

TERAPIA FOTODINÂMICA ANTIMICROBIANA E LASERTERAPIA NA ENDODONTIA: SUAS INDICAÇÕES E EFETIVIDADE

ANTIMICROBIAL PHOTODYNAMIC THERAPY AND LASER THERAPY IN ENDODONTICS: INDICATIONS AND EFFECTIVENESS

Iasmin Gabriela Schneider Cassimiro¹

Gabriela de Paula Pidpala²

Emanuely da Silva³

RESUMO: A endodontia possui como objetivo principal a eliminação de cargas microbianas presentes nos canais radiculares. Para a obtenção do sucesso de um tratamento endodôntico, origina-se a conclusão com excelência de diversos fatores, tais como um eficiente preparo químico-mecânico, completa desinfecção dos canais e uma obturação hermética. No entanto, podem surgir desafios durante esses processos, devido à complexidade anatômica encontrada nos canais radiculares, resultando em uma resistência dos microrganismos ainda presentes. Diante do atual cenário, o uso do laser e da terapia fotodinâmica antimicrobiana (TFDa) tem ganhado destaque na endodontia, apresentando-se como terapias adjuvantes ao tratamento convencional. Este artigo tem como finalidade explorar as indicações e efetividades da TFDa e a laserterapia, compreendendo seus mecanismos de ação e discutindo seus resultados na redução e desinfecção intracanal, tais como benefícios e prognósticos após a conclusão do tratamento.

1

Palavras-chave: Endodontia. Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana. Terapias Adjuvantes. Laserterapia.

ABSTRACT: Endodontics aims primarily to eliminate microbial loads present in root canals. Successful endodontic treatment depends on the excellent completion of several factors, such as efficient chemomechanical preparation, complete canal disinfection, and hermetic obturation. However, challenges can arise during these processes due to the anatomical complexity of root canals, resulting in resistance from the remaining microorganisms. In this context, the use of lasers and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) has gained prominence in endodontics, presenting themselves as adjuvant therapies to conventional treatment. This article aims to explore the indications and effectiveness of aPDT and laser therapy, understanding their mechanisms of action and discussing their results in reducing and disinfecting intracanal infections, as well as their benefits and prognoses after treatment completion.

Keywords: Adjuvant Therapies. Antimicrobial Photodynamic Therapy. Endodontics. Laser Therapy.

¹ Discente de Odontologia - Centro Universitário Univel.

² Discente de Odontologia - Centro Universitário Univel.

³ Doutora em Odontologia/Diagnóstico Bucal pela Universidade Federal de Santa Catarina, Professora do Curso Odontologia do Centro Universitário Univel.

INTRODUÇÃO

A odontologia tem apresentado uma expressiva evolução no cotidiano clínico dos profissionais, impulsionada, principalmente, pelo avanço tecnológico, que contribui para o aprimoramento dos diagnósticos, tratamentos e resultados clínicos. Diante dessa realidade, o uso do laser e da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (TFDa) tem ganhado destaque em diversas especialidades odontológicas, incluindo a endodontia. Quando utilizadas como terapias adjuvantes ao tratamento endodôntico convencional, essas técnicas têm demonstrado resultados bastante promissores.

Visando a eliminação de microrganismos e tecidos necrosados, a endodontia utiliza a associação entre o preparo mecânico e protocolos de irrigação química para garantir a completa desinfecção dos condutos radiculares. No entanto, o tratamento convencional pode falhar em alguns casos, especialmente devido à complexa morfologia dos canais radiculares, com presença de canais acessórios e irregularidades anatômicas. Nesse contexto, a laserterapia e a terapia fotodinâmica surgem como importantes aliadas da endodontia, promovendo melhores resultados clínicos (Gomes; Aveiro; Kishen, 2023).

Um exemplo de laser utilizado em tratamentos endodônticos é o Er:YAG, que provoca a dissociação de moléculas de água, gerando íons hidroxila ($-OH$) radicais altamente reativos com efeito antimicrobiano dentro do conduto radicular. Em comparação com a irrigação tradicional, a tecnologia baseada nesse tipo de laser apresenta a vantagem de promover maior penetração do irrigante nos túbulos dentinários, contribuindo para uma remoção mais eficiente da *smear layer*, de resíduos, medicações intracanaís e bactérias aderidas às paredes do canal (Fiegler-Rudol *et al.*, 2025).

Já a TFDa na endodontia é um tratamento complementar que visa à inativação de microrganismos por meio de reações oxidativas obtidas a partir da irradiação de um agente fotossensibilizante (Araújo *et al.*, 2022). Essa terapia utiliza um fotossensibilizador em baixas concentrações, sem toxicidade, que, quando ativado por uma fonte de luz de baixa intensidade, gera espécies reativas de oxigênio capazes de promover a morte bacteriana (Gomes; Aveiro; Kishen, 2023).

Portanto, os estudos e publicações sobre o uso do laser e da TFDa na odontologia têm se tornado cada vez mais relevantes. Sabe-se que essas terapias apresentam eficácia significativa; contudo, por se tratar de técnicas relativamente recentes, ainda existem dúvidas quanto ao método de aplicação, às indicações para cada tipo de tecido e à sua real efetividade em

comparação aos tratamentos convencionais.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão narrativa da literatura, a partir de artigos científicos, sobre o uso da laserterapia e da TFDa na endodontia, buscando compreender suas principais indicações e efetividade como terapias adjuvantes ao tratamento endodôntico.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura, com o objetivo de reunir e analisar diferentes evidências científicas acerca do tema principal, Laserterapia e TFDa na Endodontia. Neste estudo, foram utilizadas diversas fontes de pesquisa com o intuito de compilar as informações mais relevantes sobre o uso do laser na endodontia, sendo elas, PubMed, SciELO, *ScienceDirect*, BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), LILACS e MEDLINE. Na realização de uma busca mais direcionada sobre o tema, utilizou-se descritores (palavras-chave/keywords) em português e inglês, combinados por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”.

