

TERAPIA FOTODINÂMICA NA PERIODONTITE: UMA REVOLUÇÃO NO TRATAMENTO ANTIMICROBIANO

AUTORES

João Ricardo Souza QUIDEROLI

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

Luis Fernando LANDUCCI

Vinicius Henrique Alves FERREIRA

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

A doença periodontal é uma condição inflamatória crônica de etiologia multifatorial, caracterizada pela destruição progressiva dos tecidos de suporte dentário e, em estágios avançados, pela perda óssea alveolar. O tratamento convencional baseia-se na raspagem e alisamento radicular, que promove a remoção do biofilme e do cálculo subgengival. Contudo, evidências demonstram que a terapia mecânica isolada pode ser insuficiente para eliminar microrganismos em áreas de difícil acesso, o que favorece a persistência da infecção. Nesse contexto, a terapia fotodinâmica antimicrobiana (PDT) surge como uma alternativa promissora, consistindo na aplicação de um fotossensibilizador, geralmente corantes como azul de metileno, ativado por luz de comprimento de onda específico. O processo gera espécies reativas de oxigênio capazes de destruir seletivamente bactérias periodontopatogênicas sem causar danos aos tecidos do hospedeiro. Estudos clínicos indicam que a associação da PDT ao tratamento convencional resulta em maior redução da profundidade de sondagem, melhora da resposta inflamatória e favorecimento da cicatrização periodontal. Além disso, destaca-se por não induzir resistência bacteriana e apresentar efeitos adversos mínimos, configurando-se como recurso terapêutico inovador e seguro.

PALAVRAS - CHAVE

Periodontite, Terapia com luz de baixa intensidade e bactérias anaeróbicas.

1. INTRODUÇÃO

A doença periodontal é uma condição inflamatória crônica de caráter multifatorial, que compromete progressivamente os tecidos de suporte dentário e pode levar, em estágios avançados, à perda óssea alveolar e à consequente instabilidade funcional da dentição. Sua etiologia envolve a interação entre biofilme bacteriano subgengival e resposta imunoinflamatória do hospedeiro, sendo modulada por fatores sistêmicos e ambientais, como tabagismo e diabetes. O tratamento tradicional fundamenta-se na raspagem e alisamento radicular, procedimento que busca reduzir a carga microbiana e controlar a inflamação. Contudo, evidências recentes apontam que a terapia mecânica isolada apresenta limitações, especialmente em áreas anatômicas de difícil acesso, o que favorece a persistência de microrganismos patogênicos (GHOLAMI et al., 2023).

Nesse contexto, a terapia fotodinâmica antimicrobiana (PDT) tem despertado crescente interesse como abordagem adjuvante no manejo da periodontite. Essa técnica consiste na aplicação de um fotossensibilizador, geralmente corantes como azul de metileno ou toluidina, seguido da ativação por uma fonte de luz de comprimento de onda específico, comumente lasers de baixa intensidade. O processo resulta na formação de espécies reativas de oxigênio capazes de promover a destruição seletiva de microrganismos periodontopatogênicos, sem causar efeitos deletérios significativos sobre as células do hospedeiro (POURHAJIBAGHER; KESHAVARZ VALIAN; BAHADOR, 2022).

Ensaios clínicos recentes têm demonstrado que a associação da PDT ao tratamento mecânico convencional resulta em ganhos adicionais, como maior redução da profundidade de sondagem, menor índice de sangramento gengival e melhora da resposta inflamatória local. Esses achados sugerem que a técnica potencializa o efeito da raspagem, proporcionando melhores condições para a cicatrização periodontal e para a manutenção da saúde bucal a longo prazo (MARTU et al., 2021).

Além da ação antimicrobiana, a terapia fotodinâmica tem sido associada à modulação de mediadores inflamatórios e do estresse oxidativo, processos intimamente relacionados à fisiopatologia da periodontite. Estudos apontam que a utilização do laser de baixa intensidade pode reduzir a expressão de citocinas pró-inflamatórias e estimular a regeneração tecidual, favorecendo não apenas o controle da infecção, mas também a recuperação estrutural do periodonto (RIBEIRO et al., 2023).

Comparada ao uso de antibióticos sistêmicos como adjuvantes, a PDT apresenta vantagens consideráveis, entre elas a ausência de resistência bacteriana, a minimização de efeitos adversos e a possibilidade de aplicação localizada e controlada. Essa característica torna a técnica especialmente promissora em pacientes refratários ao tratamento convencional ou com contraindicação ao uso de antimicrobianos sistêmicos (LAZAR et al., 2023). Entretanto, a padronização dos parâmetros clínicos como concentração do fotossensibilizador, tempo de exposição e potência da luz aplicada ainda é motivo de debate, reforçando a necessidade de mais estudos para definir protocolos terapêuticos consistentes (GHOLAMI et al., 2023).

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura científica sobre a eficácia da terapia fotodinâmica no tratamento da periodontite, analisando sua atuação como coadjuvante à raspagem e alisamento radicular. Serão destacados os impactos microbiológicos, imunoinflamatórios e clínicos da técnica, bem como suas principais vantagens, limitações e perspectivas futuras no manejo da doença periodontal.

2. METODOLOGIA

O estudo se tratou de revisão bibliográfica que utilizou métodos qualitativos e descritivos para direcionar a pesquisa. A busca por fontes relevantes foi conduzida por meio de levantamentos em bases de dados como a SCIELO, PubMed e Google Acadêmico, abrangendo teses, periódicos e revistas eletrônicas. Desta forma, a seleção dos estudos para inclusão se baseou com ênfase nos descritores: Periodontite, Terapia Fotodinâmica e Microorganismos anaeróbicos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A periodontite é uma doença inflamatória crônica que compromete os tecidos de suporte dentário, caracterizada pela destruição progressiva do ligamento periodontal e reabsorção do osso alveolar. Trata-se de uma condição amplamente prevalente, sendo uma das principais causas de perda dentária em adultos em todo o mundo. O processo inflamatório é desencadeado principalmente pelo acúmulo de biofilme bacteriano, que ativa uma resposta imunoinflamatória desregulada no hospedeiro. O avanço da doença está associado a dor, desconforto mastigatório, prejuízo estético e, em casos graves, comprometimento funcional, o que demonstra a necessidade de terapias cada vez mais eficazes e direcionadas (CURTIS et al., 2020).

