

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIGUAIACÁ**  
**GRADUAÇÃO DE ODONTOLOGIA**

**SANDERLY MARQUES**

**TERAPIA FOTODINÂMICA NA ENDODONTIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**GUARAPUAVA**

**2021**

**SANDERLY MARQUES**

**TERAPIA FOTODINÂMICA NA ENDODONTIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para obtenção do título de Cirurgião Dentista pelo Centro Universitário UniGuairacá de Guarapuava.

Profª. Orientadora: Daíza Martins Lopes  
Gonçalves

GUARAPUAVA

2021

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente À Deus, que sempre me ouve e me conforta em momentos difíceis e permitiu que eu chegasse até aqui.

A minha família, que são tudo para mim. E sem eles nada seria possível.

Agradeço imensamente a minha mãe Clemiuda Barbosa, Heroína, que não só nessa fase, mas em toda minha vida sempre esteve comigo, me apoiando e incentivando nas horas difíceis. Me ensinou a ser uma mulher de força, com caráter e dignidade. Sempre deixando as minhas escolhas livres, mas com orientação e discernimento. Devo a ela cada minuto dessa jornada. Sem ela, esse fim não seria possível.

Ao meu irmão, Roger Marques, que fez papel de Pai. Me ajudou a buscar sempre o melhor de mim, me ensinando que na vida precisamos ter objetivos para vencer. Me incentivou a continuar em inúmeras vezes que pensei em desistir. Sem ele, certamente não teria encontrado forças para seguir.

À minha irmã mais nova, Livea Maria Barbosa, com todo o seu mais sincero amor me motiva a viver, lutar e aprender. Tudo isso, é por ela.

Aos meus amigos e colegas Larissa Almeida e Eleson Fiuza, que se tornaram verdadeiros irmãos. Por todo companheirismo e apoio durante essa fase. Desde o começo permitiram que tudo ficasse mais leve e divertido. Certamente seguiremos juntos, pois este é tão somente o momento de partida.

Aos meus professores de Clínica Integrada, Daiza Martins, Mariana Rinaldi e Wolnei Centenaro, que sempre compartilharam comigo seus conhecimentos e agregaram muito para minha formação. Por todo o incentivo, ensinamentos e principalmente paciência na jornada de clínica, foram essenciais para que eu chegasse ao fim. Sempre lembrarei com imenso carinho e muita gratidão.

A minha professora e orientadora de TCC, Daiza Martins. A qual foi a primeira a me ensinar Endodontia, por elucidar sempre de maneira brilhante fazendo com que me apaixonasse por essa área da Odontologia. E não só nesse trabalho, mas sempre se mostrando presente para me orientar e me ensinar com todo amor e dedicação.

A banca, Mariana Rinaldi e Juliana Rupel, as quais aceitaram participar desse momento tão importante na minha formação. Sempre me incentivando, orientando e me inspirando a ser uma excelente profissional.

E último, mas não menos importante. Um eterno obrigada a todo o colegiado de Odontologia da faculdade Uniguairaca. Principalmente, aos professores que foram incansáveis na arte de ensinar, sendo necessários para a construção desse sonho.

## RESUMO

Marques, S. **Terapia fotodinâmica na endodontia: uma revisão de literatura**

Guarapuava: Centro Universitário UniGuairacá; 2021.

O tratamento endodôntico tem como principal objetivo realizar a desinfecção dos canais radiculares através do preparo biomecânico, na maioria das vezes apenas com o tratamento convencional, não é possível realizar a completa eliminação de bactérias. Buscando assim novos empregos de tecnologias afim de obter sucesso. O objetivo deste trabalho é expor a terapia fotodinâmica demonstrando quais tipos de fotossensibilizadores e luz que podem ser utilizados e como é possível auxiliar no combate a infecção bacteriana. Os estudos apresentados nesta revisão apontam que a PDT tem contribuído significativamente para o sucesso do tratamento endodôntico.

**Palavras-chave:** terapia fotodinâmica, endodontia, microrganismos, resistência microbiana

## ABSTRACT

Marques, S. **Photodynamic therapy in endodontics: a literature review** Graduation of Dentistry. Guarapuava: UniGuairacá University Center; 2021.

The main objective of endodontic treatment is to disinfect the root canals through biomechanical preparation, but in many cases only with conventional treatment it is not possible to completely eliminate bacteria. So looking for new technology jobs in order to be successful. The objective of this work is to expose photodynamic therapy showing what types of photosensitizers and light can be used and how it is possible to help fight bacterial infection. The studies presented in this review show that PDT has significantly contributed to the success of endodontic treatment.