Em inglês, foram utilizadas as palavras: “*endodontic treatment*”, “*laser*”, “*laser therapy*”, “*odontology*”, “*dentistry*”, “*diode*”, “*Er:YAG*”, “*photodynamic therapy*”, “*dental laser*”, “*low-level laser therapy*”, “*high-power laser*” e “*photodynamic therapy in endodontic treatment*”. Em português, foram empregados os termos: “laserterapia”, “terapia fotodinâmica”, “tratamento endodôntico” e “laserterapia na endodontia”.

Foi dada preferência para artigos publicados entre 2015 até 2025, contudo, alguns estudos anteriores também foram incluídos, pois apresentaram contribuições científicas relevantes. Tornou-se necessário a exclusão de teses e estudos sem relevância para esta revisão, assim como a remoção de artigos duplicados e resumos simples. Para a seleção final, foram escolhidos artigos por meio da leitura seguida da análise dos estudos presentes, sendo eleitos os quais evidenciaram maior qualidade científica e com informações mais pertinentes com o tema da revisão de literatura.

REVISÃO DE LITERATURA

Endodontia

As infecções pulpares são decorrentes de diversos fatores, sendo o principal a cárie dentária extensa que atinge a polpa do dente, levando até ela microrganismos e desencadeando uma infecção. Nestes casos o tratamento de eleição é o endodôntico, que consiste na limpeza e modelagem, irrigação e desinfecção do canal, seguida da obturação com materiais

biocompatíveis e com o devido selamento hermético com a estrutura dental (Oliveira *et al.*, 2023). O tratamento endodôntico tem como intuito eliminar microrganismos patogênicos, e realizar a desinfecção completa dos condutos radiculares, precavendo a recidiva dessa infecção (Salviano *et al.*, 2023). Para obter-se sucesso no tratamento endodôntico, é fundamental um bom preparo químico-mecânico, que possui como objetivo a remoção completa do tecido pulpar (Pereira, 2020).

Na instrumentação dos canais radiculares podem ser utilizadas limas manuais ou rotatórias, aplicando a técnica de movimento de rotação alternada. Atualmente os instrumentos manuais mais utilizados são os feitos de níquel-titânio (Ni-Ti), por possuírem uma maior flexibilidade e capacidade de corte. Com o intuito de minimizar o tempo de trabalho e reduzir erros de operação na instrumentação manual, criou-se ferramentas mecanizadas, para a utilização de limas rotatórias movidas a um motor que permitem uma instrumentação mais centralizada e ágil. (Santos; Busarello; Rodrigues, 2023).

A etapa da irrigação possui um papel fundamental no tratamento endodôntico. Durante a escolha do melhor irrigante, deve-se considerar que ele reúna as melhores propriedades, como, capacidade de dissolver matéria orgânica, solubilidade, uma boa atividade antimicrobiana e baixa toxicidade para os tecidos periapicais. Atualmente os irrigadores mais utilizados são o hipoclorito de sódio e a clorexidina, por apresentarem bons resultados (Silva; Kervahal, 2022). O hipoclorito de sódio (NaOCI), sendo mais utilizado na concentração de até 2,5%, apresenta as propriedades necessárias, como por exemplo a ação bactericida, eficácia no desbridamento e grande capacidade de dissolução sobre tecidos necróticos e vitais no canal radicular (Esteves; Froes, 2014). Já a clorexidina (CHX), utilizada geralmente em concentrações de até 2%, apresenta bons resultados clínicos, é um agente antimicrobiano eficaz e considerado menos tóxica para tecidos periapicais. Porém, se comparada com o NaOCI, apresenta desvantagens pelo fato de não possuir capacidade de dissolver matérias orgânicas e apresentar um menor efeito na ação da microbiota do biofilme (Silva; Kervahal, 2022).

Muitas vezes, a complexidade anatômica de alguns canais radiculares, geram a necessidade de técnicas complementares na redução de carga microbiana. Substâncias químicas de irrigação, como o hipoclorito de sódio (NaOCI), necessitam manifestar uma adequada atividade microbiana e capacidade de dissolver tecidos orgânicos. Em casos de infecções endodônticas persistentes ou secundárias, apresentam uma maior dificuldade no seu tratamento, visto que são causadas por microrganismos que se encontram presentes na infecção

primária, significando que conseguiram sobreviver aos procedimentos químicos e mecânicos realizados (Arantes Soares Reis *et al.*, 2025).

Deste modo, apresenta-se dificuldade em eliminar por completo a microbiota intracanal, entretanto a TFDa torna-se adjuvante na eliminação desses microrganismos (Silva, 2018).

Laser na Odontologia

A palavra Laser é um acrônimo em inglês para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, sua tradução significa “Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação”. Possuem a capacidade de emitir uma luz direcional, coerente e monocromática, ou seja, uma luz na qual todas as ondas estejam alinhadas (coerente), e que apresenta uma cor ou comprimento de onda único (monocromática), sendo assim mais precisa que uma luz comum. A utilização deste laser pode variar de acordo com a potência emitido por ele e seu mecanismo de ação (Arjmand *et al.*, 2021). O laser de alta potência, possui uma potência superior a 0,5 watts (W), enquanto o de baixa potência apresenta uma potência de saída inferior a 250mW (Mankar *et al.*, 2023).

