

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**Pablo Henrique Santos Oliveira**

**USO DO *LASER* EM INFECÇÕES ENDODÔNTICAS  
PERSISTENTES/SECUNDÁRIAS: REVISÃO DE LITERATURA**

Juiz de Fora  
2024

**PABLO HENRIQUE SANTOS OLIVEIRA**

**USO DO *LASER* EM INFECÇÕES ENDODÔNTICAS  
PERSISTENTES/SECUNDÁRIAS: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Odontologia  
da Universidade Federal de Juiz de Fora,  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Cirurgião-Dentista.

**Orientador: Prof. Dr. Warley Oliveira Silva**

Juiz de Fora  
2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Santos Oliveira, Pablo Henrique .

Uso do laser em infecções endodônticas persistentes/secundárias: revisão de literatura / Pablo Henrique Santos Oliveira. -- 2024.  
28 p.

Orientador: Warley Oliveira Silva  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2024.

1. Terapia fotodinâmica. 2. Tratamento de canal radicular. 3. Infecção persistente. 4. Endodontia. I. Oliveira Silva, Warley, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
REITORIA - FACODONTO - Coordenação do Curso de Odontologia

**Pablo Henrique Santos Oliveira**

**Uso do laser em infecções endodônticas persistentes/secundárias: revisão da literatura**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Aprovado em 09 de setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Warley Oliveira Silva

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Anamaria Pessoa Pereira Leite

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabrício Tinôco Alvim de Souza

Universidade Federal de Juiz de Fora

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, à Jeová, meu Deus, que desde sempre esteve me abençoando e guiando o meu caminho durante a minha trajetória.

Aos meus pais, Jaqueline e Herlei, pela criação, pelo incentivo, pelos conselhos e por terem me dado todo o suporte emocional e financeiro para que eu pudesse estudar e realizar os meus sonhos.

Aos meus avós, José Antônio e Nilva, que sempre me trataram como um filho e junto com os meus pais, foram responsáveis pela minha criação e também me deram todo o suporte possível.

À minha namorada, Rúbia, que apareceu na minha vida em um laboratório de monitoria e desde então se tornou a pessoa mais importante e influente da minha vida, me dando amor, carinho e ajuda no que eu precisasse. Com certeza a minha vida se tornou mais feliz e mais fácil após a sua chegada.

À minha sogra, Rosa e ao meu cunhado Rafael, que me acolheram em suas casas e sempre estiveram dispostos a fazer o que estava ao alcance para facilitarem minha vida. Não tenho dúvidas que sem vocês dois, a minha vida seria bem menos feliz.

Aos professores Warley e Eduardo, pelo suporte e orientação que me proporcionaram, me ajudando a concluir este trabalho. Sempre bem dispostos para ajudar, foi um prazer tê-los como orientadores.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora, que abriu as portas para que este baiano que nunca havia saído de casa pudesse estudar em uma instituição conceituada e realizar o seu sonho de ser um cirurgião-dentista.

## RESUMO

O tratamento endodôntico tem como objetivo a desinfecção dos canais radiculares através do preparo químico-mecânico e da medicação intracanal. No entanto, mesmo após o tratamento endodôntico seguindo os protocolos adequadamente, algumas bactérias podem permanecer no interior do sistema de canais radiculares, como é o caso do *Enterococcus faecalis*. Diante disso, a terapia fotodinâmica está sendo empregada como coadjuvante para otimizar a desinfecção durante o tratamento endodôntico. Essa modalidade terapêutica auxiliar envolve a utilização de um fotossensibilizador, que é ativado pela luz de um específico comprimento de onda na presença de oxigênio, e tem se mostrado bastante eficiente nesta etapa de desinfecção devido a sua efetividade bactericida. O dano nas bactérias ocorre na parede celular, provocando mudanças metabólicas e no gradiente osmótico, através da alteração de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, levando ao inchaço que resulta na morte celular por apoptose, maximizando, assim, a desinfecção dos canais radiculares. Nesse sentido, foi realizada uma pesquisa da literatura na base de dados *PubMed* e *Scielo*, considerando o período de 2000 a 2023, utilizando os seguintes termos: “*photochemotherapy*” AND “*root canal therapy*” AND “*persistent infection*” AND “*endodontics*”. Após leitura e análise dos textos, 31 artigos foram incluídos por apresentarem dados relevantes à temática. A literatura sugere que a terapia fotodinâmica serve como uma forma auxiliar ao tratamento endodôntico, aumentando a previsibilidade de sucesso.

Palavras-chave: Terapia fotodinâmica. Tratamento de canal radicular. Infecção persistente. Endodontia.