**Key words:** photodynamic therapy, endodontics, microorganisms, microbial resistance.

## **LISTA DE SIGLAS**

PDT – Photodynamic Therapy

TFD – Terapia Fotodinâmica

MO – Microrganismos

SCR – Sistema De Canais Radiculares

TE – Tratamento Endodôntico

PBM – Preparo Biomecânico

NAOCl – Hipoclorito de Sódio

E. FAECALIS – Enterococcus Faecalis

FS – Fotossensibilizadores

LED – Diodo Emissores de Luz

AM – Azul de Metileno

AT – Azul de Toluidina

NM – Nanometros

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2. PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
3.1 Endodontia .....	10
3.1.1 Microbiota endodôntica.....	11
3.2 Terapia Fotodinâmica.....	12
3.2.1 Agentes fotossensibilizadores .....	15
3.2.2 Fontes de luz .....	16
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>22</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico é de extrema relevância para neutralizar a infecção presente no sistema dos canais radiculares (SILVA, *et al.*, 2017). Para tal, utiliza-se a terapia endodôntica convencional, que consiste na limpeza e modelagem dos canais, por meio do uso de limas manuais ou rotatórias, concomitantemente com a irrigação de substâncias químicas auxiliares e em alguns casos, complementa-se com medicação intracanal que além de maximizar a remoção destes detritos, também promove ação antimicrobiana (LACERDA; ALFENAS; CAMPOS 2014).

Apesar da efetividade das substâncias irrigadoras e da medicação intracanal, o nível de insucesso desta técnica, apesar de baixo, abre espaço para que novas tecnologias atuem na redução dos microrganismos. Exemplo disso é a colonização de *Enterococcus Faecalis*, junto com outros micro-organismos, consideradas espécies resistentes e persistentes nas infecções endodônticas (PLOTINO, *et al.*, 2019).

Diversas técnicas podem ajudar a reduzir a carga microbiana presente nos sistemas de canais radiculares (SCR) antes e depois da instrumentação e, assim, minimizar o risco de reinfecção e o grau de desconforto pós-operatório. Desta maneira, a terapia fotodinâmica surge como uma alternativa coadjuvante aos tratamentos convencionais (PINHEIRO, *et al.*, 2016).

Do inglês, Photodynamic Therapy (PDT), baseia-se na associação de drogas fotossensibilizadoras e uma fonte de luz específica, como o laser de baixa potência (SCHAEFFER, *et al.*, 2019), que na presença de oxigênio, gera radicais livres tais como o oxigênio singleto, capaz de penetrar nas células dos micro-organismos causando destruição tecidual de forma rápida sem causar danos aos tecidos adjacentes e nem resistência bacteriana (LACERDA, *et al.*, 2014).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura a respeito do uso da terapia fotodinâmica na endodontia.

## **2. PROPOSIÇÃO**

O propósito do presente estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre a eficácia da terapia fotodinâmica na eliminação de microrganismos resistentes antes e depois do tratamento endodôntico. Para atingir essa definição serão usados estudos de casos utilizando esse método e quais os resultados obtidos através dos mesmos.

Este estudo refere-se a pesquisas exploratórias de caráter bibliográfico, com abordagem qualificativa (revisão bibliográfica) através de buscas na internet, em consultas em sites como: PUBMED, Scielo e google acadêmico, utilizando as palavras-chave “terapia fotodinâmica”, “endodontia”, “microrganismos”, “resistência microbiana”, incluindo pesquisas no idioma português e inglês. A busca teve início em novembro de 2020.

O período de estudo foi limitado a literatura pertinente publicada no período de 2015 a 2021, sendo incluídos também, estudos apresentados em período anterior ao acima determinado, em função da importância dos mesmos para o entendimento do tema, assim como, pesquisas complementares em livros-texto, monografias, dissertações, teses e trabalhos disponíveis online.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Endodontia

Com a evolução da endodontia nos últimos anos o desenvolvimento e a inserção de novas tecnologias e materiais, disponibilizou mais eficácia ao tratamento endodôntico, encurtando o período de sua realização (SCHAEFFER *et al.*, 2019). Entretanto, mesmo com esse progresso, há microrganismos (MO) que resistem ao tratamento endodôntico, tornando-se os responsáveis pela persistência das infecções endodônticas resistentes, que contribuem para a ineficácia dos resultados esperados com o tratamento (ARAUJO *et al.*, 2013).

O tratamento endodôntico (TE) consiste em um bom preparo biomecânico (PBM), em conjunto com as soluções irrigadoras e medicação intracanal, que limpam e modelam o sistema de canais radiculares (SCR), reduzindo o número de MO (ARAUJO *et al.*, 2013). O maior desafio enfrentado durante a terapia endodôntica é a completa desinfecção do sistema de canais radicular. (GHONEIM *et al.*, 2016).

Deve-se considerar que a complexidade do sistema de canais radiculares com seus istmos, ramificações e túbulos dentinários torna o desbridamento completo das bactérias quase impossível, deixando com que certas áreas fiquem inacessíveis ao PBM (SCHAEFFER *et al.*, 2019).

