hemograma dos pacientes de ambos os grupos foi avaliado na internação e repetido após o sétimo dia de tratamento.

Índice de Severidade da Pneumonia (*Pneumonia Severity Index* – PSI)

O escore PSI abrange 20 variáveis que incluem características demográficas, doenças associadas, alterações laboratoriais, alterações radiológicas e achados ao exame físico.

As variáveis demográficas incluídas no escore são: idade (soma-se a idade do paciente), sexo (se sexo feminino, se subtraem 10 pontos) e procedência de instituição de saúde (se paciente institucionalizado, somam-se 10 pontos).

As doenças associadas são: neoplasia (somam-se 30 pontos), doença hepática (somam-se 10 pontos), insuficiência cardíaca congestiva (somam-se 10 pontos), doença cérebro vascular (somam-se 10 pontos) e doença renal (somam-se 10 pontos).

As alterações laboratoriais e radiológicas incluídas são: pH <7,35 (somam-se 30 pontos), ureia > 65 mg/dL (somam-se 20 pontos), sódio > 250 mg/dL (somam-se 10 pontos), hematócrito < 30% (somam-se 10 pontos), SpO₂ < 60 mmHg (somam-se 10 pontos), presença de derrame pleural (somam-se 10 pontos).

As alterações de exame físico incluídas no escore são: alteração do estado mental (somam-se 20 pontos), frequência respiratória > 30 rpm (somam-se 20 pontos), pressão arterial sistólica < 90 mmHg (somam-se 20 pontos), temperatura axilar 40°C (somam-se 15 pontos) e frequência cardíaca > 124 bpm (somam-se 10 pontos) (PATEL, 2021).

A pontuação das variáveis encontradas permite estratificar a severidade em cinco classes, baseadas no risco de morte, sugerindo também a necessidade de hospitalização, representadas na Tabela 1.

Tabela 1. Estratificação do Índice de Severidade da Pneumonia – PSI

Classe	Pontuação	Mortalidade	Tratamento
Classe I	sem pontuação	0,1%	Ambulatorial
Classe II	<71 pontos	0,6%	Ambulatorial
Classe III	71 a 90 pontos	2,8%	Ambulatorial ou hospitalização breve
Classe IV	91-130 pontos	8,2%	Hospitalização
Classe V	>130 pontos	29,2%	Hospitalização

Fonte: PATEL (2021).

Ventilometria

A avaliação da ventilometria foi realizada por meio de um ventilômetro Mark Wright 8® (AAMED – Comércio de Equipamentos - Campo Belo - São Paulo, Brasil) com colocação de clipe oral e nasal, solicitando que o paciente inspirasse e expirasse relaxadamente, avaliando o volume de ar que entrava e saía dos pulmões a cada ciclo respiratório, classificado como volume corrente VC (mL).

Pressão Inspiratória Máxima

A pressão inspiratória máxima (PIM) foi medida pelo *Spire*® (Murena's Produtos para a Saúde Ltda-Me-Progresso, Juiz de Fora MG, Brasil). Durante o teste, os pacientes permaneceram sentados com as narinas ocluídas por um clipe nasal e o próprio indivíduo segurou firmemente o bocal contra os lábios, evitando vazamento de ar. O paciente foi instruído a realizar uma expiração máxima e, em seguida, foi dado um comando verbal para ele realizar um esforço inspiratório máximo sustentado por pelo menos 2 s. A PIM é medida durante o esforço iniciado a partir do volume residual (VR) em cmH₂O. Foram realizadas pelo menos três medidas satisfatórias de cada pressão, ou seja, sem vazamento de ar pela boca ou nariz e com valores próximos entre si, sendo considerado o maior valor obtido (Figura 6).

Pressão Expiratória Máxima

A pressão expiratória máxima (PEM) também foi medida com o *Spire*® (Murena's Produtos para a Saúde Ltda-Me-Progresso, Juiz de Fora MG, Brasil). A PEM foi obtida a partir da Capacidade Pulmonar Total (CPT), na qual ao paciente se solicitou inspiração máxima antes do esforço expiratório máximo, com suporte mínimo

de 2 s; foi medido em cmH₂O. Foram realizadas pelo menos três medidas satisfatórias de cada pressão seguindo o mesmo protocolo da PIM, sendo considerado o maior valor obtido (Figura 6).



Figura 6. Avaliação da Pressão Inspiratória Máxima (esquerda) e Pressão Expiratória Máxima (direita), medidas pelo Manovacuometro Spire®.

Fonte: Próprio Autor.

Monitoramento de Sinais Vitais

Frequência respiratória

O valor normal em adultos da frequência respiratória (FR) é de 12 a 20 respirações por minuto. O teste foi realizado por meio de um ventilômetro Mark Wright 8® (AAMED – Comércio de Equipamentos - Campo Belo - São Paulo, Brasil), com colocação de cliques orais e nasais, solicitando que o paciente inspirasse e expirasse relaxadamente por 1 min.

Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) é o número de vezes que o coração bate por minuto. Em repouso, os valores normais da FC variam de 60 a 100 bpm. Um oxímetro modelo SB1000® (*Medical Rossmax, Taiwan*) foi usado para avaliar a frequência cardíaca.

Pressão arterial sistêmica

A pressão arterial sistêmica (PAS) é a pressão com que o coração bombeia o sangue através dos vasos, sendo determinada pelo resultado do produto: débito

cardíaco x resistência vascular periférica. Existem duas pressões: a máxima, ou sistólica, que é quando o coração se contrai, e a mínima, ou diastólica, que é quando o coração se dilata. A pressão arterial sistêmica é avaliada por um manômetro analógico calibrado da marca BIC® (Manaus, Brasil), certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) do Brasil, e um estetoscópio *Littman Lightweight™* (Modelo 2454, fabricante 3M, Nova Vezena – SP, Brasil). Os valores de normalidade para a pressão arterial sistêmica são sistólica <120 mmHg e diastólica >90 mmHg.

Oximetria de pulso

O nível de oxigênio medido com um oxímetro é chamado de nível de saturação de oxigênio (SaO_2), que é a porcentagem de oxigênio que o sangue está transportando, comparado ao máximo de sua capacidade de carga. A saturação da oxiemoglobina é medida pela oximetria periférica de pulso pelo Rossmax® (SpO_2) (Figura 7), com valor de normalidade entre 90-100%.



Figura 7. Saturação da Oxiemoglobina medida pela oximetria periférica de pulso Rossmax® (SpO_2).

Fonte: Próprio Autor.

Auscultação Pulmonar

A avaliação dos sons pulmonares foi feita pelo estetoscópio *Littman Lightweight™* (Modelo 2454, fabricante 3M, Nova Vezena – SP, Brasil), os sons são alterados em sua frequência e intensidade. Foi realizada na região anterior do tórax

simetricamente nos seguintes focos: dois dedos abaixo da clavícula, medialmente ao osso esterno e lateralmente às últimas costelas

Função Pulmonar

Para a realização da espirometria estática utilizou-se um espirômetro da marca Contec SP-10 (Figura 8), pediu-se para o paciente realizar manobra respiratória denominada Capacidade Vital Lenta (CVL), a qual consiste em inspirações e expirações lentas (em nível de VC) e, em seguida, uma inspiração máxima possível, seguida de uma expiração máxima possível a fim de avaliar:

- Volume expiratório forçado em 1s (VEF₁): volume de ar exalado no primeiro segundo a partir do ponto de máxima inspiração (mL).

- VEF₁/CVF₁: razão entre o volume expiratório forçado e CVF no intervalo de um segundo.

Nas anormalidades de padrão restritivo como nas pneumonias observam-se alterações de redução de todos os volumes pulmonares, sem necessariamente diminuição de fluxo, especialmente da razão VEF/CVF. O volume que melhor indica uma restrição é a CVF diminuída.



Figura 8. Espirômetro Contec SP-10 para avaliação das VEF₁ e CVF.

Fonte: Próprio Autor.

6.9 Análise Estatística

A análise estatística para os dados de Idade, IMC, e PSI foi feita pelo teste de *Student "t"* bicaudal, paramétrico e não pareado. Para o parâmetro sexo foi usado o teste exato de Fisher. A normalidade estatística dos dados cardiopulmonares e hematológicos foi verificada pelo teste de normalidade Kolmogorov–Smirnov para

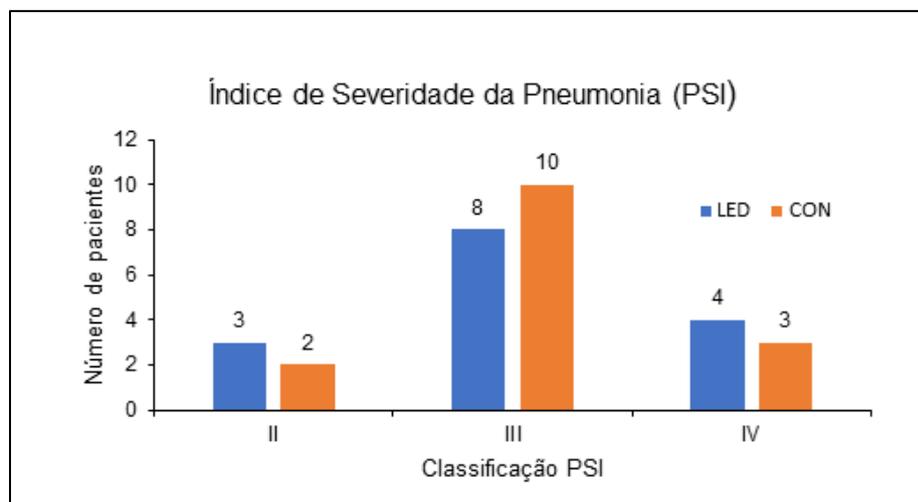
ambos os grupos. Um teste t pareado paramétrico bicaudal foi usado para análise intragrupo dos dados antes e após o tratamento de cada grupo; enquanto a análise estatística intergrupos foi feita por meio do teste Anova one-way bicaudal e paramétrico, seguido de pós-teste de Tukey de comparações múltiplas. Prism 8.0 (GraphPad Software Inc., La Jolla, CA, EUA) foi utilizado para as análises intra e intergrupos com $\alpha = 0,05$. Os dados são expressos como a Média \pm DP (desvio padrão).