Estudos epidemiológicos recentes apontam que a periodontite afeta de 20% a 50% da população mundial, sendo considerada um importante problema de saúde pública global. Essa alta prevalência se associa a fatores de risco como higiene oral deficiente, tabagismo, diabetes mellitus e alterações imunológicas. Além disso, a doença não se limita a impactos bucais, mas está diretamente relacionada a condições sistêmicas como doenças cardiovasculares, complicações gestacionais e resistência insulínica, ressaltando o impacto multidimensional da periodontite e a relevância de abordagens preventivas e terapêuticas eficazes (MAHDIZADEH et al., 2024).

O principal fator etiológico da periodontite é a colonização de patógenos no biofilme subgengival, mas a progressão não depende apenas da presença bacteriana: ela está ligada também à suscetibilidade individual do hospedeiro. Espécies como *Porphyromonas gingivalis*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* e *Tannerella forsythia* são consideradas altamente virulentas e participam ativamente do processo de destruição tecidual. Esses microrganismos conseguem invadir tecidos periodontais, modular a resposta imune e liberar toxinas que intensificam a inflamação, tornando a doença mais difícil de controlar clinicamente e justificando a busca por métodos terapêuticos complementares (RAJESH et al., 2011).

A terapia básica da periodontite é realizada por meio da raspagem e alisamento radicular (RAR), considerada o padrão-ouro no manejo inicial da doença. Esse procedimento promove a remoção mecânica do biofilme e do cálculo dental, permitindo a redução da carga bacteriana e do processo inflamatório. No entanto, apesar de sua eficácia, a raspagem apresenta limitações, já que não consegue acessar áreas anatômicas complexas, como furcas, concavidades radiculares e bolsas profundas. Além disso, microrganismos podem permanecer aderidos a superfícies ou dentro de biofilmes resistentes, favorecendo a recolonização e recidiva da inflamação periodontal (PARDO et al., 2023).

Diante dessas limitações, terapias adjuvantes têm sido investigadas, com destaque para a terapia fotodinâmica antimicrobiana (PDT). Essa técnica inovadora combina três elementos fundamentais: um fotossensibilizador, uma fonte de luz de comprimento de onda específico e oxigênio molecular. Quando ativado pela luz, o fotossensibilizador promove a geração de espécies reativas de oxigênio, como radicais livres e oxigênio singlete, que são letais para microrganismos. A grande vantagem da PDT é que sua ação é localizada, seletiva e

não gera resistência bacteriana, além de preservar tecidos saudáveis adjacentes, o que a torna promissora no manejo da periodontite (NIE et al., 2024).

O conceito da terapia fotodinâmica remonta ao final do século XIX, quando von Tappeiner observou que a combinação de luz, corantes e oxigênio poderia induzir morte celular em microrganismos. Décadas depois, esse princípio passou a ser explorado em áreas médicas, como na oncologia e na dermatologia, antes de ganhar espaço na odontologia. Atualmente, sua aplicação periodontal tem se destacado, principalmente pela necessidade de alternativas às terapias antimicrobianas convencionais, uma vez que o uso indiscriminado de antibióticos contribuiu para o aumento da resistência bacteriana em escala global (RAJESH et al., 2011).

Os fotossensibilizadores mais utilizados na periodontia são o azul de metileno, o azul de toluidina e a indocianina verde. Esses corantes apresentam afinidade pelas membranas bacterianas e podem ser ativados por comprimentos de onda específicos, geralmente na faixa entre 630 e 810 nm. Para sua ativação, utilizam-se lasers de baixa potência ou LEDs de alta intensidade, que permitem a liberação localizada da energia necessária para gerar as espécies reativas de oxigênio. A escolha do fotossensibilizador e da fonte luminosa é determinante para o sucesso terapêutico, visto que influencia a penetração tecidual e a eficácia antimicrobiana (ALAHMARI et al., 2020).

Na prática clínica, a PDT é aplicada como adjuvante à RAR. Após a instrumentação mecânica, o fotossensibilizador é inserido no sulco gengival e permanece por um período de incubação, garantindo sua difusão no biofilme. Em seguida, o local é irradiado pela fonte de luz adequada, promovendo a ativação do corante e a destruição bacteriana. Ensaios clínicos têm demonstrado que essa associação reduz de forma significativa a profundidade de sondagem e o sangramento à sondagem, além de favorecer o ganho de inserção clínica, resultados superiores quando comparados ao RAR isolado (MAJ et al., 2025).

Diversas meta-análises confirmam a eficácia da PDT como adjuvante periodontal. Em uma análise recente, observou-se que pacientes tratados com RAR associado à PDT apresentaram maior redução da profundidade de sondagem e do índice de sangramento do que aqueles submetidos apenas à raspagem. Esses achados reforçam a ideia de que a PDT não deve substituir a instrumentação mecânica, mas sim potencializar seus efeitos, sendo particularmente útil em casos com bolsas profundas e difícil acesso para instrumentação (WANG et al., 2025).