Outro fator importante são os microrganismos como principal fator etiológico das patologias pulpare e perirradiculares. Assim, durante o tratamento endodôntico procura-se a máxima desinfecção do SCR, bem como a prevenção da sua reinfecção. Nestes casos, o *Enterococcus faecalis* (E. Faecalis) tem sido o microrganismo mais comumente encontrado. (ARNEIRO *et al.*, 2014)

Segundo Neelakantan *et al.*, (2015), na endodontia convencional o hipoclorito de sódio (NaOCl) até os dias atuais é a substância irrigadora preferida. No entanto, há estudos sobre este agente irrigante, que mostram os problemas causados à estrutura dentária após a sua aplicação. A literatura atual associa NaOCl com a terapia fotodinâmica, no estudo de Garcez *et al.*, (2008) por exemplo, realizado em amostras de 64 dentes uniradiculares, foi comparada a eficácia antimicrobiana *in vitro*

da terapia fotodinâmica com o uso de NaOCl à 2,5%. A aplicação da terapia fotodinâmica produziu 91,3% de redução na carga bacteriana, enquanto que o NaOCl à 2,5% levou a uma redução de 80,9%. Esses resultados indicam que a terapia fotodinâmica poderia ser tão eficaz que NaOCl à 2.5% na desinfecção dos canais radiculares.

A literatura também associa uso da TFD com outros agentes irrigadores. No estudo de Samiei *et al.*, (2016), foi realizada a comparação dos efeitos antibacterianos entre a Terapia fotodinâmica (TFD), a clorexidina 2% e o hipoclorito de sódio a 2,5% em canais infectados pelo *E. faecalis*. Os resultados obtidos mostraram que os três agentes antibacterianos diminuíram significativamente a contagem de *E. faecalis*. No entanto, não houve diferença significativa entre a terapia e o uso da clorexidina 2%. A eficácia do NaOCl foi maior quando comparada aos outros agentes.

### 3.1.1 Microbiota endodôntica

Os estudos comprovam que a principal causa do insucesso endodôntico, seja a persistência das bactérias e não uma falha profissional (MENDONÇA *et al.*, 2020). Conforme Lacerda *et al.*, (2016), são muitos os recursos que podem contribuir para a resistência microbiana. As bactérias têm a capacidade de adesão na parede do canal radicular e através do processo de multiplicação, amplificam a densidade e se organizam sob a forma de biofilme, tornando-se mais resistentes.

De acordo com Alves *et al.*, (2012) as infecções endodônticas podem ser divididas conforme a instalação da infecção, sendo assim conhecidas como infecções primárias, secundárias e persistentes. Nas infecções endodônticas primárias, observamos diversas espécies bacterianas que irão propagar em todo o SCR, determinando uma infecção polimicrobiana, com maior quantidade de bactérias anaeróbias Gram-negativas (ARAUJO *et al.*, 2013). Segundo Rocha *et al.*, (2018) esse tipo de infecção inicial se destaca em dentes que não foram sujeitos à tratamento endodôntico, resultando em possíveis necroses pulpareas com ou sem rarefação periapical.

Já as infecções secundárias ocorrem em dentes que foram submetidos a tratamentos endodônticos, associados a fracassos. Observa-se neste caso o predomínio de bactérias facultativas Gram-positivas. Dentre a diversidade de microrganismos que compõe a microbiota endodôntica o *Enterococcus Faecalis* se mostrou iminentemente importante nas infecções endodônticas (ALVES *et al.*, 2012).

Sendo assim, Tennert *et al.* (2014) avaliaram o efeito da terapia fotodinâmica em casos de infecções primárias e secundárias na presença do ***Enterococcus faecalis***, demonstrando a combinação da irrigação com o hipoclorito de sódio 3% com a terapia fotodinâmica levaram a uma redução maior de *E. faecalis* em comparação com o uso da terapia fotodinâmica sozinha. Concluindo que a terapia fotodinâmica é uma efetiva complementação para desinfecção dos canais radiculares, especialmente em casos de retratamentos.

Segundo a teoria de Lins *et al.*, (2013) o *E. faecalis* trata-se de um patógeno oportunista, anaeróbio facultativo, gram-positivo, que tem sido detectado tanto em infecções endodônticas primárias como secundárias/persistentes. Porém, vários estudos relataram que *E. faecalis* é encontrado mais em casos de falha no tratamento endodôntico do que em casos de infecções primárias e, em dor e infecção pós-terapia endodôntica, com valores de prevalência elevados chegando a 90% (Singh *et al.*, 2015).

Portanto, Arneiro *et al.*, (2014) relata sua grande capacidade de colonizar a dentina e os túbulos dentinários, grande potencial de invasão intratubular mesmo em escassez nutricional, além de apresentar alguns fatores de virulência, o que dificulta sua remoção pelos meios químicos e mecânicos, resistindo à medicação intracanal e as soluções irrigadoras.

### 3.2 TERAPIA FOTODINÂMICA

Segundo Araujo *et al.*, (2013) O laser apresenta características peculiares, como monocromaticidade, pequena divergência, intensa energia e pulsos ultracurtos. O LED é um diodo emissor de luz, de baixo componente térmico, com mecanismo espontâneo de radiação que demanda de pouca energia para geração de luz.