7. RESULTADOS

O estudo de coorte foi composto por 12 mulheres e 18 homens divididos nos grupos LED e CON. Sendo o grupo LED composto por 7 homens e 8 mulheres e o grupo CON com 11 homens e 4 mulheres, não apresentando diferença estatística significativa de sexo entre os grupos, $p=0,26$.

A idade dos pacientes mostrou Média (DP) de 66,8 (6,9) anos para grupo LED e 71,3 (8,4) anos para o grupo CON, $p=0,12$. No ato de internação dos pacientes não foi encontrada diferença significativa entre os dois grupos quanto ao IMC (kg/m^2), no grupo LED 24,1 (3,6) e no grupo CON 25,7 (7,9), $p=0,34$, e PSI no grupo LED 81,8 (10,9) e no grupo CON 85,1 (12,6) com $p=0,45$.

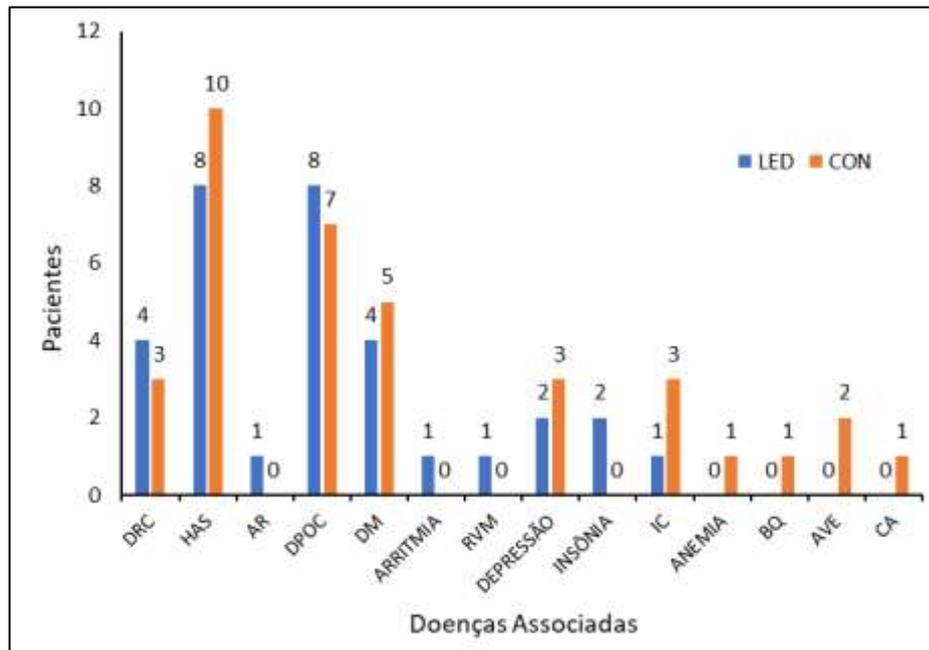
A análise estatística mostra que os grupos são homogêneos no que respeita a idade, sexo, e no pré-tratamento, IMC e PSI. A média do PSI é o grau III, e o número de pacientes em cada grau e grupo é demonstrado no Gráfico 1.



Amostra: N=30 pacientes. Teste: *Student "t"* bicaudal, paramétrico e não pareado

Gráfico 1. Índice de Severidade da Pneumonia (PSI): número de pacientes em cada classe e grupo.

As comorbidades dos pacientes foram listadas e demonstradas no Gráfico 2. Algumas doenças que possuem risco aumentado para PAC, como: DPOC, Diabetes Mellitus (DM), e Insuficiência Cardíaca (IC), foram encontradas no presente estudo.



Amostra N=30 pacientes; Comorbidades associadas: DRC: Doença Renal Crônica, HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica, DPOC: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, DM: Diabetes Mellitus, RVM: Revascularização do Miocárdico, IC: Insuficiência Cardíaca, BQ: Bronquiectasia, AVE: Acidente Vascular Encefálico, CA: Câncer.

Gráfico 2. Comorbidades associadas dos pacientes.

Vários testes pulmonares foram realizados para uma análise minuciosa da evolução de ambos os tratamentos, o convencional ou adjunto à irradiação LED. Foram realizados testes que compreenderam: teste de função pulmonar (espirometria) composta pelo VEF1 (volume expiratório forçado no 1º segundo, mL), CVF (capacidade vital forçada, %) e VC (volume corrente, mL), análise da saturação parcial de oxigênio SpO₂ (%), força muscular respiratória composta pela pressão inspiratória máxima PIM (cmH₂O) e pressão expiratória máxima PEM (cmH₂O), Frequência Respiratória FR (rpm), e as funções cardiológicas como: Frequência Cardíaca FC (bpm); Pressão Arterial Sistólica PAS (mmHg) e Pressão Arterial Diastólica PAD (mmHg).

A normalidade estatística de todos os dados de avaliação das funções pulmonares e cardíacas foi comprovada. A Tabela 2 demonstra os resultados das avaliações das funções pulmonares e cardíacas dos grupos LED e CON, pré e pós-tratamento (média e DP), e os correspondentes valores de p de significância das análises estatísticas intragrupo LED e CON, e intergrupo de pós-tratamento do grupo LED vs. grupo CON.

Observa-se da análise intragrupo que ambos os tratamentos são eficazes na melhora das funções cardiopulmonares, ainda que em diferentes intensidades. A análise intergrupo das avaliações de ambos os grupos, após o tratamento, mostra uma melhora estatisticamente significativa nas funções pulmonares com o tratamento com irradiação LED em comparação com o convencional para SpO₂, PIM e CVF (p<0,001) e em menor grau para a PEM (p<0,05). A análise estatística não mostra diferenças significativas entre os dois tratamentos para as funções cardíacas dos pacientes.

As avaliações das funções CVF% e PIM para os grupos LED e CON, antes e após os tratamentos, são demonstradas nos gráficos 3 e 4, assim como a análise estatística intergrupo.

Tabela 2. Avaliações das funções pulmonares e cardíacas dos grupos LED e CON, Média (DP): análises estatísticas intragrupo e intergrupos.

Funções pulmonares e cardíacas	LED			CON			p ^{†††}
	Pré	Pós	p [†]	Pré	Pós	p ^{††}	
SpO ₂ %	88,3 (2,6)	98,1 (1,1)	***	88,9 (1,5)	94,9 (1,3)	***	***
FR (rpm)	20,5 (1,8)	13,7 (2,3)	***	20,8 (2,9)	15,3 (2,4)	***	ns
FC (bpm)	86,3 (14,2)	71,7 (7,3)	**	87,9 (16,9)	77,1 (9,4)	*	ns
CVF%	62,6 (9,5)	80,7 (7,2)	***	53,9 (5,0)	63,3 (7,7)	***	***
VEF1 (mL)	70,5 (10,0)	78,0 (11,1)	**	70,8 (6,5)	75,9 (5,7)	**	ns
PIM (cmH ₂ O)	-40,5 (13,7)	-65,3 (14,8)	***	-35,0 (8,0)	-44,0 (6,9)	***	***
PEM (cmH ₂ O)	49,5 (19,9)	71,9 (13,7)	***	50,5 (13,0)	57,7 (9,8)	***	*
VC (mL)	268,9 (57,0)	330,7 (52,2)	***	324,4 (84,7)	364,7 (79,6)	***	ns
PFE (L/min)	338,7 (88,7)	415,5 (67,6)	***	320,1 (39,7)	361,4 (36,8)	***	ns
PAS (mmHg)	141,3 (20,7)	118,1 (11,7)	***	129,3 (16,2)	123,6 (12,63)	***	ns
PAD (mmHg)	84,1 (12,6)	76,8 (7,3)	***	81,3 (13,0)	79,3 (8,8)	***	ns

Amostra: N=30. Testes: intragrupo – t Student pareado, paramétrico e bicaudal; intergrupo - ANOVA one-way bicaudal e paramétrico, seguido de pós-teste de Tukey de comparações múltiplas.

