UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – PROFESSORA MARIA DA PENHA – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA

JOÃO HENRIQUE PEREIRA MARTINS

A TERAPIA FOTODINÂMICA COMO COADJUVANTE AO TRATAMENTO ENDODÔNTICO CONVENCIONAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Araruna / PB
2018

JOÃO HENRIQUE PEREIRA MARTINS

A TERAPIA FOTODINÂMICA COMO COADJUVANTE AO TRATAMENTO ENDODÔNTICO CONVENCIONAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Odontologia da UEPB – Campus VIII como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Profª. Gabriella de Vasconcelos Neves

Araruna / PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M379t Martins, João Henrique Pereira.
A terapia fotodinâmica como coadjuvante ao tratamento endodôntico convencional [manuscrito] : uma revisão de literatura / João Henrique Pereira Martins. - 2018.
43 p.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2018.
"Orientação : Prof. Esp. Gabriella de Vasconcelos Neves , Coordenação do Curso de Odontologia - CCTS."

1. Endodontia . 2. Enterococcus faecalis. 3. Azul de Metileno.

21. ed. CDD 617.634 2

JOÃO HENRIQUE PEREIRA MARTINS

A TERAPIA FOTODINÂMICA COMO COADJUVANTE AO TRATAMENTO ENDODÔNTICO CONVENCIONAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Odontologia da UEPB – Campus VIII como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

.

Área de concentração: Endodontia

Aprovada em: 15/06/2018

BANCA EXAMINADORA

Gabriella de Vasconcelos Neves

Profª. GABRIELLA DE VASCONCELOS NEVES (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Larissa Rangel Peixoto.

Profª. LARISSA RANGEL PEIXOTO

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Gêisa Aiane de Morais Sampaio

Profª. GÊISA AIANE DE MORAIS SAMPAIO

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia. Aos meus pais pelo carinho, amor e apoio. A minha tia Maria Aparecida Pereira do Nascimento e Diego da Silva Alves pelo apoio, força e confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter iluminado toda minha trajetória, me dando fé e coragem para seguir em frente, pois sem ele eu não teria forças para essa longa jornada.

Aos meus pais, Maria do Socorro e João Martins, que sempre se esforçaram e fizeram de tudo que estava ao alcance para tornar meu sonho realidade, e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Por me ensinarem os verdadeiros valores da vida. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em todos os momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

A minha amada Tia Cida por tudo que fez por mim, pelo amor e incentivo que me deu. Por sempre ter acreditado em mim para me ajudar concretizar meu sonho. Te amo.

Ao meu amigo Diego Alves por ter me ajudado a seguir em frente com o meu curso, pois quando eu pensei em desistir de tudo, lhe agradeço imensamente por levantar minha cabeça e me ajudar a conclui-lo.

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investirem em mim.

A minha querida orientadora Professora Gabriella de Vasconcelos Neves pela paciência na orientação, incentivo, disponibilidade, compreensão, por sua dedicação e amor à profissão.

A todos que contribuíram para minha formação, em especial aos professores: Neto Alencar, Gêisa Sampaio, Renata Xavier Dantas, Gustavo Agripino, Larissa Rangel, Pierre Andrade e Naiana Braga.

Aos funcionários da UEPB: Franqueline, Fiama, Joaline, Maria José, Samara, Angélica, Joelma, Aldo, Sílvio, Salete, Teone, Luiza, Kécia e Murilo, pela contribuição e paciência nesses anos que se passaram.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio, em especial: Tereza Camilo, Ayala Formiga, Ellyda Lima, Ingridy Vanessa, Maxuel Bezerra, Sabrina Sanilly, Thaysa, Nyhédia Xavier, Andressa Landgraf, Wellinton Avelar, Ana Cecília, Thays Ramos, Millane Gleice, Talina Rocha, Veruska Santos, Newton Carlos e Evandro Lucio.

Aos meus pacientes, pela paciência e por colaborarem para minha formação.

Enfim, a todos que colaboraram e acreditaram neste sonho, muito obrigado.

A TERAPIA FOTODINÂMICA COMO COADJUVANTE AO TRATAMENTO ENDODÔNTICO CONVENCIONAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

PHOTODYNAMIC THERAPY AS AN ADJUNCT TO CONVENTIONAL ENDODONTIC TREATMENT: A REVIEW OF LITERATURE

RESUMO

A Terapia fotodinâmica (PDT) tem sido proposta como uma terapia adjuvante ao tratamento endodôntico com o intuito de eliminar os microrganismos presentes no sistema de canais radiculares. Dentre os microrganismos remanescentes, o *Enterococcus Faecalis* destaca-se como a espécie mais comumente encontrada em casos de insucesso da terapia endodôntica. A aplicação dessa tecnologia promissora apresenta diversas variáveis, como o corante a ser utilizado, o tipo de luz ou o tempo de irradiação. Através de uma revisão de literatura, o presente estudo tem como objetivo discorrer sobre a aplicação da PDT como uma técnica coadjuvante na endodontia. A busca na literatura foi realizada na base de dados PubMed e LILACS, sem restrição de idioma e ano do estudo. Para conduzir a busca, foram utilizados os seguintes descritores: *Enterococcus faecalis*, Singleton Oxygen, Photodynamic Therapy, Methylene Blue, Endodontics. Foram incluídas pesquisas cientificas em ensaios clínicos e laboratoriais, revisões de literatura que abordassem a técnica ou fizesse comparações com outras. Os resultados dos estudos apresentados nesta revisão apontam que a PDT tem contribuído de forma efetiva para melhorar a descontaminação do sistema de canais radiculares, sendo indicada como um excelente adjuvante à terapia endodôntica convencional. No entanto, não há consenso sobre um protocolo padrão para sua a utilização durante o tratamento do canal radicular.

PALAVRAS CHAVES: *Enteroccocus faecalis*. Oxigênio Singleto. Terapia Fotodinâmica. Azul de Metileno. Endodontia.

Photodynamic therapy as an adjunct to conventional endodontic treatment: A review of literature

ABSTRACT

Photodynamic therapy (PDT) has been proposed as an adjuvant therapy to endodontic treatment with the aim of eliminating the microorganisms present in the root canal system. Among the remaining microorganisms, Enterococcus Faecalis stands out as the species most commonly found in cases of failure of endodontic therapy. The application of this promising technology presents several variables, such as the dye to be used, the type of light or the irradiation time. Through a literature review, this study aims to discuss the application of PDT as a supporting technique in endodontics. The literature search was performed in the PubMed and LILACS database, without language restriction and year of study. To conduct the search, the following descriptors were used: *Enterococcus faecalis*, Singleton Oxygen, Photodynamic Therapy, Methylene Blue, Endodontics. We included scientific research in clinical and laboratory tests, literature reviews that approached the technique or made comparisons with others. The results of the studies presented in this review indicate that PDT has been an effective contributor to improve decontamination of the root canal system and is indicated as an excellent adjuvant to conventional endodontic therapy. However, there is no consensus on a standard protocol for its use during root canal treatment.

KEY WORDS: *Enteroccocus faecalis*, Singleton Oxygen, Photodynamic Therapy, Methylene Blue, Endodontics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDT: Terapia Fotodinâmica

PQM: Preparo Químico Mecânico

NaCl: Cloreto de Sódio

NaClO: Hipoclorito de Sódio

CHX: Clorexidina

FS: Fotossensibilizador

AT: Azul de Toluidina

AM: Azul de Metileno

AZ: Azuleno

VM: Verde Maleguita

IV: Indocianina Verde

RB: Rosa Bengala

UFC: Unidades Formadoras de Colônias

J: Joules

nm: nanômetros

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO 12

2 METODOLOGIA..... 15

3 REVISÃO DE LITERATUTRA 16

4 DISCUSSÃO 36

5 CONCLUSÃO 41

REFERÊNCIAS 42

1 INTRODUÇÃO

O objetivo principal do tratamento endodôntico não cirúrgico é a eliminação da infeção e inflamação presente no interior do sistema de canais radiculares. Diversos fatores têm sido associados a falhas da terapia endodôntica, como a resistência dos microrganismos ao tratamento e a medicação intracanal, a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares, o alojamento de microrganismos em túbulos dentinários e a formação de biofilme (WALTIMO et al, 2004).

A principal causa de insucesso é a persistência microbiana na região apical de dentes obturados, causada tanto pela localização em regiões não acessíveis a instrumentação e irrigação ou mesmo pela organização em biofilmes (NAIR, 2005; SIQUEIRA, RÔÇAS, 2008). No entanto, que mesmo com a utilização de um intrumentos de Níquel-Titânio, cerca de 30-40 % dos canais radiculares não são tocados (PETERS et al, 2001).

Dentre as bactérias residuais, a *Enterococcus faecalis* destaca-se por ser a espécie mais comumente encontrada em canais tratados e a sua capacidade de sobreviver em condições ambientais desfavoráveis fizeram com que muitos autores a apontassem como o principal patógeno envolvido no fracasso do tratamento endodôntico (SILVA, 2006).

Dentre as etapas da terapia endodôntica não cirúrgica, a irrigação constitui uma importante etapa e exerce papel fundamental na recuperação dos tecidos periapicais. A ação mecânica dos instrumentos endodônticos associada à ação química dos irrigantes e às ações físicas de irrigação e aspiração compreendem as ferramentas utilizadas para eliminar o conteúdo séptico e tóxico dos canais radiculares. Várias soluções irrigadoras são empregadas de modo a tentar combater e aniquilar os agentes patológicos resistentes ou de difícil acesso à terapia mecânica, agindo não somente como antimicrobiano como também tentando potencializar a remoção de detritos e aumentar a eficiência dessa instrumentação (ABRAHAM, 2015).

No tratamento endodôntico, as etapas de instrumentação e irrigação são essenciais para o sucesso do tratamento, mas o melhoramento da técnica, dos medicamentos e materiais utilizados convencionalmente vem ao encontro do objetivo de

proporcionar sempre um tratamento de maior qualidade, menos dispendioso, mais confortável para o paciente e para o profissional. Para isso, elas devem trabalhar e funcionar de modo integrado, pois a eficiência da limpeza e saneamento está na dependência direta da qualidade do preparo mecânico e na qualidade da substância irrigadora (CLEGG, 2006).

O estudo realizado por Ricucci e Siqueira (2010), relatou que o preparo químico-mecânico (PQM), só conseguiu remover tecido necrótico e/ou vital das entradas dos canais laterais e paredes dentinárias em 75% dos dentes investigados. A complexidade anatômica do sistema dos canais radiculares torna o desbridamento completo das bactérias quase impossível, mesmo que as técnicas convencionais sejam substituídas pelas técnicas modernas que utilizam limas de níquel-titânio, mais de 35% da superfície do canal radicular pode ser deixada sem instrumentação após tratamento endodôntico não-cirúrgico (MACHADO, 2010).

