



REVASCULARIZAÇÃO PULPAR EM ELEMENTOS DENTÁRIOS COM NECROSE: revisão de literatura

KELLY DE OLIVEIRA FINATO¹
RAFAEL ALVES SCHWINGEL²

RESUMO: Na Endodontia, em casos de necrose pulpar, a técnica empregada para dentes com ápices radiculares maduros é o tratamento endodôntico convencional (tratamento de canal). No entanto, quando a necrose ocorre em dentes imaturos, sem rizogênese completa e com ápice aberto, recorre-se à técnica de apicificação. Em quadros mais severos, é comum a indicação de exodontia do elemento dentário. Entretanto, esses procedimentos não visam à revitalização da polpa dentária, cuja vitalidade é essencial para a saúde do dente. Diante disso, o presente trabalho propõe o estudo das técnicas de revascularização pulpar, que têm como objetivo regenerar o tecido pulpar por meio da remoção do tecido necrótico e sua substituição por neoformação tecidual. Esse processo envolve o uso de medicamentos, a indução de formação de coágulo sanguíneo e a criação de barreiras minerais no ápice radicular, promovendo a revitalização do dente, o fortalecimento das paredes radiculares e o desenvolvimento contínuo das raízes. Busca-se, portanto, revitalizar o elemento dentário, contribuindo para a maturação apical e para a manutenção do dente saudável na cavidade bucal. A pesquisa foi conduzida em bases de dados online como Brazilian Journal of Development, PubMed, Revista Brasileira de Odontologia, Journal of Endodontics e Revista da AcBO, selecionando-se estudos publicados em português e inglês no período de 2010 a 2023. No entanto, dois trabalhos anteriores a esse recorte foram incluídos por abordarem conceitos fundamentais ao tema proposto.

PALAVRAS-CHAVE: Cavidade Pulpar, Endodontia Regenerativa, Necrose.

PULP REVASCULARIZATION IN NECROTIC DENTAL ELEMENTS: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: In Endodontics, conventional endodontic treatment (root canal therapy) is the technique used in cases of pulp necrosis in teeth with mature root apices. However, when necrosis occurs in immature teeth without complete root development and with open apices, the apical barrier technique (apexification) is typically employed. In more severe cases, tooth extraction is commonly indicated. Nevertheless, these procedures do not aim at pulp revitalization, even though pulp vitality is essential for the overall health of the tooth. Therefore, this study proposes an analysis of pulp revascularization techniques, which aim to regenerate the pulp tissue by removing necrotic tissue and replacing it with newly formed tissue. This process involves the use of medications, induction of blood clot formation, and creation of mineralized barriers at the root apex, thereby promoting tooth revitalization, strengthening of the root canal walls, and continued root development. The goal is to restore the vitality of the dental element, contributing to apical maturation and the maintenance of a

¹ Acadêmica de Graduação. Curso de Odontologia, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: kellyfinato@hotmail.com

² Professor Especialista em Endodontia. Curso de Odontologia, Centro Universitário Fasipe - UNIFASIFE. Endereço eletrônico: raschwingel@hotmail.com



healthy tooth within the oral cavity. The research was conducted using online databases such as the *Brazilian Journal of Development*, *PubMed*, *Revista Brasileira de Odontologia*, *Journal of Endodontics*, and *Revista da AcBO*, selecting studies published in Portuguese and English between 2010 and 2023. However, two older studies were included for their conceptual relevance to the proposed topic.

KEYWORDS: Pulp Cavity, Regenerative Endodontics, Necrosis.

1 INTRODUÇÃO

A endodontia na odontologia tem como objetivo tratar e prevenir doenças no periápice. Para que o tratamento seja realizado de forma correta, é relevante que o cirurgião dentista tenha conhecimento da anatomia dental e suas variações anatômicas (Santos *et al.*, 2021). A polpa é responsável pela produção primária da dentina. Sendo a dentina primária, a primeira a ser desenvolvida precocemente nos dentes, a dentina secundária desenvolvida ao longo da vida útil do dente, e a terciária sendo um desenvolvimento como resposta a estímulos patogênicos (Pimentel *et al.*, 2017).

Dentes permanentes imaturos acometidos por cáries ou traumas podem evoluir para necrose pulpar, resultando na interrupção do desenvolvimento radicular (Rossi-Fedele; Kahler; Venkateshbabu, 2019). Nesse contexto, em 1960, Nygaard-Ostby introduziu pela primeira vez o conceito de revitalização, demonstrando a importância do coágulo sanguíneo no tratamento endodôntico. O pesquisador realizou estudos sobre a regeneração da polpa dentária em humanos e cães, que consiste na indução de sangramento no ápice do canal radicular, seguido da inserção de pasta de kloroperka e guta-percha até dois terços do comprimento da coroa. No entanto, como não foi observada a regeneração pulpar efetiva, os estudos foram abandonados por mais de 20 anos (Santos *et al.*, 2021).

Atualmente, após a indução do coágulo sanguíneo, é essencial realizar o selamento adequado com materiais como MTA ou Biodentine, a fim de possibilitar a formação de um novo tecido e prevenir a reinfecção do canal (Estefan *et al.*, 2016).

O procedimento de revascularização gera estímulos para que o organismo venha complementar o desenvolvimento da raiz, e induzindo o fechamento do ápice radicular (Santos *et al.*, 2021). O protocolo de revascularização pulpar é uma alternativa promissora para dentes com necrose pulpar e formação da raiz incompleta. O método utilizado, induz a neoformação tecidual no canal radicular, permitindo que a raiz complete a sua maturação, reduzindo riscos de fratura (Pimentel *et al.*, 2017).

