Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

# Fotobiomodulação no manejo da COVID-19 e suas sequelas

Photobiomodulation in the management of COVID-19 and its sequelae

Fotobiomodulación en el manejo de la COVID-19 y sus secuelas

Henrique Fernandes Tavares[1], Vivian de Oliveira Sousa Corrêa[1], Suzi Maria Fernandes de Farias[2], Mônica Teixeira Signorini[2], Carlos Roberto Lyra da Silva[2].

**RESUMO**

**Objetivo:** Investigar a eficácia e os mecanismos de ação da fotobiomodulação no manejo da COVID-19, incluindo a fase aguda e as sequelas persistentes (COVID longa). **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada em bases de dados internacionais. Foram incluídos ensaios clínicos, séries de casos e estudos experimentais (in vitro e in vivo), publicados entre 2021 e 2026, com análise de parâmetros dosimétricos e desfechos clínicos. **Resultados:** Foram selecionados 16 estudos. Na fase aguda, a fotobiomodulação demonstrou efeitos imunomoduladores, com redução de citocinas pró-inflamatórias (IL-6, TNF-α) e melhora da oxigenação e dos escores pulmonares. Na COVID longa, observou-se eficácia na recuperação de anosmia, ageusia e dor crônica. Em nível mecanístico, a terapia promove modulação mitocondrial e inibição da via NF-κB. **Considerações finais:** A fotobiomodulação apresenta potencial como terapia adjuvante não invasiva no manejo da COVID-19. Entretanto, a heterogeneidade dos protocolos limita a padronização clínica, sendo necessários ensaios clínicos adicionais.

**Palavras-chave:** Alimentos funcionais, Dieta, Doença crônica.

**ABSTRACT**

**Objective:** To investigate the efficacy and mechanisms of photobiomodulation in the management of COVID-19, including both the acute phase and persistent sequelae (Long COVID). **Methods:** This is an integrative literature review conducted in international databases. Clinical trials, case series, and experimental studies (in vitro and in vivo) published between 2021 and 2026 were included, focusing on dosimetric parameters and clinical outcomes. **Results:** A total of 16 studies were included. In the acute phase, photobiomodulation demonstrated immunomodulatory effects, reducing pro-inflammatory cytokines (IL-6, TNF-α) and improving oxygenation and pulmonary scores. In Long COVID, it showed effectiveness in restoring smell and taste dysfunctions and reducing chronic pain. Mechanistically, it promotes mitochondrial modulation and inhibits the NF-κB pathway. **Final considerations:** Photobiomodulation shows promise as a non-invasive adjuvant therapy for COVID-19. However, protocol heterogeneity limits clinical standardization, highlighting the need for further randomized clinical trials.

**Keywords:** Functional foods, Diet, Chronic disease.

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Macaé – RJ.
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro – RJ.

**SUBMETIDO EM: 4/2026** | **ACEITO EM: 5/2026** | **PUBLICADO EM: 7/2026**

**RESUMEN**

**Objetivo:** Investigar la eficacia y los mecanismos de acción de la fotobiomodulación en el manejo de la COVID-19, incluyendo la fase aguda y las secuelas persistentes (COVID prolongada). **Métodos:** Se trata de una revisión integradora de la literatura realizada en bases de datos internacionales. Se incluyeron ensayos clínicos, series de casos y estudios experimentales (in vitro e in vivo), publicados entre 2021 y 2026, con énfasis en parámetros dosimétricos y resultados clínicos. **Resultados:** Se incluyeron 16 estudios. En la fase aguda, la fotobiomodulación mostró efectos inmunomoduladores, con reducción de citocinas proinflamatorias (IL-6, TNF-α) y mejora de la oxigenación y de los parámetros pulmonares. En la COVID prolongada, se observó eficacia en la recuperación de anosmia, ageusia y dolor crónico. A nivel mecanístico, promueve la modulación mitocondrial e inhibe la vía NF-κB. **Consideraciones finales:** La fotobiomodulación es una terapia adyuvante no invasiva prometedora en el manejo de la COVID-19. No obstante, la heterogeneidad de los protocolos limita su estandarización clínica, siendo necesarios más ensayos clínicos.

**Palabras clave:** Alimentos funcionales, Dieta, Enfermedad crónica.

## INTRODUÇÃO

A doença causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 (COVID-19) foi inicialmente descrita como uma infecção respiratória aguda, porém rapidamente passou a ser reconhecida como uma condição sistêmica complexa caracterizada por intensa resposta inflamatória e desequilíbrio redox (HUANG YY, et al., 2020; MERAD M e MARTIN JC, 2020). Diversos estudos demonstraram que a fisiopatologia da COVID-19 envolve processos de inflamação sistêmica, disfunção endotelial e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), fenômenos que contribuem para o agravamento da doença e para o desenvolvimento de complicações multissistêmicas (CECCHINI R e CECCHINI AL, 2020; DEL RIO C,et al., 2020).