Evidências científicas têm demonstrado que a Terapia Fotodinâmica, do inglês "Photodynamic Therapy" - (PDT) também conhecida como foto radiação, fototerapia ou terapia fotoquímica, é um auxílio ao tratamento endodôntico na tentativa de eliminação de microrganismos persistentes ao preparo químico-mecânico convencional nos sistemas de canais radiculares (MACHADO, 2010).

Esta técnica envolve a aplicação de um fotossensibilizador (FS) no interior dos canais radiculares seguida de uma ativação de energia luminosa para o ambiente circunscrito. Este processo tem como finalidade a formação das chamadas espécies reativas de oxigênio (do inglês Reactive Oxygen Species). A transferência de energia do FS ativado resulta na formação de espécies de oxigênio tóxico, como o oxigênio singleto e radicais livres, capazes de danificar lipídios, ácidos nucleicos e outros componentes celulares (MACHADO, 2010).

Na endodontia, os FS derivados das fenotiazinas têm sido amplamente empregados nas pesquisas envolvendo PDT, sendo o azul de metileno (AM) e o azul de toluidina (AT) os principais FS utilizados como alvo para microrganismos da microbiota endodôntica (GARCEZ et al, 2006, GARCEZ et al, 2008; SOUZA et al, 2010, BAGO et al, 2013).

A PDT além de representar uma modalidade eficaz e segura para a desinfecção dos canais radiculares, surge como um novo método auxiliar de desinfeção significativa na redução microbiana. A PDT na endodontia aparece como um método auxiliar de desinfeção no tratamento endodôntico por possuir fácil e rápida aplicação e não desenvolver resistência bacteriana (GARCEZ, 2006).

Diante do exposto, esta revisão de literatura tem por objetivo abordar o uso da PDT como uma técnica coadjvante ao tratamento endodôntico convencional.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão da literatura na base de dados US National Library of Medicine National Institutes of Health Search database (MEDLINE – PubMed) e o Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS). Para conduzir a pesquisa foram usadas as seguintes palavras-chaves: Enterococcus faecalis, Singleton Oxygen, Photodynamic Therapy, Methylene Blue, Endodontics.

Para a busca, foram incluídas pesquisas cientificas, ensaios clínicos e laboratoriais, revisões de literatura, publicados em inglês e português, sem restrição de ano.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nas últimas décadas, a endodontia evoluiu substancialmente com o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias e materiais, facilitando o trabalho do endodontista e diminuindo o tempo para execução do tratamento endodôntico. Apesar disto, a maioria das falhas ou insucessos endodônticos está relacionada com a persistência de microrganismos que resistiram ao PQM ou a medicação intracanal (SIQUEIRA, RÔÇAS 2008).

O microrganismo *Enterococcus faecalis* tem sido a espécie mais prevalente em casos de insucesso endodôntico. Peciuliene et al. (2000), constataram que este microrganismo estava presente em 70% dos casos que apresentavam fracasso do tratamento endodôntico. Este microrganismo é resistente à maioria dos medicamentos intracanal, inclusive ao hidróxido de cálcio, tolerando um pH de até 11,5 (SIQUEIRA E LOPES, 1999).

A presença de *Enterococcus faecalis* no tratamento endodôntico com falha é amplamente abordado na literatura. Esta espécie é raramente detectada em casos não tratados e de infecção primária. No entanto, não se pode descartar a presença ou significância de outros microrganismos pertencentes aos gêneros *Actinomyces, Propionibacterium, Porphyromonas* e *Prevotella* intermedia, que têm sido frequentemente detectados em falhas no tratamento endodôntico (PINHEIRO 2003).

As falhas no tratamento endodôntico não-cirúrgico estão associadas a altas proporções de microrganismos aeróbicos e facultativos gram-positivos, versus a predominância de anaeróbios estritos nas infecções endodônticas primárias (SIQUEIRA 2014). A desinfecção do sistema de canais radiculares é fundamental para o sucesso e a necessidade de uma melhor desinfecção do canal radicular é clara e convincente (DISTEL 2001).

Pesquisas utilizando a PDT têm sugerido que a mesma pode ser utilizada como um método auxiliar ao tratamento endodôntico, com uma significativa redução microbiana, destruindo microrganismos remanescentes no interior dos canais radiculares após o PQM convencional (AFKAMI et al, 2017, FOCHI et al, 2007). Nesta técnica, não há desenvolvimento de resistência dos microrganismos, sendo de fácil aplicação clínica, podendo ser utilizada em tratamentos endodônticos realizados em sessão única ou múltiplas sessões, complementando a antissepsia do sistema de canais radiculares (SIQUEIRA E LOPES, 1999).

Seal et al., (2002) objetivaram a comparação *in vitro* da eficácia entre a PDT ou irrigação com hipoclorito de sódio (NaClO) contra biofilmes de *Streptococcus intermedius* em canais radiculares. Um total de 35 dentes unirradiculares foram selecionados e os canais preparados para um diâmetro apical de 25. Os dentes foram autoclavados e os canais inoculados com *Streptococcus intermedius* foram incubados por 48 horas para permitir a formação de um biofilme. Os dentes foram então submetidos a irrigação com NaClO a 3% ou fotossensibilização utilizando combinações de uma gama de concentrações de azul de toluidina (12, 5, 25, 50, 100 μ gmL) e doses de energias que variaram de 2,1 a 21 J), utilizando um laser de baixa potência de hélio-neon, com potência de 35 Mw, direcionado para a cavidade de acesso e um comprimento de onda de 632,8 nm. Após o tratamento, o conteúdo do canal foi coletado com pontas de papel estéreis, e a amostra foi diluída em série e cultivada em ágar sangue para determinar o número de unidades formadoras de colônia (UFC). Foi utilizado um tempo de pré-radiação de 30 segundos. A combinação de 100 μ gmL de AT e um tempo de radiação de 60, 90, 120, 300 e 600 segundos a 21 J de energia laser atingiram a redução máxima em bactérias. AT em baixas concentrações (≤50 μ gmL) não foi bactericida, porem tratamento com 100 μ gmL de AT sozinho reduziu bactérias. A luz laser por si só teve um efeito bactericida limitado. Nenhuma bactéria viável foi recuperada após o tratamento com NaClO a 3%. O uso combinado do AT e um laser de baixa potência direcionado à cavidade de acesso foi bactericida a biofimes *Streptococcus intermedius* em canais radiculares, mas foi incapaz de atingir o total de mortes, ao contrário do NaClO em concentração de 3%.

A presença de fungos, principalmente *Candida albicans*, tem sido observada em infecções dos canais radiculares. Brasil et al., (2002), tiveram como proposta avaliar comparativamente a ação do hipoclorito de sódio à 1% e da PDT, sobre culturas de *Candida albicans* inoculadas em raízes de dentes bovinos. Um total de vinte raízes foram selecionadas e divididas em quatro grupos e receberam os seguintes tratamentos: grupo 1- solução de NaClO 1% por 15 minutos; grupo 2- aplicação isolada do laser; grupo 3- aplicação isolada do fotossensibilizador azuleno (AZ) 25% / Endo-PTC e grupo 4- fotossensibilizador AZ 25% / Endo-PTC em potência de laser de 50 Mw, em comprimento de onda de 685 nm em tempo de irradiação com laser por um período de pré-irradiação de 5 minutos na qual foram irradiadas com a fibra ótica em movimentos helicoidais por 3 minutos. O efeito dos diferentes tratamentos empregados foi avaliado através da análise qualitativa e/ou quantitativa de unidades

formadoras de colônias no meio de ágar, após incubação a 35ºC por 48h. Somente no grupo 1 conseguiu-se uma completa descontaminação. Os demais tratamentos não foram eficazes na descontaminação dos canais contendo *Candida albicans.*

Souza et al., (2006), avaliaram os efeitos da radiação a laser em diferentes espécies do gênero *Candida.* Dentre as principais destaca-se *Candida albicans, Candida dubliniensis, Candida krusei* e *Candida tropicalis.* De cada espécie, 10 amostras da suspensão celular foram irradiados com laser de diodo com potência de 0,035 Mw e comprimento de onda de 685 nm com 28 J / cm² na presença do azul de metileno em concentração de 0,1 mg / ml; 10 amostras só foram tratadas com o fotossensibilizador; 10 amostras foram irradiadas com laser na ausência do corante, 10 amostras foram tratadas com o corante e irradiadas com luz laser e 10 amostras não foram expostas à luz laser nem ao corante AM. A radiação a laser na presença do AM reduziu o número de unidades formadoras de colônias / ml em 88,6% para *Candida albicans,* 84,8% para *Candida dubliniensis*, 91,6% para *Candida krusei* e 82,3% para *Candida tropicalis*. Apesar disso, apenas a radiação laser ou o AM não reduziram significativamente o número de UFC / ml de amostras do microrganismo *Candida*, exceto *Candida tropicalis*. Pode-se concluir que a fotoativação do AM pela radiação laser infravermelho à 685 nm, apresentou efeito fungicida em todas as espécies de *Candida* estudadas. A irradiação a laser na presença do AM foi capaz de reduzir a viabilidade destas espécies de *Candida. Candida tropicalis* também mostrou redução no número de UFC / ml, no grupo tratado apenas com laser (Grupo L) em relação aos grupos tratados apenas com o fotossensibilizador (Grupo FS) e que não é tratado nem com o laser nem com o fotossensibilizador (Grupo L - FS), demonstrando que esta espécie era sensível ao laser mesmo na ausência do AM. A porcentagem de redução da viabilidade de espécies de *Candida* expostos ao laser na presença de AM (L + FS), relação ao grupo tratado sem o laser nem com o FS AM (L - FS), no qual foi maior para *Candida krusei*, seguido respectivamente por *Candida albicans, Candida dubliniensis* e *Candida tropicalis*. O (Grupo L + FS) apresentou a menor média.

Foschi et al., (2007), demonstraram os efeitos fotodinâmicos do azul de metileno sobre espécies de *Enterococcus faecalis* em canais radiculares experimentalmente infectados de dentes extraídos após a sua sensibilização com uma concentração de AM que exibe toxicidade reduzida. Em um modelo de infecção do canal radicular, 64 espécies de canais radiculares foram preparadas a partir de dentes extraídos e inoculados com *Enterococcus faecalis.* Três dias depois, a infecção do canal foi

confirmada por microscopia eletrônica de varredura. Os sistemas de canais radiculares foram então incubados com 6,25 ml de AM durante 5 minutos de pré-radiação, seguindo-se a exposição à luz a 665 nm (60 J / cm²), que foi administrada a partir de um laser de diodo através de uma fibra óptica com um diâmetro de 500 micrometros. A microscopia eletrônica de varredura confirmou a presença de bactérias no sistema de canal radicular. A PDT obteve redução de 77,5% da viabilidade de *Enterococcus faecalis*. O AM sozinho reduziu a viabilidade bacteriana em 19,5%. Os resultados deste estudo suportam a necessidade de determinar a concentração ideal de AM e parâmetros de luz para maximizar a morte bacteriana nos canais radiculares.