Destaca-se entre as medicações utilizadas intracanal, o hidróxido de cálcio e a pasta triantibiótica (Santos *et al.*, 2021). A pasta triantibiótica, é composta por Minociclina (50 mg), Metronidazol (400 mg) e Ciprofloxacina (250 mg), e é manipulada com Propilenoglicol, geralmente, como veículo. A composição dos três antibióticos, apresenta eficácia na eliminação de patógenos endodônticos (Lin *et al.*, 2017).

A desinfecção dos canais radiculares é considerada uma das etapas mais importantes para o sucesso da revascularização. Dentre as soluções irrigantes utilizadas, o hipoclorito de sódio e a clorexidina destacam-se por sua excelente ação antimicrobiana. Recomenda-se que a irrigação seja realizada a 3 mm aquém do comprimento de trabalho, a fim de evitar danos à região periapical (Santos *et al.*, 2021).

Dito isso, na odontologia a revascularização, é uma alternativa viável e eficaz para dentes necróticos, pois trata-se de uma terapia menos invasiva e que consiste na bioestimulação da maturação radicular e do desenvolvimento apical. Quando se fala de



protocolo de tratamento da revascularização, não se tem ainda uma padronização. Podendo-se afirmar que a revascularização endodôntica é o mais novo tratamento da endodontia (Albuquerque, *et al.*, 2014).

Na Endodontia, a revascularização constitui um desafio para a prática clínica, especialmente em casos de dentes com necrose pulpar e rizogênese ainda incompleta. O elemento dentário possui paredes dos canais radiculares mais finas, tornando-se mais susceptível à fratura, fazendo com que o preparo biomecânico seja limitado. É recomendado que após a finalização do procedimento, sejam realizadas consultas de controle para analisar os progressos na lesão periapical; sendo de seis a doze meses; e do aumento de volume e comprimento da raiz; sendo de doze a trinta e seis meses, tornando-se uma preservação pelo período de quatro anos (Albuquerque *et al.*, 2014).

Considerando o tratamento de revascularização, é fundamental definir quais medidas devem ser adotadas para garantir uma conduta eficaz e promover o fortalecimento das paredes dos canais radiculares.

O presente estudo tem como objetivo analisar as técnicas de revascularização pulpar em dentes com necrose e ápice aberto, visando compreender seus princípios, aplicações clínicas e benefícios no desenvolvimento radicular. Busca-se, ainda, conceituar a Endodontia Regenerativa em dentes com necrose, apresentar as técnicas de apicificação e de revascularização, bem como explicar detalhadamente o procedimento de revascularização. Além disso, pretende-se relatar as técnicas de desinfecção dos canais radiculares, conceituar as medicações intracanaís utilizadas nesse processo e reforçar a importância do selamento coronário para o sucesso do tratamento.

A presente pesquisa trata-se de um estudo de revisão bibliográfica sobre o tema revascularização pulpar em dentes com necrose. A revisão será conduzida por meio da análise de dados científicos disponíveis em bases de dados como *Brazilian Journal of Development*, PubMed, Revista Brasileira de Odontologia, *Journal of Endodontics* e Revista da AcBO. Foram utilizados os seguintes descritores para a busca: “Regeneração”, “Necrose” e “Dentes imaturos com ápice aberto”. Os trabalhos selecionados tiveram seus resumos lidos previamente, sendo posteriormente analisados em texto completo. Foram considerados materiais publicados em português e inglês, com recorte temporal entre os anos de 2010 e 2024.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Endodontia Regenerativa

A Endodontia regenerativa é definida como um conjunto de procedimentos biologicamente fundamentados, cujo objetivo é substituir estruturas dentárias danificadas, incluindo a dentina, as raízes e as células do complexo dentina-polpa (Murray; Garciagodoy; Hargreaves, 2007).

Métodos endodônticos regenerativos induzem o desenvolvimento radicular, tornando-se uma opção de abordagem para o manejo de dentes permanentes estruturalmente comprometidos e imaturos (Albuquerque *et al.*, 2014).

Estudos revelaram que os procedimentos endodônticos regenerativos, têm obtido resultados favoráveis, demonstrando a resolução de sinais e sintomas, resultando em cicatrização completa dos tecidos periapicais, espessamento da parede do canal radicular e continuação da maturação radicular juntamente com o fechamento apical (Glynis *et al.*, 2021).



No caso de a polpa tornar-se necrótica antes da sua completa formação, a deposição de dentina é interrompida e o crescimento radicular é cessado. Dentes imaturos com ápice aberto representam um desafio clínico, sendo inadequada a instrumentação dos canais e o uso de materiais tradicionais, uma vez que apresentam paredes radiculares finas e, portanto, maior susceptibilidade a fraturas (Torabinejad *et al.*, 2014; Hargreaves; Diogenes; Teixeira, 2013).

Contudo, o sucesso da endodontia regenerativa depende de fatores como controle da infecção, presença de células-tronco viáveis e selamento adequado. A permanência de bactérias no canal pode comprometer o processo regenerativo e levar ao insucesso terapêutico. Portanto, a seleção criteriosa dos casos e o rigor técnico durante a execução do protocolo são determinantes para o prognóstico favorável do tratamento (Love *et al.*, 2019).

2.2 Apicigênese

A apicigênese é um procedimento endodôntico conservador indicado para dentes permanentes imaturos com polpa vital, geralmente em crianças e adolescentes. Seu objetivo é permitir a continuidade da formação radicular fisiológica, promovendo o fechamento do ápice radicular e o espessamento das paredes dentinárias. Ao preservar a vitalidade pulpar, esse tratamento possibilita que os odontoblastos continuem a deposição de dentina, contribuindo para a resistência mecânica do dente. A apicigênese se destaca por sua abordagem biológica, respeitando os princípios do desenvolvimento dentário natural (Lima *et al.*, 2021).