Apesar dos benefícios relatados, os resultados da literatura ainda apresentam heterogeneidade. Isso se deve à variação dos protocolos empregados, como diferentes fotossensibilizadores, comprimentos de onda, tempos de irradiação e número de sessões. Essa falta de padronização dificulta a comparação entre estudos e impede o estabelecimento de protocolos universais. Assim, embora os resultados sejam promissores, ainda há necessidade de mais pesquisas que definam parâmetros ideais para a prática clínica rotineira (PARDO et al., 2023).

Outro aspecto relevante é a ação da PDT sobre os mediadores inflamatórios locais. Estudos demonstram que a aplicação da técnica pode reduzir a expressão de citocinas pró-inflamatórias, como IL-1 β e TNF- α , promovendo um microambiente mais favorável à cicatrização. Além disso, a diminuição da carga microbiana contribui indiretamente para a reparação tecidual, uma vez que reduz o estímulo antigênico que perpetua a inflamação crônica. Dessa forma, a PDT atua não apenas como antimicrobiana, mas também como moduladora da resposta inflamatória (ALAHMARI et al., 2020).

O potencial reparador da PDT também tem sido destacado. Ao reduzir o processo inflamatório, a técnica favorece a neoformação de fibras colágenas e a reorganização dos tecidos periodontais. Essa capacidade de estimular processos regenerativos controlados amplia o interesse pelo uso da PDT como coadjuvante em protocolos de regeneração periodontal, incluindo procedimentos com enxertos e biomateriais. Assim, seu papel

pode ir além da simples eliminação de microrganismos, participando ativamente da recuperação estrutural dos tecidos de suporte dentário (MAHDIZADEH et al., 2024).

Ainda que promissora, a aplicação da PDT não é isenta de críticas. Alguns ensaios clínicos não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre grupos tratados com RAR isolado e aqueles tratados com RAR associado à PDT. Esses resultados levantam questionamentos sobre a real magnitude dos benefícios da técnica, indicando que seus efeitos podem variar conforme a gravidade da doença, o protocolo empregado e o perfil do paciente. Portanto, embora os resultados sejam majoritariamente positivos, é necessário cautela ao interpretar os dados disponíveis (ALAHMARI et al., 2020).

Outra limitação da PDT é sua dependência da oxigenação tecidual. Como o mecanismo da técnica depende da presença de oxigênio molecular, bolsas periodontais muito profundas e ambientes com baixa oxigenação podem comprometer a eficiência do processo. Estudos laboratoriais sugerem que a eficácia da PDT pode ser reduzida nessas condições, sendo necessário explorar técnicas auxiliares que melhorem a oxigenação local, como o fracionamento da luz ou a utilização de fibras ópticas mais avançadas para alcançar maior penetração (ROSSI, 2023).

Pesquisas in vitro demonstram a eficácia da PDT na eliminação de biofilmes periodontais, mostrando reduções expressivas na viabilidade de patógenos como *P. gingivalis* e *T. forsythia*. Entretanto, a extrapolação desses resultados para a clínica requer cautela, pois as condições bucais são muito mais complexas. Fatores como a presença de saliva, a anatomia radicular e a heterogeneidade do biofilme influenciam a eficácia real da técnica, o que justifica a necessidade de estudos clínicos controlados e de longo prazo para confirmar os benefícios relatados em laboratório (RAJESH et al., 2011).

Além disso, a segurança da PDT tem sido amplamente confirmada. Diferente de terapias sistêmicas com antibióticos, a técnica apresenta baixo risco de efeitos adversos e praticamente não gera desconforto durante a aplicação. Pacientes relatam boa tolerabilidade, e não há evidências de que a técnica cause danos aos tecidos periodontais quando aplicada corretamente. Esse perfil de segurança favorece a aceitação da PDT na prática clínica, sendo um dos principais argumentos a favor de sua utilização como coadjuvante terapêutico (MAJ et al., 2025).

A adoção da PDT também pode representar uma vantagem econômica, considerando a crescente preocupação com o custo-benefício dos tratamentos odontológicos. Embora envolva o uso de equipamentos específicos, seu custo tende a ser inferior ao de terapias antibióticas prolongadas e menos oneroso em comparação a procedimentos cirúrgicos complexos. Entretanto, análises econômicas ainda são escassas, e estudos adicionais são necessários para confirmar a viabilidade da PDT como uma solução acessível em saúde pública (MAHDIZADEH et al., 2024).

Outro ponto em discussão é a possibilidade de aplicação da PDT em protocolos de manutenção periodontal. Pacientes que já foram tratados para periodontite e permanecem em acompanhamento podem se beneficiar da aplicação periódica da técnica, como forma de controlar recolonizações bacterianas em bolsas residuais. Essa abordagem preventiva pode reduzir recidivas, mantendo os resultados obtidos a longo prazo e oferecendo uma estratégia de manutenção menos invasiva do que intervenções repetidas de raspagem (PARDO et al., 2023).

Em paralelo, a literatura aponta a PDT como uma ferramenta útil em pacientes com periodontite agressiva. Nesses casos, a rápida progressão da doença e a presença de patógenos de alta virulência dificultam o controle apenas com raspagem. Estudos preliminares indicam que a PDT pode contribuir de forma significativa para o

controle microbiano, embora ainda faltem pesquisas robustas para confirmar sua eficácia nesse perfil específico de pacientes (ALAHMARI et al., 2020).

Outro aspecto relevante é a comparação entre PDT e antibióticos sistêmicos. Ensaios clínicos sugerem que a associação de PDT ao RAR apresenta resultados comparáveis à associação de antibióticos sistêmicos à raspagem. Isso reforça a possibilidade de a PDT substituir, em parte, a antibioticoterapia convencional, reduzindo os riscos de efeitos colaterais e o problema crescente da resistência antimicrobiana. Esse argumento é um dos mais fortes em favor da expansão do uso da PDT na periodontia (MAHDIZADEH et al., 2024).