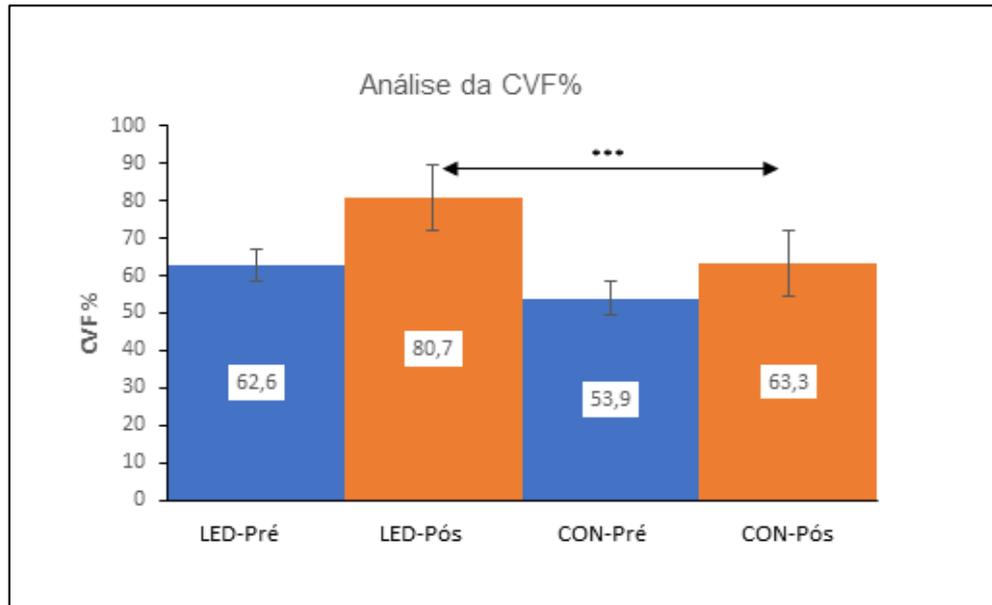
Pré: pré-tratamento, Pós: pós-tratamento.

p[†]: intragrupo LED pós-tratamento vs. LED pré-tratamento.

p^{††}: intragrupo CON pós-tratamento vs. CON pré-tratamento.

p^{†††}: intergrupo LED pós-tratamento vs. CON pós-tratamento.

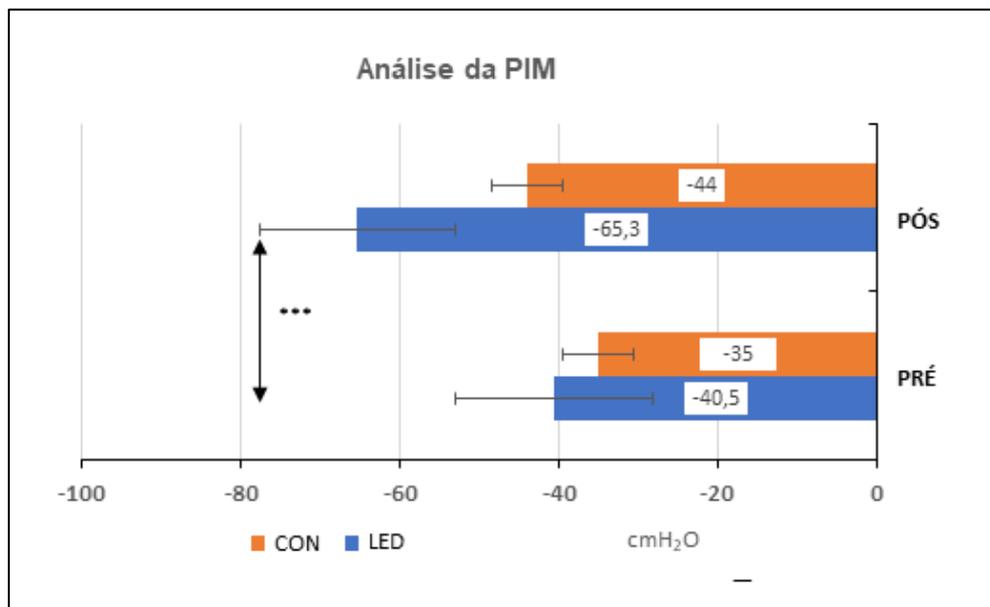
*p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; ns: diferença não significativa.



Amostra: N=30. Teste: ANOVA one-way bicaudal e paramétrico, seguido de pós-teste de Tukey de comparações múltiplas.

*** $p < 0,001$, LED pós-tratamento vs CON pós-tratamento

Gráfico 3. Análise da CVF% dos grupos LED e CON, antes e após o tratamento.

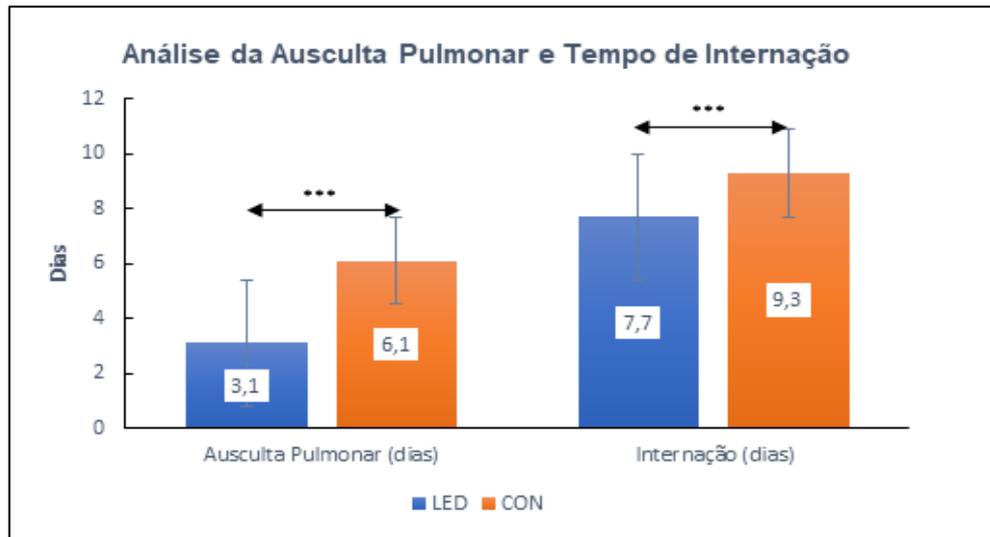


Amostra: N=30. Teste: ANOVA one-way bicaudal e paramétrico, seguido de pós-teste de Tukey de comparações múltiplas.

*** $p < 0,001$, LED pós-tratamento vs CON pós-tratamento

Gráfico 4. Análise da PIM dos grupos LED e CON, antes e após o tratamento.

Na ausculta pulmonar é observada uma melhora significativa dos ruídos adventícios auscultados em dias, em relação aos pacientes do grupo CON ($p < 0,001$), conforme o mostrado no Gráfico 5. Na descrição do tempo de internação (Gráfico 5) também é observada uma diferença estatística significativa do grupo LED em comparação ao grupo CON ($p < 0,001$).



Amostra: N=30. Teste: *Student* "t" bicaudal, paramétrico e não pareado
Significância Estatística: Ausculta Pulmonar *** $p < 0,001$, Internação *** $p < 0,001$.

Gráfico 5. Ausculta pulmonar e tempo de internação (dias) dos grupos LED e CON.

A análise hematológica foi realizada por meio de hemograma completo antes e após o tratamento. Foram avaliados 7 componentes hematológicos: eritrócitos, hematócritos, hemoglobina, leucócitos, plaquetas, linfócitos típicos e proteína C. A Tabela 3 resume os valores dos 7 componentes hematológicos dos grupos LED e CON antes e após o tratamento (média e DP). Os dados de eritrócitos, leucócitos e plaquetas são expressos em contagem/mm³, e as concentrações de hemoglobina e hematócrito estão em mg/dL e %, respectivamente. A Tabela 3 também incorpora os valores do grau de significância p obtidos das análises estatísticas intragrupo LED e CON, e intergrupos de ambos os grupos pós-tratamento.

Como efeito de cada tratamento no hemograma, encontra-se uma melhora estatística significativa do grupo LED versus grupo CON para eritrócitos e linfócitos típicos ($p < 0,01$), hemoglobina e leucócitos ($p < 0,05$). Nenhuma diferença entre os tratamentos foi observada para a série de hematócritos, plaquetas e proteínas C.