A laserterapia com o laser de baixa potência é um tratamento muito recorrente na atualidade na área da saúde, podendo ser utilizada em diversos ramos da odontologia como um tratamento adjuvante combinado com outros tratamentos. Seu funcionamento consiste na aplicação de luz/laser para estimular efeitos terapêuticos, como, regeneração e aceleração do reparo tecidual, diminuição da dor e da inflamação (Avci *et al.*, 2013).

Atualmente os lasers podem ser empregados em tratamentos endodônticos, periodontais, cirúrgicos e em tratamento de lesões. Os tipos de lasers são classificados para cada tipo de tratamento, levando em consideração: o tecido-alvo, a molécula responsável pela absorção de luz e a faixa de comprimento de onda emitida. Os principais tipos de lasers são agrupados em três categorias, sendo elas: os lasers de estado sólido que incluem o Nd:YAG e o Er:YAG. Outros grupos são o laser de estado gasoso, no caso do CO₂ e os lasers semicondutores, como o de diodo. Suas aplicações podem ser classificadas, como a aplicação dos lasers Nd:YAG e Er:YAG, em tecidos duros e a aplicação dos lasers de diodo e CO₂, em tecidos moles (Quadro 1) (Malcangi *et al.*, 2023).

Quadro 1 – Tipos de laser utilizados na odontologia

Tipo de laser	Comprimento de onda (nm)	Principal aplicação clínica	Tipo de tecido
Er:YAG	2940	Remoção de cárie, preparo cavitário, desinfecção endodôntica, cirurgia óssea	Melhor eficácia em tecidos duros
Diodo	660–980	Fotobiomodulação, analgesia, cicatrização, clareamento de dentes vitais ou não vitais, periodontia, cirurgias gengivais	Melhor eficácia em tecidos moles
CO ₂	1064	Cirurgia de tecidos moles, remoção de lesões, frenectomia	Aplicação em tecidos moles, boa hemostasia e corte preciso

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em Malcangi *et al.* (2023); Matsumoto, Yoshimine e Akamine (2011); Gomes, Aveiro e Kishen (2023).

6

Os feixes de laser de baixa potência apresentam propriedades bioestimulantes, que se tornam aplicáveis em diversas áreas da odontologia. Por outro lado, o laser de alta potência atua diretamente sobre o tecido, promovendo corte, coagulação e desinfecção através do seu calor (Malcangi *et al.*, 2023).

Na periodontia o laser atua reduzindo bolsas periodontais e estimulando a regeneração tecidual, permitindo o crescimento de novas células. Além disso, o laser se mostra eficiente na implantodontia, apresentando uma melhor osseointegração dos implantes e mostra-se eficaz em tratamentos endodônticos reduzindo cargas microbianas presentes no canal radicular (Sachelarie *et al.*, 2024).

Os lasers também são empregados em procedimentos cirúrgicos, sendo capazes de cortar e coagular tecidos moles, uma maior precisão em seccionar outros tecidos proporcionando um melhor controle do sangramento, reduzindo a dor e desconforto pós-operatório, promovendo uma recuperação mais rápida e minimizando riscos de inflamação e edemas (Sachelarie *et al.*, 2024).

Laser de baixa potência

O laser de baixa potência promove a aceleração do reparo tecidual, também ocasiona efeitos analgésicos, anti-inflamatórios e bioestimulantes. Ele atua por meio de mecanismos fotoquímicos e fotofísicos, estimulando alterações nas células, que podem ser de modo fisiológico, metabólico ou bioquímico, ou seja, o laser estimula uma atividade mitocondrial que faz com que se tenha uma maior síntese de ATP e maior atividade celular, esse processo favorece a regeneração e cicatrização de tecidos lesionados (Santos; Santos; Guedes, 2021).

Esse laser possui uma potência de saída de 500 mW ou inferior, seu mecanismo utiliza o uso de lasers com uma baixa intensidade, deste modo, não é invasivo e seus efeitos colaterais podem ser irritação na pele, coceira e vermelhidão, os quais são muito raros, e quando ocorrem são efeitos leves, pois este laser não emite uma temperatura elevada. A eficácia de sua utilização depende de alguns fatores, como, a fonte de luz, comprimento de onda, densidade de energia, tempo de aplicação do laser, entre outros (Dompe *et al.*, 2020).

O laser de baixa potência estimula a fotobiomodulação, e para que isso ocorra os cromóforos (parte da molécula que tem a função de absorver luz) precisam absorver um comprimento de onda específico. Após isso é desencadeado um processo de alterações no estado eletrônico das moléculas, estimulando então a atividade celular e efeitos de biomodulação, ocasionando neoformação tecidual, redução de edemas e aumento de vascularização (Dompe *et al.*, 2020).

7

Laser de alta potência

Os lasers de alta potência são bastante utilizados na área cirúrgica, apresentando vantagens quando comparados as técnicas convencionais, como o uso de bisturi. Eles são menos invasivos, e promovem desinfecção das áreas operadas, pois promove elevação da temperatura no qual aumenta a probabilidade de reparação tecidual evitando presença de infecções na região da cirurgia. Ademais, com a utilização deste, ocorre menor dano aos tecidos adjacentes, a precisão na incisão é aumentada, diminui os índices de dor e do tempo operatório, além de ocasionar um efeito hemostático promovendo a fotocoagulação, já que o laser infiltra nos tecidos e gera calor cicatrizando e selando pequenos vasos sanguíneos do local (Santos; Santos; Guedes, 2021).