A literatura também investiga a utilização da PDT em pacientes com condições sistêmicas, como diabetes mellitus e imunossupressão. Nesses casos, a técnica pode apresentar efeitos diferenciados, uma vez que o processo inflamatório e a cicatrização já são naturalmente prejudicados. Embora os resultados sejam iniciais, há indícios de que a PDT pode auxiliar no controle da inflamação mesmo em contextos de maior desafio sistêmico, representando uma alternativa importante nesses grupos de risco (MAJ et al., 2025).

A grande diversidade metodológica entre os estudos clínicos de terapia fotodinâmica é um dos pontos mais criticados pela literatura, pois há diferenças importantes nos protocolos aplicados. Variáveis como tipo de fotossensibilizador, concentração, tempo de aplicação, fonte de luz, energia emitida e número de sessões podem alterar diretamente os resultados. Essa heterogeneidade prejudica a comparação direta entre os ensaios e dificulta a criação de recomendações universais para a prática clínica, embora a maioria dos trabalhos aponte benefícios consistentes da técnica (MOURA et al., 2021).

O tempo de permanência do fotossensibilizador na bolsa periodontal é um parâmetro fundamental para a eficácia da PDT, já que influencia a difusão do corante no biofilme bacteriano. Períodos curtos de contato reduzem a ação antimicrobiana, enquanto tempos muito prolongados não demonstram vantagens adicionais. Essa questão reforça a importância de padronizar protocolos clínicos que contemplem o equilíbrio entre praticidade e máxima efetividade (PENELAS et al., 2019).

A escolha da fibra óptica ou da ponta utilizada para transmitir a luz até o interior do sulco gengival é outro aspecto determinante para o sucesso da técnica. Estudos mostram que a penetração da luz depende diretamente da adaptação da ponta à anatomia periodontal. Pontas específicas, desenvolvidas para acessar bolsas profundas, permitem melhor distribuição da luz e maior contato com os microrganismos presentes no biofilme, garantindo resultados mais previsíveis (MARTINS et al., 2020).

A quantidade de energia liberada durante o procedimento também é crucial. A aplicação de doses insuficientes pode não gerar espécies reativas de oxigênio suficientes para destruir os microrganismos, enquanto doses excessivas podem causar aquecimento e lesões nos tecidos moles. Dessa forma, a calibração adequada dos equipamentos é essencial para otimizar a eficácia antimicrobiana da PDT e preservar a integridade tecidual, garantindo a segurança da técnica (ROSA et al., 2021).

A discussão sobre a quantidade de sessões necessárias para potencializar os efeitos da PDT também é recorrente. Em alguns ensaios clínicos, uma única sessão foi suficiente para demonstrar melhorias nos parâmetros periodontais. Entretanto, outros autores defendem que aplicações seriadas podem promover resultados mais duradouros, sobretudo em casos avançados da doença. Essa variabilidade indica que a quantidade de sessões deve ser adaptada à gravidade do caso e ao perfil do paciente (DE OLIVEIRA et al., 2020).

Estudos de acompanhamento em curto prazo, geralmente de até três meses, relatam reduções importantes na profundidade de sondagem e no sangramento gengival após a associação da PDT ao RAR. Os resultados microbiológicos também são animadores, com reduções significativas nos patógenos periodontais mais

agressivos. Esses achados demonstram o potencial da técnica como complemento imediato ao tratamento convencional (SOARES et al., 2021).

Já as avaliações em médio prazo, com seis meses de acompanhamento, indicam que os benefícios obtidos com a PDT podem se manter, ainda que em alguns casos haja uma discreta perda de estabilidade ao longo do tempo. Isso sugere que a técnica pode demandar reaplicações periódicas para garantir a manutenção dos resultados, especialmente durante a fase de suporte periodontal, quando o risco de recolonização bacteriana é mais elevado (CARVALHO et al., 2022).

Comparações entre diferentes fotossensibilizadores demonstram que cada substância possui características próprias quanto à penetração, seletividade e eficácia antimicrobiana. O azul de metileno, por exemplo, tem demonstrado boa efetividade contra bactérias gram-negativas, enquanto o verde de indocianina, ativado em comprimentos de onda mais longos, é capaz de alcançar camadas teciduais mais profundas. Essas diferenças evidenciam a necessidade de selecionar o fotossensibilizador conforme a condição clínica do paciente (CASTRO et al., 2020).

Apesar do grande número de estudos favoráveis, alguns trabalhos relatam que os benefícios adicionais da PDT podem não ser clinicamente significativos em comparação ao RAR isolado. Essa divergência pode estar relacionada ao estágio da doença periodontal, ao protocolo adotado e ao perfil dos pacientes. Por isso, ainda há um debate científico sobre a real magnitude dos ganhos clínicos da técnica em casos menos complexos (MENDONÇA et al., 2019).

A qualidade metodológica de muitos estudos sobre PDT ainda apresenta limitações, como amostras pequenas, ausência de randomização adequada e acompanhamento de curta duração. Essas fragilidades reduzem a confiabilidade dos resultados e ressaltam a necessidade de ensaios clínicos robustos, com maior número de pacientes, protocolos padronizados e análises de longo prazo. Só assim será possível consolidar a PDT como uma terapia periodontal amplamente recomendada (REIS et al., 2020).

Outro desafio refere-se à diversidade dos grupos de pacientes estudados. A maior parte das pesquisas inclui adultos jovens e de meia-idade, enquanto populações especiais, como diabéticos, idosos, fumantes e imunossuprimidos, ainda são pouco contempladas. Considerando que esses grupos apresentam maior vulnerabilidade à periodontite, investigações futuras são necessárias para determinar a eficácia da PDT nesses contextos específicos (NUNES et al., 2021).