Tabela 3. Avaliações dos componentes hematológicos dos grupos LED e CON, Média (DP): análises estatísticas intragrupo e intergrupos

Componentes hematológicos	LED			CON			p ^{†††}
	Pré	Pós	p [†]	Pré	Pós	p ^{††}	
Eritrócitos (10 ⁶ mm ⁻³)	3,51 (0,66)	5,54 (0,95)	***	3,70 (0,72)	4,53 (0,63)	***	**
HB (mg/dL)	11,54 (2,28)	14,61 (1,31)	***	10,47 (2,86)	12,34 (1,52)	**	*
Ht (%)	32,60 (6,13)	39,14 (3,36)	***	34,99 (5,79)	37,45 (3,85)	*	ns
Leucócitos (mm ⁻³)	14,76 (3,61)	6,48 (3,18)	***	14,79 (2,71)	8,76 (3,19)	***	*
Plaquetas (Mm ⁻³)	271,5 (70,6)	327,8 (77,1)	***	239,2 (99,5)	288,4 (101,7)	***	ns
Proteína C	24,13 (5,77)	6,27 (6,39)	***	21,93 (5,24)	5,93 (2,19)	***	ns
Linfócitos Típicos (%)	40,07 (3,1)	31,53 (3,6)	***	40,53 (3,8)	36,40 (2,4)	***	**

Amostra: N=30. Testes: intragrupo – t Student pareado, paramétrico e bicaudal; intergrupo - ANOVA one-way bicaudal e paramétrico, seguido de pós-teste de Tukey de comparações múltiplas.

Pré: pré-tratamento, Pós: pós-tratamento.

p[†]: intragrupo LED pós-tratamento vs. LED pré-tratamento.

p^{††}: intragrupo CON pós-tratamento vs. CON pré-tratamento.

p^{†††}: intergrupo LED pós-tratamento vs. CON pós-tratamento.

*p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; ns: diferença não significativa.

8. DISCUSSÃO

As pneumonias fazem parte do rol de condições sensíveis à atenção ambulatorial, adequadamente tratadas nos serviços de atenção primária, e que não deveriam evoluir para internação.

Este ensaio clínico demonstrou os efeitos benéficos da FBM nos pacientes internados para tratamento de PAC, os resultados sugerem melhora dos estados pulmonar e clínico, redução dos sintomas e da permanência hospitalar (9,3 vs 7,3 dias) ($p < 0,001$) e, agilizar o processo de recuperação do tecido pulmonar. Esses resultados são corroborados pelos trabalhos de outros pesquisadores (DA CUNHA MORAES *et al.*, 2018; DA PALMA-CRUZ *et al.*, 2019; DE BRITO *et al.*, 2020; LEUNG *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2022).

De acordo com o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), do Ministério da Saúde, foram registradas 25.917 internações por pneumonia no Brasil em agosto de 2021. Segundo Eshwara, Mukhopadhyay e Rello (2020) a taxa de letalidade varia de 2 a 20%, atingindo até 50% em pacientes internados em UTI's, variando entre os ambientes de saúde, região geográfica e categorias de pacientes.

Várias comorbidades colocam os pacientes em risco aumentado para PAC, mas os dados sugerem que o risco varia de acordo com a condição clínica. Em nosso estudo, houve a predominância da patologia DPOC, além da HAS e da DM. O maior risco para PAC parece ser para pacientes com DPOC, com uma incidência anual de 5.794 por 100.000 adultos, como relatado no estudo de Eshwara; Mukhopadhyay e Rello (2020).

Dados clínicos sugerem que a pneumonia pode causar dispneia em cerca de metade dos pacientes (LIU, 2020). Um terço dos pacientes pode desenvolver a Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA) e necessitar de internação em uma UTI. Verificado nesse estudo, a conduta aplicada proporcionou uma redução do uso de O₂ nos pacientes e melhora dos sintomas de dispneia.

No presente estudo, as respostas ao tratamento após irradiação de LED foram apoiadas por achados nos índices para o prognóstico de PAC, o PSI mostrou evidências de melhora do estado clínico dos pacientes. Torres *et al.* (2019) descrevem que o PSI é um dos sistemas de prognósticos mais utilizados, que são bons na previsão de mortalidade em pacientes com PAC, mas que caracterizam uma correlação fraca entre o risco de mortalidade e a necessidade de internação na UTI.

A administração de antibióticos foi usada em todos os pacientes, a literatura descreve que a adesão às vias clínicas é recomendada para combater a resistência antimicrobiana na PAC (PICKENS; WUNDERINK, 2019). Essas vias são geralmente uma abordagem algorítmica passo a passo para o início da administração do antibiótico, descalonamento (estreitamento do espectro antimicrobiano orientado pela suscetibilidade do patógeno, diminuindo as possibilidades de gerar resistência bacteriana) e duração da terapia. A adesão às diretrizes da PAC geralmente demonstrou melhorar os resultados e reduzir a resistência aos patógenos (ASADI *et al.*, 2013).

Faltam evidências confiáveis para o uso de antibióticos ideais, conforme destacado em uma revisão de antibioticoterapia para adultos hospitalizados com PAC (LEE *et al.*, 2016). O tratamento com betalactâmicos e macrolídeos, ou fluoroquinolona dentro de 4-8 h da admissão foi associado a menor mortalidade a curto prazo, mas essa conclusão foi extraída de apenas 18 estudos não confiáveis, predominantemente observacionais (HADFIELD; BENNETT, 2018). Ensaio de controle randomizados e não comerciais em larga escala são necessários para determinar o melhor tratamento antibioticoterapia da PAC. Visto neste estudo, a associação da terapia LED e a convencional (antibioticoterapia e fisioterapia respiratória), o LED minimizou o tempo de sintomas e hospitalização dos pacientes do que somente o uso da terapia convencional.

A recuperação clínica total dos pacientes tratados com LED foi de 7,7 dias, enquanto o tempo médio para os pacientes internados no grupo CON foi de 9,3 dias, evidenciando uma redução no tempo de internação dos pacientes no tratamento com LED.

A FBM reduz a inflamação, tempestade de citocinas e patologia pulmonar, e pode ser facilmente aplicada em pacientes à baixo custo como verificado em pacientes com COVID-19 (PEREIRA *et al.*, 2023; VETRICI *et al.*, 2021). Da Silva Sergio *et al.* (2018) mostraram os efeitos anti-inflamatórios da FBM, com as reduções do edema pulmonar, citocinas no LBA, influxo de neutrófilos, atividade da mieloperoxidase (MPO) e danos ao citoesqueleto endotelial, colaborando com a melhora clínica dos pacientes com lesão pulmonar.

Foi evidenciado no presente estudo uma melhora da função pulmonar nos testes realizados nos pacientes tratados com LED em relação ao grupo CON, a CVF apresentou melhora significativa de 62% para 80%. No estudo realizado pelo nosso

grupo Pereira *et al.*, (2023) e Sigman *et al.* (2020) no tratamento FBM de pacientes com COVID-19, a saturação parcial de oxigênio também apresentou aumento significativo ($p < 0,001$) de (94% para 100%) nos primeiros 5 min de irradiação, sendo que os pacientes mantiveram boa saturação dentro dos valores de normalidade. Vetrici *et al.*, (2021) relataram que os pacientes com COVID-19 tratados com LED e os pacientes do grupo controle mostraram flutuações em sua função pulmonar; no entanto, os pacientes FBM nunca necessitaram de admissão na UTI ou ventilação mecânica, todos os pacientes com FBM recuperaram sua condição clínica e não precisaram de suplementação de oxigênio ao longo do tratamento. No presente estudo não foram percebidas oscilações na função pulmonar, tendo resultados positivos e estatisticamente significativos nos testes avaliados.

No presente estudo, a SpO_2 obteve uma melhora significativa após a FBM de 88% para 98,1% ($p < 0,001$), conforme detectado pela oximetria de pulso, assim como observado no estudo de Vetrici *et al.* (2021), cujo aumento ocorreu dentro de 5–10 min de FBM com SpO_2 aumentando de 93–94% para 98–100%.

Este estudo evidencia melhora significativa na força muscular inspiratória (PIM) ($p < 0,001$) e força muscular expiratória (PEM) ($p < 0,05$) corroborando com o estudo de Pereira *et al.* (2023), com protocolo utilizando colete de LED para tratamento de COVID-19, com potência óptica total de 6 W e densidade de potência média de 2,9 $mWcm^{-2}$, correspondendo a 5,4 kJ de energia óptica total durante os 900 s de irradiação, durante 7 dias, e com o estudo de De Marchi *et al.* (2021) que utilizaram uma sonda cluster com 20 diodos, que incluiu 4 diodos superpulsados de 905 nm (potência média de 1,25 mW, densidade de potência 3,91 $mWcm^{-2}$, área do ponto 0,32 cm^2); 8 diodos de 633 nm (potência média 25 mW, densidade de potência 29,41 $mWcm^{-2}$, área 0,85 cm^2 e modo pulsado); e 8 diodos pulsados de 850 nm (potência média 40 mW, densidade de potência 71,23 $mWcm^{-2}$, tamanho do ponto 0,56 cm^2 , e modo pulsado), sendo os pacientes tratados em 6 locais da região torácica inferior/abdominal superior e dois da área do pescoço (músculo esternocleidomastoideo), com área de 33 cm^2 por cada local e tempo de exposição de 60 s por local, totalizando um tempo de tratamento de 480 s. Ambos os estudos De Marchi *et al.* (2021) e Pereira *et al.* (2023) verificaram uma diminuição da fração de oxigênio (FiO_2) utilizada pelos pacientes e aumento da relação PaO_2/FiO_2 . De Marchi *et al.*, (2021) ainda salientou a correlação da melhora na oxigenação pulmonar e com espessura do diafragma ($p = 0,0001$), principal músculo respiratório.