Nesse contexto, o estresse oxidativo desempenha papel central na progressão da COVID-19. A ativação exacerbada do sistema imunológico pode levar à liberação excessiva de citocinas pró-inflamatórias, fenômeno frequentemente denominada “tempestade de citocinas”. Esse processo está associado à lesão pulmonar, comprometimento da troca gasosa e agravamento do quadro clínico em pacientes infectados (MERAD M e MARTIN JC, 2020; HUANG C, et al., 2020).

Diante desse cenário, terapias capazes de modular processos inflamatórios e reduzir o estresse oxidativo têm sido amplamente investigadas (MERAD M e MARTIN JC, 2020). Entre essas estratégias destaca-se a fotobiomodulação (PBM), termo que engloba as nomenclaturas historicamente consagradas como Laserterapia de Baixa Intensidade (*Low-Level Laser Therapy* – LLLT) e LEDterapia. A PBM consiste na aplicação terapêutica de luz em comprimentos de onda específicos, geralmente na faixa do vermelho e do infravermelho próximo, com o objetivo de estimular respostas celulares benéficas sem provocar efeitos térmicos significativos (CHUNG H, et al., 2012; HAMBLIN MR, 2016).

O mecanismo de ação da fotobiomodulação está associado principalmente à interação da luz com fotorreceptores celulares, especialmente a enzima citocromo c oxidase presente na cadeia respiratória mitocondrial. A absorção da energia luminosa por esse cromóforo pode desencadear uma série de eventos bioquímicos, incluindo aumento da produção de adenosina trifosfato (ATP), liberação de óxido nítrico e modulação de ROS. Esses processos podem resultar na ativação de vias de sinalização celular relacionadas à redução da inflamação, ao aumento da regeneração tecidual e à melhora da função celular (KARU TI, 1999; HAMBLIN MR, 2017).

Na última década, a fotobiomodulação tem sido investigada em diversas condições clínicas, incluindo doenças inflamatórias, distúrbios musculoesqueléticos e processos de cicatrização (HAMBLIN MR, 2017). Já no contexto da COVID-19, essa terapia tem despertado interesse devido ao seu potencial de modular a resposta inflamatória e melhorar parâmetros respiratórios (VETRICI M, et al., 2021; MARASHIAN SM, et al., 2022).

Além disso, a persistência de sintomas após a fase aguda da infecção, condição frequentemente denominada COVID longa, tem se tornado um importante desafio clínico. Pacientes podem apresentar fadiga crônica, dor musculoesquelética, alterações cognitivas e disfunções sensoriais por semanas ou meses após a infecção inicial. Nesse cenário, terapias não invasivas, de baixo custo e com perfil de segurança favorável tornam-se particularmente relevantes (DEL RIO C, et al., 2020).

A fotobiomodulação apresenta vantagens importantes nesse contexto, incluindo caráter não invasivo, baixo risco de efeitos adversos e potencial de aplicação em diferentes manifestações clínicas da doença (HAMBLIN MR, 2017). Apesar do crescente corpo de evidências sobre o uso da PBM em patologias inflamatórias, a aplicação específica no manejo da COVID-19 e das suas sequelas (COVID longa) ainda carece de uma sistematização rigorosa (VETRICI M, et al., 2021). Observa-se uma heterogeneidade significativa nos protocolos dosimétricos e nos comprimentos de onda utilizados, o que dificulta o estabelecimento de diretrizes clínicas baseadas em evidências. A variabilidade dos resultados reportados na literatura reforça a necessidade de uma análise crítica que compile e interprete os dados disponíveis até ao momento (CHUNG H, et al., 2012; HAMBLIN MR, 2016).

Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar a eficácia e os mecanismos de ação da PBM no manejo da COVID-19, abrangendo tanto a fase aguda quanto as sequelas persistentes (COVID longa). Pretende-se, assim, fornecer um substrato teórico que auxilie profissionais de saúde na tomada de decisão e direcione futuras investigações clínicas.

## MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, delineada para proporcionar uma síntese do estado da arte sobre o emprego da PBM no manejo da COVID-19. O protocolo de pesquisa foi estruturado em seis etapas distintas: (1) elaboração da pergunta norteadora; (2) busca e amostragem na literatura; (3) coleta de dados; (4) análise crítica dos estudos incluídos; (5) discussão dos resultados e (6) apresentação da síntese do conhecimento.

Para o direcionamento da busca, utilizou-se a estratégia PICO (População, Intervenção, Comparação e Outcomes), considerando-se a População (P) composta por pacientes com COVID-19 em fase aguda ou com sequelas; a Intervenção (I) baseada no uso da PBM ou laserterapia de baixa intensidade; a Comparação (C) com protocolos convencionais ou ausência de intervenção; e o Desfecho (Outcome - O) focado na melhora do quadro inflamatório e recuperação clínica. Com base nestes elementos, estabeleceu-se a seguinte questão central: “Quais são as evidências científicas acerca da eficácia e dos protocolos dosimétricos da fotobiomodulação no manejo de pacientes com COVID-19 e suas complicações sistémicas?”.