Quando o objetivo é a desinfecção completa, utilizaram-se lasers de alta potência, resultando em 99% de eliminação bacteriana por aumento de temperatura e desnaturação proteica. No entanto, podem causar danos aos tecidos dentários e tecidos adjacentes (ASNAASHARI; HOMAYUNI; PAYMANPOUR, 2016). Já os lasers de baixa potência podem apresentar índice de redução microbiana na faixa dos 99-100% quando utilizados em associação com agentes fotossensibilizadores, eles atuam com efeito terapêutico, ou seja, promovem reparação tecidual, modulação da inflamação e analgesia. Por não provocarem aumento de temperatura no tecido, não possuem efeito antimicrobiano associado. Sendo assim, quando observamos essa associação, de uma fonte de luz com um agente fotossensibilizador para morte microbiana se denomina terapia fotodinâmica (EDUARDO *et al.*, 2015).

As primeiras experiências com o tratamento fotodinâmico, foram relatadas no ano de 1900, por Oscar Raab, um estudante de medicina, e seu professor Herman Von Tappeiner, em Munique. Eles estudaram o efeito do corante de acridina sobre culturas de paramécios e descobriram que a combinação do corante de acridina e luz foi letal para esses (ALFENAS *et al.*, 2011) (AMARAL *et al.*, 2010).

A TFD é uma recente estratégia antimicrobiana que envolve a associação de um fotossensibilizador não tóxico e uma fonte de luz visível inofensiva na presença de oxigênio. A passagem de energia do fotossensibilizador ativado para o oxigênio disponível resulta na formação de espécies tóxicas de oxigênio, denominadas oxigênio singlete e radicais livres. Esses são espécies químicas altamente reativas que se aderem à membrana das bactérias e danificam proteínas, lipídeos, ácidos nucleicos e outros componentes celulares microbianos. Vale ressaltar que a fonte de luz precisa ser absorvida pelo corante, para que a PDT seja positiva na inviabilização de células (MOHAMMADI *et al.*, 2017) (SCHAEFFER *et al.*, 2019).

Assim, a terapia fotodinâmica é um processo fotoquímico em que a excitação eletrônica do sensibilizador provoca dois mecanismos: tipo I – transferência de elétrons - e tipo II – transferência de energia. No mecanismo tipo I, há a formação de produtos oxidados e ocorre em cerca de 5% da reação. Nos outros 95%, ocorre o mecanismo tipo II, mais desejável e responsável pela apoptose que se torna diferente da necrose, pois não provoca injúria aos tecidos adjacentes. Na apoptose, a célula tem morte

programada com encolhimento dessa e formação de vesículas (corpos apoptóticos) que serão posteriormente fagocitadas por macrófago. Como não há lise celular, não há extravasamento do conteúdo citoplasmático, cessando assim, a lesão tecidual. Isso torna a PDT uma terapia eficaz e segura (LACERDA; ALFENAS; CAMPOS 2014).

Existem inúmeras vantagens no uso da PDT além da morte celular, a interação do oxigênio altamente reativo com as moléculas orgânicas é uma delas. Como ela não é específica, qualquer macromolécula dentro da célula se torna alvo em potencial. Assim, a multiplicidade de alvos torna mais difícil para as células desenvolverem resistência bacteriana. Além disso, o procedimento pode ser refeito várias vezes, uma vez que não há efeitos cumulativos e é, geralmente, não invasivo (ALFENAS *et al.*, 2011).

A literatura relata que muitas das dificuldades na definição de um protocolo efetivo da PDT estão relacionadas ao tipo bacteriano, Alfenas *et al.*, (2011) e Trindade *et al.*, (2015) mencionam que as bactérias gram-positivas são mais susceptíveis à sua ação em relação às bactérias gram-negativas. Isso se explica pela sua fisiologia, a membrana citoplasmática é rodeada por uma camada relativamente porosa de peptidoglicano e ácido lipoteicoico, o que permite que o fotossensibilizador atravesse esta membrana. Observam-se também diferenças de susceptibilidade a PDT quando os microrganismos são organizados sob a forma de biofilme, sendo esse seu desafio maior que quando estão dispostos como células isoladas. (TRINDADE *et al.*, 2015)

De acordo com a pesquisa realizada em com Arneiro *et al.*, (2014) após selecionarem 13 estudos que avaliaram o desempenho da terapia fotodinâmica na redução de *E. faecalis*, que consiste numa bactéria gram-positiva, concluíram que a terapia tem um efeito antimicrobiano melhor quando usada como adjuvante ao tratamento endodôntico com hipoclorito de sódio.

Por isso, vem sendo testados diferentes tipos protocolos quanto à intensidade da luz laser, concentrações dos fotossensibilizadores e métodos de ativação, demonstrando variados resultados e suscetibilidade das espécies bacterianas ao tratamento (SCHAEFFER *et al.*, 2019).