## ABSTRACT

*Endodontic treatment aims to infect the root canals through chemical-mechanical preparation and intracanal medication. However, even after endodontic treatment following specific protocols, some bacteria may remain inside the root canal system, such as *Enterococcus faecalis*. In view of this, photodynamic therapy is being used as an adjuvant to update the update during endodontic treatment. This auxiliary therapeutic modality involves the use of a photosensitizer, which is activated by light of a specific wavelength in the presence of oxygen, and has proven to be quite efficient in this stage of infection due to its bactericidal effectiveness. The damage to the bacteria occurs in the cell wall, causing metabolic changes and in the osmotic gradient, through the alteration of lipids, proteins and nucleic acids, causing the outbreak that results in cell death by apoptosis, thus maximizing the infection of the root canals. In this sense, a literature search was carried out in the PubMed and Scielo database, considering the period from 2000 to 2023, using the following terms: "photochemotherapy" AND "root canal therapy" AND "persistent infection" AND "endodontics". After reading and analyzing the texts, 31 articles were included to present data relevant to the topic. The literature suggests that photodynamic therapy serves as an auxiliary form of endodontic treatment, increasing the predictability of success.*

*Keywords: Photochemotherapy. Root canal therapy. Persistent infection. Endodontics.*

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TFD	Terapia fotodinâmica
SCR	Sistema de canais radiculares
NAOCL	Hipoclorito de sódio
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
PQP	Preparo químico-mecânico
PIPS	Streaming fotoacústico induzido por fótons
SWEEPS	Streaming fotoacústico de emissão aprimorada por ondas de choque
LPS	Lipopolissacarídeos

## LISTA SÍMBOLOS

% Por cento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
3.1 METODOLOGIA.....	12
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
4.1 INFECÇÃO ENDODÔNTICA E SUA MICROBIOTA.....	13
4.1.1 Tratamento Endodôntico.....	13
4.1.2 Infecção Endodôntica Persistente.....	14
4.2 TERAPIA FOTODINÂMICA.....	16
4.2.1 Histórico e Técnicas.....	16
4.2.2 Fotossensibilizadores.....	18
4.2.3 Fonte de Luz.....	19
4.3 RETRATAMENTO ENDODONTICO.....	20
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Descrita originalmente em 1900, a terapia fotodinâmica (TFD) foi descoberta de forma acidental, quando os estudiosos Von Tappeiner e Raab observavam a morte de culturas celulares em acridina expostas à luz solar (MEDEIROS *et al.*, 2017). Na atualidade, tem sido utilizada nos consultórios odontológicos para prevenção e tratamento de doenças que acometem a cavidade bucal (BHAT *et al.*, 2017).

Essa terapia consiste na utilização de corantes fotoativados com laser de baixa potência, através de um comprimento de onda específico, para eliminar microrganismos tratados com drogas fotossensibilizadoras (FERNANDES NETO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2017). Ressalta-se que os corantes mais utilizados são o azul de toluidina, o azul de metileno e a curcumina (PLOTINO, GRANDE e MERCADE, 2019).

Na endodontia, a terapia fotodinâmica está sendo empregada como coadjuvante na desinfecção do sistema de canais radiculares, buscando eliminar microrganismos persistentes, como por exemplo o *Enterococcus faecalis* (AMARAL *et al.*, 2019).

O tratamento endodôntico é constituído por diversas etapas, sendo elas: instrumentação mecânica, irrigação, medicação e obturação, sendo que os três primeiros passos são fundamentais para a descontaminação radicular (CHUBB, 2019).

Entretanto, aproximadamente 15% das intervenções primárias apresentaram insucesso, resultando em uma infecção secundária e/ou persistente. Essas infecções persistentes são caracterizadas pela presença de microrganismos que não existiam antes ou que resistiram à intervenção profissional. Certas condutas operatórias, como instrumentação e/ou restauração inadequada e quebra na cadeia asséptica, bem como a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares (SCR), são associados ao insucesso do tratamento (FIMPLE *et al.*, 2008).

Diante disso, torna-se fundamental realizar o retratamento. Nessa etapa, muitas vezes se faz necessário o uso de técnicas complementares para otimizar a desinfecção do sistema de canais radiculares. Nesse contexto, a TFD surge como um método auxiliar para otimizar a desinfecção dos canais radiculares, eliminando

microrganismos que sobreviveram ao preparo químico-mecânico e/ou medicação intracanal (MOREIRA *et al.*, 2015).

Dessa forma, TFD parece ser uma alternativa viável no tratamento de infecções endodônticas persistentes, visto que tem se mostrado eficaz por agir de maneira a amplificar a ação de substâncias antimicrobianas, realizando assim, uma melhor desinfecção dos canais radiculares.

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste trabalho é revisar a literatura científica apresentando os resultados clínicos, as vantagens e as limitações na utilização da terapia fotodinâmica como coadjuvante no tratamento endodôntico após a desinfecção química e mecânica, com enfoque no controle de microrganismos persistentes nos canais radiculares.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 METODOLOGIA

Para o levantamento dos artigos na literatura, realizou-se uma busca na base de dados *PubMed* e *Scielo*, considerando o período de 2000 a 2023, com a combinação das seguintes palavras-chaves: “*photochemotherapy*” AND “*root canal therapy*” AND “*persistent infection*” AND “*endodontics*”. Foram incluídos artigos de revisão de literatura, revisão sistemática e estudos clínicos sobre a utilização da terapia fotodinâmica como coadjuvante no tratamento endodôntico após a desinfecção química e mecânica, onde foram abordados desfechos pós-operatórios como minimização de microrganismos persistentes nos canais radiculares, bem como suas vantagens no retratamento endodôntico. Artigos que abordaram o uso da terapia fotodinâmica em dentes decíduos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade da pesquisa. Após análise e leitura completa dos textos, 31 artigos foram incluídos por apresentarem dados relevantes à temática.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 INFECÇÃO ENDODÔNTICA E SUA MICROBIOTA