Garcez et al., (2007) utilizaram um conjugado de fotossensibilizadores entre polietilenimina e clorina em conjunto com a aplicação da PDT. Foi utilizando um laser de diodo, com comprimento de onda de 660 nm, o qual foi inserido no canal radicular através de uma fibra óptica. Este protocolo foi comparado com o tratamento endodôntico padrão. Experimentos preliminares foram realizados irradiando o interior do canal radicular em dois dentes preenchidos com os FS, com tempo de pré-irradiação de 1, 2, 3 e 4 minutos e um tempo de radiação de 10 minutos. Os dentes foram infectados por três dias com biofilme de *Pseudomonas aeruginosa* antes do tratamento, após 10 minutos de incubação com clorina, administração de 9,6 J, luz de 660 nm e após 24 horas. A terapia endodôntica isoladamente e a aplicação da luz do laser de diodo teve ação antibacteriana e reduziu em 90% a quantidade de bactérias, enquanto a PDT reduziu em 95%, sendo eficaz contra *Pseudomonas aeruginosa.*

Fonseca et al., (2008), objetivaram a investigação dos efeitos da PDT em patógenos endodônticos, avaliando a diminuição do número de colônias *Enterococcus faecalis* nos canais de dentes humanos extraídos. Foi observado quarenta e seis dentes uni-radiculares, os quais tiveram seus canais contaminados com *Enterococcus faecalis* e foram incubados durante 48 horas a 35° C. Depois disso, os dentes foram divididos em um grupo controle e um grupo de teste. Foram utilizados 23 dentes infectados para o estudo. O grupo de controle não sofreu nenhuma intervenção, enquanto que no grupo de teste os dentes receberam uma solução de 0,0125% de azul de toluidina, durante 5 minutos seguido por irradiação de 10 minutos usando um laser de diodo de 50 mW, a um comprimento de onda de 660 nm. As amostras bacterianas foram tomadas antes e depois da irradiação. Em cada uma das amostras, o número UFC foi contado. A diminuição média na UFC foi de 99,9% no grupo de teste, enquanto que no

grupo de controle observou-se um aumento de 2,6%. A PDT foi eficaz como agente bactericida em canais radiculares contaminados com *Enterococcus faecalis.*

Fimple et al., (2008) investigaram os efeitos fotodinâmicos do azul de metileno no canal radicular de multi-espécies de biofilmes. A ação do fotossensibilizador associado a PDT foi utilizada nas bactérias *Actinomyces israelii, Fusobacterium nucleatum, Porphyromonas gingivalis e Prevotella intermedia* em canais radiculares infectados experimentalmente em dentes humanos extraídos. Os microrganismos testados foram detectados em canais radiculares utilizando a técnica de hibridização do DNA. A microscopia eletrônica de varredura mostrou a presença de biofilmes em canais radiculares antes à terapia. Os sistemas de canal radicular foram incubados com AM (25 μg / ml) por 10 minutos, seguidos por exposição à laser de luz vermelha a 665 nm com uma fluência de energia de 30 J. A luz foi entregue a partir de um laser de diodo através de uma fibra óptica. A PDT alcançou uma redução de até 80% na contagem de UFC em todas as espécies estudadas. Concluiu-se que a PDT pode ser um complemento eficaz ao tratamento endodôntico antimicrobiano padrão quando os parâmetros do PDT são otimizados.

Amaral et al., (2009), objetivaram a verificação de *Enterococcus faecalis* no interior dos canais radiculares após protocolos específicos de descontaminação intracanal. Os canais radiculares foram contaminados com suspensão de *Enterococcus faecalis.* O estudo foi dividido em dois grupos: o grupo 1 foi realizado o preparo químico-mecânico utilizando como irrigante solução NaClO em concentração de 5.25%. O grupo 2 o qual foi submetido PTD, foi realizado o PQM sendo os canais irrigados com NaClO na concentração de 5.25%, seguido da utilização de PDT. Para realização da PDT, foi utilizado a associação do azul de metileno, em laser com comprimento de onda de 660 nm e potência de 40 Mw, totalizando 1,8 J de energia em área. Foi utilizado uma fibra ótica com 300 μm acoplada ao laser de diodo, a qual foi inserida de forma estática a 2 mm aquém do comprimento de trabalho. Previamente à colocação do fotossensibilizador, os canais foram irrigados com 1 mL de solução salina 0.85 % e em seguida secos com pontas de papel absorvente edopoints. O AM foi colocado no interior do canal por meio de seringa plástica injex estéril descartável, com agulha gauge 23 e deixado por 5 minutos como tempo de pré-irradiação. Decorrido este período, foi feita a irradiação com fibra ótica por 180 segundos equivalente há 3 minutos. Dentro dos resultados observados no estudo, o uso da PDT

para descontaminação de canais radiculares pode ser observado uma eficácia, eliminado em torno de 80% dos *Enterococcus faecalis.*

Pagonis et al., (2010) estudaram os efeitos *in vitro* de nanopartículas de poli ácido láctico-co-glicólico carregadas com o azul de metileno com aplicação de um laser de luz vermelha sobre *Enterococcus faecalis.* A captação e distribuição de nanopartículas em *Enterococcus faecalis* em suspensão foi investigada por microscopia eletrônica de transmissão após incubação com poli ácido láctico-co-glicólico, complexado com partículas de ouro coloidal por um período de radiação de 2, 5, 5 e 10 minutos. Espécies de *Enterococcus faecalis* foram sensibilizadas em fase planctônica e em canais radiculares experimentalmente infectados de dentes humanos extraídos com nanopartículas carregadas com AM por 10 minutos, seguidos de exposição ao laser de luz vermelha com comprimento de onda de 665 nm em potência de 10 Mw. As nanopartículas foram concentradas principalmente nas paredes celulares de microrganismos em todos os três momentos. O sinergismo das nanopartículas carregadas com luz e AM levou a uma redução de aproximadamente 2 e 1 log (10) de UFC na fase planctônica e nos canais radiculares, respectivamente. Em ambos os casos, os níveis médios de log (10) UFC foram significativamente menores que os controles e as nanopartículas carregadas de AM sem luz. A utilização de nanopartículas de poli ácido láctico-co-glicólico encapsuladas com AM pode ser um complemento promissor no tratamento endodôntico antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis.*

Souza et al., (2010), investigaram os efeitos antibacterianos da PDT, com o azul de metileno ou azul de toluidina em concentração de 15 mg /mL como um tratamento adjuvante à instrumentação e irrigação de canais radiculares experimentalmente contaminados com *Enterococcus faecalis.* Setenta dentes extraídos tiveram seus canais radiculares contaminados com *Enterococcus faecalis* por 7 dias, preparados com instrumentos de níquel-titânio e irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5% ou com Cloreto de Sódio (NaCl) à 0,85%, e depois distribuídos aleatoriamente em quatro grupos experimentais: grupo 1- AM / NaOCl (PDT com AM e NaOCl como irrigante), grupo 2- AT / NaOCl (PDT com AT e NaOCl como irrigante), grupo 3- AM / NaCl (PDT com AM e NaCl como irrigante), e grupo 4- AT / NaCl (PDT com AT e NaCl como irrigante). Para PDT, o fotossensibilizador permaneceu no canal por 2 minutos antes da aplicação de um laser de diodo infravermelho por 4 minutos em um comprimento de onda de 660 nm e potência de 40 Mw. As amostras foram colhidas

antes e depois instrumentação, e as unidades formadoras de colônias foram contadas. Independentemente do irrigante utilizado (NaClO ou NaCl), a instrumentação reduziu significativamente as contagens bacterianas em comparação com o grupo controle. O NaClO como irrigante foi significativamente mais eficaz que o NaCl, e este diferença persistiu após a PDT, independentemente do FS usados. PDT com AM ou AT não aumentou significativamente a desinfecção após o PQM utilizando NaClO como irrigante. Não foram observadas diferenças significativas entre os dois FS. Estes resultados *in vitro* sugerem que PDT com AM ou AT pode não exercer um efeito suplementar significativo na instrumentação e procedimentos de irrigação em relação a desinfecção intracal. Embora o uso adicional de PDT promovesse alguma redução nas populações intracanal de um microrganismo endodôntico como o *Enterococcus faecalis* após instrumentação e irrigação, os efeitos não alcançaram um efeito desejado.

Rios et al., (2011) avaliaram, *in vitro,* o efeito antimicrobiano da PDT utilizando o azul de toluidina e um laser com luz de baixa potência de energia após o protocolo de desinfecção convencional com NaClO a 6%. Os dentes uni-radiculares foram extraídos, limpos, moldados e selados no ápice antes da incubação com o microrganismo *Enterococcus faecalis*, por 2 semanas. As raízes foram divididas aleatoriamente em cinco e quatro grupo de controle experimentais. Um grupo experimental foi submetido a cada um dos seguintes protocolos de tratamento experimental: (1) NaClO: os canais foram irrigados com 1 mL de NaClO a 6% por 30 segundos e uma agulha de 27G foi colocada a 1mm do comprimento de trabalho; (2) o AT em baixa viscosidade em concentração de (0,25 mL) foi colocado no canal e permaneceu por 30 segundos; (3) luz: os canais foram preenchidos com solução salina estéril, a ponta cónica da lâmpada foi inserida no canal 2 a 3mm do comprimento de trabalho, e a luz foi ativada por 30 segundos; (4) AT /luz: canais foram preenchidos com AT, a ponta cônica da lâmpada foi inserido no canal 2 a 3 mm a menos do que o comprimento de trabalho, e a luz foi ativada por 30 segundos; e (5) NaClO / AT / luz: canais irrigados com 1 mL de NaClO a 6% por 30 segundos e depois tratados como o AT/ grupo de luz. A taxa de sobrevivência bacteriana do grupo NaClO / AT / luz (0,1%) foi significativamente menor do que os grupos NaOCl (0,66%) e AT / luz (2,9%). A PDT usando o AT e uma lâmpada de LED tem o potencial para ser usado como um procedimento antimicrobiano adjuvante na avaliação de microscopia eletrônica de varredura. No qual revelou um biofilme na estrutura da superfície do

canal e nos túbulos dentinários no tratamento controle positivo. Diferentes quantidades de detritos foram observadas as paredes do canal nos grupos experimentais. Os resultados mostraram que os diferentes protocolos de tratamento afetaram significativamente a taxa de sobrevivência de *Enterococcus faecalis* em comparação com o controle positivo. Houve uma significativa diferença entre todos os grupos, exceto entre o AT e grupos de luz. A análise intragrupo revelou que a taxa de sobrevivência do NaClO / AT / grupo de luz foi significativamente menor (P <0,005) do que tratamento isolado.