### 3.2.1 Agentes fotossensibilizadores

Os estudos de Wilson e Patterson (2008) confirmam que o fotossensibilizador é um produto químico sensível à luz. O seu uso, para a fotossensibilização de tecidos infectados proporciona absorção as células bacterianas e a irradiação para os tecidos, e assim ocasionando a destruição de ambos os tecidos infectados. Para alcançar o efeito esperado da Terapia Fotodinâmica, o Fotossensibilizador (FS) deve possuir baixa citotoxicidade, alta estabilidade e afinidade, simplicidade na formulação, reprodutividade, fotossensibilidade de curta duração e penetração em células bacterianas em vez de tecidos saudáveis (ARAÚJO *et al.*, 2013) (TRINDADE *et al.*, 2015). Outra característica importante que deve ser considerada é o comprimento de onda da fotoativação do agente fotossensibilizador, o efeito da TFD depende do nível tecidual adequado do FS. Quanto mais próximo o comprimento de onda da luz em relação ao FS, melhor será a efetividade da TFD (ARAUJO *et al.*, 2013).

Existem inúmeros compostos fotoativos naturais e sintéticos que têm potencial fotossensibilizador. Dentre os agentes FS mais empregados na PDT, destacam-se os derivados fenotiazinas, que são compostos heteroaromáticos tricíclicos, corantes azuis, como o corante azul de toluidina e o azul de metileno, que em baixas concentrações não produzem ação citotóxica e a dose necessária para a morte bacteriana é menor que a dose para causar danos a células (AMARAL *et al.*, 2010).

O AM é um fotossensibilizador catiônico usado como corante para avisar as bactérias. É solúvel em água e álcool, e oferece característica eletrocatalítica, na participação de várias reações enzimáticas (TARDIVO *et al.*, 2005). Além de possuir boa absorção à luz, chegando a bandas de 660nm (luz vermelha). Tem capacidade em gerar espécies reativas de oxigênio e um efeito amplo em várias bactérias (ALISSON *et al.*, 2013).

Deste modo, Segundo Oliveira *et al.*, (2021) que comparou AM e AT, os mesmos foram testados para verificar qual deles teria a ação bactericida mais eficaz contra os diferentes tipos de bactérias Gram-positivas e negativas. Ambos associados a um laser de comprimento de onda por volta de 630nm, Os resultados demonstraram que os dois foram eficientes usando laser de emissão vermelha, porém, o azul de toluidina apresentou melhor efeito bactericida que o azul de metileno.

Todo esse procedimento precisa de um tempo de pré irradiação, para que o fotossensibilizador entre em contato com o microrganismo penetrando a membrana plasmática e, portanto, aumentando os danos causados aos microrganismos. (LACERDA et al., 2016). Na Endodontia, o período de pré-irradiação pode variar entre dois e cinco minutos. É importante ressaltar que o FS deve ser aplicado de maneira local ou próximo à célula-alvo, para que não ocorra formação de espécies tóxicas fora da região desejada (ARAUJO et al., 2013).

Desta maneira, Nikolaos., et al (2006) avaliaram os efeitos antibacterianos da PDT em 60 dentes humanos recém-extraídos, foi utilizada a solução de azul de metileno, permanecendo em repouso por 5 minutos e, depois a fonte de luz laser diodo, com comprimento de onda de 665 nm e 30 J/cm<sup>2</sup> de potência, através da introdução de fibra óptica. Seguindo este protocolo, todas as bactérias foram eliminadas, menos *Enterococcus faecalis* (53% de eliminação). Ao aumentar a potência para E = 222 J/cm<sup>2</sup>, houve 97% de eliminação de *Enterococcus Faecalis*. Os autores concluíram que a PDT deve ser empregada como coadjuvante ao tratamento endodôntico convencional.

### 3.2.2 Fontes de luz

Na década de 60 os primeiros aparelhos **laser** e LED surgiram como novas opções de tratamentos, devido às propriedades terapêuticas que esses aparelhos possuem (ALISSON et al., 2013) (ARAUJO et al., 2013). Os primeiros lasers foram introduzidos na área cirúrgica, utilizando-se de suas propriedades fototérmicas e fotoablativas, por serem de alta intensidade. Posteriormente, efeitos benéficos também foram observados nas irradiações em baixa intensidade (SIMÕES; CATÃO, 2021).

Ao determinar a fonte de luz ideal para executar a PDT, deve-se levar em consideração o tipo de agente fotossensibilizador e juntos devem gerar uma potência de luz adequada ao comprimento de onda utilizado. O laser ainda é a fonte mais utilizada, seguida dos díodos emissores de luz (LED) que apresenta efeito semelhante e excelente custo-benefício. Dentre as variedades dos lasers destaca-se

o laser de diodo, emissor de luz no comprimento de 630-690 nm, que demonstra grande infiltração de fótons no tecido celular e, difere do infravermelho na qualidade de que é mais fácil de encontrar fotossensibilizadores que apresentem esse pico de absorção (EDUARDO *et al.*, 2015) (LACERDA; ALFENAS; CAMPOS, 2014) (LACERDA *et al.*, 2016).