#### 4.1.1 Tratamento Endodôntico

O tratamento endodôntico consiste na limpeza, modelagem e obturação tridimensional do sistema de canais radiculares. Através do preparo químico-mecânico, é possível reduzir a carga microbiana e eliminar os patógenos responsáveis pela persistência de sinais e sintomas da patologia perirradicular (Moreira *et al.* 2015). Para a execução de um tratamento endodôntico eficiente é necessário a execução de técnicas adequadas às particularidades anatômicas do SCR dos dentes em questão, o que demonstra o quanto exames complementares como radiografias periapicais e tomografias são imprescindíveis nesse processo de diagnóstico e tratamento (Abarca *et al.*, 2019).

De acordo com Chubb (2019) o preparo químico-mecânico e o uso de medicação intracanal nos casos de infecção intrarradicular consistem em etapas fundamentais para promover a descontaminação radicular. Nesse contexto, podemos destacar que a instrumentação mecânica promove o desbridamento do canal, atuando na remoção de microrganismos e tecidos infectados, permitindo a deposição e difusão das soluções irrigantes. Entretanto, essa atividade gera detritos, conhecidos como *smear layer*. Essa, por sua vez, é composta por substâncias orgânicas e inorgânicas que podem penetrar nos túbulos dentinários e reduzir a difusão dos irrigantes e medicamentos, sendo assim, necessária a sua remoção.

No que diz respeito ao tratamento endodôntico convencional, Deluca *et al.* (2020) ressalta que o uso combinado do hipoclorito de sódio (NaOCl) e o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), proporcionam a remoção da *smear layer*. O NaOCl possui efeito bactericida e anti-biofilme e capacidade de inativar endotoxinas, e o EDTA age sobre a parte inorgânica, desse modo, são as melhores opções para irrigação e descontaminação química durante o preparo químico-mecânico. Durante a irrigação, o atrito gerado entre a solução e a parede do canal é capaz de criar tensões de cisalhamento que permitem a separação do material da parede. Nesse sentido, Pereira *et al.* (2021) afirma que a irrigação do sistema de canais radiculares

tem como objetivo realizar a remoção de restos pulpares, produtos da instrumentação e microrganismos. Além disso, esses efeitos podem ser mais facilmente alcançados com o auxílio do ultrassom, e outros métodos para agitar a solução irrigadora, visto que, vários estudos demonstram um aumento do efeito químico do NaOCl. Sendo assim, logo após a realização da instrumentação mecânica e da irrigação, o canal se encontra pronto para receber a medicação intracanal e posteriormente ser obturado.

#### 4.1.2 Infecção Endodôntica Persistente

Entretanto, aproximadamente 15% dos tratamentos endodônticos primários apresentaram insucesso, resultando em uma infecção secundária e/ou persistente. Esses resultados podem ser atribuídos à persistência da infecção ou por uma recontaminação do sistema de canais radiculares. Certas condutas operatórias, como instrumentação e/ou restauração inadequada, bem como a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares, são associados ao insucesso do tratamento (Fimple *et al.*, 2008).

Segundo Lacerda *et al.* (2016), a infecção secundária se origina logo depois do tratamento endodôntico primário, no qual é caracterizada pela presença de microrganismos que não estavam presentes previamente ou que resistiram à intervenção profissional. Tais patógenos podem ter acessado o sistema de canais radiculares por meio de uma quebra na cadeia asséptica, seja devido a cárie remanescente ou por meio do uso de instrumentos não estéreis. A partir de estudos utilizando métodos de cultura, essa infecção pode ser caracterizada pela presença de apenas uma ou um número menor de espécies de patógenos, sendo predominantemente gram-positivas facultativas. Nesse sentido, as espécies encontradas mais comumente nas infecções secundárias são *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus species*, *Escherichia coli*, *Candida species* e *Enterococcus faecalis*.

Ainda de acordo com Lacerda *et al.* (2016) e Amaral *et al.* (2019), a infecção secundária pode progredir para uma infecção persistente, que é aquela que se mantém apesar dos procedimentos de desinfecção e é caracterizada pela predominância de bactérias anaeróbias gram-positivas, tais como *Enterococcus*

*Faecalis*, *Streptococcus sp.*, *Parvimonas micra*, *Actinomyces spp.*, *Propionibacterium spp.*, *Pseudoramibacter alactolyticus*, *Lactobacilos sp.*, *Olsenella uli* e infecções fúngicas, particularmente causada por *Candida albicans*. Nesse sentido Siqueira e Rôças (2019) afirmam que as interações bacterianas desempenham um papel essencial na determinação da virulência desses microrganismos.

Prada *et al.* (2019) pontuaram que os microrganismos possuem várias propriedades que os tornam capazes de sobreviver às medidas de desinfecção, entre as quais podemos destacar a capacidade de formar biofilme, o sinergismo, a capacidade de expressar genes de sobrevivência e ativar vias metabólicas alternativas.