Dentre as vantagens também se encontra a redução do edema pós-operatório. Como supracitado, esse laser possui grande eficiência em realizar incisão e no controle do

sangramento, e sua ação varia conforme o tecido alvo. Em tecidos moles, ele atua por vaporização, ou seja, converte energia luminosa em calor, e em tecidos duros ele age através da ablação, ou seja, sua energia é absorvida pela água ocasionando o aquecimento e elevando a pressão interna nos tecidos (Santos; Santos; Guedes, 2021).

Laser Erbium:YAG na Endodontia

Laser Er:YAG de alta potência, emite uma luz infravermelha com um comprimento de onda de 2940 nm. Durante a irrigação endodôntica, faz-se o uso de substâncias aquosas, como exemplo o NaOCl (hipoclorito de sódio), com isso a interação proveniente do irrigante com o laser promove a diminuição do fator térmico que o laser ocasiona, deste modo não prejudica os tecidos dentários. Sendo assim, quando o laser é acionado o irrigante se aquece e entra em ebulição formando bolhas de vapor, o colapso destas bolhas de vapor em seu ponto máximo de expansão provoca o fenômeno de cavitação subsequente. Esse fenômeno gera uma agitação fotoacústica gerando uma movimentação do irrigante no conduto radicular, permitindo que ele percorra todo o canal radicular tridimensionalmente, deste modo favorece a eliminação da *smear layer* de forma eficiente (Matsumoto; Yoshimine; Akamine, 2011).

Toda essa reação recebe o nome de Transmissão fotoacústica induzida por fótons, sua sigla em inglês é “ PIPS” (*Photon-Induced Photoacoustic Streaming*), ela utiliza um laser de alta potência como o Er:YAG para realizar a ativação de soluções irrigadoras endodônticas. Essa técnica utiliza uma ponteira cônica sem revestimento, na qual emite pulsos muito curtos que atingem uma potência média de 0,3 W, esses pulsos interagem com moléculas aquosas, atingindo picos de até 400 W, e toda essa interação ativa o irrigante de modo eficaz sem promover o superaquecimento dos tecidos (Matsumoto; Yoshimine; Akamine, 2011).

Ademais, o laser Er:YAG provoca a dissociação de moléculas de água, gerando íons hidroxila (-OH, átomo de oxigênio ligado a um átomo de hidrogênio), que reforça o efeito antimicrobiano no conduto. Em comparação com a irrigação tradicional endodôntica, a tecnologia com este laser apresenta a vantagem de promover uma maior penetração do irrigante nos túbulos dentinários, isso contribui para uma remoção mais efetiva da *smear layer*, de resíduos, da medicação intracanal e de bactérias presentes nas paredes do canal radicular (Gomes; Aveiro; Kishen, 2023).

Laser de Diodo

O laser de diodo possui um comprimento de onda entre 405 a 1.064nm, e sua potência pode variar de 0,2 a 12 W, sendo assim, ele pode ser usado como um laser de baixa potência ou como um laser de alta potência. Quando este laser está atuando em baixa potência (fotobiomodulação), sua potência máxima se encontra em 1 W, e ele possui um potencial terapêutico, promovendo analgesia principalmente pela indução da elevação do nível de beta-endorfinas, pela melhora da circulação sanguínea, promovendo a angiogênese (um processo de formação de novos vasos sanguíneos a partir de vasos que já existem) e aumento do limiar de dor. O laser de diodo de baixa potência também tem a capacidade de estimular o crescimento celular, faz com que ocorra a diferenciação de odontoblastos, e posteriormente proporciona a formação de dentina reativa (Behniafar *et al.*, 2024).

Em diferenciação, o laser de diodo de alta potência possui uma potência superior a 1 W podendo atingir 12 Watts, ele é amplamente aplicado na odontologia principalmente na desinfecção de canais radiculares e cirurgias em tecidos moles. Ademais, sua potência promove a eliminação de biofilme e bactérias resistentes no conduto radicular, facilita o derretimento dos túbulos dentinários e estimula a formação de dentina reparadora, no entanto, possui preferência de absorção em tecidos pigmentados e sua interação com água e hidroxiapatita é mínima (Behniafar *et al.*, 2024).

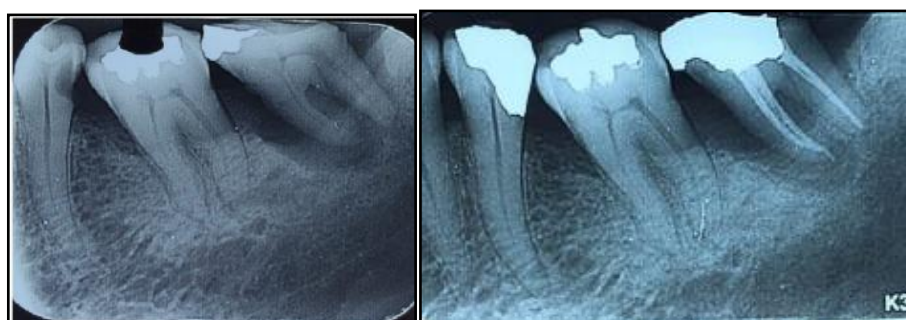
Este laser possui um semicondutor em estado sólido feito de alumínio e gálio, e o comprimento de onda óptico emitido pode variar de 810 a 980nm. Entre as inúmeras utilidades deste laser, podemos encontrar sobre a capacidade de estimular uma terapia para a redução de processos infecciosos no ápice dentário, como granulomas que ocorrem devido a necrose pulpar e presença de bactérias no canal radicular (Malcangi *et al.*, 2023).