Sabe-se que os efeitos da FBM no tecido muscular, após lesão aguda, incluem a redução do edema, do influxo de leucócitos, da mionecrose e ainda alteração da expressão de citocinas e enzimas pró-inflamatórias, e uma melhor distribuição de colágeno, acelerando o processo de reparo (ALVES et al., 2014; BATISTA et al., 2011).

No presente estudo, a melhora da PCR não foi significativa. A diminuição da inflamação e infecção (proteína C-reativa ou PCR) foi verificada no estudo de De Marchi *et al.* (2021), contribuindo para a resposta imune (linfócitos) dos pacientes, sugerindo a preservação do principal músculo respiratório (diafragma), com conseqüente força muscular respiratória, suficiente para manter o processo de ventilação/perfusão (V/Q) e desencadeando uma cascata de resultados promissores no estado clínico e ventilatório dos pacientes.

O estudo de De Souza *et al.* (2020) é um dos mais recentes que investigou os efeitos da FBM sobre os músculos respiratórios, em um ensaio clínico randomizado, cruzado, duplo-cego, com participação de 12 pacientes com DPOC do sexo masculino, empregou a classificação GOLD (*Global Initiative For Chronic Obstructive Lung*) e se baseou na limitação das vias aéreas. Os participantes foram alocados aleatoriamente para receber os atendimentos de FBM e controle, com uma semana de intervalo. Uma sessão de FBM efetiva aplicada nos principais músculos respiratórios por meio de um cluster com 69 LEDs, contendo 35 no vermelho (630 ± 10 nm, 10 mW, $0,2$ cm²) e 34 no infravermelho próximo (830 ± 20 nm, 10 mW, $0,2$ cm²) e uma sessão simulada de FBM, seguindo os mesmos procedimentos sem emitir luz. Nesse estudo, os autores mostraram que em um único atendimento a FBM aplicada aos músculos respiratórios não foi eficaz em melhorar a função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade toracoabdominal. No entanto, houve uma significativa melhora da capacidade funcional dos indivíduos acometidos por DPOC, medida pelo Teste de Caminhada de 6 min (TC'6). Segundo os autores, a FBM pode ter contribuído para melhorar o suprimento de substrato energético para os músculos respiratórios, resultando em melhor desempenho no TC'6. Outros autores reportaram que FBM melhorou o desempenho dos músculos respiratórios em indivíduos com algum grau de comprometimento pulmonar (DE SOUZA *et al.*, 2020; MIRANDA *et al.*, 2015; MIRANDA *et al.*, 2014).

Miranda *et al.* (2014) avaliaram melhora da sensação de dispnéia ($p = 0,003$) e fadiga em membros inferiores ($p = 0,002$) a favor da FBM em pacientes com DPOC,

tratados por meio de um cluster de 12 LEDs (4 superpulsados de 905 nm, 0,3125 mW cada; 4 de 875 nm, 17,5 mW cada; e 4 de 640 nm, 15 mW) em seis locais do músculo quadríceps femoral, comprovando a melhora da condição pulmonar e capacidade funcional dos pacientes. No estudo de Miranda *et al.* (2015) foi verificado melhora da fadiga, dispneia e capacidade funcional em pacientes com DPOC, por meio de LEDs aplicados em 3 áreas (reto femoral, vasto lateral e vasto medial), intervalo de 48 h por meio de um cluster de 69 LEDs (34 vermelhos e 35 infravermelhos, comprimento de onda 660 nm (vermelho) e 850 nm (infravermelho), modo contínuo, potência óptica 10 mW (vermelho) e 30 mW (infravermelho), densidade de potência por ponto 6,95 Wcm^{-2} (0,05 Wcm^{-2} de cada LED vermelho e 0,15 Wcm^{-2} de cada infravermelho, energia irradiada por ponto 41,7 J (0,3 J de cada LED vermelho e 0,9 J de cada LED infravermelho), densidade de energia por ponto 208,5 Jcm^{-2} (1,5 Jcm^{-2} de cada LED vermelho e 4,5 Jcm^{-2} de cada LED infravermelho), tempo de tratamento por local 30 s, área total irradiada 41,4 cm^2 (13,8 cm^2 para cada local).

Um ponto forte deste estudo é que foi avaliada a função pulmonar dos grupos tanto por medidas subjetivas quanto objetivas, o que não foi evidenciado até o momento na literatura, apenas o volume corrente foi apresentado no estudo de Pereira *et al.* (2023), com melhora significativa após a FBM ($p=0,0001$).

Foram observadas melhora nas variáveis PAS, PAD e FC no grupo em tratamento com LED, porém essas diferenças não foram estatisticamente significativas devido a elevada dispersão pelas diferentes características clínicas apresentadas pelos pacientes de cada grupo. Também não foi percebido alterações na FR e FC durante ou após a aplicação. Tomimura *et al.* (2014) avaliaram em seu estudo o efeito da FBM sobre a pressão arterial, e verificaram que o tratamento foi eficaz para reduzir a PAS, PAD, FC e induzir um efeito hipotensivo duradouro.

No estudo de Da Palma-Cruz *et al.* (2019) realizado com LED em camundongos, após injeção de lipopolissacarídeos, foram irradiados nas vias respiratórias (pulmões e traquéia) por contato direto com a pele (660 ± 10 nm, potência óptica 100 mW, densidade de energia 5 Jcm^{-2} , irradiância 33,3 $mWcm^{-2}$, área 2,8 cm^2 , energia total 15 J e tempo de irradiação 150 s), os resultados mostraram que após 3 dias de tratamento com LED, células sanguíneas (neutrófilos, linfócitos, monócitos e eosinófilos) e LBA, bem como as interleucinas (IL), incluindo IL-6 e IL-17, foram reduzidas, caracterizando uma redução importante de todo o processo infeccioso.

Na análise dos componentes hematológicos, Reade *et al.* (2010) demonstraram em seu estudo uma melhora significativa no grupo LED em relação ao grupo CON dos níveis de hemoglobina; a recuperação da concentração plasmática de hemoglobina é relevante, pois baixos níveis de hemoglobina têm sido associados a pior prognóstico e aumento da taxa de mortalidade de pacientes internados com PAC. Redução do nível de hemoglobina no grupo tratado também é observado no presente estudo ($p < 0,05$).

No ensaio clínico de Pereira *et al.* (2022) com pacientes de PAC tratados por FBM foi evidenciada redução significativa do número de leucócitos, neutrófilos, linfócitos e monócitos no grupo irradiado. Esses resultados foram corroborados por De Brito *et al.* (2020), que verificaram o efeito sistêmico da LLLT (780 nm e 30 mW) na redução da contagem de células inflamatórias no sangue de animais com fibrose pulmonar idiopática. Constataram ainda que, em relação às citocinas, a LLLT reduziu a liberação de citocinas pró-inflamatórias e aumentou a IL-10, justificando o efeito antiinflamatório da FBM.

No presente estudo, tanto a antibioticoterapia quanto a FBM podem reduzir significativamente os níveis de leucócitos no sangue de pacientes com PAC. No entanto, a leucocitose manteve-se no grupo CON ao final do tratamento. A análise comparativa entre os grupos mostrou que a FBM associada à antibioticoterapia reduziu significativamente ($p < 0,01$) o número de leucócitos mais do que a antibioticoterapia isolada, indicando que as duas terapias combinadas são eficientes para atenuar o processo inflamatório após 7 dias de tratamento nos pacientes.

Da mesma forma, os dois tratamentos reduziram significativamente as contagens dos linfócitos, e a análise comparativa intergrupos mostrou que o grupo LED teve uma redução mais significativa de linfócitos do que o grupo CON ($p < 0,01$). A inibição do processo bacteriológico no grupo CON está associada à resolução desta resposta inflamatória (MOUSSA *et al.*, 1994).

Zhevago e Samoilova (2006) conduziram um estudo clínico duplo-cego, controlado por placebo, para investigar alterações no conteúdo de citocinas no sangue periférico humano após irradiação transcutânea usando doses terapêuticas de luz policromática polarizada visível e infravermelha. A exposição de uma pequena área do corpo humano à luz levou a uma rápida diminuição do conteúdo plasmático de citocinas pró-inflamatórias e a um aumento da concentração de citocinas anti-inflamatórias. No presente estudo, assim como no estudo de Pereira *et al.*, (2022)

também foi possível verificar um efeito sistêmico da FBM a partir da análise das alterações detectadas nos eritogramas e leucogramas de pacientes com PAC; porém, nos dois mencionados estudos (o presente e o de Pereira *et al.*, 2022) foram utilizados aparelhos de LEDs em que a área irradiada é grande (2088 cm²), o que difere de Zhevago e Samoilova (2006) que irradiaram uma pequena área na região sacral de voluntários e utilizaram um aparelho com luz policromática polarizada (480–3400 nm, polarização de 95%, densidade de potência de 40 mWcm⁻², dose de 12 Jcm⁻²).

O progresso da resolução da resposta inflamatória é de extrema relevância para o sucesso da antibioticoterapia e da fisioterapia; assim, a FBM poderia ser utilizada como terapia complementar no tratamento da PAC. Novos estudos deverão ser conduzidos para avaliar de forma específica proteína C e efeito anti-inflamatório da FBM no tratamento da PAC.