No entanto, no estudo de Asnaashari *et al.* (2016) comparou-se a atividade antibacteriana da terapia fotodinâmica utilizando dois métodos, laser diodo e lâmpada LED concluindo que o uso do LED foi mais eficaz que o laser diodo em redução de *E. faecalis*. Os LEDs (diodos emissores de luz), podem ser utilizados como fontes de ativação em PDT, pois apresentam um baixo componente térmico e luz monocromática, com banda estreita de comprimento de onda. Nos LEDs predomina o mecanismo espontâneo de radiação com pouca energia para geração de luz, apresentando largo espectro de luz não coerente e com maior divergência (AMARAL *et al.*, 2010).

O uso de fibras ópticas intracanaís também tem sido estudado como forma de aumentar a eficácia da terapia. Para que a PDT seja efetiva, é imprescindível que a fonte de luz interaja com o fotossensibilizador. Assim, a escolha da fonte de luz depende do fotossensibilizador que será utilizado, e vice-versa (EDUARDO *et al.*, 2015).

Fimple *et al.*, (2008) analisaram o efeito da PDT com a utilização do laser diodo, em uma potência de 1mW e comprimento de onda de 665 nm, utilizando o sistema acoplado em fibra óptica de polimetilmetacrilato com diâmetro de 250 µm, distribuindo a luz de forma a atingir 360 graus das paredes. Foram utilizadas cento e vinte dentes unirradiculares extraídos de humanos, sensibilizados com azul de metileno que foram contaminados com as seguintes espécies *A. israelii*, *F. nucleatum*, *P. gingivalis* e *P. intermedia*. Três unidades da amostra foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura para confirmação da infecção, e as demais tiveram as culturas bacterianas contadas por meio de unidades formadoras de colônia (UFC) e analisadas pela hibridização de DNA-DNA *checkerboard*. Concluíram que a TDF é um eficaz método na redução de micro-organismos presentes no interior do canal, quando associado à aplicação de azul de metileno como fotossensibilizador.

#### 4. DISCUSSÃO

Os benefícios apontados sobre do uso da terapia fotodinâmica consistem exclusivamente de uma correta escolha do agente fotossensibilizador e fonte de luz. Propriedades como o a natureza do fotossensibilizador, concentração em que será administrado, duração da pré-irradiação, o tipo de fonte luz utilizada no processo de fotossensibilização, o comprimento de onda, quantidade de energia irradiada, potência e o modo de entrega da luz são importantes. (LACERDA; ALFENAS; CAMPOS, 2014). Não é mencionado na literatura a existência de um protocolo com a combinação ideal para realizar este tratamento, mas sim que ambos devam ser compatíveis e interagir entre si para atingir o efeito antimicrobiano desejado. (TRINDADE *et al.*, 2015).

Na revisão de literatura de Trindade *et al.*, (2015) os estudos em vivo concluíram que a combinação da terapia fotodinâmica com a terapia convencional apresentaram resultados maiores que somente o PBM. Quando combinados, houve intervalos de redução microbiana de 96,7% a 98,5%. A terapia convencional utilizada separadamente apresentou resultados entre 87,7% e 91%. Concluindo que, a terapia fotodinâmica tem enorme poder bactericida utilizada coadjuvante ao PBM.

O *Enterococcus faecalis* foi apontado como o microrganismo com papel elevado nos casos de infecções endodônticas, e por este motivo o mais utilizado nos estudos *in vitro* utilizados na revisão de literatura deste trabalho. Acredita-se que em casos de retratamento endodôntico e infecções endodônticas primárias esta bactéria seja a mais encontrada como agente mediador da infecção. (TRINDADE *et al.*, 2015) (Tennert *et al.*, 2014) (ALVES *et al.*, 2012)

Nas comparações da terapia fotodinâmica e agentes irrigadores, para reduzir significativamente *E. faecalis*, observou-se que a PDT pode ou não ter sucesso quando usada separadamente. No estudo de Arneiro., *et al.* (2014) na comparação de NaOCl e TFD, NaOCl mostrou-se mais eficaz. Porém, quando ambos foram associados, obtiveram mais resultados que quando empregados separadamente. Já, no estudo de Garcez, *et al.*, (2008) os resultados obtidos indicaram que a terapia fotodinâmica, reduzindo em 91,3% a carga bacteriana poderia ser tão eficaz quanto NaOCl à 2.5% na desinfecção do canal radicular, já que os números indicaram uma

redução menor, 80,9%. Quando a TDF empregada com clorexidina 2% e NaOCl no estudo de Samiei, *et al.*, (2016), a eficácia do NaOCl foi maior quando comparada aos outros agentes. Ou seja, a terapia fotodinâmica tem um enorme poder bactericida quando utilizada em conjunto com os agentes irrigadores.