Em seu relato de caso, Derikvand *et al.*, (2020) observa-se um cenário no qual um paciente relata dor e mobilidade no elemento 38 que apresenta um prognóstico desfavorável. Durante o exame clínico, foi possível constatar mobilidade de grau III, uma grande perda de inserção, e radiograficamente uma considerável reabsorção óssea na região (Figura 1) (Derikvand *et al.*, 2020). Para o tratamento, foram utilizadas técnicas de tratamento periodontal conservadoras, e descontaminação de bolsas periodontais com laser de Diodo 980 nm. Além disso, tornou-se necessário o tratamento endodôntico, sendo associado também ao laser de Diodo 980 nm para descontaminação dos canais radiculares. Após uma progressão no tratamento, em torno de 2 semanas foram iniciadas aplicações da TFDa, sendo o azul de

metileno a substância utilizada, em uma concentração de 0,1 mg/mL (Derikvand *et al.*, 2020).

Após um período de 6 meses, foi possível observar uma redução significativa, apresentando redução na mobilidade para grau I, e as bolsas periodontais decaíram de 10 mm para menos de 3 mm, além do avanço na regeneração óssea alveolar (Figura 1) (Derikvand *et al.*, 2020).

Figura 1 – Radiografia Periapical do elemento 38 (A-Inicial; B- 6 meses após tratamento)



A

B

Fonte: Adaptado de Derikvand *et al.* (2020). Disponível em: The Use of Antimicrobial Photodynamic Therapy to Maintain a Hopeless Tooth With a PeriodonticEndodontic Lesion: A Case Report - PubMed

Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (TFDa)

A Terapia fotodinâmica vem sendo estudada ao longo dos anos em diversas áreas da medicina e odontologia, ela é classificada como uma opção terapêutica promissora para inúmeras condições, pois consegue oferecer benefícios de modo pouco invasivo (Aebisher *et al.*, 2024).

A TFD tem uma abordagem terapêutica que combina uma luz com um comprimento de onda específico, um agente fotossensibilizador e oxigênio. Quando o fotossensibilizador é ativado por uma fonte de luz, ele gera radicais reativos de oxigênio que possuem ação antimicrobiana, ocasionando a morte de algumas espécies bacterianas. Para que esse processo ocorra de modo eficiente, é necessário que o comprimento de onda da luz seja compatível com o espectro de absorção do fotossensibilizador (Gomes; Aveiro; Kishen, 2023). Ela pode ser utilizada em inúmeras situações, como exemplo, tratamento de lesões neoplásicas, para diminuição de manchas e estimulando a regeneração tecidual, para reduzir inflamações, e na odontologia sua principal utilidade é para desinfecção orais na endodontia e periodontia. Seu funcionamento permite ter um controle preciso para a região a ser tratada, por isso é uma alternativa minimamente invasiva (Saini *et al.*, 2016).

A seletividade do efeito fotodinâmico na eliminação bacteriana é uma vantagem da

TFDa, em junção com o fotossensibilizador promove em efeito foto-oxidativo nas bactérias, em sua membrana ou atividade bacteriana e DNA cromossômico, por isso, a TFDa é indicada para desinfecção do canal radicular (Gomes; Aveiro; Kishen, 2023).

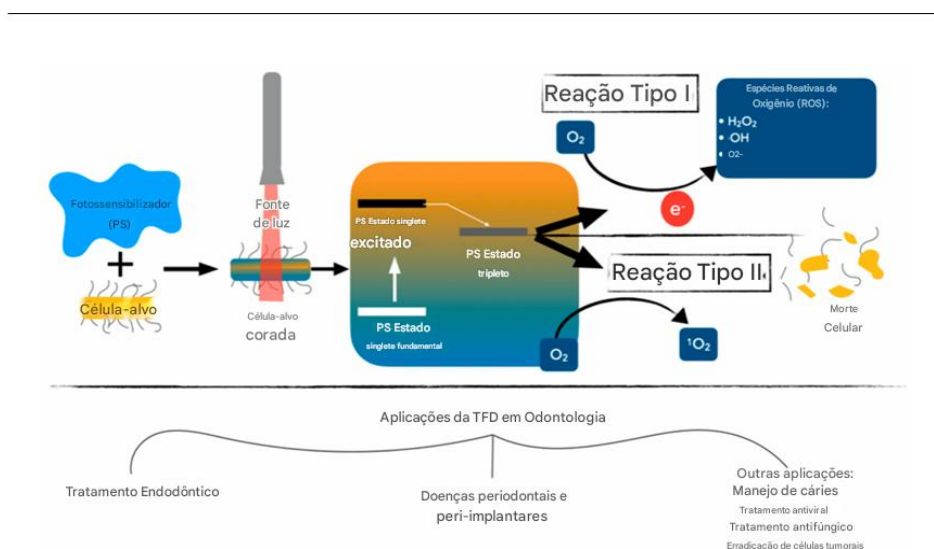
Mecanismo de ação da Terapia Fotodinâmica

Para se ter um efeito adequado desta terapia, necessita da combinação de três componentes principais, são estes, a luz visível, um fotossensibilizador e o oxigênio (O_2). Durante o uso da terapia fotodinâmica, ocorre uma interação entre a fonte de luz e o fotossensibilizador na presença do oxigênio, essa reação induz um dano celular específico. Esse dano pode ocorrer de duas formas, na reação do tipo I consiste na formação de radicais livres reativos pela remoção da molécula de elétron do substrato, está então reage com a molécula de oxigênio endógena (que está dentro do organismo), gerando espécies reativas de oxigênio, ao final dessa reação as células patogênicas são danificadas irreversivelmente (Figura 2) (Abdelkarim-Elafifi *et al.*, 2021).