9. CONCLUSÃO

Este estudo demonstra os benefícios potenciais da FBM adjuvante no tratamento da PAC quando comparados ao de terapia convencional isolada. O uso de FBM pode melhorar o estado pulmonar e clínico, reduzir os sintomas como dispneia e dor torácica, diminuir a permanência hospitalar (7,3 vs 9,3 dias) e melhorar o processo de recuperação.

A melhora do estado clínico foi evidenciada por um aumento na SpO₂ durante os atendimentos (88,3 para 98%), melhora na força muscular inspiratória (-40 para -65,3 cmH₂O) e capacidade vital forçada (62% para 80%), melhora dos dados hematológicos como eritrócitos (3,51 para 5,54 mm³) e linfócitos típicos (40 para 31%) e dos achados na ausculta pulmonar, com ausência dos ruídos adventícios (3,1 dias). Não houve incidência de mortalidade ou efeitos colaterais relatados no tratamento com FBM.

LIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo realizado apresentou limitação importante quanto ao tamanho da amostra pesquisada, devido ao período pandêmico de COVID-19 vivenciado, atrasando o processo de aplicação, coleta de dados e conclusão do estudo.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. A.; FERNANDES, K. P. S.; DEANA, A. M.; et al. Effects of Low-Level Laser Therapy on Skeletal Muscle Repair: a systematic review. **Am. J. Phys. Med. Rehabil.** v.93, p.1073-1085, 2014. doi: 10.1097/PHM.0000000000000158

AMBROGGIO, L.; MANGEOT, C.; MURTAGH KUROWSKI, E.; et al. Guideline Adoption for Community-Acquired Pneumonia in the Outpatient Setting. **Pediatrics**, v.142, n.4, p.e20180331, 2018. doi: 10.1542/peds.2018-0331

AQUINO, M. S. Comparação das frequências de vibração geradas nos aparelhos Flutter-VRP1 e Shaker utilizados na terapia de higiene brônquica. In: Cotta, MA. **Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada ENFMC**; p.10-14; Santos: Sociedade Brasileira de Física. 2005.

ASADI, L.; EURICH, D. T.; GAMBLE, J. M.; et al. Impact of guideline-concordant antibiotics and macrolide/beta-lactam combinations in 3203 patients hospitalized with pneumonia: prospective cohort study. [Research Support, Non-U.S. Gov't] **Clin. Microbiol. Infect.** v.19, n.3, p.257–264, 2013. doi: 10.1111/j.1469-0691.2012.03783x.

BAHLIS, L. F.; DIOGO, L. P.; KUCHENBECKER, R. S.; FUCHS, S. C. Clinical, epidemiological, and etiological profile of inpatients with community-acquired pneumonia in a public hospital in the interior of Brazil. **J. Bras. Pneumol.**, v.44, n.4, p.261-266, 2018. doi: 10.1590/S1806-37562017000000434

BAPTISTA, J.; MARTINS, M. D.; PAVESI, V. C.; et al. Influence of laser photobiomodulation on collagen IV during skeletal muscle tissue remodeling after injury in rats. **Photomed. Laser Surg.** v.1, p.11-17, 2011. doi: 10.1089/pho.2009.2737

BASTOS, J. L. N.; LIZARELLI, R. F. Z.; PARIZOTTO, N. A. Comparative study of laser and LED systems of low intensity applied to tendon healing. **Laser Phys.** v.19, p.1925–1931, 2009. doi:10.1134/S1054660X09170022

BORISOVA, O. N.; KHADARTSEV, A. A. Diagnosis and non-drug methods of influence in the clinic of internal diseases. Part I. Tula; 2004 [Russian].

BROCHETTI, R. A.; LEAL, M. P.; RODRIGUES, R.; et al. Photobiomodulation therapy improves both inflammatory and fibrotic parameters in experimental model of lung fibrosis in mice. **Lasers Med. Sci.** v.32, p.1825–1834, 2017. doi: 10.1007/s10103-017-2281-z

BURDULI, N. M.; GABUEVA, A. A. The influence of low-intensity laser radiation on the functional activity of neutrophils in the patients presenting with community-acquired pneumonia. **Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.** v.93, n.2, p.9-12, 2016. doi: 10.17116/kurort201629-12

BURDULI, N. M.; PILIEVA, N. G. Changes in plasma hemostatic parameters under intravascular laser irradiation of blood in patients with community-acquired pneumonia. **Ter Arkh.** v.82, n.3, p.36-38, 2010. PMID: 20564920

BURNHAM, J. P.; KAKOL, M.; VAZQUEZ-GUILLAMET, M. C. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* - Nasal Screening Adds Limited Value to the Choice of Empiric Antibiotics in Community Acquired Pneumonia. **Clin. Infect. Dis.** v.68, n.7: 1251, 2019. doi:10.1093/cid/ciy868.

CARVALHO, J. L.; BRITTO, A.; DE OLIVEIRA, A. P. L.; et al. Beneficial effect of low-level laser therapy in acute lung-injury after i-I/R is dependent on the secretion of IL-10 and independent of the TLRMyD8 signaling. **Lasers Med. Sci.**; v.32, n.2, p.305-315, 2017. doi: 10.1007/s10103-016-2115-4

CATÃO, M. H. C. V. Os benefícios do laser de baixa intensidade na clínica odontológica na estomatologia. **Rev. Bras. Patol. Oral.** v.3, n.4, p.214-218, 2004.

CHAVANTES, M. A. I. Laser em Bio-Medicina: Princípios e Prática, São Paulo: Atheneu, p.33-45, 2009.

CORRÊA, R.; COSTA, A. N.; LUNDGREN, F.; et al. Recomendações para o manejo da pneumonia adquirida na comunidade 2018. [S.l.]: **J. Bras. Pneumol**; v.44, n.5, p.405-423, 2018. doi: 0.1590/S1806-37562018000000130

DA CUNHA MORAES, G.; VITORETTI, L. B.; DE BRITO, A. A.; et al. Low-level laser therapy reduces lung inflammation in an experimental model of chronic obstructive pulmonary disease involving P2X7 receptor. **Oxid. Med. Cell. Longev.** 2018:6798238, 2018. doi: 10.1155/2018/6798238.

DA PALMA-CRUZ, M.; DA SILVA, R. F.; MONTEIRO, D. et al. Photobiomodulation modulates the resolution of inflammation during acute lung injury induced by sepsis. **Lasers Med. Sci.**, v.34, n.1, p.191-199, 2019. doi: 10.1007/s10103-018-2688-1

DA SILVA SERGIO L. P.; THOMÉ, A. M. C.; TRAJANO, L. A. D. S. N.; et al. Photobiomodulation prevents DNA fragmentation of alveolar epithelial cells and alters the mRNA levels of caspase 3 and Bcl-2 genes in acute lung injury. **Photochem. Photobiol. Sci.** v.17, n.7, p.975–983, 2018. doi: 10.1039/c8pp00109j

DE BRITO, A. A.; DA SILVEIRA, E. C.; RIGONATO-OLIVEIRA, N. C.; et al. Low-level laser therapy attenuates lung inflammation and airway remodeling in a murine model of idiopathic pulmonary fibrosis: relevance to cytokines secretion from lung structural cells. **J. Photochem. Photobiol. B.** v.203, p.111731, 2020. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2019.111731

DE LIMA, F. M.; MOREIRA, L. M.; VILLAVERDE, A. B.; et al. Low-level laser therapy (LLLT) acts as cAMP-elevating agent in acute respiratory distress syndrome. **Lasers Med. Sci.**; v.26, n.3, p.389-400, 2011. doi: 10.1007/s10103-010-0874-x.

DE LIMA, F. M.; VILLAVERDE, A. B.; ALBERTINI, R.; et al. Low-level laser therapy associated to N-acetylcysteine lowers macrophage inflammatory protein-2 (MIP-2) mRNA expression and generation of intracellular reactive oxygen species in alveolar macrophages. **Photomed. Laser Surg.** v.28, n.6, p.763-771, 2010. doi: 10.1089/pho.2009.2638.

DE MARCHI, T.; FRÂNCIO, F.; FERLITO, J. V.; et al. Effects of photobiomodulation therapy combined with static magnetic field (PBMTsMF) in patients with severe COVID-19 requiring intubation: a pragmatic randomized placebo-controlled trial. **J. Inflamm. Res.** v.24, n.14, p.3569-3585, 2021. doi: 10.2147/JIR.S318758.

DE MATOS, B. T. L.; BUCHAIM, D. V.; POMINI, K. T.; et al. Photobiomodulation Therapy as a Possible New Approach in COVID-19: A Systematic Review. **Life (Basel)**. v.18, n.6, p.580, 2021. doi: 10.3390/life11060580.