Afkhami *et al.* (2020) afirmam que a eliminação completa de todos os patógenos dos canais radiculares é impossível mesmo com instrumentação, irrigação e uso de medicamentos, isso acontece devido à complexidade do SCR e a persistência da *Enterococcus faecalis*, sendo este microrganismo resistente à medicação intracanal, aos anticorpos produzidos pelo organismo e aos agentes antibacterianos e desinfetantes utilizados no preparo químico mecânico (PQM). Ghorbanzadeha *et al.* (2020) demonstraram que o sistema de canais permanece contaminado com bactérias ou seus subprodutos após o PQM, isso acontece pela complexa anatomia do SCR e pela presença de biofilme bacteriano e sua penetração nos túbulos dentinários em diferentes profundidades.

Ribeiro *et al.* (2020) e Haroon *et al.* (2021) ressaltam que o *Enterococcus faecalis* é o microrganismo que foi isolado na maioria dos casos de falha no tratamento de canal radicular e, portanto, foi mencionado na literatura como um dos principais agentes causadores das lesões apicais. Além desse patógeno, o *Porphyromonas gingivalis* também tem se mostrado uma espécie resistente a procedimentos endodônticos. Esses dois, são muito encontrados durante as etapas de retratamento endodôntico, deixando claro suas resistências.

## 4.2 TERAPIA FOTODINÂMICA

### 4.2.1 Histórico e Técnicas

A TFD é um recurso utilizado com o intuito de complementar o processo de desinfecção dos canais radiculares. Essa nova abordagem terapêutica pode ser aplicada diretamente nos canais radiculares, com o objetivo de eliminar microrganismos responsáveis pelas patologias endodônticas. De acordo com Amaral *et al.* (2010) essa modalidade de tratamento foi iniciada desde os tempos antigos e empregada no tratamento de doenças de pele, tais como psoríase, vitiligo e câncer. No entanto, recuperou a atenção por suas diversas características favoráveis durante o tratamento de infecções microbianas. No ano de 1900, essa terapêutica foi relatada por Oscar Raab e Herman Von Tappeiner, na Alemanha, onde realizaram experimentos sobre a capacidade antimicrobiana da luz associada ao corante de acridina. Nesse experimento, os pesquisadores constataram que individualmente, a luz e esse composto não tinham qualquer efeito sobre os microrganismos, entretanto, juntos foram altamente citotóxicos (Medeiros *et al.*, 2017).

Na atualidade, por sua vez, a TFD tem sido utilizada nos consultórios odontológicos para prevenção e tratamento de doenças que acometem a cavidade bucal, e tem se mostrado como uma técnica não-invasiva eficiente (Bhat *et al.*, 2017).

A TFD é uma opção terapêutica coadjuvante no tratamento do sistema de canais radiculares, em que resulta na morte celular de microrganismos. Salienta-se que a lesão das células ocorre apenas quando as espécies citotóxicas reativas do oxigênio superam as defesas bioquímicas da célula, causando a oxidação de constituintes celulares, como membranas plasmáticas e DNA, resultando, assim, na morte celular. Outro dano causado pela TFD está associado à membrana citoplasmática da bactéria, levando a inativação do sistema de transporte de membrana, inibição de atividades enzimáticas da membrana plasmática e peroxidação lipídica (Plotino *et al.*, 2019).

Esse tratamento coadjuvante consiste no uso de fontes de luz de diferentes comprimentos de onda em diferentes saídas de potência associado com diferentes cromóforos e doses de radiação (Bordea *et al.*, 2019). Existem diversos termos

utilizados na literatura para se referir a TFD entre eles estão desinfecção fotoativada, desinfecção ativada por luz, quimioterapia antimicrobiana fotodinâmica, terapia fotodinâmica antimicrobiana ou fotossensibilização letal (Plotino *et al.*, 2019). Na TFD a interação entre uma fonte de luz, um fotossensibilizador e o oxigênio resulta na produção de radicais livres que perturbam as moléculas microbianas, incluindo proteínas, lipídios de membrana e ácidos nucléicos resultando na morte desses microrganismos indesejáveis (Afkhami *et al.*, 2020). Na literatura são relatados alguns dessensibilizantes utilizados nesse processo, ganhando destaque entre elas, o azul de metileno, o azul de toluidina e a curcumina.

Os lasers de baixa potência tem sido empregados em diversas aplicações clínicas, pois proporcionam um aumento mínimo de temperatura não alterando a morfologia e as estruturas dos tecidos dentários (Bordea *et al.*, 2019). O estudo de Deluca *et al.* (2020) demonstra que a fotobiomodulação melhora a regeneração celular e a formação de novos tecidos, uma vez que promove a proliferação de células-tronco, ativa a microcirculação e a formação de capilares e produz efeitos anti-inflamatórios e analgésicos. Concomitante a isso, no estudo de Conejero *et al.* (2021) o uso da terapia fotodinâmica de maneira complementar ao PQM convencional atua de forma a melhorar a cicatrização de lesões periapicais, indicando o potencial do uso da TFD na cicatrização de lesão periapical. No que diz respeito às variações anatômicas, o estudo de Mustafa *et al.* (2021) também demonstra que a terapia fotodinâmica como coadjuvante ao tratamento endodôntico convencional em canais em forma de C, mesmo com a presença de instrumentos fraturados, que possuem um prognóstico ruim, é eficiente.