Na reação do tipo II, o fotossensibilizador é excitado e reage com moléculas de oxigênio presentes nas células patogênicas, esse O_2 é ativado formando o oxigênio singlete (1O_2), o qual é uma forma eletronicamente excitada e reativa da molécula de oxigênio, este leva à morte celular microbiana por oxidação, pois ocorre uma reação que afeta as estruturas da célula bacteriana (Figura 2) (Abdelkarim-Elafifi *et al.*, 2021).

11

Figura 2 -Mecanismo de ação da Terapia Fotodinâmica



Fonte: Adaptado de Abdelkarim-Elafifi *et al.* (2021). Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-6382/10/9/1106>>.

Em um ambiente específico a formação do oxigênio singlete da origem ao efeito tóxico desejado, com a combinação desta molécula com a luz e o fotossensibilizador, é obtido um efeito oxidante capaz de destruir células patogênicas, essa destruição pode ocorrer por apoptose ou necrose (Aebisher *et al.*, 2024).

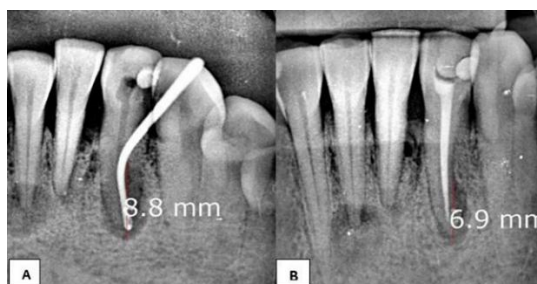
Tratamento endodôntico com Terapia fotodinâmica

Em dentes com necrose pulpar muitas vezes pode se ter infecções presentes, na qual pode evoluir para fistulas, abscessos e cistos periapicais. Para solucionar essas patologias deve se eliminar a infecção presente nos canais radiculares, sendo assim, o tratamento endodôntico deve ser realizado, pois ele tem o propósito de eliminar os microrganismos presentes no conduto e prevenir a reinfecção deste. No entanto, em alguns casos a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares limita essa eliminação, fazendo com que alguns microrganismos permaneçam vivos, e para se ter um resultado satisfatório se deve utilizar terapias adjuvantes como a TFDa (Souza *et al.*, 2008).

No relato de caso, Freitas *et al.* (2025) apresenta um tratamento endodôntico em uma única sessão com auxílio de terapia fotodinâmica, em um paciente que apresentava lesão periapical no elemento 32. (Figura 3). Durante o tratamento endodôntico, antes de se realizar a obturação do canal radicular foi empregado um protocolo de terapia fotodinâmica, com uma potência de saída de 100 mW. Foi inserido o corante azul de metileno 0,01%, no conduto e mantido por 2 minutos, após isso o dispositivo de laser foi utilizado durante 3 ciclos de 60 segundos cada um, entre cada ciclo o corante foi aspirado e renovado. O paciente retornou seis meses após o tratamento, e foi possível observar na radiografia periapical a diminuição da lesão, que inicialmente era de 8,8 mm, e após os seis meses passou a medir 6,9 mm (Figura 3) (Freitas *et al.*, 2025).

12

Figura 3 -Radiografias comparando o tamanho da lesão periapical (A- inicial; B- após 6 meses)



Fonte: Freitas *et al.*, 2025. Disponível em: < View of Single-Visit Endodontic Treatment with Photodynamic Therapy in Chronic Periapical Abscess: A Case Report >.

No estudo de Garcez *et al.* (2010), selecionaram 21 pacientes que apresentavam lesões periapicais e histórico de falha em tratamento endodôntico anterior e antibioticoterapia, foi realizada a coleta de amostras microbiológicas em 3 situações (Quadro 2).

Quadro 2- Resultado das coletas de microrganismos nos canais radiculares

Momento da coleta	Resultado
Antes do tratamento endodôntico, logo após o acesso ao canal radicular	Todos os dentes selecionados apresentavam pelo menos uma espécie de bactéria resistente
Após o retratamento do canal	Houve uma redução significativa de carga microbiana presente, no entanto apenas 3 dentes não apresentavam nenhuma espécie bacteriana no canal
Após a aplicação da TFDa	Todos os 30 dentes analisados apresentavam a completa eliminação de microrganismos resistentes

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em Garcez, A. S.; Nunez, S. C.; Hamblin, M. R.; Suzuki, H.; Ribeiro, M. S.

Nesta situação clínica, após o tratamento endodôntico, o canal foi irrigado com 0,5 ml do fotossensibilizador, e posteriormente foi aplicado o laser durante 240 segundos. Na aplicação da TFDa, o fotossensibilizador de escolha foi Polietilenimina e Clorina em uma solução de 60 mmol/L, o laser de eleição foi Diodo com fibra óptica de 200 mm de diâmetro, o qual foi levado até a porção apical do conduto, com uma emissão de luz de 660 nm e potência de 40 mW através da fibra óptica (Garcez *et al.*, 2010). Em consideração, foi analisado que o tratamento o endodôntico convencional é capaz de reduzir espécies microbianas, mas não consegue eliminar espécies resistentes, porém quando se associa a TFDa o resultado é mais satisfatório, tornando-se, uma terapia adjuvante com capacidade de eliminação de microrganismos multirresistentes (Garcez *et al.*, 2010).

DISCUSSÃO

Embora o preparo químico-mecânico convencional, baseado na irrigação com hipoclorito de sódio, seja amplamente utilizado na endodontia, estudos demonstram que essa abordagem isolada ainda mantém carga microbiana residual nos canais radiculares, sendo insuficiente para a completa eliminação de microrganismos resistentes (Arantes Soares Reis *et*

al., 2025). Nesse contexto, a laserterapia e a TFDa se destacam como terapias adjuvantes capazes de potencializar a desinfecção intracanal, alcançando regiões de difícil acesso aos irrigantes convencionais, como istmos, deltas apicais e túbulos dentinários (Gomes; Aveiro; Kishen, 2023).