DESMET, K. D.; PAZ, D. A.; CORRY, J. J; et al. Clinical and experimental applications of NIR-LED photobiomodulation. **Photomed. Laser Surg.** v.24, n.2, p.121-128, 2006. doi: 10.1089/pho.2006.24.121

DE SOUZA, G. H. M.; FERRARESI, C.; MORENO, M. A.; et al. Acute effects of photobiomodulation therapy applied to respiratory muscles of chronic obstructive pulmonary disease patients: a double-blind, randomized, placebo-controlled crossover trial. **Lasers Med. Sci.** v.35, n.5, p.1055-1063, 2020. doi: 10.1007/s10103-019-02885-3

ESHWARA, V. K.; MUKHOPADHYAY, C.; RELLO, J. Community-acquired bacterial pneumonia in adults: An update. **Indian J. Med. Res.** v.151, n.4, p.287-302, 2020. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_1678_19.

FERNANDES, A. B.; DE LIMA, C. J.; VILLAVERDE, A. B. et al. Photobiomodulation: shining light on COVID-19. **Photobiomodul. Photomed. Laser Surg.** v.38, n.7, p.395-397, 2020. doi: 10.1089/photob.2020.

GABUEVA, A. A.; BURDULI, N. M. The influence of low-intensity laser irradiation of blood on the lactoferrin level in the patients presenting with community-acquired pneumonia. **Vopr Kurortol Fizioter. Lech Fiz Kult.** v.92, n.2, p.9-11, 2015. doi: 10.17116/kurort201529-11

GENOVESE, W. J. **Laser de baixa intensidade: aplicações terapêuticas em odontologia.** São Paulo: Lovise, p.170, 2000.

GOMES, J. S. M.; SOUZA, S. B.; ALCÂNTRA, E. C. Oscilação oral de alta frequência em pacientes ventilados mecanicamente – “drug-free”: revisão integrativa. **ASSOBRAFIR Ciência**. v.5, n.1, p.65-76, 2014.

GOMES, M. Pneumonia adquirida na comunidade: os desafios da realidade brasileira. **J. Bras. Pneumol.** v.44, n.4, p.254-256, 2018. doi: 10.1590/s1806-37562018000040002

HADFIELD, J.; BENNETT, L. Determining best outcomes from community-acquired pneumonia and how to achieve them. **Respirology**. v.23, n.2, p.138-147, 2018. doi: 10.1111/resp.13218.

HIRSCH, A. W.; MONUTEAUX, M. C.; NEUMAN, M. I.; BACHUR, R. G. Estimating Risk of Pneumonia in a Prospective Emergency Department Cohort. **J. Pediatr.** v.204, p172-176.e1, 2019. doi: 10.1016/j.jpeds.2018.08.077.

KIM, M-A.; PARK, J. S.; LEE, C. W.; CHOI, W-I. Pneumonia severity index in viral community acquired pneumonia in adults. **PLoS ONE**, v.14, n.3, p.e0210102, 2019. doi: 10.1371/journal.pone.0210102

LEAL JUNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS, R. A. B.; ROSSI, R. P.; et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. **Laser Surg. Med.** v.41, p.572–577, 2009. doi: 10.1002/lsm.20810

LEE, J. S.; GIESLER, D. L.; GELLAD, W. F.; FINE, M. F. Antibiotic therapy for adults hospitalized with community-acquired pneumonia: a systemic review. **JAMA**. v.315, n.6, p.593-602, 2016. doi: 10.1001/jama.2016.0115

LEUNG, G. M.; HEDLEY, A. J.; HO, L. M.; et al. The epidemiology of severe acute respiratory syndrome in the 2003 Hong Kong epidemic: an analysis of all 1755 patients. **Ann. Intern. Med.** v.141, n.9, p.662-673, 2004. doi: 10.7326/0003-4819-141-9-200411020-00006.

LIU, Y.; YANG, Y.; ZHANG, C.; et al. Clinical and biochemical indexes from 2019-nCoV infected patients linked to viral loads and lung injury. **Sci. China Life Sci.** v.63, n.3, p.364–374, 2020. doi: 10.1007/s11427-020-1643-8

LUNA, C. M.; PULIDO, L.; BURGOS, D. Why is the rate of pneumococcal pneumonia declining? **Curr. Opin. Pulm. Med.**, v.24, n.3, p.205-211, 2018. doi: 10.1097/MCP.0000000000000478

LUTAĬ, A. V.; EGOROVA, L. A., SHUTEMOVA; E. A. Laser therapy of elderly patients with pneumonia. **Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.** v.3, p.15-18, 2001. PMID: 11550371

MALUF, A. P.; UGHINI, G. C.; MALUF, R. P.; PAGNONCELLI, R. M. Utilização de laser terapêutico em exodontia de terceiros molares inferiores. **RGO.** v.54, p.182-184, 2006.

MANDELL, L. A. Community-acquired pneumonia: An overview. **Postgrad. Med.** v.127, n.6, p.607-615, 2015. doi: 10.1080/00325481.2015.1074030

MEJIA, A. G.; GÁMEZ, G.; SCHMIDT, S. H. *Streptococcus pneumoniae* two-component regulatory systems: The interplay of the pneumococcus with its environment. **International Journal of Medical Microbiology.** v.308, n.6, p.722-737, 2018.

MELÉN, E.; GUERRA, S. Recent advances in understanding lung function development. **Jornal list.** v.6, n.19, p.726. 2017. doi: 10.12688/f1000research.11185.1.

METLAY, J. P.; WATERER, G. W.; LONG, A. C.; et al. Diagnosis and Treatment of Adults with Community-acquired Pneumonia. An Official Clinical Practice Guideline of the American Thoracic Society and Infectious Diseases Society of America. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.** v.200, n.7, p.e45-e67, 2019. doi: 10.1164/rccm.201908-1581ST.

MILANÉS, A. M. M.; RONDON; K. Z. Z.; LLORCA, F. D. Some factors related to mortality in community pneumonia with specific risks for *Staphylococcus aureus*. **Mul Med.**, v.22, n.1, 2018. doi: 10.1056?NEJMoa1406330

MINISTÉRIO DA SAÚDE- DATASUS. Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). <https://ibge.com.br/comite-de-estatisticas-sociais/base-de-dados/metadados/ministerio-da-saude/sistema-de-informacoes-hospitalares-do-sus-sih/sus>. Acesso: Novembro de 2021

MIRANDA, E. F.; DE OLIVEIRA, L. V.; ANTONIALLI, F. C.; et al. Phototherapy with combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes is beneficial in improvement of muscular performance (strength and muscular endurance), dyspnea, and fatigue sensation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Lasers Med. Sci.**, v. 30, n. 1, p. 437-443, 2015. doi: 10.1007/s10103-014-1690-5

MIRANDA, E. F.; LEAL-JUNIOR, E. C.; MARCHETTI, P. H.; DAL CORSO, S. Acute effects of light emitting diodes therapy (LEDT) in muscle function during isometric exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: preliminary results of a randomized controlled trial. **Lasers Med. Sci.**, v. 29, n. 1, p. 359-365, 2014. doi: 10.1007/s10103-013-1359-5

MOSKVIN, S. V.; KHADARTSEV, A. A. Methods of effective low-level laser therapy in the treatment of patients with bronchial asthma. **BioMedicine**, v.10, n.1, p.1-20, 2020. doi: 10.37796/2211-8039.1000

MOUSSA, K.; MICHIE, H. J.; CREE, I. A.; et al. Phagocyte function and cytokine production in community acquired pneumonia. **Thorax**. v.49, n.2, p.107-111, 1994. doi:10.1136/thx.49.2.107

NEJATIFARD, M.; ASEFI, S.; JAMALI, R.; et al. Probable positive effects of the photobiomodulation as an adjunctive treatment in COVID-19: A systematic review. **Citocina**. v.137, p.155312, 2021. doi: 10.1016/j.cyto.2020.155312

NOVOZHILOVA, O. S. Biochemical parameters of blood in bronchopulmonary diseases. Abstract of the thesis. Ufa; 2007 [Russian].

OLIVEIRA, L. H. S.; ROSA, I. C. S. BAGANHA, R. J.; et al. Comparação da expectoração em pacientes com pneumonia tratados com os dispositivos de fisioterapia respiratória FLUTTER® VRP1 e SHAKER®. **Revista Ciências em Saúde**, v.8, n.4, p.02-06, 2018.

PATEL, S. Calculated decisions: PSI/PORT score: pneumonia severity index for community-acquired pneumonia. **Emerg. Med. Pract.** v.23(Suppl 2):CD2-CD3, 2021. PMID: 33529516.

PEREIRA, P. C.; DE LIMA, C. J.; FERNANDES, A. B.; et al. Systemic Effects of Photobiomodulation on Blood Components in the Treatment of Community-Acquired Pneumonia. **Photobiomodul. Photomed. Laser Surg.**; v.40, n.1, p.51-58, 2022. doi: 10.1089/photob.2021.0050.

PEREIRA, P. C.; DE LIMA, C. J.; FERNANDES, A. B.; et al. Cardiopulmonary and hematological effects of infrared LED photobiomodulation in the treatment of SARS-COV2. **J. Photochem. Photobiol. B.** v. 238, p.112619, 2023. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2022.112619

PICKENS, C. I.; WUNDERINK, R. G. Principles and Practice of Antibiotic Stewardship in the ICU. [Research Support, N.I.H., Extramural Review] **Chest** v.156, n.1, p.163–171, 2019. doi: 10.1016/j.chest.2019.01.013.