Nagayoshi et al., (2011), investigaram os efeitos da PDT, com irradiação com laser de diodo sobre patógenos endodônticos em lesões periapicais usando um modelo de lesão apical *in vitro*. Os *Enterococcus faecalis* juntamente com um fotossensibilizador de indocianina verde foram injetados no modelo de lesão apical *in vitro*. Foram analisados os efeitos diretos da irradiação com período de radiação de 30, 60 e 120 com um laser de diodo, bem como o calor produzido por irradiação na viabilidade de microrganismos nas lesões. A fonte de irradiação era um laser de diodo, em comprimento de onda, potência de saída e serviço foram de 805 nm, 5 Mw e 20%, respectivamente, enquanto o diâmetro da fibra óptica de quartzo era de 400 μm. A IV em concentração de (12,5 mg / mL) em um período de pré-radiação de 5 minutos, um meio de contraste de fundo fluorescente comumente usados pode ser observado que *Enterococcus faecalis* diminuiu para 72%, sendo assim a PDT mostrou-se eficaz.

Novas alternativas antibacterianas como a introdução de nanopartículas de quitosana na PDT, foram investigadas para alcançar a eficácia na desinfecção do canal radicular. O estudo *in vitro* realizado por Shrestha et al., (2012), demonstrou o efeito do uso da PDT na desinfecção e efeito de tecidos, tais como dentina, matriz de dentina e tecido pulpar. Os Fotossensibilizadores utilizados foram o azul de toluidina e a rosa bengala. A PDT foi testada em condutos radiculares infectados por *Enterococcus faecalis*. O tempo de pré-irradiação foi de 15 minutos e o tempo de radiação foi de 3 minutos. O efeito dos inibidores e tecidos foi maior em o caso da PDT com a utilização do RB. A PDT, quando realizada com laser de baixa potência de 5 a 10 J e comprimento de onda de 660 nm, resultou na produção de espécies de radicais livres, como as espécies reativas de oxigênio. Concluiu-se sobre o estudo eficaz, pois em torno de 98% dos canais radiculares notou-se ausência de *Enterococcus faecalis.*

Pileggi et al., (2013), avaliaram a possibilidade dos fotossensibilizadores ativados por um laser de luz azul pudessem ser usados, em princípio, para inativar o

microrganismo *Enterococcus faecalis* no interior dos condutos radiculares como uma estratégia de desinfecção adjunta para a PDT. Três FS absorventes de luz azul foram utilizados: o eosina-Y, rosa bengala e curcumina. Os FS foram colocados nos condutos radiculares durante um tempo de 30 minutos, com as bactérias expostas à luz azul em comprimento de onda de 450-500 nm e potência de 450 Mw, durante 240 segundos. Após 48 horas, a viabilidade de *Enterococcus faecalis* foi estimada pela medição das UFC pós-exposição versus controles não tratados. A irradiação de luz azul por si só não alterou a viabilidade de *Enterococcus faecalis*. Para as culturas planctônicas, a luz azul ativada com os FS eosina-Y (5 μM), RB (1 μM) ou curcumina (5 μM) significativamente reduziu a viabilidade de *Enterococcus faecalis* em comparação com a exposição aos fotoquímicos não irradiados. Para as culturas de biofilme, as concentrações de eosina-Y ativada por luz, RB e curcumina de 100, 10 ml, respectivamente, suprimiram completamente a viabilidade de *Enterococcus faecalis*.

O estudo de Komine et al., (2013), objetivaram a relação entre a quantidade de espécies reativas de oxigênio gerado a partir de azul de metileno e os efeitos bactericidas sobre culturas de *Enterococcus faecalis*, em tratamento de canais radiculares. Na PDT utilizou-se um laser de diodo como fonte de irradiação a laser de 660 nm, e potência de 200 Mw. Os períodos de pré radiação a laser foram 300, 600 e 900 segundos e de radiação de 10 minutos. No experimento 1, a quantidade gerada do ROS a partir de cada concentração (0,0001% -1,0%) de AM excitado foi examinada usando ressonância de spin eletrônico para determinar a concentração de AM. No experimento 2, examinaram-se os efeitos bactericidas pela formação de espécies reativas de oxigênio em *Enterococcus faecalis*. Grupos experimentais foram com irradiação a laser, L (+); sem irradiação a laser, L (-); incluindo AM, M (+); e não incluindo AM, M (-). Estes foram combinados para formar 4 grupos: L (+) M (+), L (+) M (-), L (-) M (+) e L (-) M (-). Após o tratamento, o *Enterococcus faecalis* foi incubado durante 48 horas a 37 ° C e os efeitos bactericidas do espécies reativas de oxigênio foram determinadas com base no número de UFC por mililitro. Como resultados, a maior quantidade de espécies reativas de oxigênio foi gerada a partir de 0,01% de AM excitado. Após 300, 600 e 900 segundos de irradiação, 35, 2, 87, 2 e 117,1 μmol / L de ROS foram detectados, respectivamente. No grupo L (+) M (+), as UFC por mililitro de *Enterococcus faecalis*, diminuíram dramaticamente dependendo da quantidade de espécies reativas de oxigênio geradas. Nenhum outro grupo mostrou

efeitos bactericidas. Os achados deste estudo sugerem que 0,001% -0,01% de AM é o intervalo mais efetivo para gerar durante a aplicação de PDT antimicrobiana.

Xhevdet et al., (2014), propuseram avaliar o efeito da PDT na desinfecção do canal radicular em diferentes intervalos de tempo em comparação à irrigação com NaClO em concentração de 2,5% e irrigação ultra-sônica passiva em dentes extraídos colonizados com *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Para eliminar esses microrganismos a PDT com laser de baixa potência à medida que é a terapia antibacteriana foi introduzida. O azul de toluidina foi utilizado como um dos componentes da PDT, o qual é muito mais eficaz na produção de espécies reativas de oxigênio do que o NaClO, respectivamente. Foram coletados cento e cinquenta e seis dentes extraídos, esterilizados e incubados com *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Foi aplicado o AT, seguida da irradiação laser, com potência de saída de 100 Mw e emissão de 660 nm, durante 1, 3 e 5 minutos. A análise de citometria de fluxo e microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para determinar a eficácia dos diferentes métodos de desinfecção. Os diferentes métodos de desinfecção tiveram um efeito significativamente diferente na porcentagem de células mortas. Os resultados sugeriram que o prolongamento do tempo de 1 a 5 minutos da PDT aumentou significativamente o número de microrganismos mortos, portanto, foram recomendados tempos de PDT mais longos. O grupo com ação da PDT, utilizando o AT apresentou uma boa desinfecção dos condutos radiculares contendo *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*.

Silva et al., (2014), avaliaram os efeitos da PDT na viabilidade de *Enterococcus faecalis* usando o azul de metileno e verde malaquita (VM). As soluções contendo *Enterococcus faecalis* foram preparadas e colhidas por centrifugação para obter suspensões celulares, as quais foram adicionadas o AM e VM. As amostras foram individualmente irradiadas pelo laser de diodo a uma distância de 1 mm durante 30, 60 ou 120 segundos, em comprimento de onda e potência de saída foram 660 nm e 40 Mw, enquanto a densidade de energia e o diâmetro do quartzo fibra óptica foram 120 J / cm^2 e 400 μm respectivamente. As UFC foram determinadas para cada tratamento. A PDT foi utilizada no período durante 60 e 120 segundos com VM reduziu significativamente a viabilidade de *Enterococcus faecalis*. A eficácia antimicrobiana da PDT também pode depender da concentração do fotossensibilizador. Neste estudo, para comparação direta entre eficácias antimicrobiana, utilizou-se a mesma concentração de 0,1% para ambos os fotossensibilizadores. Estes resultados mostram

que a PDT com AM e VM foram eficazes na redução de *Enterococcus faecalis* com PDT por mais de 60 segundos, mostrando potencial para ser usado como procedimento antimicrobiano adjunto a PDT. Quando o laser de diodo foi utilizado com ambos os FS durante um período de pré-radiação de 30 segundos, no qual houve uma pequena diminuição na viabilidade das bactérias, com diferença estatisticamente significativa do grupo de controle positivo e do grupo de controle negativo. Em contraste, observou-se uma diminuição significativa da viabilidade de *Enterococcus faecalis* após irradiação a laser com ambos os FS por 60 e 120 segundos quando comparado ao grupo de controle positivo.

Tennert et al., (2014), investigaram o efeito antibacteriano da PDT sobre biofilmes de *Enterococcus faecalis* em canais radiculares humanos experimentalmente infectados em infecções primárias e retratamentos endodônticos. Cento e sessenta dentes uni-radiculares extraídos com um canal radicular foram preparados com instrumentais Protaper (Dentsply®). Setenta espécimes foram deixados sem preenchimento do canal radicular e autoclavados. Os espécimes foram infectados com culturas de *Enterococcus faecalis* por 72 horas. As amostras foram tomadas com pontos de papel estéreis para determinar a presença de *Enterococcus faecalis* nos canais radiculares. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em grupos de acordo com o tratamento com 20 dentes cada e um controle. No grupo PDT, os dentes foram preenchidos com azul de toluidina, com comprimento de onda 635 nm em um período de pré-irradiação de 60 e 120 segundos. No grupo contendo NaClO os canais radiculares foram colocados a concentração de 10 mL de NaClO a 3%. No grupo NaClO-PDT, os canais radiculares foram lavados com 10 mL de NaClO a 3% e depois tratados com PDT. As amostras foram tomadas após os tratamentos com pontos de papel estéreis. Além disso, o material restante de obturação do canal radicular foi recuperado das paredes do canal radicular. As frações de sobrevida das amostras foram calculadas contando as unidades formadoras de colônias. O tratamento antimicrobiano dos canais radiculares causou uma redução significativa da carga bacteriana em todos os grupos. NaClO irrigação eliminou *Enterococcus faecalis* de forma mais eficaz. A PDT sozinha foi menos eficaz em comparação com a irrigação com NaClO em combinação de irrigação com NaClO e PDT. Níveis de UFC recuperados do material de preenchimento após a irrigação com NaClO da raiz os canais foram 10 vezes mais altos em comparação com o PDT e a combinação de irrigação com NaClO e PDT. A PDT eliminou *Enterococcus faecalis* em infecções

endodônticas. Concluiu-se que a PDT é um coadjuvante eficaz na desinfecção de canais radiculares, especialmente em retratamentos endodônticos. Os níveis de UFC recuperados do preenchimento material após a irrigação com NaClO dos canais radiculares cerca de 10 vezes maior em comparação com o PDT e a combinação de irrigação com NaClO e PDT.