A laserterapia apresenta mecanismo de ação complementar que amplia a eficácia na desinfecção dos condutos radiculares. O laser Er:YAG, ao interagir com o irrigante intracanal, induz o fenômeno de transmissão fotoacústica, promovendo a movimentação tridimensional do irrigante e permitindo sua penetração nos túbulos dentinários de forma mais eficaz do que métodos convencionais. Deste modo, a utilização do laser Er:YAG reforça o efeito antimicrobiano no conduto quando comparado com a irrigação tradicional endodôntica (Matsumoto; Yoshimine; Akamine, 2011). De acordo com Behniafar *et al.* (2024), o laser de Diodo de alta potência é amplamente utilizado na endodontia para desinfecção de canais radiculares, pois sua potência consegue promover a eliminação de biofilme e bactérias resistentes. Em seu estudo, Malcangi *et al.* (2023), concorda com o autor supracitado, citando que uma das utilizações do laser de diodo é a estimulação de uma terapia para a redução de processos infecciosos no ápice dentário, como granulomas provenientes da necrose pulpar e a redução de bactérias no canal radicular.

Com base nos estudos obtidos sobre a TFDa, pode-se constatar que para a realização dessa abordagem terapêutica é necessária a combinação de três elementos essenciais: uma luz/laser com comprimento de onda específico, um fotossensibilizador e oxigênio (Saini *et al.*, 2016). Na endodontia, essa terapia tem o objetivo de inativar microrganismos, realizando descontaminação microbiana no canal radicular (Araújo *et al.*, 2022). Ademais, de acordo com Gomes, Aveiro e Kishen (2023), a TFDa abrange duas etapas cruciais: a primeira é a aplicação do fotossensibilizador no canal (fase de fotossensibilização), que tem como objetivo a ligação dessa solução com os microrganismos presentes no canal radicular, e a segunda etapa é a retirada do excesso do fotossensibilizador e a aplicação da luz através de fibra óptica.

Em relação aos fotossensibilizadores utilizados nos estudos analisados, observa-se uma predominância do azul de metileno como agente fotossensibilizador na TFDa na endodontia, sendo associado ao laser de Diodo em diferentes concentrações e protocolos (Derikvand *et al.*, 2020; Freitas *et al.*, 2025). Conforme foi observado no relato de caso, Derikvand *et al.* (2020) utilizaram o azul de metileno na concentração de 0,1 mg/mL associado ao laser de Diodo, demonstrando eficácia na eliminação microbiana. Freitas *et al.* (2025) empregaram o mesmo fotossensibilizador em concentração de 0,01%, com tempo de permanência no canal de 2

minutos, seguido de irradiação em 3 ciclos de 60 segundos cada, totalizando 3 minutos de aplicação de luz. Garcez *et al.* (2010), por sua vez, utilizaram um protocolo distinto, combinando polietilenimina e clorina em solução de 60 mmol/L com volume de 0,5 mL, com tempo de irradiação de 240 segundos por laser de Diodo. A variação nos protocolos entre os estudos evidencia a ausência de padronização nos parâmetros da TFDa na endodontia, reforçando a necessidade de estudos clínicos que estabeleçam protocolos mais uniformes para a prática clínica.

A aplicação da TFDa não exclui a necessidade do tratamento endodôntico, ela é uma terapia adjuvante que promove a maior eliminação de microrganismos para prevenir a reinfecção, pois devido à complexidade anatômica do sistema de canais radiculares apenas o tratamento endodôntico convencional é insuficiente (Souza *et al.*, 2008). No estudo de Garcez *et al.* (2010), foi realizada uma coleta de microrganismos em três situações, antes do tratamento endodôntico, após o tratamento e depois de aplicar a TFDa, com essa análise ele constatou que o tratamento endodôntico convencional consegue reduzir espécies microbianas, no entanto não consegue eliminar espécies resistentes, mas quando a endodontia é associada com a TFDa o resultado é mais satisfatório, pois consegue eliminar até espécies microbianas resistentes, deste modo evidencia seu potencial especialmente em casos de retratamento endodôntico e infecções persistentes.

15

No entanto, é necessário reconhecer as limitações desta revisão: a escassez de ensaios clínicos randomizados sobre o tema, e de relatos de casos de tratamentos endodônticos com o uso da TFDa, apontando o tipo de laser utilizado, o fotossensibilizador, concentrações e o resultado imediato e a longo prazo. A maior parte dos estudos disponíveis na literatura consiste em pesquisas laboratoriais e estudos *in vitro*, que, embora ofereçam bases científicas relevantes, apresentam condições experimentais que nem sempre reproduzem fielmente o sistema de canais radiculares (Fiegler-Rudol *et al.*, 2025). Fatores como a complexidade anatômica dos canais, a presença de *smear layer*, a variabilidade microbiana e as condições do tecido periapical influenciam diretamente nos resultados clínicos e não são plenamente simulados em modelos laboratoriais.

CONCLUSÃO

Embora as técnicas utilizadas no tratamento endodôntico convencional demonstrem eficientes resultados, ainda é possível identificar em alguns casos a persistência de

microrganismos nos condutos radiculares. Diante esse contexto, a Laserterapia e a TFDa apresentam-se como terapias adjuvantes de alta importância e necessidade na rotina clínica endodôntica. Esses recursos demonstram resultados promissores, como o uso do laser de alta potência Er:YAG, que potencializa a limpeza dos canais radiculares a partir de reações como cavitação e agitação fotoacústica do irrigante, permitindo que percorra por todo o conduto e favoreça na eliminação de *smear layer*. Em paralelo, é possível evidenciar a TFDa como uma terapia altamente eficaz, ocorrendo através da combinação de três componentes principais, sendo eles, a luz visível, um fotossensibilizador e o oxigênio (O₂), resultando no auxílio na regeneração tecidual, regressão de inflamações e redução da carga microbiana.