A inexistência de protocolos clínicos universalmente aceitos dificulta a incorporação da PDT à rotina periodontal. É essencial estabelecer parâmetros padronizados, como dose de energia, tempo de aplicação e número de sessões, para garantir previsibilidade e segurança nos resultados. A construção de guidelines baseados em evidências permitirá maior confiabilidade para os profissionais que desejam adotar a técnica em sua prática clínica (SANTOS et al., 2022).

Do ponto de vista econômico, a PDT mostra-se atrativa, já que apresenta custo relativamente baixo em comparação a antibióticos de uso prolongado ou procedimentos cirúrgicos avançados. Além disso, não provoca efeitos adversos sistêmicos, o que reduz gastos relacionados ao manejo de complicações. No entanto, estudos de avaliação econômica ainda são limitados e não permitem afirmar com precisão a real viabilidade da técnica em programas de saúde coletiva (RODRIGUES et al., 2020).

A segurança da PDT é amplamente reconhecida, sendo descrita como um procedimento minimamente invasivo e indolor. Relatos de efeitos colaterais são raros, e os poucos descritos geralmente estão associados à sensibilidade local temporária. Essa característica torna a técnica bem aceita pelos pacientes, diferindo de outras terapias adjuvantes que podem gerar desconforto ou complicações sistêmicas (ALMEIDA et al., 2019).

Apesar de seu perfil de segurança elevado, a PDT possui contraindicações específicas. Pacientes com histórico de alergia aos corantes utilizados, indivíduos com doenças fotossensíveis ou em uso de medicamentos fotossensibilizantes devem evitar a técnica. Essas limitações são relativamente raras, mas reforçam a importância da avaliação criteriosa antes de sua aplicação clínica (MEDEIROS et al., 2021).

A aplicação da PDT em casos de periodontite agressiva tem mostrado resultados encorajadores, pois auxilia no controle de patógenos de alta virulência e na redução da progressão acelerada da doença. Em pacientes refratários ao tratamento convencional, a técnica pode representar uma alternativa eficaz para melhorar o prognóstico, embora a literatura ainda apresente número reduzido de estudos que validem essa indicação de forma conclusiva (PAIVA et al., 2020).

Uma revisão recente avaliou a PDT em pacientes com periodontite em estágios moderados e avançados, concluindo que a técnica contribuiu para reduções significativas em profundidade de sondagem e ganho de inserção clínica. Apesar dos resultados positivos, os autores ressaltaram que os estudos disponíveis são heterogêneos e ainda insuficientes para recomendações universais, sendo necessária a realização de ensaios clínicos mais consistentes (TEIXEIRA et al., 2022).

Comparações entre a PDT e o uso de antibióticos sistêmicos têm ganhado destaque, principalmente pela preocupação global com resistência bacteriana. Estudos sugerem que a associação da PDT ao RAR pode alcançar resultados equivalentes ou até superiores à associação de antibióticos. Esse achado reforça a importância da técnica como uma ferramenta antimicrobiana inovadora, capaz de substituir terapias farmacológicas em determinados casos (FERREIRA et al., 2019).

O potencial da PDT para reduzir o uso de antibióticos é altamente relevante, principalmente em pacientes alérgicos ou com contraindicações ao uso desses fármacos. Além disso, por atuar de forma localizada, a técnica não interfere na microbiota sistêmica, preservando o equilíbrio bacteriano geral do organismo. Essas vantagens destacam a PDT como uma alternativa sustentável e segura dentro do arsenal terapêutico periodontal (BARBOSA et al., 2021).

Os estudos que acompanham os pacientes por períodos mais longos, superiores a 12 meses, ainda são escassos na literatura sobre terapia fotodinâmica aplicada à periodontite. A ausência de dados de longo prazo compromete a avaliação da estabilidade dos resultados e da real contribuição da técnica para a manutenção da saúde periodontal. Muitos autores destacam que, embora os benefícios imediatos e de médio prazo sejam evidentes, ainda não se sabe se a PDT é capaz de manter os ganhos clínicos por vários anos sem a necessidade de reaplicações frequentes (SILVA et al., 2020).

Outro aspecto investigado refere-se ao impacto da PDT sobre o microbioma subgingival global, e não apenas sobre patógenos específicos. A periodontite é hoje entendida como uma doença de disbiose microbiana, e não simplesmente como resultado da presença de espécies isoladas. Assim, pesquisas recentes sugerem que a PDT pode atuar restaurando o equilíbrio ecológico da microbiota bucal, reduzindo espécies patogênicas e favorecendo a recolonização por bactérias benéficas, o que contribui para um microambiente periodontal mais estável (MENEZES et al., 2021).

A possibilidade de desenvolvimento de resistência bacteriana à PDT tem sido questionada por alguns pesquisadores, mas até o momento não há evidências de que os microrganismos possam criar mecanismos adaptativos para neutralizar espécies reativas de oxigênio. Isso ocorre porque a destruição microbiana promovida pela técnica envolve múltiplos alvos celulares, como membranas, proteínas e DNA. Diferente dos antibióticos, que atuam em vias específicas, a PDT exerce uma ação inespecífica, o que praticamente inviabiliza o surgimento de resistência (PIMENTA et al., 2022).

Em estudos laboratoriais, a eficácia da PDT contra biofilmes periodontais complexos tem sido amplamente comprovada. Pesquisas demonstram reduções significativas na viabilidade de microrganismos patogênicos mesmo em condições controladas que simulam o ambiente periodontal. Esses resultados reforçam a plausibilidade biológica da técnica e sustentam sua aplicação clínica como adjuvante terapêutico, embora a transposição dos achados *in vitro* para a prática ainda demande cautela (CASTILHO et al., 2020).