A avaliação criteriosa das condições do tecido pulpar, do tempo de exposição da polpa e da extensão do dano é essencial para a definição do tratamento adequado. A técnica envolve procedimentos como capeamento pulpar, curetagem pulpar e pulpotomia, com o objetivo de manter a vitalidade da polpa radicular e promover a formação de uma barreira mineralizada utilizando materiais bioativos e biocompatíveis (Santos *et al.*, 2021).

O sucesso clínico da apicigênese está diretamente relacionado à correta seleção dos casos, à aplicação adequada da técnica e ao uso de materiais biocompatíveis com a fisiologia pulpar. A ausência de dor, de sensibilidade prolongada e de sinais de infecção nos exames clínicos e radiográficos constitui um indicativo positivo de sucesso. Estudos de acompanhamento demonstram que dentes submetidos à apicigênese apresentam continuidade do desenvolvimento radicular, fechamento apical e ausência de reabsorções inflamatórias (Oliveira *et al.*, 2020).

2.3 Apicificação

A apicificação é um procedimento que envolve a abertura da câmara pulpar, seguida pela descontaminação dos canais radiculares. Em seguida, realiza-se a aplicação sequencial de hidróxido de cálcio no interior do canal, com o objetivo de promover o fechamento do ápice. Esse processo pode durar entre 6 e 18 meses, com substituições do medicamento geralmente a cada 30 dias, até que se observe a formação da barreira apical. Com a confirmação da apicificação, seja por meio de exame clínico ou radiográfico, é realizado a obturação do canal utilizando a técnica convencional. A condensação vertical do material obturador deve ser feita com cautela, aplicando-se mínima pressão na região apical, preservando a integridade da barreira de tecido calcificado. Em seguida, realiza-se a restauração definitiva do dente (Marion *et al.*, 2012).

A técnica apical tem sido utilizada há muito tempo para dentes com formação radicular incompleta e necrose pulpar. A apicificação é um processo que cria uma barreira



mineralizada em raízes com o ápice aberto. O hidróxido de cálcio é o material indicado e mais utilizado para esta técnica, pois aumenta a nitidez dos dentes imaturos e favorece a formação de tecido duro na região apical (Murray *et al.*, 2012).

O tratamento se torna mais vantajoso ao poder ser realizado em sessão única, o que reduz o tempo de tratamento sem comprometer a qualidade de execução, gera uma boa resposta biológica e o selamento coronário. Todavia o MTA, da mesma forma que o hidróxido de cálcio, não é capaz de realizar a continuação do desenvolvimento radicular, sendo essa uma desvantagem do material (Shabahang *et al.*, 2013).

2.4 Revascularização Pulpar

A revascularização é uma técnica terapêutica que visa substituir tecidos ou órgãos perdidos, com o propósito de restabelecer sua função biológica integral. No âmbito endodôntico, o protocolo de revascularização pulpar estimula a regeneração do tecido dentário, favorecendo o contínuo desenvolvimento das raízes (Hargreaves *et al.*, 2011). Esse procedimento envolve a desinfecção do canal radicular por meio de soluções irrigadoras combinadas com a aplicação de uma pasta antibiótica. Em seguida, provoca-se deliberadamente um trauma nos tecidos periapicais, induzindo sangramento que possibilita o preenchimento completo do conduto com coágulo sanguíneo. Esse coágulo serve como matriz para a formação de um novo tecido com características similares às da polpa dentária, contribuindo para a manutenção do desenvolvimento radicular (Thomson *et al.*, 2014).

Além disso, a revascularização pulpar apresenta vantagens significativas em comparação às técnicas tradicionais, como a apicificação com hidróxido de cálcio ou a utilização de barreiras apicais artificiais, ao possibilitar não apenas o fechamento do forame apical, mas também o fortalecimento estrutural do dente por meio do aumento da espessura dentinária. Esse fortalecimento reduz a suscetibilidade a fraturas radiculares, que são comuns em dentes com raiz imatura submetidos a tratamentos convencionais (Alvarez *et al.*, 2018).

2.5 Protocolo Clínico

O protocolo utilizado, conforme as diretrizes da Associação Americana de Endodontia (AAE), publicado em 2013, propõe um passo a passo dividido em duas sessões clínicas.

Quadro 1: Protocolo de revascularização pulpar em duas sessões

Sessões clínicas	Descrição do procedimento
1ª sessão	Anestesia bucal, isolamento com dique de borracha e acesso a cavidade; Irrigação abundante 20 ml NaOCl, sendo indicado baixa concentração de NaOCl (1,0%, 20 mL/canal, 5 min.), e após a irrigação com Hipoclorito, irrigar com Solução Salina. Mantendo distância de 1mm aquém da raiz; Secar os canais com ponta de papel absorvente estéreis. Inserir a pasta antibiótica (ciprofloxacina, metronidazol e minociclina), ou Hidróxido de Cálcio no interior dos canais (se houver contraindicação à antibiótica); Selamento 3-4 mm com material restaurador provisório; Aguardar de 3 a 4 semanas até a próxima consulta.
	Avaliação da resposta ao tratamento. Anestesia com mepivacaína 3% sem vasoconstritor, e isolamento absoluto; Irigar com 20 ml de EDTA 17%, seguido de soro fisiológico; Secar com cones de papel;



2ª sessão	Criar sangramento dentro dos canais através da sobreinstrumentação; Estancar sangramento a 3 mm da junção amelo-cementária, permitindo inserção do material restaurador; Inserir uma matriz sobre o coágulo sanguíneo se necessário, e MTA ou hidróxido de cálcio como material de capeamento; Aplicar 3 a 4 mm de CIV, seguido de restauração definitiva.
Exame Clínico	Ausência de dor, edema ou sinais de infecção; Tecido pulpar responde positivamente ao teste de vitalidade;
Exame Radiográfico	A imagem radiolúcida desaparece na região periapical (6 a 12) meses; Aumento da espessura das paredes dos canais (12 a 24) meses após tratamento; Observa-se a continuação do processo da formação das raízes.