Diante dessa situação, evidencia-se a necessidade de realização de ensaios clínicos randomizados, com amostras maiores, maior tempo de acompanhamento e critérios de avaliação padronizados, a fim de consolidar as evidências sobre a efetividade clínica da laserterapia e da TFDa no tratamento endodôntico. Estudos futuros que investiguem protocolos combinados entre as duas terapias, diferentes fotossensibilizadores e comprimentos de onda, bem como sua aplicação em casos de retratamento endodôntico e cirurgia parendodôntica, poderão contribuir significativamente para o avanço do conhecimento nessa área.

REFERÊNCIAS

ABDELKARIM-ELAFIFI, H.; PARADA-AVENDAÑO, I.; ARNABAT-DOMINGUEZ, J. Photodynamic therapy in endodontics: a helpful tool to combat antibiotic resistance? A literature review. *Antibiotics*, Basel, v. 10, n. 9, p. 1106, 2021.

AEBISHER, D. et al. Photodynamic therapy: past, current, and future. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 25, n. 20, p. 11325, 2024.

ARANTES SOARES REIS, R. et al. A utilização de terapia fotodinâmica como auxiliar na desinfecção dos canais radiculares: revisão de literatura. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 1071-1081, 2025.

ARAÚJO, L. P. de et al. Global research trends on photodynamic therapy in endodontics: a bibliometric analysis. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, v. 40, p. 103039, 2022.

ARJMAND, B. et al. Low-level laser therapy: potential and complications. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, v. 12, e42, 2021.

AVCI, P. et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, v. 32, n. 1, p. 41-52, 2013.

BEHNIAFAR, B. et al. The effect of lasers in occlusion of dentinal tubules and reducing dentinal hypersensitivity: a scoping review. *BMC Oral Health*, v. 24, p. 1407, 2024.

DERIKVAND, N. et al. The use of antimicrobial photodynamic therapy to maintain a hopeless tooth with a periodontic-endodontic lesion: a case report. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, v. 11, n. 3, p. 355–360, 2020.

DOMPE, C. et al. Photobiomodulation—underlying mechanism and clinical applications. *Journal of Clinical Medicine*, v. 9, n. 6, p. 1724, 2020.

ESTEVES, D. L. S.; FROES, J. A. V. Soluções irrigadoras em endodontia: revisão de literatura. *Arquivo Brasileiro de Odontologia*, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 48–53, 2014.

FIEGLER-RUDOL, J. et al. Enhancing root canal disinfection with Er:YAG laser: a systematic review. *Dentistry Journal*, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 101, 2025.

FREITAS, P. D. et al. Single-visit endodontic treatment with photodynamic therapy in chronic periapical abscess: a case report. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, v. 37, n. 9, p. 106–117, 2025.

GARCEZ, A. S. et al. Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: a preliminary report. *Journal of Endodontics*, v. 36, n. 9, p. 1463–1466, 2010.

GOMES, B. P. F. A.; AVEIRO, E.; KISHEN, A. Irrigants and irrigation activation systems in endodontics. *Brazilian Dental Journal*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 1–33, 2023.

MALCANGI, G. et al. Therapeutic and adverse effects of lasers in dentistry: a systematic review. *Photonics*, v. 10, n. 6, p. 650, 2023.

MANKAR, N. et al. Application of low-level laser therapy in endodontics: a narrative review. *Cureus*, v. 15, n. 10, e48010, 2023.

MATSUMOTO, H.; YOSHIMINE, Y.; AKAMINE, A. Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er:YAG laser within a root canal model. *Journal of Endodontics*, v. 37, n. 6, p. 839–843, 2011.

OLIVEIRA, Rebeca Salviano Silva de et al. *Aplicação da terapia fotodinâmica antimicrobiana no tratamento endodôntico: revisão integrativa*. 2023.

PEREIRA, S. P. Revisão de literatura: os avanços no tratamento endodôntico com a utilização da terapia fotodinâmica. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, [S. l.], v. 8, n. 12, p. 5–14, dez. 2020.

SACHELARIE, L. et al. Laser technology in dentistry: from clinical applications to future innovations. *Dentistry Journal*, Basel, v. 12, p. 420, 2024.

SAINI, R. et al. Prospects in the application of photodynamic therapy in oral cancer and premalignant lesions. *Cancers*, [S. l.], v. 8, n. 9, p. 83, 2016.

SANTOS, L. L. R. dos; BUSARELLO, J. A.; RODRIGUES, E. de L. Instrumentação mecanizada dos canais radiculares: uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 4, e18012440916, 2023.

SANTOS, L. T. O.; SANTOS, L. O.; GUEDES, C. do C. F. V. Laserterapia na odontologia: efeitos e aplicabilidades. *Scientia Generalis*, Patos de Minas, v. 2, n. 2, p. 29-46, 2021.

SILVA, C. C. et al. Antimicrobial photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment: a clinical and molecular microbiological study. *Photochemistry and Photobiology*, v. 94, n. 2, p. 351-356, 2018.

SILVA, L. G.; KERVAHAL, P. A. Agentes irrigantes em endodontia: uma revisão narrativa. *Scire Salutis*, v. 12, n. 2, p. 327-334, 2022.