Em relação ao uso de fotossensibilizadores, o papel da PDT na terapia endodôntica foi testado usando diferentes combinações de PS e fontes de luz e mostrou resultados diferentes. Mesmo quando o mesmo PS e fonte de luz foram empregados. O resultado vai depender dos protocolos de irradiação e variação da concentração de fotossensibilizadores, tempo de irradiação e potências de luz. Porém, nas pesquisas de Plotino; Grande e Mercade (2018), o agente fotossensibilizador de eleição foi o azul de metileno, por sua fácil manipulação, custo acessível, biocompatibilidade e comprovada remoção com substâncias irrigadoras como EDTA e NaOCl a 2,5% após a realização da terapia em questão. Ainda assim, pertencendo ao mesmo grupo das fenotiazinas, o azul de toluidina também é indicado nesta linha de tratamento.

Atualmente, as fontes de irradiação mais utilizadas são os lasers de baixa potência, que oferecem radiação na fluência adequada e no comprimento de onda apropriado para cada fotossensibilizador. Segundo os estudos de Simões e Catão, (2021); Araujo *et al.*, (2013), Schaeffer *et al.*, (2019) e Trindade *et al* (2015), os lasers de diodo permanecem o mais utilizado na TE, existindo no mercado aparelhos que cobrem quase todo o espectro visível e infravermelho próximo, o que facilita o atendimento de grande parte dos agentes fototerapêuticos existentes. Para a irradiação de tecidos biológicos, preconiza-se a utilização de comprimento de onda entre 660 nm (vermelho) a 1000 nm (infravermelho). Já na literatura de Asnaashari *et al.* (2016) quando comparado o uso de laser diodo e LED, concluiu-se que o LED foi mais eficaz em redução de *Enterococcus faecalis*. Nos LEDs predomina o mecanismo espontâneo de radiação com pouca energia para geração de luz, apresentando largo espectro de luz não coerente e com maior divergência. Ambos mostram-se significativamente capaz de atribuir bons resultados a TFD (AMARAL *et al.*, 2010).

A utilização de um feixe de fibra óptica se deve pela necessidade de garantir a presença de oxigênio durante a realização da terapia fotodinâmica. Deve ser realizado

movimentos helicoidais durante a irradiação com a fonte de luz, com o intuito de agitar o fotossensibilizador e garantir a reoxigenação, obtendo assim suficiente distribuição de luz no interior das paredes dos canais radiculares (LACERDA; ALFENAS; CAMPOS, 2014).

No estudo de Trindade *et al.*, (2015) parece estar bem estabelecido que nem o fotossensibilizador nem o laser são capazes de produzir redução bacteriana significativa. É a combinação de ambos que pode ativar o mecanismo da terapia e levar à morte bacteriana.

O principal benefício da TFD está em não desenvolver resistência antimicrobiana, por sua ação não seletiva. Devido a rapidez com que o agente fotossensibilizador é fotoativado e age nas células alvo, através da sua produção de oxigênio singleto e/ou formas reativas de oxigênio, não apresentando uma especificidade de ação celular e assim interagindo rapidamente com vários componentes da estrutura dos microrganismos (EDUARDO *et al.*, 2015) (ALFENAS *et al.*, 2011).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados dos estudos propostos nesta revisão de literatura especificam que a terapia fotodinâmica pode ser uma promissora terapia adjuvante ao preparo químico mecânico durante o tratamento dos canais radiculares, contribuindo de forma efetiva para melhorar a descontaminação do sistema de canais radiculares e, conseqüentemente, para elevação da taxa de sucesso da terapia endodôntica. Todavia, ainda não se foi estabelecido um protocolo em relação aos parâmetros a serem utilizados, ratificando a necessidade de mais pesquisas científicas sobre o assunto. Sobretudo não esquecendo da importância de um protocolo tradicional seguro e bem executado de modelagem e limpeza (PQM) dos sistemas dos canais radiculares, sendo muitas vezes necessário complementar o tratamento com os avançados e recursos que temos no mercado.

## REFERÊNCIAS

ALFENAS, C.F; et al., : **Terapia fotodinâmica na redução de micro-organismos no sistema de canais radiculares**. Rev. bras. odontol., Rio de Janeiro, v. 68, n. 1, p. 68-71, jan./jun. 2011.

ALLISON R.R.; MOGHISSI K. **Photodynamic Therapy (PDT): PDT Mechanisms. Clin Endosc.** Janeiro de 2013; 46 (1): 24-9. doi: 10.5946 / ce.2013.46.1.24. Epub 2013, 31 de janeiro. PMID: 23422955; PMCID: PMC3572346.

ALVES, R. A. A.; **Suscetibilidade do E. faecalis e S.aureus a vários antimicrobianos**. v. 21 n. 56 (2012): ROBRAC.

ARAUJO, S.G, et al.; **Photodynamic therapy in Endodontics: Use of a supporting strategy to deal with endodontic infection**. Dental Press Endod. 2013 May-Aug;3(2):52-8.

ARNEIRO, R.A.S; et al., **Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis***. 2014 Volume 56, edição 4, páginas 277-285.