Contudo, a extrapolação dos resultados laboratoriais para a clínica apresenta limitações. As condições bucais, como a presença de saliva, o fluxo gengival e a anatomia radicular, dificultam a reprodução fiel do ambiente periodontal em modelos experimentais. Isso significa que, embora os estudos *in vitro* mostrem resultados muito expressivos, eles não representam totalmente os desafios encontrados no paciente real. Essa discrepância ressalta a importância dos ensaios clínicos para validar a eficácia real da técnica (NASCIMENTO et al., 2021).

Outro fator determinante para o sucesso da PDT é a penetração da luz nos tecidos periodontais. A absorção e a dispersão luminosa limitam a profundidade de ativação do fotossensibilizador, o que pode comprometer a eficácia em bolsas mais profundas. Pesquisas têm avaliado o uso de fibras ópticas específicas e novas estratégias de irradiação para aumentar a penetração da luz e ampliar a área de atuação da técnica, o que representa um caminho promissor para otimizar os resultados (FREITAS et al., 2020).

Do ponto de vista físico-químico, a eficiência da PDT depende diretamente da produção de oxigênio singlete e de radicais livres a partir da interação entre o fotossensibilizador excitado e o oxigênio molecular. Essa cinética pode ser influenciada pela concentração de oxigênio disponível nos tecidos, o que explica porque ambientes hipóxicos, comuns em bolsas periodontais profundas, podem reduzir a eficácia do procedimento. Essa limitação técnica tem motivado estudos que buscam formas de melhorar a oxigenação local durante a aplicação (ARAÚJO et al., 2019).

Um dos maiores desafios em casos de bolsas profundas é justamente a baixa disponibilidade de oxigênio, que compromete a formação das espécies reativas necessárias para a ação antimicrobiana. Nesse sentido, autores sugerem que o uso combinado de técnicas, como fototerapia fracionada ou a aplicação de agentes liberadores de oxigênio, pode potencializar os efeitos da PDT nesses locais mais complexos. Essa associação pode representar uma evolução nos protocolos atuais (BATISTA et al., 2021).

As estratégias para otimizar a penetração da luz também incluem o desenvolvimento de fibras especiais e dispositivos que direcionam a radiação de forma mais uniforme ao redor do dente. Isso permite que áreas de difícil acesso, como furcas e depressões radiculares, recebam energia suficiente para ativar o fotossensibilizador. Tais avanços tecnológicos têm sido fundamentais para adaptar a PDT à prática periodontal, aumentando sua aplicabilidade clínica (MIRANDA et al., 2020).

Pesquisas mais recentes investigam a possibilidade de combinar a terapia fotodinâmica com técnicas fototérmicas, explorando a sinergia entre calor e espécies reativas de oxigênio. Essa combinação poderia aumentar a permeabilidade bacteriana e, consequentemente, a eficácia antimicrobiana global. Embora ainda em fase experimental, essa abordagem mostra-se promissora como forma de superar algumas limitações da PDT isolada (LOPES et al., 2022).

A viabilidade clínica da PDT depende não apenas de sua eficácia, mas também de aspectos como custo, treinamento do profissional e disponibilidade de equipamentos. Apesar de ser considerada uma técnica relativamente simples, sua incorporação na prática diária exige investimento em dispositivos específicos e capacitação adequada. Esses fatores podem representar barreiras para sua ampla adoção, especialmente em contextos de saúde pública (GOMES et al., 2021).

Do ponto de vista do paciente, a aceitação da PDT é alta, pois o procedimento é indolor, rápido e minimamente invasivo. Relatos clínicos mostram que os pacientes não apresentam desconforto significativo durante ou após a aplicação, o que contribui para maior adesão ao tratamento. Essa boa aceitação é um diferencial importante em relação a outros métodos adjuvantes, que podem causar efeitos colaterais sistêmicos ou locais (COSTA et al., 2020).

A incorporação da PDT na rotina clínica exige critérios bem estabelecidos de indicação. Ela deve ser considerada como terapia adjuvante e não como substituta da raspagem e alisamento radicular, que continuam sendo o padrão-ouro no tratamento da periodontite. O uso da técnica é especialmente indicado em bolsas profundas, áreas de difícil acesso e pacientes com contraindicação ao uso de antibióticos, representando uma ferramenta complementar para potencializar os resultados convencionais (RODRIGUES et al., 2021).

Em zonas anatômicas complexas, como regiões de furca e concavidades radiculares, a PDT demonstra vantagens claras, uma vez que a luz e o fotossensibilizador conseguem alcançar locais onde os instrumentos manuais têm acesso limitado. Isso amplia a efetividade da terapia e possibilita maior controle microbiano em áreas frequentemente associadas à persistência da doença periodontal. Assim, a técnica apresenta papel relevante em situações clínicas desafiadoras (SANTANA et al., 2020).

A aplicação periódica da PDT durante a fase de manutenção periodontal pode representar um recurso estratégico para prevenir recidivas. Pacientes que apresentam bolsas residuais ou histórico de doença agressiva podem se beneficiar da reaplicação da técnica em intervalos programados, reduzindo o risco de recolonização bacteriana e favorecendo a estabilidade dos resultados a longo prazo. Essa abordagem preventiva vem sendo cada vez mais investigada na literatura (RAMOS et al., 2021).

Pesquisas futuras devem buscar responder a lacunas ainda existentes sobre a eficácia da PDT. São necessários ensaios clínicos multicêntricos, com amostras maiores e acompanhamento de longo prazo, para validar os benefícios da técnica em diferentes perfis populacionais. Além disso, é importante investigar sua aplicação em pacientes com comorbidades, como diabéticos e fumantes, ampliando o escopo das evidências científicas disponíveis (BARRETO et al., 2022).

Outro caminho promissor é o desenvolvimento de protocolos padronizados baseados em evidências científicas robustas. A ausência de parâmetros consensuais compromete a previsibilidade dos resultados, tornando essencial a definição de diretrizes clínicas. Protocolos claros sobre doses de energia, tempo de aplicação e escolha do fotossensibilizador podem facilitar a adoção da técnica em escala global (MELO et al., 2020).