Frota et al, (2014), investigaram o efeito da PDT em canais radiculares contaminados com *Enterococcus faecalis*, utilizando um laser de diodo emissor de luz (LED) em comprimento de onda de 450 nm e potência de 100 Mw do associado a um fotossensibilizador curcumina. A solução de curcumina foi associada a dimetilsulfóxido a 10%. O dimetilsulfóxido é um composto químico orgânico com elevada capacidade higroscópica resultante da sua intensa afinidade pelo hidrogênio, formando pontes mais fortes que as formadas entre moléculas de água. Para o estudo foram utilizados canais radiculares de dentes humanos não originais preparados e contaminados com *Enterococcus faecalis* por 21 dias. Os grupos foram divididos como: grupo Ia+ PDT (curcumina, em um período de pré-irradiação por 5 + 5 minutos de irradiação); grupo Ib + PDT (Curcumina, em um período de pré-irradiação para 5 + 10 minutos de irradiação); grupo IIa- (curcumina, em um período de pré-irradiação durante 5 + 5 minutos sem irradiação); grupo IIb- (pré-irradiação da curcumina para 5 + 10 minutos de irradiação); grupo IIIa- (solução fisiológica e irradiação por 5 minutos); e grupo IIIb- (solução fisiológica e irradiação por 10 minutos), grupos de controle positivos e negativos. As coletas dos canais radiculares foram feitas em intervalos de tempo de 21 dias após a contaminação, imediatamente após o tratamento, e 7 dias após o tratamento, e submetidos às unidades formadoras de colônia. Na coleção imediata pós-tratamento, o grupo Ia apresentou maior redução bacteriana em comparação com grupo IIa, grupo IIb, grupo IIIa, grupo IIIb e controle positivo. Aos 7 dias após o tratamento, a grupo Ia apresentou redução significativa de bactérias em comparação com grupo IIIa. A curcumina foi eficaz por 5 minutos de irradiação LED. Porém não se apresentou eficaz por 10 minutos de irradiação PDT usando luz LED. Pode-se concluir que a curcumina não foi eficaz na eliminação de *Enterococcus faecalis*, no período de 10 minutos para este estudo.

Neelakantan et al., (2015), compararam o efeito da curcumina agitada por dispositivos ultrassônicos, e do NaClO contra biofilmes de *Enterococcus faecalis*. A curcumina é um agente antimicrobiano, que pode ser usado como um fotossensibilizador, assim a curcumina pode não apenas exibir propriedades

antimicrobianas, mas também produzir efeitos fotodinâmicos para potencializar sua eficácia antimicrobiana dos canais radiculares. O *Enterococcus faecalis* foram cultivados dentro dos canais radiculares e divididos em 7 grupos. Grupo 1, soro fisiológico estéril; grupo 2, NaClO a 3%; Grupo 3, NaClO a 3% ativado com arquivos ultra-sônicos (ciclos 30 segundos por 4 minutos); Grupo 4, NaClO a 3% irradiado com laser de luz azul (1200 Mw durante 4minutos). Os que receberam a PDT foram: o grupo 5, com utilização do de curcumina (2,5 mg / mL); Grupo 6, curcumina (2,5 mg / mL) ativado com arquivos ultra-sônicos (ciclos 30 segundos por 4 minutos); grupo 7, curcumina (2,5 mg / mL) irradiada com laser de luz azul. A ultraestrutura dos biofilmes foi examinada usando microscopia eletrônica de varredura. A viabilidade bacteriana foi avaliada por microscopia. Os grupos de tratamento com a PDT mostraram uma percentagem significativamente maior de bactérias mortas do que o controlo salino. A percentagem de bactérias mortas foi significativamente maior quando a curcumina ativada por laser de luz azul quando foi utilizada. Em ambas as profundidades (200 e 400 mícrons), a curcumina ativada por luz não mostrou crescimento de bactérias. A ativação da luz obteve uma redução antibacteriana significativamente maior do que a agitação ultra-sônica, com o curcumina ativada por luz produzindo a eliminação máxima de bactérias de biofilme *Enterococcus faecalis* dentro do lúmen da raiz e túbulos dentinários.

O estudo *in vitro* de Sabino et al., (2015), avaliou a presença de *Candida albicans* dentro de canais radiculares quando diferentes métodos de entrega de luz são empregados. Cada método de fornecimento de luz foi avaliado em relação à distribuição de luz fornecida dentro de canais radiculares curvos. Após o tratamento endodôntico convencional, os dentes foram esterilizados antes que os canais fossem contaminados por uma cepa do microrganismo *Candida albicans.* O fotossensibilizador azul de metileno foi introduzido nos canais e então irradiado 660 nm, 100 Mw, diâmetro do feixe = 2 mm, com ponta de laser em contato com a câmara pulpar ou dentro do canal usando fibra difusora óptica. A distribuição de luz foi avaliada por câmera com dispositivo de carga acoplado, e a redução microbiana foi monitorada por meio de imagens de bioluminescência. Os achados demonstraram que o modelo de biofilme de *Candida albicans* apresentou boa reprodutibilidade e uniformidade. A distribuição de luz no tecido dentário foi dependente do sistema de fornecimento de luz, e essa estratégia esteva diretamente relacionada à destruição microbiana. Ambos os sistemas de entrega de luz realizaram inativação fúngica

significativa. No entanto, quando a irradiação foi realizada com fibra difusora óptica, a redução da carga microbiana foi quase 100 vezes mais eficaz. A bioluminescência é uma interessante análise em tempo real para a inativação endodôntica de biofilme de *Candida albicans*. A PDT mostrou-se um meio eficaz na inativação de biofilmes de *Candida albicans*. As fibras difusoras proporcionaram uma distribuição de luz otimizada dentro dos canais radiculares curvos e aumentavam significativamente a eficiência da PDT.

Beltes et al., (2016) em um estudo *in vivo,* objetivaram avaliar o efeito antimicrobiano da PDT utilizando indocianina verde e um laser de diodo com comprimento de onda de 660 nm em canais radiculares de dentes humanos infectados com *Enterococcus faecalis*. Foram selecionados noventa dentes uni-radiculares, e após o PQM, foram esterilizados. Em seguida, foram contaminados com a bactéria de *Enterococcus faecalis*, e foram divididos em oito grupos experimentais: grupo 1 PDT com IV e laser com potência de saída de 0,5 Mw com uma fluência de média energia, grupo 2 PDT com IV e laser saída de 1 mW potência fluência de alta energia, grupo 3 somente emissão de laser em potência de 1mW, grupo 4 somente IV, (G5) 2,5% de NaClO como irrigante, grupo 6 NaClO a 2,5% e PDT com IV e laser com potência de 1 Mw, grupo 7 sem tratamento (controle positivo), e grupo 8 sem tratamento bacteriano crescimento de biofilme (controle negativo),o microrganismo foi incubado durante 48 h a 35° C. As unidades formadoras de colônias foram determinadas para avaliar o efeito bactericida das combinações experimentais testadas. Os testes microbiológicos revelaram que os grupos PDT, independentemente da potência, mostraram significância os níveis 10(log) de UFC, do que os grupos 3 e 4 a redução é semelhante de contagens viáveis com o grupo 5. O tratamento combinado grupo 6, alcançou redução adequada dos níveis de 10 (log) UFC nas contagens viáveis. Entretanto, não houve diferença significativa entre os grupos 1, 2, 5 e 6 e significativa diferença foi observada entre os grupos 3, 4 e 5. Pode-se concluir que a PDT mediada por IV ativado por um laser de diodo infravermelho em período de pré e irradiação de 5 minutos no qual forneceu maior desinfecção do sistema de canais radiculares, contra *Enterococcus faecalis.*

Manoil et al., (2016) demonstraram a eficiência de absorção e a atividade antibacteriana através do fotossensibilizador de rosa bengala ativado por um laser de luz azul comprimento de onda de 350–650 nm contra *Enterococcus faecalis* e *Fusobacterium nucleatum*. Espectrofotometria e microscopia de epifluorescência

foram utilizados para avaliar a ligação de RB a bactérias. A atividade antibacteriana do RB após vários tempos de irradiação foi avaliada por citometria de fluxo em combinação com a triagem celular. A absorção de RB aumentou de forma dependente da concentração em ambas as cepas, embora o *Enterococcus faecalis* apresentasse valores de absorção mais elevados. O RB pareceu ligar-se a locais específicos localizados nos polos celulares do *Enterococcus faecalis* e em intervalos regulares ao longo de *Fusobacterium nucleatum*. A irradiação do laser de luz azul de amostras incubadas com RB reduziu significativamente a viabilidade bacteriana. Após a incubação com 10 μM de RB por um período de pré-radiação de 5 minutos e 240 segundos de irradiação, apenas 0,01% de células de *Enterococcus faecalis* e 0,03% de *Fusobacterium nucleatum* sobreviveram após o tratamento. Este estudo indicou que RB pode se ligar a *Entorococcus faecalis* e *Fusobacterium nucleatum* em uma quantidade suficiente para provocar a PDT eficaz. A microscopia de epifluorescência mostrou uma propriedade ainda não declarada de ligação de RB a membranas bacterianas.

Pourhajibagher et al., (2016), caracterizaram o efeito da PDT utilizando azul de toluidina, azul de metileno e indocianina verde na capacidade de formação de biofilme e atividade metabólica de *Enterococcus faecalis*. Foi utilizado um laser de diodo de potência entre 150-220 Mw em comprimento de onda de 635-660 nm mais elevadas de PDT afetaram negativamente a capacidade de formação de biofilmes e as alterações metabólicas atividade. O tempo de pré-irradiação e irradiação foram de 1, 2, 3, 4, 5 e 6 minutos. O uso de IV, AM e AT com o uso da PDT em uma dose sub letal máxima reduziu acentuadamente formação de biofilme até 42,8%, 22,6% e 19,5%, respectivamente. IV, AM e AT mostraram uma redução acentuada na atividade metabólica bacteriana em 98%, 94% e 82%, respectivamente. O IV mostrou um efeito inibitório mais forte na formação de biofilme em *Enterococcus faecalis* do que AM e AT em níveis sub letais. Curiosamente, um aumento gradual na atividade metabólica e formação de biofilme após exposição a uma dose menor de teste PDT foram observados. Pode-se concluir que a PDT mostrou efeito duplo na capacidade de formação de biofilme e atividade metabólica de *Enterococcus faecalis*. Altas doses revelaram atividade potencial antimetabólica e antibiofilme, enquanto doses menores tiveram resultados conflitantes. Assim, quando a PDT é prescrita em ambientes clínicos, a dose de PDT utilizada *in vivo* deve ser levada em consideração.