Como o objetivo é a completa limpeza do canal radicular, a associação do PQM e da TFD foi introduzida e a sua eficácia foi examinada em diversos estudos. O uso da irrigação ativada com laser é um exemplo apesar das limitações relacionadas ao posicionamento da fibra laser dentro do canal radicular a alguns milímetros de distância do forame apical. O fotoacústico induzido por fótons (PIPS) e fotoacústico de emissão aprimorada por ondas de choque (SWEEPS) são novas técnicas de irrigação por laser que resolvem este problema. Nestes métodos, a fibra laser é colocada na câmara pulpar e, como resultado, são métodos mais simples e menos invasivos (Ardakani *et al.*, 2023). Em contraste com o modo PIPS, que emprega uma emissão de energia de pulso único (com duração de 50  $\mu$ s), não emitindo ondas de choque nos canais radiculares (Bolhari *et al.*, 2023), o SWEEPS utiliza um pulso duplo

abordagem com durações mais curtas (pulso ultracurto de 25  $\mu$ s). Devido à duração mais curta do pulso, sob a mesma entrada de energia, cada pulso SWEEPS emite o dobro da potência de pico, resultando em explosão e implosão de bolhas mais fortes. Além disso, o momento do segundo pulso emitido é sincronizado para aumentar o colapso da bolha inicialmente formada, levando para melhorar a pressão e o fluxo do irrigante dentro do espaço endodôntico (Ardakani *et al.*, 2023). Dessa forma, em virtude ao aumento da pressão, os irrigantes são capazes de penetrar mais profundamente nos túbulos dentinários (Bolhari *et al.*, 2023). A técnica de varredura demonstra eficácia na remoção do selante de dentes afetados por reabsorção radicular interna, limpeza de dentes com curvatura radicular, eliminando detritos de tecidos duros, erradicando a camada de esfregaço e penetrando túbulos dentinários (Ardakani *et al.*, 2023).

#### 4.2.2 Fotossensibilizadores

Os fotossensibilizadores tratam-se de compostos capazes de absorver determinadas ondas de luzes e desencadear uma série de reações com o oxigênio molecular. Vários compostos, tanto naturais quanto sintéticos, possuem potencial fotossensibilizante, entretanto, para isso é necessário que eles apresentem várias características desejáveis, tais como: falta de efeito mutagênico, ausência de toxicidade e subprodutos tóxicos, alto coeficiente de absorção na região espectral da luz de excitação e alta fotoestabilidade (Amaral *et al.*, 2010).

Os principais grupos de fotossensibilizantes mais utilizados na terapia fotodinâmica são derivados de hematoporfirina, fenotiazinas, cianina, agentes fitoterápicos e ftalocianinas e cloros. Entre estes fotossensibilizantes, destacam-se as fenotiazinas, que são utilizadas para produzir corantes, sendo o azul de metileno e o azul de toluidina os mais empregados na TFD. Entretanto, devemos ressaltar que o uso do azul de metileno e de alguns outros fotossensibilizadores podem ocasionar o manchamento de estruturas dentárias (Carvalho *et al.*, 2011). Além desses, a curcumina também ganhou destaque recentemente na Odontologia (Plotino, Grande e Mercade, 2019).

Karaoglu *et al.* (2020) destacam que o azul de metileno, devido a sua natureza hidrofílica, baixo peso molecular e carga positiva, tem sido amplamente utilizado como alvo para microrganismos, permitindo sua passagem por meio de canais de proteína-porina na membrana externa de bactérias gram-negativas, além de interagirem com macromoléculas lipopolissacárideas aniônicas, participando do processo de fotossensibilização. Podemos destacar também que esse fotossensibilizador é capaz de atuar em bactérias gram-positivas.

No que diz respeito às bactérias gram-negativas há uma divergência entre autores. Enquanto Salazar *et al.* (2020) apresentaram resultados desvantajosos e apontaram que a TFD não apresenta eficácia contra as endotoxinas de canais radiculares primariamente infectados, Lima *et al.* (2021), por sua vez afirma que o azul de toluidina, interage com os lipopolisacarídeos (LPS) das bactérias gram-negativas, apresentando, assim, um efeito fotoxidativo contra essas bactérias.

Já a curcumina, segundo Babinski *et al.* (2022), trata-se de um composto natural que apresenta várias propriedades biológicas, como antibacteriana, anti-inflamatória e antioxidante. Nesse contexto, diferentemente do azul de toluidina, esse fotossensibilizante atua contra bactérias gram-positivas, como a *Staphylococcus aureus*.

#### 4.2.3 Fonte de Luz

Segundo Amaral *et al.* (2010), antigamente eram utilizadas lâmpadas convencionais com um forte componente térmico associado na TFD. Entretanto, com o avanço da tecnologia, as principais fontes de energia utilizadas hoje são os lasers de diodo, que emitem luz vermelha em baixa intensidade. No contexto da desinfecção do canal, é importante ressaltar não importa se a luz é quente ou fria, visto que os efeitos obtidos não são devido à temperatura, e sim por reações fotoquímicas entre o fotossensibilizador, a luz e o substrato.