A comparação da eficácia da PDT em diferentes populações, incluindo indivíduos saudáveis e pacientes com fatores de risco sistêmicos, será essencial para identificar se a técnica apresenta vantagens específicas em determinados grupos. Estudos preliminares sugerem que pacientes imunocomprometidos ou diabéticos podem se beneficiar de forma diferenciada, o que pode ampliar as indicações da técnica (PINTO et al., 2021).

Investigações sobre os efeitos sistêmicos da PDT também são importantes, considerando a relação entre periodontite e doenças sistêmicas. Se a técnica for capaz de reduzir marcadores inflamatórios sistêmicos, como proteína C-reativa, poderá desempenhar um papel adicional na promoção da saúde geral dos pacientes. Essa possibilidade abre caminho para novas linhas de pesquisa interdisciplinares (LOURENÇO et al., 2022).

Além dos desfechos clínicos tradicionais, como profundidade de sondagem e nível de inserção clínica, estudos futuros devem considerar variáveis relacionadas à qualidade de vida dos pacientes. A redução da dor, a melhora da estética gengival e a percepção subjetiva de saúde oral são parâmetros importantes para avaliar a real efetividade da técnica do ponto de vista do paciente, e não apenas sob uma perspectiva clínica (ALVES et al., 2020).

O avanço da nanotecnologia tem aberto novas possibilidades para a PDT. Fotossensibilizadores modificados ou veiculados em nanopartículas podem apresentar maior penetração tecidual, estabilidade e seletividade, aumentando a eficiência antimicrobiana. Essa inovação tecnológica pode transformar a prática da PDT, tornando-a ainda mais eficaz e previsível em ambiente clínico (CORRÊA et al., 2021).

Por fim, o grande diferencial da PDT está no fato de atuar como uma alternativa antimicrobiana eficaz e com baixo risco de resistência bacteriana. Em um cenário mundial de crescente preocupação com a resistência aos antibióticos, essa técnica pode assumir papel central nas terapias periodontais modernas. Contudo, para consolidar seu espaço definitivo, ainda é necessário fortalecer a base científica por meio de ensaios clínicos rigorosos e padronizados (VIEIRA et al., 2022).

4. CONCLUSAO

Conclui-se que a anociação da PDT ao tratamento convencional resulta em maior redução da profundidade de sondagem, melhora da resposta inflamatória e cicatrização periodontal, no entanto, protocolos clínicos de aplicação devem ser padronizados para garantir previsibilidade e segurança nos resultados. O uso da PDT configura-se como um recurso terapêutico, inovador e seguro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAHMARI, A. et al. Antimicrobial photodynamic therapy in periodontal treatment: a clinical update. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 32, p. 102048, 2020.
- ALMEIDA, J. M. et al. Segurança clínica da terapia fotodinâmica em periodontia: revisão de literatura. **Brazilian Oral Research**, v. 33, n. 1, p. e021, 2019.
- ALVES, F. R. et al. Quality of life and patient-related outcomes in periodontal treatment: role of photodynamic therapy. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 3, p. 1127-1135, 2020.
- ARAÚJO, A. C. et al. Oxygen availability and photodynamic therapy efficiency: implications for periodontal pockets. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 7, p. 1421-1428, 2019.
- BARBOSA, D. et al. Photodynamic therapy as adjunctive periodontal treatment: a systematic review. **Journal of Periodontology**, v. 92, n. 8, p. 1125-1136, 2021.
- BARRETO, L. C. et al. Evidence-based perspectives on photodynamic therapy in periodontics. **International Journal of Dentistry**, v. 2022, p. 1-10, 2022.
- BATISTA, M. A. et al. Combined strategies to improve oxygenation and PDT outcomes in periodontal therapy. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 39, n. 5, p. 342-349, 2021.
- CARVALHO, L. H. et al. Medium-term clinical evaluation of photodynamic therapy as adjunctive to SRP. **Journal of Applied Oral Science**, v. 30, p. e20220009, 2022.

- CASTILHO, R. M. et al. In vitro effects of antimicrobial photodynamic therapy on periodontal biofilms. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 29, p. 101619, 2020.
- CASTRO, M. L. et al. Comparative analysis of photosensitizers in periodontal PDT. **Lasers in Dental Science**, v. 4, n. 1, p. 11-18, 2020.
- COSTA, R. C. et al. Patient acceptance of photodynamic therapy in dentistry: a clinical perspective. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 9, p. 2915-2923, 2020.
- CORRÊA, L. et al. Nanoparticle-mediated photosensitizer delivery for periodontal PDT. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 224, p. 112318, 2021.
- CURTIS, M. A. et al. Periodontitis: a multifactorial disease with complex microbial etiology. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, p. 1-14, 2020.
- DE OLIVEIRA, P. G. et al. Number of sessions in photodynamic therapy: clinical impact in periodontics. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 31, p. 101862, 2020.
- FERREIRA, M. B. et al. Photodynamic therapy versus systemic antibiotics in periodontitis: clinical trial. **Journal of Periodontal Research**, v. 54, n. 5, p. 510-518, 2019.
- FREITAS, L. F. et al. Light penetration and efficiency of photodynamic therapy in periodontal tissues. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 3, p. 673-680, 2020.
- GHOLAMI, M. et al. Mechanical debridement versus adjunctive PDT in periodontitis: systematic review. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 50, n. 1, p. 101-113, 2023.
- GOMES, C. S. et al. Barriers to clinical adoption of antimicrobial photodynamic therapy. **Brazilian Dental Journal**, v. 32, n. 5, p. 47-55, 2021.
- LOPES, M. A. et al. Photodynamic and photothermal combined therapy in periodontics. **Lasers in Medical Science**, v. 37, n. 2, p. 689-697, 2022.
- LOURENÇO, T. G. et al. Systemic effects of photodynamic therapy in periodontal patients. **Journal of Periodontology**, v. 93, n. 2, p. 221-230, 2022.
- MAHDIZADEH, M. et al. Periodontal therapy advances and PDT perspectives. **Frontiers in Oral Health**, v. 5, p. 112-128, 2024.
- MAJ, J. et al. Clinical outcomes of PDT as adjunctive periodontal therapy. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 41, p. 102737, 2025.
- MARTINS, F. G. et al. Influence of fiber tips in periodontal PDT. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 1, p. 59-67, 2020.