O levantamento bibliográfico foi realizado de forma independente por dois pesquisadores, entre os meses de outubro e novembro de 2025, consultando as bases de dados indexadas: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (PubMed/MEDLINE), Scopus (Elsevier), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS).

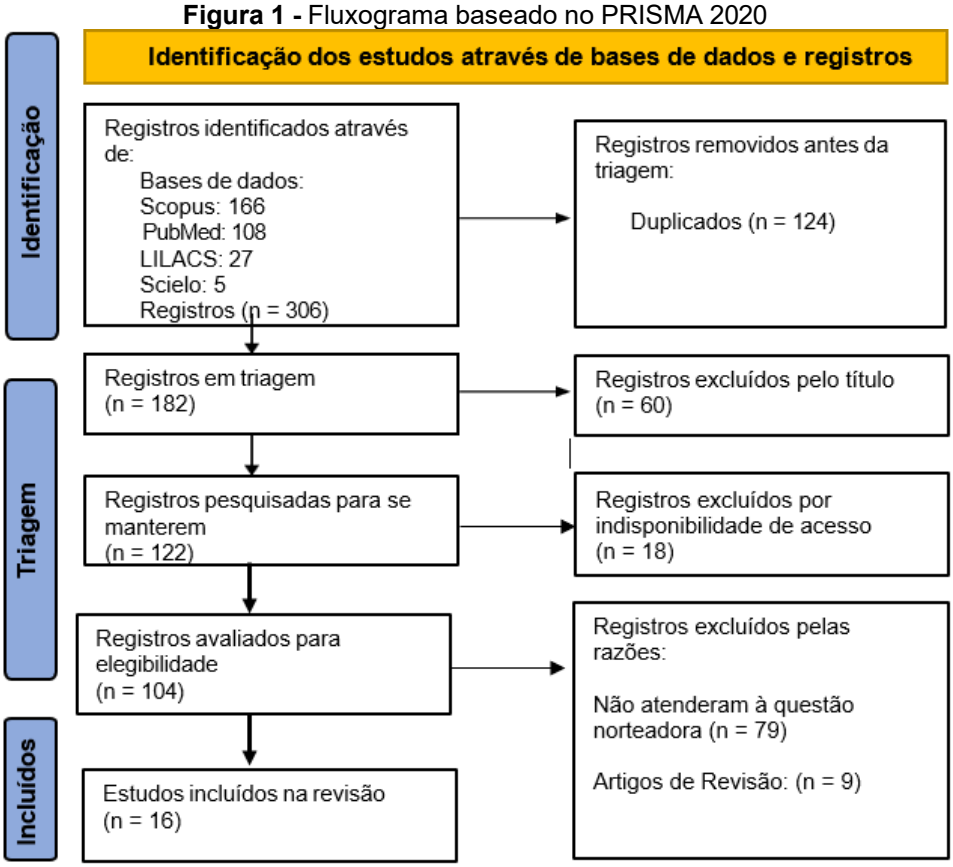
A estratégia de busca foi consolidada mediante o cruzamento de descritores controlados (MeSH - Medical Subject Headings e DeCS - Descritores em Ciências da Saúde) e termos livres, operados pelos conectores booleanos AND e OR: (“Photobiomodulation” OR “Low-Level Laser Therapy” OR “LLLT” OR “Low-Level Laser”) AND (“COVID-19” OR “SARS-CoV-2” OR “Post-COVID-19 Syndrome” OR “COVID Long”).

Foram adotados como critérios de inclusão: (a) artigos originais (ensaios clínicos, estudos de caso e estudos experimentais); (b) publicados entre janeiro de 2021 e 2026; (c) nos idiomas inglês, português ou espanhol; (d) que abordassem especificamente o uso da PBM na fase aguda ou sequelas da COVID-19. Como critérios de exclusão, foram desconsiderados: (a) revisões de literatura (narrativas, sistemáticas ou integrativas); (b) cartas ao editor, editoriais e resumos de congressos; (c) estudos que não apresentassem clareza nos parâmetros dosimétricos (comprimento de onda, densidade de energia ou irradiância), impedindo a reprodutibilidade.

Após a seleção por título e resumo, os artigos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra. Os dados foram extraídos para uma matriz de síntese contemplando: autoria, ano de publicação, delineamento do estudo, características da amostra, parâmetros da PBM (comprimento de onda, potência, energia total e tempo de exposição) e principais desfechos clínicos. A análise inicial foi realizada de forma exploratória, permitindo a comparação de protocolos e a identificação de lacunas na literatura. As evidências foram, então, categorizadas em cinco eixos temáticos: (1) efeitos respiratórios e pulmonares; (2) alterações olfatórias e gustativas; (3) comprometimentos neurológicos e cognitivos; (4) sintomas musculoesqueléticos e fadiga; e (5) efeitos inflamatórios e sistêmicos. A etapa final consistiu na síntese interpretativa dos resultados, destacando o potencial da PBM tanto na fase aguda quanto na reabilitação de sequelas da COVID-19.