Nesse sentido, Chiniforush *et al.* (2016) afirmam que o sucesso da TFD está diretamente relacionado ao tipo de fotossensibilizador, da potência de saída do laser usado e do tempo de irradiação.

Dependendo do fotossensibilizador utilizado, a intensidade e a duração de incidência apresentarão variações, entre 2 a 5 minutos. Quanto ao laser de diodo, preconiza-se 40 mW de potência e um tempo estimado entre 30 a 240 segundos (Lima *et al.*, 2021). Ainda segundo estes autores, em decorrência as grandes variações nos protocolos de TFD, não existe, ainda, um consenso sobre quais são os melhores parâmetros e escolha do protocolo de aplicação, ficando a critério de cada profissional.

### 4.3 RETRATAMENTO ENDODONTICO

De acordo com Moreira *et al.* (2015), a TFD é uma modalidade terapêutica que tem sido amplamente utilizada para o tratamento clínico de lesões periapicais, sobretudo em casos de retratamento de canais radiculares, devido sua ação fotoquímica. Diante do insucesso do tratamento endodôntico, uma intervenção clínica mais invasiva estaria indicada, como por exemplo, a realização de uma cirurgia pararendodôntica. No entanto, com o intuito de evitar qualquer tipo de tratamento cirúrgico, devido à idade e condição clínica limitada dos pacientes, foi proposta uma abordagem menos invasiva. Nesse sentido, a TFD surge como uma ferramenta disponível capaz de atingir a área apical do dente, bem como permitir um reparo do osso apical adjacente.

Conejero *et al.* (2021) evidenciaram o efeito da TFD como modalidade complementar, visto que foi associado à um número menor de atendimentos clínicos para a finalização do tratamento, além de redução da dor pós-operatória, em comparação com casos em que não utilizaram esta técnica coadjuvante. Ademais, constatou-se que após a utilização da TFD houve uma redução do biofilme intracanal, além de proporcionar uma melhor cicatrização periapical no seguimento de 6 meses.

Pazin, Lauc e Bago (2023) ressaltam que a TFD é uma estratégia antibacteriana adicional ao tratamento, visto que através da interação entre um fotossensibilizador, seja o azul de toluidina ou o azul de metileno, por exemplo, que se liga às células bacterianas, e um laser apropriado, propicia um estado de energia mais elevado. Conseqüentemente, devido a essa interação somada à presença de

oxigênio, são criadas espécies de oxigênio altamente reativas que causam a morte celular direta. Segundo os autores, fibroblastos e osteoblastos não são afetados.

## 5 DISCUSSÃO

A TFD desponta como uma promissora terapia antimicrobiana, coadjuvante ao tratamento endodôntico e, também, ao retratamento endodôntico, na tentativa de eliminar microrganismos persistentes ao preparo químico-mecânico e a medicação intracanal (PAZIN, LAUC e BAGO, 2023). De acordo com Moreira *et al.* (2015), essa ferramenta terapêutica se caracteriza como uma abordagem clínica menos invasiva, capaz de atingir a área apical do canal radicular e tecidos perirradiculares, favorecendo a regressão das alterações periapicais e o processo de reparo ósseo. Semelhantemente, Bordea *et al.* (2019), encontraram resultados similares e, ainda, apontaram que a fotobiomodulação não altera a morfologia e as estruturas dos tecidos dentários, como fibroblastos e osteoblastos. No entanto, Chiniforush *et al.* (2016) ressaltaram que a taxa de sucesso da TFD está diretamente relacionada ao tipo de fotossensibilizador, da potência de saída do laser usado e do tempo de irradiação, parâmetros cujos quais não existe uma padronização de protocolo na literatura.

Comumente, na prática clínica, tratamentos endodônticos primários apresentam insucesso, resultando em uma infecção secundária e/ou persistente. De acordo com Fimple *et al.* (2008), esses resultados podem ser atribuídos à persistência da infecção ou por uma recontaminação do sistema de canais radiculares, devido a uma quebra na cadeia asséptica. Ribeiro *et al.* (2020) e Haroon *et al.* (2021) mencionam que, dentre os patógenos resistentes a procedimentos endodônticos, o *Porphyromonas gingivalis* e o *Enterococcus faecalis*, merecem destaque. Nessa linha de raciocínio, Lima *et al.* (2021), aponta que o azul de toluidina possui como mecanismo de ação a interação com a endotoxina bacteriana LPS das bactérias gram-negativas, apresentando um fator determinante no efeito fotooxidativo. Contrariamente, Salazar *et al.* (2020) apresentaram resultados desvantajosos e apontaram que a TFD não apresenta eficácia contra as endotoxinas de canais radiculares primariamente infectados. Dessa forma, os efeitos da TFD contra as endotoxinas não apresentam unanimidade entre os autores na literatura e, portanto, o retratamento endodôntico, ainda, continua sendo um desafio para a Endodontia, assim como técnicas

coadjuvantes que visam auxiliar na eliminação de microrganismos que levam ao desenvolvimento de periapicopatias.