Fonte: American Association of Endodontists (2013)

2.6 Técnica

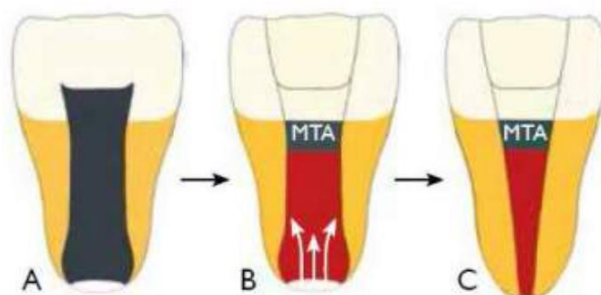
Inicialmente recomenda-se uma minuciosa avaliação clínica extra e intraoral do paciente, analisando o estado de desenvolvimento dentário. Um termo de consentimento deve ser assinado, informando ao paciente que o tratamento é uma abordagem clínica recente, e que consultas de acompanhamento obrigatório serão necessárias, para avaliar o tratamento, e discutir outras opções terapêuticas, caso a sugerida não atenda às expectativas esperadas (Shah *et al.*, 2008).

A instrumentação nesse tipo de tratamento deve ser mínima, ou de preferência que não seja feita, sendo um de seus pré-requisitos. Tendo como objetivo a preservação das células pulpares vivas que se encontram no ápice (Espírito, 2013).

Palma (2013) ilustrou de forma explicativa, através de figura esquemática, a técnica da revascularização pulpar (Figura 1).

Figura 1: Processo de revascularização pulpar

A) Dente necrótico e imaturo; B) MTA inserido acima do coágulo induzido; C) Dente com sucesso no tratamento, obteve desenvolvimento radicular e fortalecimento das paredes.



Fonte: Palma (2013)

As técnicas de revascularização pulpar são realizadas em duas etapas. Na primeira sessão faz-se a limpeza do sistema de canais radiculares com abundante irrigação utilizando substâncias químicas auxiliares, posteriormente insere-se a medicação intracanal que permanecerá no interior do canal por cerca de 21 dias. Na segunda sessão estimula-se a formação do coágulo de sangue no interior do canal radicular, selando-o com MTA e materiais resinosos (Santos *et al.*, 2021). Durante o tratamento na primeira sessão indica-se o uso de soluções anestésicas sem vasoconstritor para que se evite a constrição de vasos sanguíneos da região apical (Petrino *et al.*, 2010). O uso do medicamento MTA sobre o coágulo tem sido indicado na maior parte dos casos, por ser um material



biocompatível, ser um excelente selador, apresentar efeito bacteriostático e constituir a formação de barreira coronária (Cotti *et al.*, 2008).

O tratamento de revascularização pulpar é indicado para dentes cujo desenvolvimento radicular foi interrompido, apresentam-se com o ápice aberto e necrose pulpar com a presença de cárie profunda ou estímulo traumático (Albuquerque *et al.*, 2014).

2.7 Formação Do Coágulo Na Revascularização Pulpar

A formação do coágulo sanguíneo representa uma etapa fundamental no protocolo de revascularização pulpar, especialmente em dentes com rizogênese incompleta. Após a desinfecção adequada do canal radicular, realiza-se a indução de sangramento por meio da inserção de uma lima endodôntica estéril além do ápice radicular. Esse procedimento estimula o extravasamento controlado de sangue da região periapical para o interior do canal, promovendo a formação de um coágulo que atuará como matriz biológica para a regeneração dos tecidos pulpaes (Assis *et al.*, 2022).

A técnica de indução deve ser cuidadosamente executada para não causar trauma excessivo ou hemorragia descontrolada. A presença do coágulo é essencial, pois ele contém fatores de crescimento, como PDGF, TGF- β e VEGF, que são liberados pelas plaquetas durante o processo de coagulação. Esses fatores são responsáveis por estimular a angiogênese, a migração celular e a diferenciação tecidual, etapas cruciais para o sucesso da regeneração pulpar (Love *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022).

A posição ideal do coágulo dentro do canal radicular também é um fator determinante para o sucesso clínico da terapia regenerativa. Recomenda-se que o coágulo se estenda até cerca de 2 a 3 mm abaixo da junção amelo-cementária (JAC), permitindo que haja espaço suficiente para o posicionamento de um material biocompatível, como o MTA ou o Biodentine. Esse espaço previne o deslocamento do coágulo durante a inserção do material e favorece o selamento adequado do canal (Costa *et al.*, 2020; Diogenes *et al.*, 2016).

2.8 Proservação

De acordo com a literatura especializada, o período de acompanhamento clínico em casos de revascularização pulpar é bastante variável, podendo se estender de alguns meses a vários anos. Os desfechos clínicos também apresentam considerável heterogeneidade entre os pacientes. Em uma pesquisa realizada por Chueh *et al.* (2009), foi verificado que a maturação radicular completa em dentes imaturos acometidos por necrose pulpar e lesão periapical ocorreu dentro de um intervalo de 10 a 13 meses após o início do protocolo terapêutico. Destaca-se que, em casos de dentes com rizogênese incompleta, necrose pulpar e presença de periodontite apical ou abscesso, os desfechos clínicos da revascularização podem variar, sendo classificados em cinco tipos, conforme descrito por Chueh *et al.*, (2009).