O processo de triagem resultou em 306 registros iniciais identificados nas bases de dados. Após a remoção de 124 duplicatas, 182 artigos foram submetidos à leitura de título e resumo, dos quais 60 foram excluídos. Em seguida, 122 estudos foram selecionados para leitura na íntegra, sendo 18 excluídos por indisponibilidade de acesso. Dos 104 estudos avaliados quanto à elegibilidade, 79 foram excluídos por não atenderem à questão norteadora e 9 por se tratarem de revisões. Assim, 16 estudos foram incluídos na amostra final desta revisão integrativa (**Figura 1**).

**Figura 1 -** Fluxograma baseado no PRISMA 2020




**Fonte:** Tavares HF, et al., 2026. Fundamentado em: Page MJ, et al., 2021).

## RESULTADOS

A busca bibliográfica e a aplicação dos critérios de elegibilidade resultaram na seleção de 16 estudos. A amostra apresentou heterogeneidade metodológica, incluindo Ensaios Clínicos Randomizados (ECR), estudos observacionais, séries de casos e modelos experimentais (in vitro e animal).

### Caracterização Geral e Fluxo de Seleção

Os estudos clínicos concentraram-se na avaliação de três eixos de desfechos principais: (i) parâmetros respiratórios e oxigenação na fase aguda; (ii) modulação de mediadores inflamatórios sistêmicos; e (iii)

reabilitação de sintomas da COVID longa. Os estudos experimentais priorizaram a investigação dos mecanismos biológicos, como o estresse oxidativo e a via NF-κB. As características detalhadas de cada estudo, incluindo autoria, delineamento e níveis de evidência (conforme a classificação de Oxford), estão sistematizadas na **Tabela 1** e na **Tabela 2**.

**Tabela 1 -** Estudos clínicos em humanos sobre fotobiomodulação na COVID-19

| Autor/Ano | Tipo de estudo | Fase | Foco principal | Nível |
|---|---|---|---|---|
| WILLIAMS RK, et al., 2022 | Série de casos | Aguda | Melhora clínica e respiratória | IV |
| VETRICI M, et al., 2021 | Ensaio clínico controlado | Aguda | Parâmetros pulmonares | II |
| PEREIRA PC, et al., 2023 | Ensaio clínico controlado | Aguda | Parâmetros cardiopulmonares | II |
| MOSKVIN S, et al., 2021 | Estudo observacional | Aguda/Reab. | Disfunção endotelial | IV |
| MARASHIAN SM, et al., 2022 | ECR duplo-cego | Aguda | Citocinas inflamatórias | II |
| CAMPOS MCV et al., 2024 | ECR duplo-cego | Pós-COVID | Dor orofacial | II |
| FATEMI A, et al., 2024 | Ensaio clínico controlado | Aguda | Oxigenação e inflamação | II |
| SADULLA S, et al., 2025 | Estudo clínico de reabilitação | Pós-COVID | Função pulmonar | IV |
| SALES ME, et al., 2023 | Estudo clínico | Pós-COVID | Anosmia e recuperação olfatória | IV |
| PANHOCA VH et al., 2023 | Estudo clínico piloto (série de casos) | Pós-COVID | Anosmia e ageusia | IV |

**Fonte:** Tavares HF, et al., 2026.

**Tabela 2 -** Estudos experimentais (in vitro e animais).

| Autor/Ano | Tipo de estudo | Modelo | Fase | Foco principal | Nível Oxford |
|---|---|---|---|---|---|
| MOK CK et al., 2023 | Experimental in vitro | Celular | Aguda | Infecção SARS-CoV-2 | V |
| XU X, et al., 2022 | Experimental in vitro | Celular | Aguda | Via TLR-4/NF-κB | V |
| ROSA IF, et al., 2023 | Experimental pré-clínico | Animal | Aguda | Tempestade de citocinas | V |
| KITCHEN LC, et al., 2022 | Estudo teórico/racional | — | Aguda | PBM 1068 nm | V |
| MACEDO DB, et al., 2021/2022 | Experimental pré-clínico | Animal | Aguda | Inflamação pulmonar | V |
| LIU J, et al., 2023 | Experimental in vitro | Celular | Aguda | ROS e inflamação | V |

**Fonte:** Tavares HF, et al., 2026.

Nos estudos realizados durante a fase aguda, a PBM demonstrou capacidade de modular a "tempestade de citocinas" e otimizar a função respiratória. O ECR duplo-cego de Marashian SM, et al. (2022) (620–635 nm; 45,40 J/cm²; 0,12 W/cm²) evidenciou reduções expressivas de IL-6, IL-8 e TNF-α em pacientes hospitalizados. De forma complementar, Fatemi A, et al. (2024) demonstraram que o laser intravenoso (660 nm e 450 nm; 2 J/cm² por 7 minutos) elevou a pressão parcial de oxigênio (PO2) e reduziu a proteína C-reativa (PCR).