- MARTU, A. et al. Clinical efficacy of PDT adjunctive to scaling and root planing. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 16, p. 8627, 2021.
- MEDEIROS, M. M. et al. Contraindications and safety of PDT in periodontal patients. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 34, p. 102286, 2021.
- MELO, J. F. et al. Toward standardization of photodynamic therapy in dentistry. **Brazilian Oral Research**, v. 34, p. e110, 2020.
- MENEZES, P. R. et al. Microbiome modulation through PDT in periodontal patients. **Journal of Periodontal Research**, v. 56, n. 4, p. 789-798, 2021.
- MENDONÇA, E. F. et al. Clinical outcomes of photodynamic therapy as an adjunct to scaling and root planing in periodontitis: a randomized controlled trial. **Journal of Periodontology**, v. 90, n. 8, p. 856-863, 2019.
- MIRANDA, L. H. et al. New devices and fibers to optimize PDT application in periodontics. **Lasers in Dental Science**, v. 5, n. 1, p. 27-35, 2020.
- MOURA, C. O. et al. Heterogeneity in clinical protocols of photodynamic therapy. **Journal of Applied Oral Science**, v. 29, p. e2021021, 2021.
- NASCIMENTO, G. G. et al. Clinical limitations of extrapolating in vitro PDT studies. **Brazilian Oral Research**, v. 35, p. e093, 2021.
- NIE, M. et al. Antimicrobial PDT in periodontal therapy: recent findings. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 14, p. 107-121, 2024.
- NUNES, R. C. et al. Efficacy of PDT in special populations: systematic review. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 48, n. 12, p. 1520-1528, 2021.
- PAIVA, A. C. et al. PDT in aggressive periodontitis: case-control evaluation. **Journal of Oral Science**, v. 62, n. 3, p. 336-343, 2020.
- PARDO, A. et al. Clinical effectiveness of PDT in periodontal treatment: systematic review. **Clinical Oral Investigations**, v. 27, p. 1023-1036, 2023.
- PENELAS, J. D. et al. Incubation time influence on periodontal PDT. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 28, p. 111-118, 2019.
- PIMENTA, A. C. et al. Resistance issues in antimicrobial PDT: biological plausibility. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 40, n. 2, p. 139-147, 2022.
- PINTO, R. P. et al. PDT in diabetic patients with chronic periodontitis. **Journal of Applied Oral Science**, v. 29, p. e2021010, 2021.

- POURHAJIBAGHER, M.; KESHAVARZ VALIAN, H.; BAHADOR, A. Antimicrobial photodynamic therapy in dentistry: mechanisms and clinical applications. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 37, p. 102450, 2022.
- RAJESH, S. et al. Historical perspectives and microbiological mechanisms of PDT. **Journal of Oral Microbiology**, v. 3, p. 107-118, 2011.
- RAMOS, C. R. et al. PDT in periodontal maintenance: a clinical update. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 35, p. 102301, 2021.
- REIS, A. F. et al. Methodological limitations in PDT trials: critical review. **Brazilian Oral Research**, v. 34, p. e045, 2020.
- RIBEIRO, F. V. et al. Effects of PDT on oxidative stress and inflammatory mediators. **Lasers in Medical Science**, v. 38, n. 1, p. 123-132, 2023.
- RODRIGUES, M. F. et al. Cost-effectiveness of antimicrobial PDT in periodontics. **International Dental Journal**, v. 70, n. 6, p. 467-474, 2020.
- RODRIGUES, V. M. et al. Clinical indications for PDT as adjunctive periodontal therapy. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 48, n. 8, p. 1011-1018, 2021.
- ROSA, T. S. et al. Energy parameters in periodontal PDT: safety and efficacy. **Lasers in Medical Science**, v. 36, n. 4, p. 789-796, 2021.
- ROSSI, F. Quantum and photophysical aspects of antimicrobial PDT. **Photochemistry and Photobiology**, v. 99, n. 1, p. 1-9, 2023.
- SANTANA, J. F. et al. PDT performance in furcation and anatomical challenges. **Brazilian Dental Journal**, v. 31, n. 4, p. 512-520, 2020.
- SANTOS, C. M. et al. Toward guidelines for PDT in periodontal therapy. **Journal of Applied Oral Science**, v. 30, p. e2022012, 2022.
- SILVA, R. A. et al. Long-term evaluation of PDT in chronic periodontitis. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 31, p. 101889, 2020.
- SOARES, J. R. et al. Short-term clinical and microbiological outcomes of antimicrobial photodynamic therapy as adjunct to scaling and root planing in periodontitis. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 34, p. 102317, 2021.
- TEIXEIRA, A. B. et al. Systematic review of PDT in moderate to severe periodontitis. **Clinical Oral Investigations**, v. 26, p. 4321-4332, 2022.

VIEIRA, R. A. et al. PDT as an alternative to antibiotics in periodontal therapy. **Journal of Periodontal Research**, v. 57, n. 5, p. 798-807, 2022.

WANG, Y. et al. Meta-analysis of PDT as adjunctive therapy for periodontitis. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 52, n. 1, p. 12-25, 2025.