O Tipo I corresponde ao espessamento das paredes dentinárias do canal radicular, com continuidade do desenvolvimento radicular. O Tipo II refere-se ao desenvolvimento radicular com progressão limitada, porém com fechamento do forame apical. No Tipo III, observa-se a continuação do desenvolvimento radicular, entretanto, sem o fechamento do forame apical. O Tipo IV caracteriza-se pela obliteração do canal radicular por processo de calcificação. Já o Tipo V descreve a formação de uma barreira de tecido duro entre o MTA cervical e o ápice radicular (Chueh *et al.*, 2009).



2.9 Soluções Irrigantes

Na técnica de revascularização, o processo de irrigação intracanal é de suma importância para que se alcance o sucesso do tratamento, sendo procedimento inicial da técnica. Sendo assim, utiliza-se soluções irrigantes com potenciais antimicrobianos, até mesmo alguns agentes quelantes podem ser utilizados nessa etapa. Mesmo que algumas substâncias utilizadas no processo de irrigação não sejam biocompatíveis, os seus níveis de limpeza apresentam-se como favoráveis para a técnica, embora haja o ônus de atrapalhar a manutenção do tecido biológico, outro fator importante para que a revascularização aconteça. Os irrigantes mais utilizados são o EDTA, a Clorexidina e o Hipoclorito de Sódio (Namour *et al.*, 2014).

O hipoclorito de sódio deve ser utilizado em procedimentos endodônticos na concentração de 2,5%, por ser um agente antimicrobiano eficaz. No entanto, apresenta biocompatibilidade limitada, o que pode levar à morte de células-tronco remanescentes presentes na polpa. Além disso, trata-se de um material que tende a aderir às paredes radiculares do canal (Pretel *et al.*, 2011). Já a clorexidina pode ser utilizada nas concentrações de 0,12% a 2%, é um agente antimicrobiano potente, principalmente no que diz respeito às bactérias Gram-positivas. Ademais, a clorexidina tem alta biocompatibilidade, não provocando irritação aos tecidos periapicais (Namour *et al.*, 2014).

O EDTA por sua vez, é um agente quelante com ação satisfatória, possui capacidade de remover a camada de smear layer, além de facilitar a ação de outras soluções irrigantes e induzir fatores de crescimento incorporados à dentina. Entretanto, embora se apresente como um agente promissor, não há comprovações científicas suficientes sobre os efeitos de sua ação sob as células-tronco remanescentes no canal radicular (Mafra *et al.*, 2017). A utilização do EDTA associado a clorexidina é extremamente citotóxica, o estudo demonstrou que após a utilização da combinação nenhuma célula-tronco, foi encontrada no canal. Todavia, o EDTA associado ao hipoclorito de sódio demonstrou eficácia, sem o comprometimento tóxico apresentado na combinação com a clorexidina (Namour *et al.*, 2014).

A etapa de irrigação na revascularização pulpar deve ser cuidadosamente conduzida para equilibrar a eficácia antimicrobiana e a preservação do ambiente biológico favorável à regeneração. A concentração e o volume das soluções irrigantes devem ser controlados, evitando o contato direto com os tecidos periapicais, o que poderia comprometer a viabilidade celular necessária para a formação do coágulo sanguíneo e a posterior regeneração tecidual. Além disso, a irrigação passiva com agitação ultrassônica ou manual tem sido proposta para aumentar a eficácia da limpeza sem elevar a agressividade do procedimento (Gallant *et al.*, 2021).

Em síntese, a irrigação intracanal na revascularização pulpar deve ser baseada em uma abordagem equilibrada, respeitando os limites biológicos e considerando as evidências científicas mais recentes. A compreensão da interação entre os irrigantes e os tecidos dentinários, bem como sua ação sobre as células-tronco, é essencial para o êxito da técnica regenerativa. Novas pesquisas têm buscado irrigantes alternativos e protocolos menos agressivos, que mantenham o controle microbiológico e favoreçam a regeneração tecidual (Lima *et al.*, 2023).

2.10 Medicação Intracanal

Os protocolos utilizados na revascularização pulpar contam com diversas opções medicamentosas voltadas ao controle da desinfecção do canal radicular. Entre elas, destaca-se a combinação de metronidazol, ciprofloxacina e minociclina, que pode ser



utilizada com ou sem a adição de clorexidina. Além dessas associações, empregam-se também substâncias isoladas, como o formocresol e o hidróxido de cálcio. Alternativas incluem o uso de pastas compostas por ciprofloxacina e metronidazol em conjunto com antibióticos como cefaclor, amoxicilina ou doxiciclina (Estefan *et al.*, 2016).

A descoloração da coroa causada pela minociclina, utilizada na pasta triantibiótica, é um dos efeitos colaterais associados ao protocolo de revascularização, especialmente em dentes anteriores, nos quais a estética representa uma preocupação relevante (Torabinejad *et al.*, 2017).

Hoshino *et al.*, (1996) desenvolveram a pasta triantibiótica e avaliaram a ação antimicrobiana de antibióticos isolados e em associação sobre microrganismos presentes em lesões periapicais, na polpa dental e na dentina radicular. A combinação de três antibióticos: ciprofloxacina, metronidazol e minociclina foi formulada em forma de pasta (Figura 3), resultando na eliminação eficaz das bactérias, inclusive aquelas presentes em camadas mais profundas da dentina (Figura 2).