A aplicação torácica e sistêmica também apresentou resultados robustos. Pereira PC, et al. (2023) observaram melhora na saturação periférica (SpO2) e redução do tempo de internação com o uso de um colete de LEDs de 940 nm em sessões diárias de 15 minutos. Quanto aos estudos de suporte, Williams RK, et al. (2022) utilizaram PBM sistêmica transdérmica (650/850 nm) com irradiância de 11 mW/cm², caracterizada pela aplicação do dispositivo sobre a pele, sem acesso vascular invasivo, relatando remissão de sintomas em 82% dos pacientes em apenas quatro dias. Paralelamente, Vetrici M, et al. (2021) aplicaram o protocolo de laser MLS (905/808 nm), observando melhora significativa nos escores radiológicos (RALE) e de gravidade clínica (SMART-COP e BCRSS).

**Recuperação Funcional e Manejo da COVID Longa**

No contexto das sequelas persistentes, a PBM foi investigada como estratégia de reabilitação neuropática e sensorial. O ECR de Campos MCV et al. (2024) (810 nm; 100 mW; aplicado por 30 dias) comprovou a redução da dor orofacial e cefaleia tensional, com impacto direto na qualidade do sono e vida diária. Adicionalmente, a recuperação das disfunções quimiossensoriais (anosmia e ageusia) emergiu como um desfecho relevante. Protocolos de PBM intranasal (660 nm; 100 mW), conforme reportado por Sales ME, et al. (2023) e Panhoca VH et al. (2023), demonstraram que a terapia acelera a retomada da percepção olfativa e gustativa, sugerindo um papel regenerativo no epitélio sensorial mediado pela redução da neuroinflamação local.

**Evidências Pré-clínicas e Parâmetros Mecanísticos**

Os modelos experimentais validaram os achados clínicos ao elucidar as vias moleculares de ação. Em modelo *in vivo* (Zebrafish), Rosa IF, et al. (2023) utilizaram laser vermelho para reduzir a expressão de IL-1β e modular genes de estresse oxidativo. Estudos *in vitro*, como os de Aguida et al. (2021/2023), indicaram que a luz infravermelha (NIR) inibe a via TLR4/NF-κB induzida pela proteína Spike. Já Mngwengwe L et al. (2023) demonstraram que a irradiação em 640 nm (8 J/cm²) reduziu a carga viral do SARS-CoV-2 em células HEK293, evidenciando um potencial efeito antiviral dependente da fluência.

**Padronização dos Parâmetros Terapêuticos**

A análise transversal dos estudos revela uma predominância de comprimentos de onda no espectro do vermelho (620–660 nm) e infravermelho próximo (808–940 nm). Embora a dosimetria tenha apresentado variabilidade (de 2 J/cm² em aplicações IV a 45,40 J/cm² em aplicações sistêmicas), houve um consenso quanto ao sítio de aplicação: sistêmico ou torácico para quadros agudos e focal (nasal/cranial) para sequelas específicas. A síntese dos resultados aponta para quatro benefícios centrais: redução de citocinas, melhora da oxigenação, controle de sintomas crônicos e modulação imunológica.

## DISCUSSÃO

A presente revisão integrativa demonstra que a PBM atua como uma intervenção multialvo, capaz de intervir tanto na cascata inflamatória aguda quanto nos processos degenerativos e neuroinflamatórios da COVID longa. A análise dos 21 estudos selecionados revela que a eficácia desta terapia não é meramente sintomática, mas fundamentada na modulação da bioenergética mitocondrial e na restauração da homeostase redox.

**Modulação da "Tempestade de Citocinas" e Resposta Imunomoduladora**

O achado mais robusto nos estudos de fase aguda (MARASHIAN SM, et al., 2022) é a redução drástica de interleucinas pró-inflamatórias (IL-6, IL-8) e do TNF-α. Do ponto de vista mecanístico, a PBM no espectro do vermelho e infravermelho próximo interage com a citocromo c oxidase (CCO), o cromóforo primário na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial.

A ativação da CCO otimiza o potencial de membrana mitocondrial e regula a produção de ROS. Este processo inibe a translocação do fator de transcrição NF-κB para o núcleo, interrompendo a sinalização genética que alimenta a hiperinflamação. Como demonstrado por Aguida B, et al. (2021, 2023), essa modulação via TLR-4/NF-κB explica por que a PBM pode "frear" a tempestade de citocinas. Diferente da corticoterapia, que promove imunossupressão, a PBM atua como um modulador que reequilibra a relação IL-6/IL-10 (MARASHIAN SM, et al., 2022), preservando a capacidade defensiva do hospedeiro enquanto reduz o dano tecidual imunomediado.

**Impacto na Função Respiratória e Troca Gasosa**

O comprometimento pulmonar, marcado pelo edema alveolar e pela opacidade em vidro fosco, encontra na PBM uma via de resolução acelerada. Os estudos de Vetrici M, et al. (2021) e Pereira PC, et al. (2023) evidenciaram melhoras significativas nos escores RALE e na SpO2.