PLESSAS, A. Nonsurgical periodontal treatment: review of the evidence. **Oral Health Dent. Manag.** v.13, n.1, p.71-80, 2014. PMID: 24603920

PORTAL DE TRANSPARÊNCIA DE REGISTRO CIVIL. Dados dos Óbitos por Pneumonias no Brasil. Disponível em:

<https://transparencia.registrocivil.org.br/especial-covid>. Acesso em: 21/07/2022.

PREVOTAT, A.; ROUYER, C.; GOSSET, P.; et al. Biphasic lung injury during *Streptococcus pneumoniae* infection in a murine model Réponse pulmonaire biphasee lors de l'infection à *Streptococcus pneumoniae* dans un modèle murin. **Med. Mal. Infect.** v.48, n.2, p.103-113, 2018. doi: 10.1016/j.medmal.2017.11.001

READE, M. C.; WEISSFELD, L.; ANGUS, D. C.; et al. The prevalence of anemia and its association with 90-day mortality in hospitalized community-acquired pneumonia. **BMC Pulm. Med.** v.10, p.15, 2010. doi. 10.1186/1471-2466-10-15

RIDER, A. C.; FRAZEE, B. W. Community-Acquired Pneumonia. **Emerg. Med. Clin. North Am.** v.36, n.4, p.665-683, 2018. doi: 10.1016/j.emc.2018.07.001.

ROCHA JUNIOR, A. M.; VIEIRA, B. J.; ANDRADE, L. C. F.; MONTEIRO, A. Effects of low-level laser therapy on the progress of wound healing in humans: the contribution of in vitro and in vivo experimental studies. **J. Vasc. Bras.** v.6, p.258-66, 2007. doi: 10.1590/S1677-54492007000300009

SANDOVAL-ORTIZ. M.; C.; CARRINHO, P. M.; SANTO, A.; GONÇALVES, R. Laser de baixa intensidade: princípios e generalidades – Parte I. **Fisioterapia Brasil**, v.2, n.1, p.221-240, 2001.

SIGMAN, S. A.; MOKMELI, S.; MONICI, M.; VETRICI, M. A. A 57-Year-Old African American Man with Severe COVID-19 Pneumonia Who Responded to Supportive Photobiomodulation Therapy (PBMT): First Use of PBMT in COVID-19. **Am. J. Case Rep.**; v.21, p.e926779, 2020. doi:10.12659/AJCR.926779

SILVEIRA, C. D.; FERREIRA, C. S.; CORRÊA, R. de A. Adherence to guidelines and its impact on outcomes in patients hospitalized with community-acquired pneumonia at a university hospital. **J. Bras. Pneumol.** v.38, n.2, p.148-157, 2012. doi: 10.1590/s1806-37132012000200002

SIQUEIRA, V. P. C.; EVANGELISTA, M. I. S.; SANTOS, A. et al. Light-Emitting Diode treatment ameliorates allergic lung inflammation in experimental model of asthma induced by ovalbumin. **J. Biophotonics**. v.10, n.12, p.1683-1693, 2017. doi: 10.1002/jbio.201600247

SMITH, K. C. Laser (and LED) therapy is phototherapy. **Photomed. Laser Surg**. v.23, n.1, p.78-80, 2005. doi: 10.1089/pho.2005.23.78

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. Diretrizes para Pneumonias Adquiridas na Comunidade (PAC) em Adultos Imunocompetentes. **J Pneumol**. v.35, n.6, p.574-601, 2009.

SOHEILIFAR, S.; FATHI, H.; NAGHDI, N. Photobiomodulation therapy as a high potential treatment modality for COVID-19. **Lasers Med. Sci.**, v.36, n.5, p.935-938, 2021. doi: 10.1007/s10103-020-03206-9

SUÁREZ, M.; ORTEGA, S. Pneumonia: Symptoms, Diagnosis and Treatment. **Ebrary ProQuest., Public Health in the 21st Century**, 2011.

SUZAN, A. B. B. M.; GALVÃO, F.; RIBEIRO, A. F. C.; et al. Oscilação oral de alta frequência e fibrose cística: comparação entre instrumentais. **Cons Saúde**. v.14, n.2, p.283-290, 2015. doi: 10.5585/conssaude.v14n2.5418

TOMIMURA, R. S.; SILVA, B. P. A.; SANCHES, I. C.; et al. Hemodynamic Effect of Laser Therapy in Spontaneously Hypertensive. **Arq. Bras. Cardiol.**, v.103, n.2, p.161-164, 2014. doi: 10.5935/abc.20140117

TORRES, A.; CHALMERS, J. D.; DELA CRUZ, C. S.; et al. Challenges in severe community-acquired pneumonia: a point-of-view review. [Review] **Intensive Care Med**. v.45, n.2, p.159–171, 2019. doi: 10.1007/s00134-019-05519-y.

VALLÉS, J.; DIAZ, E.; MARTÍN-LOECHES I; et al. Evolution over a 15-year period of the clinical characteristics and outcomes of critically ill patients with severe community-acquired pneumonia. **Med. Intensiva**, v.40, n.4, p.238-245, 2016. doi: 10.1016/j.medin.2015.07.005

VETRICI, M. A.; MOKMELI, S.; BOHM, A. R.; et al. Evaluation of Adjunctive Photobiomodulation (PBMT) for COVID-19 Pneumonia via Clinical Status and Pulmonary Severity Indices in a Preliminary Trial. **J. Inflamm. Res.** v.19, n.14, p.965-979, 2021. doi: 10.2147/JIR.S301625.

WELTE, T.; TORRES, A.; NATHWANI, D. Clinical and economic burden of community-acquired pneumonia among adults in Europe. **Thorax.**, v.67, n.1, p.71-79, 2012. doi: 10.1136/thx.2009.129502

ZHEVAGO, N. A.; SAMOILOVA, K. A. Pro-and anti-inflammatory cytokine content in human peripheral blood after its transcutaneous (in vivo) and direct (in vitro) irradiation with polychromatic visible and infrared light. **Photomed. Laser Surg.** v.24, n.2, p.129-139, 2006. [http://doi: 10.1089/pho.2006.24.129](http://doi:10.1089/pho.2006.24.129)

APÊNDICE I



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPARAÇÃO DO LED INFRAVERMELHO EM RELAÇÃO ÀS MANOBRAS DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA NO TRATAMENTO DA PNEUMONIA

Pesquisador: Pâmela Camila Pereira

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 06960919.7.0000.5094

Instituição Proponente: Centro Universitário de Itajubá - UNIVERSITAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.154.473

Apresentação do Projeto:

A pneumonia adquirida na comunidade (PAC) é uma inflamação aguda dos alvéolos, espaço aéreo terminal ou do parênquima pulmonar, surge pela resposta do hospedeiro à invasão por um agente infeccioso, acomete o paciente fora do ambiente hospitalar ou surge nas primeiras 48 horas após sua admissão. A intervenção fisioterapêutica por meio de manobras de higiene brônquica melhora a viscosidade do muco, movimentando-o com mais facilidade, afim de facilitar a eliminação das secreções. A luz LED representa uma nova intervenção terapêutica, não invasiva, para o tratamento de numerosas doenças. Alguns estudos demonstram os efeitos de fotobioestimulação como biomodulador, capaz de melhorar no processo inflamatório, diminuindo o edema e as células inflamatórias e estimular a microcirculação e a formação de novos vasos preexistentes.

Objetivo da Pesquisa:

Verificar o desempenho da técnica de fotobioestimulação com luz de baixa potência, utilizando LED na faixa de luz no infravermelho, em comparação ao tratamento convencional de fisioterapia respiratória nos pacientes com pneumonia comunitária.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Estão previstos, bem como as ações para minimizar os riscos.

Endereço: Av. Dr. Antônio Braga Filho, 687
Bairro: PORTO VELHO **CEP:** 37.501-002
UF: MG **Município:** ITAJUBA
Telefone: (35)3629-8400 **Fax:** (35)3629-8400 **E-mail:** cep@fepi.br



Continuação do Parecer: 3.154.473

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e com caráter inovador. Apenas uma consideração sobre com realizar a mensuração das técnicas manuais de fisioterapia respiratória.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão previstos e em conformidade com a resolução 466/12.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Favorável a aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1282054.pdf	03/02/2019 17:17:28		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO16_01.docx	03/02/2019 17:15:20	Pâmela Camila Pereira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAO_FISIOTERAPIA.jpg	03/02/2019 17:14:24	Pâmela Camila Pereira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAO_SANTACASA.jpg	03/02/2019 17:13:51	Pâmela Camila Pereira	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	03/02/2019 17:12:30	Pâmela Camila Pereira	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.docx	03/02/2019 17:12:20	Pâmela Camila Pereira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	03/02/2019 17:12:04	Pâmela Camila Pereira	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_ASSINADA.pdf	03/02/2019 17:11:42	Pâmela Camila Pereira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Dr. Antônio Braga Filho, 687
 Bairro: PORTO VELHO CEP: 37.501-002
 UF: MG Município: ITAJUBA
 Telefone: (35)3629-8400 Fax: (35)3629-8400 E-mail: cep@fepi.br