Além disso, em detrimento as infecções secundárias e/ou persistente, Conejero *et al.* (2021), apontaram que o uso da terapia fotodinâmica de maneira complementar atua de forma a melhorar a cicatrização de lesões periapicais, indicando o potencial do uso da TFD na cicatrização de lesão periapical, sobretudo, em dentes com variações anatômicas, tais como canais em forma de C. Semelhantemente, Mustafa *et al.* (2021) indicaram, ainda, que a TFD se apresenta como uma terapia coadjuvante eficiente e promissora em dentes com a presença de instrumentos fraturados. Dessa forma, a fotobiomodulação se apresenta como uma ferramenta coadjuvante ao retratamento endodôntico, visto que seu mecanismo de ação está associado à inativação do sistema de transporte de membrana da bactéria, inibição de atividades enzimáticas da membrana plasmática e peroxidação lipídica (PLOTINO, GRANDE e MERCADE, 2019; PAZIN, LAUC e BAGO, 2023), resultando, assim, na morte celular de microrganismos (DELUCA *et al.*, 2020). Além disso, de acordo com Deluca *et al.* (2020), a TFD atua na regeneração celular e na formação de novos tecidos, devido a promoção da proliferação de células-tronco, ativação da microcirculação, formação de capilares e produção de efeitos anti-inflamatórios e analgésicos.

A TFD envolve a utilização de um fotossensibilizador (corante), que é ativado pela luz de um específico comprimento de onda na presença de oxigênio (FERNANDES NETO *et al.*; SANTOS *et al.*, 2017). Machado (2000) aponta que na técnica de fotobiomodulação espera-se que o corante se una ao microrganismo ou chegue a ultrapassar a barreira da membrana celular. Segundo Babinski *et al.* (2022), alguns dessensibilizantes utilizados nesse processo ganharam destaque, entre eles o azul de metileno, o azul de toluidina e a curcumina. Karaoglu *et al.* (2020) indicam que o azul de metileno e a curcumina são fotossensibilizadores capazes de atuar em bactérias gram-positivas, devido a sua natureza hidrofílica, baixo peso molecular e carga. Em contrapartida, de acordo com Lima *et al.* (2021), o azul de toluidina apresenta como mecanismo de ação a interação com a endotoxina bacteriana LPS das bactérias gram-negativas, apresentando, assim, um efeito fotooxidativo contra essas bactérias. No entanto, como já mencionado anteriormente, os efeitos da TFD

contra as endotoxinas ainda são discutidos na literatura e não apresentam unanimidade entre os autores.

Apesar dos grandes efeitos benéficos destacados da terapia como coadjuvante no tratamento endodôntico, desvantagens também existem, entre as quais Carvalho *et al.* (2011) destacam o risco de manchamento da estrutura dentária, que pode ser causada justamente pelo uso de determinados agentes fotossensibilizadores em altas concentrações. Dessa forma, é necessário fazer um planejamento minucioso junto ao paciente, de forma a contornar esse problema, evitando, assim, um dano estético.

De acordo com a revisão de literatura realizada, verificou-se que a maioria dos estudos incluídos tratam-se de pesquisas *in vitro*. Além disso, não existe uma padronização nos parâmetros do protocolo da TFD. Dessa forma, novas revisões e mais estudos clínicos devem ser realizados, principalmente estudos clínicos randomizados, para proporcionar a definição de um protocolo da TFD como coadjuvante ao tratamento endodôntico convencional.

## 6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que a terapia fotodinâmica serve como uma forma auxiliar ao tratamento endodôntico, viabilizando a eliminação de microrganismos persistentes após o preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares, como a *Enterococcus faecalis*, aumentando a previsibilidade de sucesso do tratamento. No entanto, ainda não existe uma padronização nos parâmetros do protocolo da TFD, como, em relação aos parâmetros da luz, fotossensibilizadores e tempo de exposição. Sendo assim, se faz necessário a elaboração de um protocolo de uso comum.