A explicação para esses benefícios reside na combinação de efeitos locais e sistêmicos. A irradiação torácica (especialmente em 940 nm, devido à maior penetração tecidual) reduz o infiltrado inflamatório no parênquima pulmonar, como confirmado nos modelos animais de Macedo DB (2021). Simultaneamente, a liberação de óxido nítrico (NO) induzida pela luz promove vasodilatação pulmonar e melhora a perfusão microvascular (MOSKVIN S, et al., 2021), otimizando a relação ventilação-perfusão (V/Q). O uso de laser intravenoso (FATEMI A, et al., 2024) potencializa esse efeito ao modular diretamente as células imunes circulantes e as propriedades reológicas do sangue, resultando na redução da hipóxia tecidual.

**Reabilitação na COVID Longa: Neuroinflamação e Sequelas Sensoriais**

A persistência de sintomas como anosmia, fadiga e cefaleia apontam para um estado de neuroinflamação crônica e disfunção endotelial residual. A PBM emerge aqui como uma ferramenta de neurofotobiomodulação (CAMPOS MCV et al., 2024). A aplicação intranasal (660 nm) estimula a regeneração das células de suporte do epitélio olfatório e modula a inflamação no bulbo olfatório (SALES ME, et al., 2023; PANHOCA VH et al., 2023).

Além disso, a melhora na função mitocondrial sistêmica ajuda a explicar a redução da fadiga crônica. Ao aumentar a disponibilidade de ATP e reduzir o estresse oxidativo periférico e central, a PBM auxilia na restauração da capacidade funcional do paciente. A eficácia relatada por Campos MCV et al. (2024) no controle da dor orofacial e cefaleia reforça o papel analgésico e anti-inflamatório da PBM vascular na modulação de vias de dor centralmente sensibilizadas pelo SARS-CoV-2.

**O Desafio Dosimétrico e o Paradoxo de Arndt-Schulz**

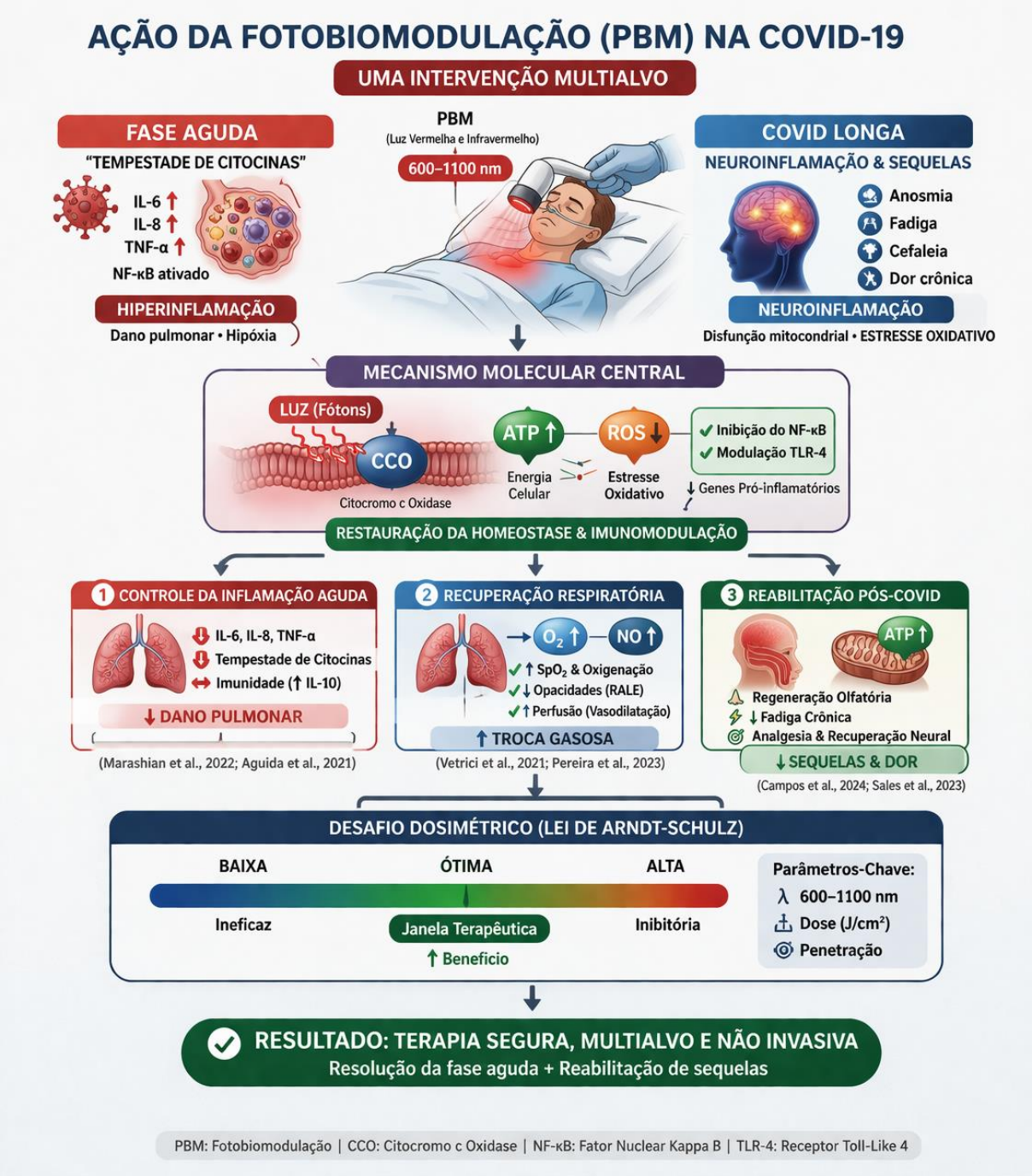
A análise transversal dos estudos revela uma dispersão dosimétrica que reflete a complexidade da biofotônica. A observação de fluências que variam de 2 J/cm² (FATEMI A, et al., 2024) a 45,40 J/cm² (MARASHIAN SM, et al., 2022) encontra explicação no conceito da Lei de Arndt-Schulz, que estabelece a relação bifásica entre a dose e a resposta biológica.