Figura 2: Associação dos três antibióticos: Ciprofloxacina; Metronidazol; Minociclina



Fonte: Del Solar (2015)

Figura 3: Pasta tripla antibiótica pronta para inserção no canal radicular



Fonte: Del Solar (2015)

A pasta triantibiótica favorece a penetração de um neotecido no canal radicular, contribuindo para o desenvolvimento das raízes, sendo considerada o padrão ouro entre as medicações intracanaís. Sua inserção pode ser realizada com o uso de broca espiral (Lêntulo), limas endodônticas ou seringa (Albuquerque *et al.*, 2014).

A minociclina, um antibiótico semissintético derivado da tetraciclina, apresenta ação bacteriostática, atuando por meio da inibição da síntese proteica. É altamente eficaz contra bactérias gram-positivas e gram-negativas (Windley *et al.*, 2005). No entanto, uma de suas



principais desvantagens é o potencial de escurecimento da coroa dentária, mesmo diante de sua comprovada eficácia antimicrobiana (Kim *et al.*, 2010).

Tal efeito está relacionado à capacidade da minociclina de reagir com íons cálcio por meio de um processo de quelação, resultando na formação de um composto insolúvel que, ao se integrar à estrutura dentária, pode ocasionar escurecimento. Contudo, essa descoloração só ocorre quando há contato direto da substância com a dentina da região coronária. Por essa razão, o uso de cefaclor tem sido sugerido como substituto na formulação da pasta antibiótica, com o objetivo de minimizar o risco de alteração cromática na coroa dentária (Bakhtiar *et al.*, 2017).

A ciprofloxacina pertence ao grupo das fluoroquinolonas e é classificada como um antibiótico bactericida, atuando na destruição do DNA bacteriano. No entanto, grande parte das bactérias anaeróbias apresenta resistência a esse fármaco, o que justifica sua associação ao metronidazol em tratamentos de infecções mistas, como as de origem endodôntica. O metronidazol, por sua vez, é um agente antimicrobiano com amplo espectro de ação contra protozoários e bactérias anaeróbias. Seu mecanismo de ação envolve a alteração da permeabilidade da membrana celular, atingindo diretamente o DNA da célula e rompendo sua estrutura helicoidal, o que leva à morte rápida das bactérias (Windley *et al.*, 2005).

O hidróxido de cálcio tem sido amplamente utilizado como agente intracanal em casos de revascularização pulpar, apresentando índices de sucesso clínico e radiográfico comparáveis aos observados com o uso da pasta triantibiótica. Tal desempenho positivo pode ser atribuído ao seu alto pH e à capacidade de solubilizar moléculas bioativas presentes na dentina. Esses fatores favorecem a estimulação de células-tronco indiferenciadas da polpa, promovendo sua diferenciação em células semelhantes aos odontoblastos, responsáveis pela formação de um tecido mineralizado com características morfológicas e funcionais semelhantes às da dentina. (Nagata *et al.*, 2014).

A Sociedade Europeia de Endodontia orienta a aplicação do hidróxido de cálcio como medicação intracanal nos protocolos de revascularização pulpar, visando reduzir os riscos de efeitos colaterais relacionados ao uso da pasta triantibiótica. Além disso, o hidróxido de cálcio tem demonstrado eficácia clínica e radiográfica nesses casos, sem provocar descoloração da coroa dentária, apresentando ainda a capacidade de liberar fatores de crescimento e sendo de fácil manipulação e acesso clínico. No entanto, apesar dessas vantagens, a pasta triantibiótica continua sendo a medicação intracanal mais frequentemente recomendada na maioria dos protocolos de regeneração pulpar (Galler *et al.*, 2016).

Com o intuito de prevenir a descoloração dentária associada à minociclina, algumas alternativas têm sido propostas na literatura. Uma delas é a substituição da minociclina por outros agentes antimicrobianos, como cefaclor, doxiciclina, amoxicilina ou clindamicina, originando uma formulação modificada da pasta triantibiótica. Outra estratégia sugerida é a utilização de apenas dois antibióticos: metronidazol e ciprofloxacina como alternativa à combinação tradicional (Kahler *et al.*, 2014; Chan *et al.*, 2017; Koç; Fabbro, 2020).

2.11 Selamento Coronário

O selamento coronário representa uma etapa essencial no protocolo de revitalização pulpar, uma vez que sua execução inadequada pode expor o canal radicular à reinfecção. Essa falha compromete a continuidade do tratamento, exigindo uma nova desinfecção do canal, o que, além de aumentar o risco de desenvolvimento de resistência bacteriana, pode



resultar na completa eliminação de células-tronco ainda viáveis na polpa dentária (Diogenes; Ruparel, 2017).

Estudos *in vitro* demonstram que materiais como o MTA (cimento de silicato de cálcio) e o hidróxido de cálcio, frequentemente utilizados para o selamento coronário, podem enfraquecer temporariamente as paredes dentinárias, efeito observado entre duas semanas a dois meses após a aplicação. No entanto, com o uso do MTA, a dentina tem a capacidade de se recuperar após aproximadamente um ano, enquanto o hidróxido de cálcio não apresenta a mesma capacidade de recuperação estrutural. Esse fator deve ser cuidadosamente considerado na escolha do material, já que manter a estrutura do dente preservada é indispensável para garantir sua durabilidade ao longo do tempo (Namour *et al.*, 2014).

O Biodentine, um material reparador à base de silicato tricálcio, também demonstrou alta biocompatibilidade em diversos tipos celulares (Quintana *et al.*, 2019). Entre suas principais vantagens clínicas destacam-se o manuseio facilitado e o tempo de presa significativamente mais curto em comparação ao MTA. Embora induza uma resposta inflamatória nos primeiros sete dias, caracterizada pela presença de células inflamatórias, essa reação tende a reduzir-se consideravelmente após 14 dias, o que reforça sua biocompatibilidade (Nai *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016).