## REFERÊNCIAS

- ABARCA, J. et al. Root morphology of mandibular molars: a cone-beam computed tomography study. **Folia Morphol**, v. 79, n. 2, p. 327-332, Jul. 2019.
- AMARAL, R. et al. Terapia fotodinâmica na endodontia – revisão de literatura. **RFO UPF**, v. 15, n. 2, Mai/Ago. 2010.
- AMARAL, R. et al., Antimicrobial photodynamic therapy associated with long term success in endodontic treatment with separated instruments: a case report. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v. 26, p. 15-18, Jun. 2019.
- AFKHAMI, F. et al., Evaluation of antimicrobial photodynamic therapy with toluidine blue against *Enterococcus faecalis*: Laser vs LED. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v.32, p. 102036, Dez. 2020.
- ARDAKANI, A. et al., In vitro assessment of SWEEPS and antimicrobial photodynamic therapy alone or in combination for eradicating *enterococcus faecalis* biofilm in root canals. **Pharmaceutics**, v. 15, n.11, p. 2628, Nov. 2023.
- BABINSKI, T. et al., Uso da curcumina na terapia fotodinâmica antimicrobiana: uma revisão. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 2, p. 7259-7271, Mar/Abril. 2022.
- BOLHARI, B. et al., Effect of SWEEPS and PIPS techniques on dye extrusion in photodynamic therapy procedure after root canal preparation. **Photodiagnosis Photodyn Ther**, v. 42, p. 103345, Jun. 2023.
- BORDEA, R. et al., Evaluation of the outcome of various laser therapy applications in root canal disinfection: A systematic review. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v. 29, p. 101611, Mar. 2020.
- BHAT, M. et al. Effectiveness of erythrosine-mediated photodynamic antimicrobial chemotherapy on dental plaque aerobic microorganisms: A randomized controlled trial. **J Indian Soc Periodontol**, Maio/Jun. 2017.
- CARVALHO, E. et al. Effect of chemical substances in removing methylene blue after photodynamic therapy in root canal treatment. **Photomed Laser Surg**. v. 29, n.8, p. 559-563, Ago. 2011.
- CONEJERO, M. et al., Retrospective clinical evaluation of root canal treatment with or without photodynamic therapy for necrotic teeth and teeth subjected to retreatment. **Journal of Oral Science**, v. 63, n. 2, p. 163-166, Mar. 2021.
- CHINIFORUSH, N. et al. Can Antimicrobial Photodynamic Therapy (aPDT) Enhance the Endodontic Treatment? **J Lasers Med Sci**. v. 7, n.2, p. 76-85, Mar. 2016.
- CHUBB, D. A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. **Aust Endod J**, v. 45, n. 1, p. 5-11, Abril. 2019.

DELUCA, M. et al. Cytotoxic, migration, and angiogenic effects of photodynamic therapy and photobiomodulation associated with a revascularization protocol. **Journal of Endodontics**, v. 47, n.1, p. 69-77, Jan. 2021.

FIMPLE, J. et al. Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection *in vitro*. **J Endod**, v. 34, n. 6, p. 728-734, Abril. 2008.

GHORBANZADEH, A. et al., Ex vivo comparison of antibacterial efficacy of conventional chemomechanical debridement alone and in combination with light-activated disinfection and laser irradiation against *Enterococcus faecalis* biofilm. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v. 29, p. 101648, Mar. 2020.

HAROON, KHABEER e FARIDI. Light-activated disinfection in endodontics: A comprehensive review. **Dental and Medical Problems**, v. 58, n.3, p. 411-418, 2021.

KARAOGLU, G. et al., Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy administered using methylene blue, toluidine blue and tetra 2-mercaptopyridine substituted zinc phthalocyanine in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v. 32, Dez. 2020.

LACERDA, M. et al., Infecção secundária e persistente e sua relação com o fracasso do tratamento endodôntico. **Rev. Bras. Odontol**, v. 72, n. 3, Jul/Set. 2016.

LIMA, R. et al. Photodynamic therapy in endodontic treatment: An integrative review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, Jul. 2021.

MACHADO, A. Terapia fotodinâmica: princípios, potencial de aplicação e perspectivas. **Química**, v. 23, n. 2, p. 237-243, Nov. 2000.

MEDEIROS, K. B.; LINS, R. D. A. U.; LEMOS, J. C. Terapia Fotodinâmica: aplicações e efeitos na doença periodontal. **Revista UNI-RN**, v.16, n.1, p. 172-180, Jan./Jun. 2017.

MOREIRA, M. et al., Post-Treatment Apical Periodontitis Successfully Treated with Antimicrobial Photodynamic Therapy Via Sinus Tract and Laser Phototherapy: Report of Two Cases. **Photomed Laser Surg**, v. 33, n. 10, p. 524-528, Out. 2015.

MUSTAFA, M. et al., Efficacy of root canal treatment in c-shaped canals with adjunctive photodynamic therapy using micro-CT. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 34, p. 102257, Jun. 2021.

PAZIN, B., LAUC, T., BAGO, I. Effect of Photodynamic Therapy on the Healing of Periapical Lesions after Root Canal Retreatment: 1-year follow up randomized clinical trial. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 25, p. 103907, Nov. 2023.

PEREIRA, T. et al., Chemical and mechanical influence of root canal irrigation on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals, dentine discs and dentinal tubules. **Int Endod J**, v. 54, n. 1, p. 112-129, Nov. 2021.

PLOTINO, GRANDE e MERCADE. Photodynamic therapy in endodontics. **International endodontic journal**, v. 52, n.6, p. 760-774, 2019.

PRADA, I. et al. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, v. 24, n. 3, p. 364-372. 2019.

RIBEIRO, M. et al. Microbiological Investigation in Teeth with Persistent/Secondary Endodontic Infection in Different Stages of Root Canal Retreatment. **Eur Endod J**, v. 5, n. 3, p. 219-225, Dez. 2020.

SALAZAR, S. et al. Efeito anti-endotoxina (LPS) da terapia fotodinâmica (PDT) em canais radiculares in vitro. **Brazilian Oral Research**. 2020.

SIQUEIRA, J. e RÔÇAS, I. Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections. **Int Endod J**, v. 55, n. 3, p. 512-530, Maio. 2022.