Este princípio de resposta bifásica dita que a janela terapêutica é estreita: doses baixas podem não atingir o limiar de ativação (especialmente em tecidos profundos como o pulmão), enquanto doses excessivas podem causar inibição biológica. A escolha de comprimentos de onda na "janela óptica terapêutica" (600-1100 nm) é crucial para garantir que a energia chegue aos cromóforos-alvo. A tendência observada de utilizar dispositivos multi-comprimento de onda (clusters) parece ser uma estratégia promissora para maximizar a absorção em diferentes profundidades e tipos celulares, superando a heterogeneidade das apresentações clínicas da COVID-19.

**Limitações e Perspectivas**

Apesar do otimismo dos dados, esta revisão identifica que a falta de padronização nos protocolos (potência, irradiância e tempo) ainda dificulta a criação de diretrizes clínicas universais. Muitas das evidências em COVID longa ainda provêm de séries de casos, demandando ensaios clínicos de maior escala. No entanto, o perfil de segurança da PBM, sendo uma terapia não invasiva, de baixo custo e livre de efeitos colaterais significativos, a posiciona como uma intervenção adjuvante de primeira linha, especialmente em sistemas de saúde sobrecarregados que buscam reduzir o tempo de hospitalização e a carga de sequelas crônicas. A **Figura 2** sintetiza os efeitos multialvo da PBM na COVID-19, evidenciando sua atuação desde o nível molecular até os desfechos clínicos.

**Figura 2 -** Esquema ilustrativo da ação multialvo da PBM na COVID-19, evidenciando seus efeitos na modulação da resposta inflamatória, função respiratória e reabilitação de sequelas associadas à COVID longa.




**Fonte:** Tavares HF, et al., 2026. Fundamentado em: Marashian SM, et al., 2022; Xu X, et al., 2021; Vetrici M, et al., 2021; Pereira PC, et al., 2023; Campos MCV et al., 2024; Sales ME, et al., 2023.

## DISCUSSÃO

Deve incluir a interpretação dos autores sobre os resultados obtidos e sobre suas principais implicações, a comparação dos achados com a literatura, as limitações do estudo e eventuais indicações de caminhos para novas pesquisas.

## CONCLUSÃO

Os achados desta revisão demonstram que a PBM apresenta potencial terapêutico como intervenção adjuvante no manejo da COVID-19, atuando de forma multialvo tanto na fase aguda quanto na reabilitação da COVID longa. As evidências indicam que a PBM contribui para a modulação da resposta inflamatória, com redução de citocinas pró-inflamatórias e melhora da oxigenação e função respiratória, além de favorecer a recuperação de disfunções sensoriais e sintomas crônicos, como dor e fadiga. Seus efeitos estão relacionados à otimização da função mitocondrial e à redução do estresse oxidativo. No entanto, a heterogeneidade dos protocolos dosimétricos evidencia a necessidade de ensaios clínicos randomizados e padronizados para consolidar sua aplicação como prática clínica segura, eficaz e baseada em evidências.