ASNAASHARI, M; HOMAYUNI, H; PAYMANPOUR, P. **O efeito antibacteriano da terapia fotodinâmica adicional em dentes tratados endodonticamente com falha: um estudo piloto**. J Lasers Med Sci. Outono de 2016; 7 (4): 238–242.

EDUARDO,C.P, et al., **Photodynamic therapy as a complementary benefit in the dental clinic**. Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent. vol.69 no.3 Sao Paulo Jul./Set. 2015.

Fimple, J.,et al. (2008) **Tratamento fotodinâmico da infecção polimicrobiana endodôntica in vitro**. Journal of Endodontics, 34, 728-734. doi: 10.1016 / j.joen.2008.03.011

GARCEZ, A.S. M. S; et al.; **Efeitos antimicrobianos da terapia fotodinâmica em pacientes com polpas necróticas e lesão periapical**. Volume 34, Issue 2, Fevereiro de 2008 , páginas 138-142

GHONEIM M, et al., **The Use of Different Irrigation Techniques to Decrease Bacterial Loads in Healthy and Diabetic Patients with Asymptomatic Apical Periodontitis**. Open Access Maced J Med Sci. 2016 Dec 15; 4(4):714-719.

LACERDA, M.F.L.S. et al **Avaliação das mudanças morfológicas de dentições ao tratamento endodôntico e a terapia fotodinâmica.** Rev. Odontol. UNESP vol.45 no.6 Araraquara Nov./Dez. 2016 Epub 24 de novembro de 2016.

LACERDA. M.F.L.S; ALFENAS, C.F; CAMPOS, C.N: **Terapia fotodinâmica associada ao tratamento endodôntico - revisão de literatura.** RFO UPF vol.19 no.1 Passo Fundo Jan./Abr. 2014.

LINS, R. X, et al., **Antimicrobial resistance and virulence traits of Enterococcus faecalis from primary endodontic infections**, Journal of Dentistry, Volume 41, Issue 9, 2013, Pages 779-786, ISSN 0300-5712.

MENDONÇA, M. O. et al., **Microbiologia e intervenções dos insucessos nos tratamentos endodônticos.** v. 5 n. 1 (2020): XI Congresso Interdisciplinar - Inteligência Artificial: A Nova Fronteira da Ciência Brasileira - ISSN: 2595-7732.

MOHAMMADI, Z. et al.; **Photodynamic Therapy in Endodontics** Contemp Dent Pract 2017;18(6):534-538.

NEELAKANTAN, P. et al., **Photoactivation of curcumin and sodium hypochlorite to enhance antibiofilm efficacy in root canal dentin**, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, Volume 12, Issue 1, 2015.

**Nikolaos, S. Et al.** Terapia fotodinâmica para desinfecção endodôntica. Journal of Endodontics Volume 32, edição 10 , outubro de 2006 , páginas 979-984

PINHEIRO, S. L. et al. **Antimicrobial Activity of Photodynamic Therapy Against Enterococcus faecalis Before and After Reciprocating Instrumentation in Permanent Molars** - Photomedicine and Laser Surgery Volume 34, Number 12, 2016.

PLOTINO, G. N. M; GRANDE, N.M; MERCADE, M. **Photodynamic therapy in endodontics** (2019) - International Endodontic Journal, 52, 760–774, 2019

SAMIEI, M. et al. **The Antibacterial Efficacy of Photo-Activated Disinfection, Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Infected Root Canals: An in Vitro Study.** Iran Endod J. 2016;11(3):179-83.

SCHAEFFER, B. et al. **Terapia fotodinâmica na endodontia: revisão de literatura.** Journal of Oral Investigations, Passo Fundo, v. 8, n. 1, p. 86-99, abr. 2019. ISSN 2238-510X.

SILVA, C. C, et al., : **Antimicrobial Photodynamic Therapy Associated with Conventional Endodontic Treatment: A Clinical and Molecular Microbiological Study**. First published: 22 November 2017 <https://doi.org/10.1111/php.12869>.

SINGH, S. et al. **Photodynamic therapy: An adjunct to conventional root canal disinfection strategies**. Aust Endod J. 2015 Aug;41(2):54-71. doi: 10.1111/aej.12088. Epub 2014 Nov 17. PMID: 25404404.

TARDIVO, P. et al., **Methylene blue in photodynamic therapy: From basic mechanisms to clinical applications, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, Volume 2, Issue 3, 2005, Pages 175-191, ISSN 1572-1000

TENNERT, C. et al. **Effect of photodynamic therapy (PDT) on Enterococcus faecalis biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections**. BMC Oral Health. 4 de novembro de 2014;14:132

TRINDADE, A.C. et al. **Photodynamic Therapy in Endodontics: A literatura review**. Photomedicine and Laser Surgery Volume 33, Number 3, 2015.

WILSON,B.C.; MICHAEL, S.; PATTERSON,M.D. **A física, biofísica e tecnologia da terapia fotodinâmica**. 2008 Phys. Med. Biol. 53 R61