Prazmo et al., (2017) investigaram a efetividade da PDT na eliminação do biofilme intracanal de *Enterococcus faecalis* e analisaram como a irradiação de laser de luz luminosa repetida com potência de 120 Mw, e comprimento de onda de 635 nm. O reabastecimento de espécies reativas de oxigênio e o fotossensibilizador azul de toluidina afetam os resultados do protocolo de desinfecção fotodinâmica. Após o PQM, 46 dentes humanos uni-radiculares foram infectados com uma cepa clínica de *Enterococcus faecalis* e incubados por uma semana em condições micro aeróbicas. Os procedimentos experimentais incluíram grupos de aplicação única de PDT em tempo de pré-radiação e irradiação de 2 minutos na 1-PDT e 2-PDT. Dois ciclos de PDT, irrigação com solução de NaClO a 5,25% e controle negativo e positivo. O número de colônias bacterianas residentes nos canais radiculares foi determinado com base no método UFC / ml. No grupo das preparações irrigadas com NaClO, não foram observadas colônias bacterianas. A 1-PDT eliminou 45% da UFC / ml inicial. A 2-PDT eliminou de 95% do biofilme bacteriano intracanal. A PDT tem um alto potencial para a eliminação do biofilme de *Enterococcus faecalis*. Há uma janela terapêutica segura onde a desinfecção fotoinduzida pode ser usada como adjuvante no tratamento endodôntico convencional, que continua sendo o mais efetivo.

Garcez, Hamblin (2017), tiveram como objetivo testar a concentração fotossensibilizador e avaliar o fenômeno da blindagem ótica, o uso de peróxido de hidrogênio e a mínima irradiação energética para melhorar a PDT endodôntica por sugerir um protocolo para usos clínicos. Foram testados diferentes parâmetros para PDT. Soluções aquosas de azul de metileno em unidade de medida 50, 100, 150 e 300 μM foram testadas *in vitro* para produção de escudo óptico e espécies reativas de oxigênio. Dez dentes uni-radiculares foram inoculados com bactérias bioluminescentes *Pseudomonas aeruginosa* por 72 horas para formar biofilmes. Utilizou-se imagem de bioluminescência para avaliar em série a energia mínima necessária durante a PDT endodôntica usando AM e um laser de diodo em comprimento de onda de 660 nm e potência de 10 J acoplado a uma fibra óptica para redução microbiana intracanal. Além disso, 21 dentes foram infectados com *Enterococcus faecalis* e tratados com combinações sequenciais de PDT e peróxido de hidrogênio endodônticos e as UFC foi determinada. O tempo de pré-radiação e irradiação de 1 minuto. A produção de ROS foi inversamente proporcional à concentração de AM na solução devido à inibição da AM. Blindagem óptica limitada

penetração de luz em altas concentrações de AM. O uso de peróxido de hidrogênio antes da PDT alcançou maior desinfecção em comparação com a PDT convencional.

Afkhami et al., (2017), compararam a eficácia de nanopartículas de prata, laser de diodo de 810 nm, terapia PDT com o uso de indocianina verde, e PDT modificada com o uso de nanopartículas de prata para a desinfecção de canais radiculares inoculados com *Enterococcus faecalis*. Os canais radiculares de 65 dentes humanos uni-radiculares foram preparados e *Enterococcus faecalis* foi incubado nos canais radiculares para 4 semanas. Os dentes foram divididos aleatoriamente em os seguintes 4 grupos experimentais: o grupo laser de diodo: teve uma irradiação de laser de diode de 810 nm (1 Mw, 4 vezes por 10 segundos), grupo de nanopartículas de prata: 5 minutos de irrigação com 5 mL de nanopartículas de prata; O grupo IV / laser de diodo: PDT convencional com IV (1 mg / mL) / laser de diodo de 810 nm (200 Mw, 30 segundos) e o grupo nanopartículas de prata / IV / laser de diodo: PDT modificado com nanopartículas de prata / IV / 810 nm (200 mW, 30 segundos). Houve também um grupo de controle, que consistiu em 5 minutos de irrigação com 5 mL de NaClO a 2,5%. Uma redução na contagem de colônias foi avaliada contando as UFC. Pode ser observado uma redução significativa e foram observadas nas contagens de colônias de *Enterococcus faecalis* em todos os grupos. A maior redução na colônia teve uma contagem de (99,12%) na qual foi observada no grupo nanopartículas de prata / IV / laser de diodo (nanopartículas de prata/ IV / 810-nm laser de diodo), no entanto, as diferenças a este respeito entre o grupo nanopartículas de prata / IV / laser de diodo e os grupos de laser de diodo (97,41%), nanopartículas de prata (94,42%) e o grupo de controle (94,61%) não foram significantes. Pode-se concluir que a PDT com o IV/laser de diodo em comprimento de onda de 810 nm e nanopartículas de prata tem o potencial para ser utilizado como adjuvante da desinfecção do sistema de canais radiculares.

O estudo de Diogo et al., (2017), avaliou a eficácia da PDT antimicrobiana com o fotossensibilizador éster metílico, o qual foi ativado por um laser de luz vermelha contra espécies e biofilmes mistos de *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Os resultados foram comparados com os obtidos com os rosa bengala, azul de toluidina e a porfirina tetracacionalista sintética, bem como os irrigantes endodônticos clássicos 3% de NaClO, 17% de EDTA e 2% de clorexidina (CHX). A eficácia antimicrobiana de PDT em relação a espécie e biofilmes mistos foi quantificada recorrendo ao método vermelho safranina. As mudanças na organização do biofilme e na ultraestrutura

celular foram avaliadas através de várias técnicas de microscopia (microscopia eletrônica de luz, laser com foco e transmissão). O éster metílico, foi ativado em três períodos de irradiação, 60, 90 s e 30 minutos, com um comprimento de onda de 627 nm. Verificou-se que a remoção de cerca de 60% da biomassa do biofilme mistos de *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* foi mais eficiente do que o e o RB e o AT e mostrou eficiência semelhante ao CHX e EDTA.

Sebrão, Bezerra (2017), avaliaram *in vitro* a comparação e eficiência de uma técnica da PDT, empregando o rosa bengala e azul de metileno para reduzir a viabilidade de *Enterococcus faecalis*. O AM foi utilizado em uma concentação de 0,01% (31,2 mols / L) em associação com um laser de luz vermelha com potência de 300-600 Mw, em comprimento de onda 660 nm, com tempo de pré-radiação de 5 minutos e irradiação de 3 minutos. Como fonte de excitação no grupo AM (AMG). Alternativamente, o mesmo teste foi realizado com RB (25 mols / L) que foi associado a uma fonte de laser leve verde (532 nm) no grupo RB (RBG). Pode-se concluir uma redução significativa na no grupo RBG em comparação com o controle e grupos AMG. Para a concentração e intensidade do laser empregadas nas experiências, o grupo AMG repetidamente não mostrou redução significativa nas contagens bacterianas. Portanto, o melhor resultado em relação à redução das células viáveis de *Enterococcus faecalis* foi obtido com RB. A PDT pode ser melhorada se RB for usado em associação com uma fonte de laser verde para a inativação de *Enterococcus faecalis*.

Ramalho et al., (2017) objetivaram avaliar diferentes protocolos de remoção de mancha do canal radicular após a PDT utilizando azul de metileno. Após preparo mecânico do canal radicular de 40 dentes humanos uni-radiculares, a PDT foi realizada em concentração de fotossensibilizador AM à 0,01% com um tempo de 3 minutos de pré-irradiação e uma irradiação com laser de diodo emitindo com comprimento de onda de 660 nm, potência de 40 Mw, e tempo de pré-radiação de 3 minutos e irradiação de 4 minutos. Após a PDT, diferentes protocolos de remoção do AM foram realizados: grupo 1 - controle (solução salina a 0,9%); grupo 2 - (NaOCl a 2,5%); grupo 3-17% de EDTA; grupo 4 - irrigação ultra-sônica passiva. A cor da dentina do canal radicular foi medida, antes, imediatamente após a PDT e imediatamente após a limpeza, utilizando um espectrofotômetro. Todos os tratamentos levaram a uma limpeza do canal radicular após a PDT, no entanto, nenhum dos tratamentos testados removeu completamente toda a coloração causada pelo AM do

canal radicular. Dentre os tratamentos testados, o ultra-sônica passiva e o NaClO 2,5% promoveram maior limpeza, sem diferença estatisticamente significante entre eles. Em conclusão, dentro dos protocolos testados no presente estudo, nenhum tratamento foi capaz de remover completamente a coloração de AM e AT do canal radicular após a PDT.

Abreu et al., (2017) objetivaram avaliar o efeito antibacteriano e a ruptura do biofilme promovida por antimicrobianos na PDT associada ao NaClO e a clorexidina sobre biofilme. No modelo de mono espécies, quarenta e seis pré-molares foram inoculados com *Enterococcus faecalis* por 21 dias e divididos em três grupos: salina, CHX em concentração de 2% e NaOCl em contração de 2,5%. Após a irrigação, foi realizado o PDT. A coleta de amostras e as contagens de unidades formadoras de colônias foram realizadas. Cada coleta de amostra foi obtida usando três papéis estéreis, que foram inseridos nos canais por 1 minutos e depois transferidos para tubos com 1 mL de solução salina estéril. Posteriormente, os protocolos de irrigação foram realizados da seguinte forma: irrigação com 5 mL da solução testada por 5 minutos usando uma seringa de plástico agulha 30G. Uma vez realizado o processo de irrigação, os canais foram seco com cones de papel absorventes. Em seguida, uma segunda amostra foi realizada e diluições foram realizadas. Imediatamente após a segunda amostra, os canais foram preenchidos com 50 µL de 0,01% do azul de metileno. O fotossensibilizador foi mantido dentro do canal e agitado manualmente usando uma lima k-20 por 1 minuto de tempo de pré-irradiação. Em seguida, foi adicionado um laser de diodo com 100 Mw e emissão contínua vermelha de 650 nm de comprimento de onda. Os canais radiculares foram irradiados por 60 segundos com uma fibra óptica intracanal (0,6 mm de diâmetro) colocada 2 mm do comprimento de trabalho. Depois da PDT, os canais foram irrigados com 1 mL de solução salina. Por último foi realizada a contagem de UFC 24 horas após cada amostra. Dentro modelo multiespecífico, sessenta blocos de dentina bovina foram infectados intraoralmente por 72 horas e divididos em seis grupos: salina, solução salina / PDT, CHX/ PDT, NaClO e NaClO / PDT. Cada amostra foi imergida individualmente em 5 mL do irrigante em cultura de 12 poços placa por 5 minutos. Os espécimes fotoativados foram imersos em 5 mL de 0,01% do AM por 1 minuto de tempo de pré-irradiação. Em seguida, a fotoativação foi realizada utilizando uma unidade de laser de diodo como descrito em biofilme mono espécies. No entanto, no biofilme multiespecífico, a fibra óptica não foi utilizada. Depois de imersão em AM em grupos sem PDT e após a PDT em outros

grupos, as superfícies dentinárias foram lavadas com 1 mL de solução salina. Pode-se concluir que CHX e NaClO apresentaram as menores contagens de UFC. A PDT reduziu as contagens bacterianas em solução salina. A menor quantidade de células vivas foi observada em CHX/ PDT, NaClO e NaClO / PDT. A PDT não reduziu o biovolume total. A PDT associada à solução salina reduziu a carga bacteriana nos canais radiculares infectados com *Enterococcus faecalis.* A PDT não reduziu o biovolume total *in situ*, no entanto, o irrigante foi decisivo para interromper biofilmes multiespecíficos.