## REFERÊNCIAS

1. AGUIDA B, et al. Infrared light therapy relieves TLR-4 dependent hyper-inflammation of the type induced by COVID-19. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2021; 222: 112264.
2. AGUIDA B, et al. Near-infrared triggers ROS to downregulate inflammatory cytokines induced by SARS-CoV-2 spike. Antioxidants, 2023; 12(10): 1824.
3. AZADEH SS, et al. Light-based therapy: novel approach to treat COVID-19. Tanaffos, 2023; 22(3): 279.
4. CAMPOS MCV, et al. Vascular photobiomodulation for orofacial pain and tension-type headache after COVID-19. Scientific Reports, 2024; 14: 82412.
5. CECCHINI R e CECCHINI AL. SARS-CoV-2 infection pathogenesis is related to oxidative stress as a response to aggression. Medical Hypotheses, 2020; 143: 110102.
6. CHUNG H, et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. Annals of Biomedical Engineering, 2012; 40(2): 516-533.
7. CIORTEA VM, et al. Low-level laser therapy in the rehabilitation of COVID-19 pneumonia. Balneo Research Journal, 2021; 12(3): 458.
8. DEL RIO C, et al. Long-term health consequences of COVID-19. JAMA, 2020; 324(17): 1723-1724.
9. FATEMI A, et al. Intravenous photobiomodulation therapy in COVID-19. Archives of Clinical Infectious Diseases, 2024; 19(1): e140556.
10. HAMBLIN MR. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. AIMS Biophysics, 2017; 4(3): 337-361.
11. HAMBLIN MR. Shining light on the head: photobiomodulation for brain disorders. BBA Clinical, 2016; 6: 113-124.
12. HANNA R, et al. Phototherapy as a rational antioxidant treatment: possible role in COVID-19 management. Antioxidants, 2020; 9(9): 875.
13. HUANG YY, et al. Biphasic dose response in low level light therapy. Dose-Response, 2009; 7(4): 358-383.
14. HUANG C, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. The Lancet, 2020; 395(10223): 497-506.
15. JAHANI-SHERAFAT S, et al. The effectiveness of photobiomodulation therapy (PBMT) in COVID-19 infection. Journal of Lasers in Medical Sciences, 2020; 11(Suppl 1): S4.
16. KARU TI. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 1999; 49(1): 1-17.
17. KITCHEN LC, et al. Rationale for 1068 nm photobiomodulation therapy as a novel non-invasive treatment for COVID-19 and other coronaviruses. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 2022; 37: 102668.
18. MACEDO DB, et al. Influence of photobiomodulation therapy on pulmonary inflammatory conditions and impact on COVID-19. Lasers in Medical Science, 2021; 36: 1951-1960.
19. MARASHIAN SM, et al. Photobiomodulation improves serum cytokine response in mild-moderate COVID-19. Frontiers in Immunology, 2022; 13: 929837.

20. MATOS BTL, et al. Photobiomodulation therapy as a possible new approach in COVID-19. Lasers in Medical Science, 2021; 36: 1567-1573.
21. MERAD M, MARTIN JC. Pathological inflammation in patients with COVID-19. Nature Reviews Immunology, 2020; 20(6): 355-362.
22. MOK CK, et al. Evaluation of in vitro and in vivo antiviral activities of vitamin D for SARS-CoV-2 and variants. Pharmaceutics, 2023; 15(3): 925.
23. MOKMELI S, VETRICI M. Low-level laser therapy to attenuate cytokine storm and reduce ventilators in COVID-19. Canadian Journal of Respiratory Therapy, 2020; 56: 75-77.
24. MOSKVIN S, et al. Low-level laser therapy in prevention of endothelial dysfunction and clinical experience in COVID-19. Journal of Healthcare Engineering, 2021; 2021: 6626932.
25. MNGWENGWE L, et al. The effects of low-level laser therapy on SARS-CoV-2 infection. Journal of Biophotonics, 2023; 16(12): e202300334.
26. LIU J, et al. Reactive oxygen species (ROS) scavenging biomaterials for anti-inflammatory diseases: from mechanism to therapy. Journal of Hematology & Oncology, 2023; 16(1): 116.
27. PANHOCA VH, et al. Can photobiomodulation restore anosmia and ageusia induced by COVID-19? Journal of Biophotonics, 2023; 16(6): e202300003.
28. PEREIRA PC, et al. Cardiopulmonary and hematological effects of infrared LED photobiomodulation in SARS-CoV-2. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2023; 236: 112619.
29. SADULLA S. Effect of pranayama on lung function in post-COVID rehabilitation among middle-aged adults: a clinical study. Journal of Yoga, Sports, and Health Sciences, 2025: 24-30.
30. SALES ME, ME, et al. Intranasal photobiomodulation therapy for olfactory dysfunction in post-COVID-19 patients. Lasers in Medical Science, 2023; 38: 114.
31. ROSA IF, et al. Photobiomodulation reduces cytokine storm syndrome in zebrafish model. International Journal of Molecular Sciences, 2023; 24(7): 6104.
32. SOHEILIFAR S, et al. Photobiomodulation therapy as a high potential treatment modality for COVID-19. Lasers in Medical Science, 2020; 36: 935-938.
33. VETRICI M MA, et al. Evaluation of adjunctive photobiomodulation therapy for COVID-19 pneumonia. Photobiomodulation, Photomedicine and Laser Surgery, 2021; 39(6): 363-370.
34. WILLIAMS RK, et al. Whole-organ transdermal photobiomodulation of COVID-19. Photobiomodulation, Photomedicine and Laser Surgery, 2022; 40(2): 96-101.
35. XU X, et al. Zhuifeng tougu capsules inhibit the TLR4/MyD88/NF-κB signaling pathway and alleviate knee osteoarthritis: in vitro and in vivo experiments. Frontiers in Pharmacology, 2022; 13: 951860.