Por fim, além das propriedades mecânicas e biológicas, é importante considerar a facilidade de manipulação e o tempo clínico necessário para o endurecimento do material, fatores que influenciam diretamente a escolha do selante coronário. Estudos recentes indicam que tanto o MTA quanto o Biodentine promovem bons resultados clínicos na revascularização pulpar; no entanto, o Biodentine pode oferecer vantagens operacionais, o que pode refletir positivamente na eficiência do tratamento e na experiência do paciente (Quintana *et al.*, 2019; Carnaúba *et al.*, 2018).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revascularização pulpar emerge como uma proposta promissora e biologicamente fundamentada no campo da Endodontia, especialmente quando aplicada ao tratamento de dentes permanentes imaturos com necrose pulpar. Ao longo deste trabalho, foi possível compreender que, diferentemente das técnicas tradicionais como a apicificação com hidróxido de cálcio ou o uso de barreiras apicais com MTA, a revascularização promove não apenas o controle da infecção, mas também estimula a regeneração de tecidos vivos dentro do canal radicular.

Entretanto, ainda há desafios clínicos a serem superados, como a ausência de um protocolo padronizado, a variabilidade da resposta biológica entre os pacientes e os efeitos adversos relacionados a certos antibióticos utilizados na medicação intracanal.

Assim, conclui-se que a revascularização pulpar é uma técnica segura e eficaz quando corretamente indicada e executada. Seu desenvolvimento contínuo, aliado às evidências científicas e aos avanços nos biomateriais, reforça sua posição como uma das abordagens mais modernas e conservadoras da endodontia regenerativa.



REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. T. P., *et al.* Pulp revascularization: alternative treatment to the apexification of immature teeth. *Gaúcha Odontologia*, Campinas, v. 62, n. 4, p. 401- 410, out./dez. 2014.
- ALVAREZ, R., *et al.* Comparative study of revascularization and apexification of immature teeth. *Journal of Dental Research*, v. 97, n. 9, p. 1040-1047, 2018.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. Clinical considerations for a regenerative procedure. Chicago: AAE, 2013.
- ASSIS, A. V. de A.; ALVES-SILVA, E. G.; DAMETTO, F. R. Endodontia regenerativa: revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 13, e534111335556, 2022.
- BAKHTIAR, H., *et al.* Second-generation Platelet Concentrate (Platelet-rich Fibrin) as a scaffold in regenerative endodontics: a case series. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v. 43, n.3, p. 401-408, 2017.
- CARNAÚBA, M. L., *et al.* Propriedades e aplicações clínicas do MTA na revascularização pulpar: uma revisão. *Journal of Applied Oral Science*, v. 26, e20170444, 2018.
- CHAN, C. M., *et al.* The use of modified antibiotic pastes in regenerative endodontics to avoid tooth discoloration: a systematic review. *Journal of Endodontics*, v. 43, n. 9, p. 1347–1353, 2017.
- CHUEH, L. H., *et al.* Regenerative endodontic treatment for necrotic immature permanente teeth. *Journal of Endodontics*, v. 35, n. 2, p. 160–164, 2009.
- COSTA, D. P., *et al.* Endodontia regenerativa em dentes permanentes com rizogênese incompleta. *Archives of Health Investigation*, v. 9, n. 4, p. 4866, 2020.
- COTTI, E., *et al.* Regenerative Treatment of an Immature, Traumatized Tooth with Apical Periodontitis: Report of a Case. *Journal of Endodontics*, v. 34, n. 5, p. 611-616, 2008.
- DEL SOLAR, C. Q. 3Mix-MP / Pasta triantibiótica / Pasta de Hoshino / LSTR Therapy. v. 3. 2015.
- DIOGENES, A., *et al.* Revitalization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *Journal of Endodontics*, v. 42, n. 3, p. 365–371, 2016.
- DIOGENES, A.; RUPAREL, N. Clinical considerations for regenerative endodontic procedures. *Endodontic Topics*, v. 36, n. 1, p. 30–41, 2017.
- ESPÍRITO, T. L. Protocolo terapêutico para dentes com rizogênese incompleta. 2013. 31 f. Monografia (Especialização em Endodontia) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Campinas, 2013.



- ESTEFAN, B. S., *et al.* Influence of age and apical diameter on the success of endodontic regeneration procedures. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v. 42, n. 11, p. 1620-1625, nov. 2016.
- GALLANT, M., *et al.* Current concepts in regenerative endodontics. *International Journal of Dentistry*, v. 2021, Article ID 8861707, 2021.
- GALLER, K. M., *et al.* European Society of Endodontology position statement: revitalization procedures. *International Endodontic Journal*, v. 49, n. 8, p. 717–723, 2016.
- GLYNIS, A., *et al.* Regenerative Endodontic Procedures for the Treatment of Necrotic Mature Teeth with Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Endodontics*, v. 47, n. 26, p. 873- 882, 2021.
- HARGREAVES, K. M.; COHEN, S. *Caminhos da polpa*. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. p. 550-564.
- HARGREAVES, K. M.; DIOGENES A.; TEIXEIRA F.B. Treatment Options: Biological Basis of Regenerative Endodontic Procedures. *Journal of Endodontics*, v. 39, n. 3 (suppl), p. 30-43, 2013.
- HOSHINO, E., *et al.* In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole, and minocycline. *Int Endod J.*, v. 29, n. 2, p. 125-30, 1996.
- KAHLER, B., *et al.* Clinical considerations for regenerative endodontic procedures. *Australian Endodontic Journal*, v. 40, n. 1, p. 41-49, 2014.
- KIM, Y., *et al.* Tooth Discoloration of Immature Permanent Incisor Associated with Triple Antibiotic Therapy: A Case Report. *Journal of Endodontics*, v.36, n. 6, p. 1086-1091, 2010.
- KOÇ, C.; FABBRO, M. D. Antibiotic alternatives in regenerative endodontic treatment: a review. *European Journal of Dentistry*, v. 14, n. 4, p. 590–597, 2020.
- LIMA, C. V., *et al.* A importância da apicigênese na formação radicular de dentes permanentes jovens. *Revista Clínica de Odontologia*, v. 30, n. 2, p. 60–66, 2021.
- LIMA, T. S., *et al.* Regenerative endodontics: concepts, protocols, and future directions. *Dental Press Endodontics*, v. 13, n. 1, p. 20–28, 2023.
- LIN, J., *et al.* Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: a prospective randomized controlled study. *Journal of Endodontics*, 51 Baltimore, v. 43, n. 11, p. 1821-1825, 2017.
- LOVE, R. M., *et al.* Characteristics of successful regenerative endodontic procedures: A review. *Australian Endodontic Journal*, v. 45, p. 51–60, 2019.