4 DISCUSSÃO

As limitações das estratégias tradicionais de desinfecção do canal radicular estimularam a investigação de técnicas complementares e, neste contexto, a terapia fotodinâmica antibacteriana vem sendo estudada. O uso de um fotossensibilizador, reduz o risco de efeitos adversos aos tecidos, pois os radicais livres produzidos através da ativação da luz são de curta duração. A habilidade de direcionar a luz para áreas específicas também limita o risco de efeitos adversos nos tecidos adjacentes porque a maioria dos FS são menos tóxicos sem ativação da luz (SEBRÃO, BEZERRA et al., 2017).

O microrganismo *Enterococcus faecalis* foi utilizado neste estudo porque acredita-se que esta bactéria é um dos microrganismos mais resistentes encontrados em canais radiculares infectados e tem maior prevalência em infecções secundárias em comparação com infecções primárias (ZHANG, PENG 2015).

O *Enterococcus faecalis* tem sido amplamente utilizado como um marcador microbiológico valioso para estudos *in vitro*, porque esta espécie coloniza o canal radicular, forma um biofilme, invade os túbulos dentinários, além de ser resistente ao tratamento endodôntico (VAZIRI, 2012).

Malik (1992), afirmou que a escolha por este microrganismo se dá pelo seu papel proeminente nas infecções endodônticas. O autor observou que as espécies Gram-negativas, que também podem ser encontradas nas infecções endodônticas, são menos sensíveis a PDT do que bactérias Gram-positivas, como *Enterococcus faecalis*. Considerando que as bactérias Gram-positivas estão cercadas por uma camada porosa de peptidoglicano e ácido lipoteicoico, permitindo uma rápida difusão do fotossensibilizador dentro da célula, a parede celular de bactérias gram-negativas e membrana externa com lipopolissacarídeos, fortemente reduz a permeação do FS dentro da célula.

Seal et al., (2002) utilizaram o microrganismo *Streptococcus intermedius* como espécies contaminantes dos canais radiculares. O *Streptococcus intermedius* é um anaeróbio gram-positivo, facultativo e tem previamente identificados em regiões coronais e apicais dos canais radiculares, camadas profundas de dentina radicular, abscessos apicais agudos. O azul de toluidina se demonstrou ser um agente eficaz na desinfecção dos canais radiculares contendo *Streptococcus intermedius*.

Os estudos de Seal et al., (2002) e Fimple et al., (2008) avaliaram a efetividade da PDT sobre cinco espécies bacterianas: *Actinomyces israelii*, *Actinomyces israelii, Fusobacterium nucleatum, Porphyromonas gingivalis e Prevotella intermedia*. Estas espécies foram selecionadas pelos seguintes motivos: a) Embora todas as bactérias acima mencionadas não sejam frequentemente detectadas em falhas endodônticas (com a exceção de *Actinomyces israelii*), são patógenos-chave em canais radiculares infectados; b) Invasão de Túbulos dentinários humanos por *Prevotella intermedia in vitro* foram relatados, enquanto *Porphyromonas gingivalis* mostrou penetração dos túbulos dentinários das raízes bovinas.

Os corantes contendo fenotiazina, como o azul de metileno, apresentam uma coloração azulada intensa quando usado em PDT. Um efeito adverso no uso destes corantes como fotossensibilizador é a alta probabilidade de causar manchamento dentário, como foi demonstrado no estudo realizado por Mendes et al., (2006). Para suprir essa limitação, Sebrão et al., (2017) optaram pela rosa bengala como fotossensibilizador utilizado.

Seal et al., (2002), com a utilização do AT foi notado uma coloração azulada aos dentes após o tratamento, mas a descoloração poderia ser facilmente removida com a irrigação com EDTA.

Segundo Flimpe et al., (2008) o AM foi usado com sucesso no PDT para atingir várias bactérias orais gram-positivas e gram-negativas, e é capaz de infiltrar os túbulos dentinários.

Rios et al., (2011) demonstraram que a PDT forneceu uma maior redução na contagem de UFC após a irrigação com NaOCl e pode servir como um método eficaz na redução da carga bacteriana dentro do sistema de canais radiculares. Uma sensibilização significativa de *Enterococcus faecalis* também foi observada após exposição do fotossensibilizador na ausência do hipoclorito de sódio.

Soukos et al., (2006) demonstraram que os corantes fenotiazínicos exercem fototoxicidade tanto para o DNA quanto para a membrana externa das espécies-alvo. A hidrofilicidade do AM e seu baixo peso molecular e a carga positiva permitem a passagem através da proteína porina canais na membrana externa de bactérias gram-negativas. O AM interage predominantemente com a macromolécula aniônica lipopolissacarídeo resultando na geração de dímeros do AM, que participam do processo de fotossensibilização.

Frota et al., (2015) demonstraram em estudo piloto, que usando apenas o rosa rengala sobre microrganismos não houve inibição do crescimento bacteriano. O RB foi utilizado em diferentes concentrações de 5, 10, 25, 50 e 100 mols / L. A redução favorável na UFC / ml, foi a uma concentração de 25 mol / L. Abaixo desse valor, a redução de microrganismos não foi significativa, o que difere do estudo de Pileggi et al., (2013), o qual mostrou uma redução completa de *Enterococcus faecalis* usando uma concentração de 10 ml de RB. Concluiu-se que a redução na UFC / ml de *Enterococcus faecalis* no grupo RB foi obteve um resultado positivo na inibição da ação de microrganismos no interior dos canais radiculares.

Soukos et al., (2006) revelaram que patógenos endodônticos orais expostos apenas ao azul de metileno em concentração de 25g / ml por 5 minutos em fase platônica demonstrou alta citotoxicidade aos microrganismos. Essa toxicidade, que levou redução de 79% a 100% no número de células. O AM tem sido usado em concentrações variando de 42 μM (15,7 μg / ml) a 100 μM (37,4 μg / ml) para atingir fotodestruição de *Enterococcus faecalis in vitro*. Recentemente, foi mostrado que o AM na concentração de 100 μg / ml não exibia toxicidade em *Porphyromonas gingivalis* e *Prevotella intermedia* após incubação com o corante durante 1 minuto. A eliminação completa de ambas as espécies não foi possível após incubação com AM durante 1 minuto e subsequente exposição a luz vermelha de 650 nm com fluência de energia de 60 J.

Embora as fontes de luz vermelha tenham sido mais investigadas para a PDT, a luz azul é promissora. Os resultados do estudo de Pillege et al., (2013) sugerem que fotossensibilizador associado a luz azul têm ação contra patógenos endodônticos, como *Enterococcus faecalis*. Três FS absorventes de luz azul como a eosina-Y, o RB e a curcumina foram testados em *Enterococcus Faecalis* crescido em suspensões planctônicas ou biofilmes.

Seal et al., (2002), observaram que a irradiação com o laser hélio neon em suspensões bacterianas. O azul de toluidina com uma máxima absorção mais próxima do comprimento de onda da radiação emitida pelo laser hélio neon (632,8 nm) demonstrou ser um FS eficaz para morte mediada por laser hélio neon. A utilização da curcumina na PDT pode ser observada por Neelakantan et a., (2015), no qual foi compararam o efeito do da curcumina ultrassônica e da curcumina ativada por luz e NaClO ambas em concentração do PS em 2,5 mg/ml contra biofilmes de *Enterococcus faecalis*.

Brasil et al., (2002), utilizaram a técnica de aplicação do laser foi a helicoidal na tentativa de irradiar todas as paredes do canal, entretanto, algumas áreas podem não ter sido alcançadas, devido às irregularidades existentes no conduto. Segundo os autores nichos não irradiados podem ter sido a causa para o insucesso da PDT. Segundo Souza et al., (2010), ajustes adicionais no protocolo PDT podem ser necessários para melhorar a previsibilidade na eliminação bacteriana antes do uso clínico ser recomendado.

Frota et al., (2014) utilizaram o fotossensibilizador curcumina em concentração de 20 ml, uma vez que sua eficácia foi determinada. Foi realizada uma comparação entre diferentes tempos de aplicação de curcumina e laser no sistema de canais radiculares infectados por *Enterococcus faecalis*. Uma vantagem importante da curcumina é a sua capacidade de exibir seus efeitos letais sem ligação ou estar próximo das bactérias. No entanto, a ligação do FS à parede celular das bactérias potencialmente aumenta a sensibilidade da luz no microrganismo. Tendo assim uma eliminação considerável de Enterococcus faecalis, quando a curcumina tem uma fotoativação por luz.

Garcez et al., (2007), em experimentos preliminares foram realizados iluminando o interior do canal radicular em dois dentes incubados com FS como descrito por períodos de 1, 2, 3 e 4 minutos.

Souza et al., (2006), utilizaram o AM em uma concentração de 0,1 mg / ml com laser de 685, reduziu o número de unidades formadoras de colônias de *Candida albicans*. Por outro lado, uma redução de 42% de *Candida albicans* foi relatado UFC/ ml, usando 0,1 mg / ml de metileno com luz laser azul e 660 nm com uma dose de energia de 2,04 J / cm^2 foi usado.

Soukos et al., (2006) utilizaram uma adição de laser de luz vermelha de 665 nm com fluência de 30 J que resultou na erradicação completa das espécies que foram eliminado incompletamente pelo AM. Apenas *Enterococcus faecalis* mostrou resistência ao azul de metileno na ausência de luz (5,5% matando), enquanto sua exposição ao AM e à luz levou à 53% de mortes.

Beltes et al., (2016), observaram que o indocianina verde é bastante fraco porque os rendimentos do estado de tripla aparecem baixos quando comparados a outros FS usados no PDT, como o AM e o AT. Concluindo que de acordo com as descobertas do estudo, o IV ativado por um laser de diodo emissor de luz infravermelha com comprimento de onda de 810 nm se apresentou bactericida para *Enterococcus faecalis* em canais radiculares, mas é menos eficaz quando comparado com 2.5% NaOCl.

Frota et al., (2015) utilizaram um tempo de pré-irradiação de 5 minutos, utilizando a curcumina como fotossensibilizador. Segundo os autores, esse período é necessário para permitir a penetração da curcumina nos tubos intestinais e a interação com a parede bacteriana. A PDT reduziu a viabilidade bacteriana usando um sensibilizador de curcumina e uma irradiação de 5 minutos, mas não após 10 minutos de irradiação. Sob as condições experimentais testadas, não eliminou significativamente a contaminação bacteriana por *Enterococcus faecalis*.

Rios et al., (2011) demonstraram que os canais radiculares tratados com PDT por 30 segundos apenas, exibiram uma taxa de sobrevivência de 2,9% de *Enterococcus faecalis*, enquanto que a combinação de NaOCl seguido por PDT reduziu a taxa de sobrevivência para 0,1%.

Fimple et al., (2008) demonstraram que a luz foi aplicada no sistema dos canais radiculares por 2,5 minutos (15 J / cm2) seguido por uma pausa de 2,5 min e exposição à luz por 2,5 min (15 J / cm2). O fracionamento da exposição à luz pode ter melhorado a eficácia do tratamento PDT. Os efeitos do PDT são abolidos sob condições anóxicas e o intervalo escuro de 2,5 minutos pode ter dado tempo para o oxigênio se difundir de volta no sistema de canal radicular. O laser de luz azul e vermelha de metileno a 665 nm foram anteriormente utilizadas pelo grupo para segmentação *Enterococcus faecalis* nos canais radiculares dos dentes extraídos. O efeito combinado de AM e luz vermelha exibiu até 97% de redução da viabilidade bacteriana. Os resultados de ambos os estudos sugeriram o potencial de PDT para ser usado como um procedimento antimicrobiano adjuvante após padrão desbridamento químico-mecânico endodôntico, mas também demonstrou a importância de otimização da dosimetria de luz para fotodestruição bacteriana em canais radiculares.

Siqueira et al., (2002) demonstraram que na ausência do FS, a aplicação do laser por 3 minutos não afetou a viabilidade dos fungos a fotoativação do AZ 25% / Endo-PTC pelo laser arseneto de gálio alumínio em comprimento de onda 685 nm, 5 Mw, por 3 minutos, não produziu efeito letal em *Candida albicans*. Neste estudo, a cultura de *Candida albicans* não foi susceptível à PDT, realizada nestes parâmetros.

5 CONCLUSÃO

Diante de diferentes trabalhos, *in vivo* e *in vitro*, pôde-se concluir que a PDT e laser de baixa potência é um importante método coadjuvante ao tratamento endodôntico, tendo como foco principal a eliminação de microrganismos resistentes no interior dos canais radiculares após o PQM. Porém cada autor traz uma abordagem e protocolo diferente do uso de fotossensibilizador, tempo de irradiação e radiação, o tipo de laser e luz utilizado além o do tempo utilizado para cada situação, contra determinado microrganismo. Embora alguns estudos demonstrassem resultados intermediários ou ineficazes à utilização da PDT, a maioria dos estudos foram eficazes da utilização da PDT na desinfecção dos canais radiculares.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, S. et al. Endodontic Irrigants: A Comprehensive Review. **Journal Pharm Sci & Res**, v. 7, p 5-9, 2015.

ABREU, R. R. et al, Effectiveness of photodynamic therapy associated with irrigants over two biofilm models. **Journal Homepage**, p. 169–174, 2017.

AMARAL, R. et al, Photodynamic therapy in endodontics - review of literature. **RFO, Passo Fundo**, p. 207-211, 2009.

AFKHAMI, F. AKBARI, S.; CHINIFORUSH, N. Entrococcus faecalis Elimination in Root Canals Using Silver Nanoparticles, Photodynamic Therapy, Diode Laser, or Laser-activated Nanoparticles: An In Vitro Study. **Journal of Endodontics**, p. 10–13, 2016.

BELTES, C.D. et al, Evaluation of Antimicrobial Photodynamic Therapy Using Indocyanine Green and Near-Infrared Diode Laser Against Enterococcus faecalis in Infected Human Root Canals. **Department of Endodontology, School of Dentistry, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece**, p. 1-6, 2016.

BAGO, V. et al. An in vitro comparison of the bactericidal efficacy of lethal photosensitization or sodium hyphochlorite irrigation on Streptococcus intermedius biofilms in root canals. **Journal of Endodontics**, v. 35, p. 268-274, 2002.

BRASIL, C.O. et al, Avaliação, in vitro, da terapia fotodinâmica em cultura de Candida albicans. Apresentado no **X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**, p 2302-2305, 2002.

CLEGG, M.S. et al. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. **Journal Endodontics**, v. 325, p. 434-7.

DIOGO, P. et al, Antimicrobial Photodynamic Therapy against Endodontic Enterococcus faecalis and Candida albicans Mono and Mixed Biofilms in the

Presence of Photosensitizers: A Comparative Study with Classical Endodontic Irrigants. **Frontiers in Microbiology**, v. 8 p. 1-11, 2017.

FIMPLE, J. L. et al. Photodynamic Treatment of Endodontic Polymicrobial Infection In Vitro. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 6, p. 728–734, 2008.

FROTA, F.M. et al, Photodynamic therapy in root canals contaminated with Enterococcus faecalis using curcumin as photosensitizer. **Lasers in Medical Science,** p 1867–1872, 2015.

FOSCHI, F. et al. Photodynamic inactivation of Enterococcus faecalis in dental root canals in vitro. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 39, n. 10, p. 782–787, 2007.

FONSECA, M. B. et al. Photodynamic therapy for root canals infected with Enterococcus faecalis. **Photomedicine and laser surgery**, v. 26, n. 3, p. 209–213, 2008.

GARCEZ, S.A. et al, Methylene Blue and Hydrogen Peroxide for Photodynamic Inactivation in Root Canal - A New Protocol for Use in Endodontics. **Journal Endodontics,** p 1-11, 2017.

GARCEZ, A. S. et al. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 39, n. 1, p. 59–66, 2007.

KOMINE, C. et al, A small amount of singlet oxygen generated via excited methylene blue by photodynamic therapy induces the sterilization of Enterococcus faecalis. **Journal Endodontics,** p. 411-420, 2013.

Machado A. E. H. et al. Terapia fotodinâmica: princípios, potencial de aplicação e perspectivas. **Revista Química Nova**, v. 23, p. 237-43, 2010.

MANOIL, D. et al, Rose bengal uptake by E. faecalis and F. nucleatum and light-mediated antibacterial activity measured by flow cytometry. **Journal of Photochemistry & Photobiology,** p. 258-265, 2016.

NEELAKANTAN P. et al, Photoactivation of curcumin and sodiumhypochlorite to enhance antibiofilmefficacy in root canal dentin. **Journal Homepage,** p. 108-114, 2015.

NEGAYOSHI, M. et al, Bactericidal Effects of Diode Laser Irradiation on Enterococcus faecalis Using Periapical Lesion DefectModel. **International Scholarly Research Network**, p. 06-13, 2011.

PAGONIS, T. C. et al. Nanoparticle-based Endodontic Antimicrobial Photodynamic Therapy. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 2, p. 322–328, 2010.

PILEGGI G. et al., 2013. Blue light-mediated inactivation of Enterococcus faecalis in vitro. **Journal Homepage,** v. 10, p. 134-140, 2013.

POURHAJIBAGHER, M. et al. Sub-lethal doses of photodynamic therapy affect biofilm formation ability and metabolic activity of Enterococcus faecalis. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 15, p. 159–166, 2016.

PRAZMO E.J. et al, Effectiveness of repeated photodynamic therapy in the elimination of intracanal Enterococcus faecalis biofilm: an in vitro study. **Lasers in Medical Sciense**, p. 661-665, 2017.

RAMALHO K.M. et al, In vitro evaluation of methylene blue removal from root canal after Photodynamic Therapy. **Journal homepage**, v. 20, p. 248–252, 2017.

RIOS A. et al, Evaluation of Photodynamic Therapy Using a Light-emitting Diode Lamp against Enterococcus faecalis in Extracted Human Teeth. **Journal Enodontics**, v. 37, p. 248-256, 2011.

SHRESTHA, A.; KISHEN, A. The effect of tissue inhibitors on the antibacterial activity of chitosan nanoparticles and photodynamic therapy. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 9, p. 1275–1278, 2012.

SABINO, C. P. et al. Real-time evaluation of two light delivery systems for photodynamic disinfection of Candida albicans biofilm in curved root canals. **Lasers in Medical Science**, p. 1657–1665, 2015.

SEAL G.J. et al, Na in vitro comparison of the bactericidal efficacy of lethal photosensitization or sodium hyphochlorite irrigation on Streptococcus intermedius biofilms in root canals. **International Endodontic Journal,** v. 35, p. 268-274, 2002.

SEBRÃO, C. C. N. et al. Comparison of the Efficiency of Rose Bengal and Methylene Blue as Photosensitizers in Photodynamic Therapy Techniques for Enterococcus faecalis Inactivation. **Photomedicine and laser surgery**, v. 35, n. 1, p. 18–23, 2017.

SILVA GARCEZ, A. et al. Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of Enterococcus faecalis in vitro. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology**, v.102, n.4, p.e93-98, 2006.

SILVA, E. J. et al. Evaluation of Photodynamic Therapy Using a Diode Laser and Different Photosensitizers Against Enterococcus Faecalis. **Acta Odontol Latinoam**, v. 27, n. 2, p. 63–65, 2014.

SOUZA S.C. et al, Photosensitization of different Candida species by low power laser light. **Journal of Photochemistry and Photobiology,** p. 34–38, 2006.

TENNERT, C. et al. Effect of photodynamic therapy (PDT) on Enterococcus faecalis biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections. **BMC oral health**, v. 14, p. 132, 2014.

SOUZA, L. C. et al. Photodynamic Therapy with Two Different Photosensitizers as a Supplement to Instrumentation/Irrigation Procedures in Promoting Intraconduto Reduction of Enterococcus faecalis. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 2, p. 292–296, 2010.

WALTIMO T.M. et al, Clinical aspects related to endodontic yeast infections. **Endodontic Topics** v.9 p.66-78, 2004.

XHEVDET, A. et al. The disinfecting efficacy of root canals with laser photodynamic therapy. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 5, n. 1, p. 19–26, 2014.