MAFRA, S., *et al.* The effectiveness of EDTA solution in removing smear layer and its relation to the time of use: an integrative review. *Journal of Endodontics*, v. 22, n. 1, p. 120-129, 2017.

MARION, J. J. C., *et al.* O emprego do hidróxido de cálcio como medicação intracanal na apicificação de dentes permanentes jovens. *Dental Press Endodontics*, Maringá, v. 2, n. 1, p. 75–80, 2012.

MURRAY, P. E., *et al.* Clinical and radiographic assessment of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide as apexification agents in traumatized young permanent anterior teeth. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, v. 28, n. 3, p. 248–253.

MURRAY, P. E.; GARCIA-GODOY, F.; HARGREAVES, K. M. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod.*, v. 33, n. 4, pp. 377-90, 2007.

NAGATA, J., *et al.* Traumatized immature teeth treated with 2 protocols of pulper vascularization. *Journal of Endodontics*, v.40, n.5, p.606-612, 2014.

NAI, G. A., *et al.* Evaluation of tissue response to mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide: Histological study in rats. *Brazilian Oral Research*, v. 30, n. 1, p. e32, 2016.

NAMOUR, M., *et al.* Pulp revascularization of immature permanent teeth: a review of the literature and a proposal of a new clinical protocol. *Journal of Endodontics*, p. 1-9. 2014.

OLIVEIRA, T. R., *et al.* Acompanhamento clínico de apicigênese em dentes traumatizados: relato de casos. *Revista Gaúcha de Odontologia*, v. 68, n. 4, p. 89–94, 2020.

PALMA, P. J. R. Apexificação e revascularização pulpar em dentes permanentes imaturos: estudo experimental in vivo. 2013. 248 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, 2013.

PETRINO, J. Á., *et al.* Challenges in regenerative endodontics: a case series. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v. 36, p. 536–541, 2010.

PIMENTEL, L. A. R. Pulp revascularization. *Rev. ACBO*, v. 26, n. 2, 83-91, 2017.

PRETEL, H., *et al.* Comparasion between irrigants solutions in endodontics: chlorhexidine x sodium hypochloride. *Gaúcha Odontologia*, v. 59, s. 0, p. 127-132. 2011.

QUINTANA, R., *et al.* Avaliação das propriedades físico-químicas e biocompatibilidade do Biodentine em procedimentos endodônticos. *Revista Odontológica*, v. 27, n. 2, p. 115-123, 2019.

ROSSI-FEDELE, G. R; KAHLER, B; VENKATESHBABU, N. Limited Evidence Suggests Benefits of Single Visit Revascularization Endodontic Procedures - A Systematic Review. *Braz. Dent. J.*, v. 30, n. 6, p. 527-535, 2019.



SANTOS, M. M., *et al.* Conceitos e técnicas de regeneração pulpar. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 11, p 105291-105307, 2021.

SHABAHANG, S. Treatment options: apexogenesis and apexification. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, v. 35, n. 2, p. 125- 128, 2013.

SHAH, N., *et al.* Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical study. Journal of Endodontics, v. 34, n. 8, p. 919-925, 2008.

SILVA, E. J. N. L., *et al.* Inflammatory response and in vivo biocompatibility of a bioceramic root canal sealer. International Endodontic Journal, v. 49, n. 2, p. 145-153, 2016.

SILVA, R. L., *et al.* Platelet-rich fibrin and its role in regenerative endodontics. Journal of Endodontics, v. 37, n. 4, p. 503–511, 2022.

THOMSON, A., *et al.* Revascularization Outcomes: A Prospective Analysis of 16 Consecutive Cases. Journal of Endodontics, v. 40, n. 3, p. 333-338, 2014.

THOMSON, A., *et al.* Revascularization Outcomes: A Prospective Analysis of 16 Consecutive Cases. Journal of Endodontics, v. 40, n. 3, p. 333-338, 2014.

TORABINEJAD, M., *et al.* Regenerative endodontic treatment or mineral trioxide aggregate apical plug-in teeth with necrotic pulps and open apices: a systematic review and meta-analysis. Journal of Endodontics, Baltimore, v. 43, n. 11, p. 1806- 1820, 2017.

TORABINEJAD, M.; KHANLARI, M. R.; CRUMP, S. J. Regenerative endodontics: a comprehensive review. Journal of Endodontics, v. 38, n. 12, p. 1604–1615, 2012.

WINDLEY, W., *et al.* Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. Journal of Endodontics, v. 31, n. 6, p. 439-443, 2005.