

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

Ana Laura Welerson Coelho Costa

**O uso da Fluxometria Laser Doppler como método diagnóstico na avaliação da
vitalidade pulpar: uma revisão de literatura**

Juiz de Fora
2023

Ana Laura Welerson Coelho Costa

O uso da Fluxometria Laser Doppler como método diagnóstico na avaliação da vitalidade pulpar: uma revisão de literatura

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

Orientador: Prof. Dr. Antônio Márcio Resende do Carmo

Juiz de Fora

2023

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

Welerson Coelho Costa , Ana Laura .

O uso da Fluxometria Laser Doppler como método diagnóstico na avaliação da vitalidade pulpar: uma revisão de literatura / Ana Laura Welerson Coelho Costa . -- 2023.

50 p.

Orientador: Antônio Márcio Resende do Carmo
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2023.

1. Fluxometria por Laser Doppler . 2. Teste de Vitalidade Pulpar .
3. Necrose Pulpar. I. Resende do Carmo , Antônio Márcio , orient. II.
Título.



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

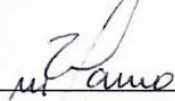
ANA LAURA WELERSON COELHO COSTA

O uso da Fluxometria Laser Doppler como método diagnóstico na avaliação da vitalidade pulpar: uma revisão de literatura

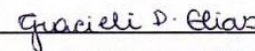
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Aprovada em 04 de agosto de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Antônio Márcio Resende do Carmo
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof.ª. Dr.ª. Gracieli Prado Elias
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Evandro Toledo Lourenço Junior
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico esse trabalho aos meus pais **Antônio César e Ana Rosa**, e à minha irmã, **Ana Clara**, por serem a base de tudo em minha vida

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, por me abençoar em cada passo e por me permitir viver uma vida feliz e cheia de realizações.

Aos meus pais, **Antônio César e Ana Rosa**, por não medirem esforços para que eu chegasse até aqui, e por sempre me acolherem nos momentos em que precisei.

À minha irmã, **Ana Clara**, minha primeira grande amiga e parceira de toda vida. Obrigada por estar ao meu lado e por me inspirar de tantas formas.

A toda minha **família, tios e primos e avós** por serem meu lugar de amor e acolhimento.

Aos meus grandes amigos e amores, **Pietro, Clara, Anna Clara, Gabriela, Helena, Larissa, Ana Paula, Camila, Laís, Fabrício e Maria Luiza**, agradeço por serem a família que eu escolhi.

Aos meus amigos de turma, em especial **Bruna, Jéssica, Lorraine, Pamella, Tamiris, Diego, Victoria, Raphael e Amanda**, por realizarem esse sonho ao meu lado e por trazerem leveza aos dias difíceis.

A todos os **professores e profissionais da FO-UFJF**, por serem grandes inspirações e por me ensinaram com maestria a amar e a respeitar a Odontologia.

Ao professor **Antônio Márcio**, por toda paciência e carinho que sempre teve por mim.

Aos **pacientes**, por me permitirem cuidar, da melhor maneira que eu pude, de sua saúde e bem-estar. Agradeço pela paciência, compreensão e confiança, espero reencontrá-los.

A todos **funcionários e colaboradores** da faculdade, por fazerem desse espaço minha casa durante esses 6 anos.

A **Universidade Federal de Juiz de Fora e à Faculdade de Odontologia**, pela oportunidade de aprender com grandes mestres nessa instituição de ensino pública de excelência.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”

Carl Jung.

RESUMO

A avaliação da vitalidade pulpar é indispensável no diagnóstico e no planejamento de casos na odontologia. Atualmente, testes de sensibilidade são comumente usados na rotina clínica na tentativa de diagnosticar a polpa como vital ou não vital. No entanto, a literatura destaca que o suprimento sanguíneo é a variante mais precisa sobre a presença ou ausência de vitalidade pulpar, independente da resposta neuronal. Dessa forma, testes que avaliam o fluxo sanguíneo pulpar (FSP) são os mais indicados na avaliação do estado da polpa, como a Fluxometria Laser Doppler (FLD) e o oxímetro de pulso (OP). Portanto, o objetivo do presente trabalho é revisar a literatura acerca do uso da Fluxometria Laser Doppler como método diagnóstico na avaliação da vitalidade pulpar. Foi realizada uma busca de artigos utilizando a base de dados PubMed, considerando um período de 1986 a 2019, utilizando os termos: “pulp blood flow”, “pulp vitality” e “Laser Doppler Flowmetry”. A literatura salienta que a FLD é um método objetivo e não invasivo e apresenta resultados promissores em diversas situações clínicas, como em casos de trauma, acompanhamento prolongado e uso pediátrico. No entanto, é importante reconhecer as limitações do método e as variáveis que podem interferir nos resultados, como a contaminação de sinal e a falta de padrões confiáveis de leitura e interpretação. Pode-se concluir que a FLD é um método promissor de diagnóstico pulpar, no entanto, novos estudos são necessários para minimizar as interferências e estabelecer parâmetros confiáveis e reprodutíveis de leitura e de interpretação dos dados.

Palavras-chave: Fluxometria por Laser Doppler. Teste de Vitalidade Pulpar. Necrose Pulpar.

ABSTRACT

The evaluation of pulp vitality is essential in the diagnosis and planning of cases in dentistry. Currently, sensitivity tests are commonly used in clinical practice to determine whether the pulp is vital or non-vital. However, the literature highlights that blood supply is the most accurate variable in determining the presence or absence of pulp vitality, regardless of neuronal response. Therefore, tests that assess pulp blood flow (PBF), such as Laser Doppler Flowmetry (LDF) and pulse oximetry (PO), are the most indicated for evaluating pulp status. Thus, the aim of this study is to review the literature on the use of Laser Doppler Flowmetry as a diagnostic method for assessing pulp vitality. A search of articles was conducted using the PubMed database, covering the period from 1986 to 2019, using the terms: "pulp blood flow", "pulp vitality" and "Laser Doppler Flowmetry". The literature emphasizes that LDF is an objective and non-invasive method that shows promising results in various clinical situations, such as trauma, long-term follow-up, and pediatric use. However, it is important to recognize the limitations of the method and the variables that can interfere with the results, such as signal contamination and the lack of reliable reading and interpretation standards. It can be concluded that LDF is a promising method for pulp diagnosis, however, further studies are needed to minimize interferences and establish reliable and reproducible parameters for data reading and interpretation.

Keywords: Laser-Doppler Flowmetry. Dental Pulp Test. Dental Pulp Necrosis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FLD	Fluxometria Laser Doppler
OP	Oxímetro de pulso
FSP	Fluxo sanguíneo pulpar
UP	Unidade de perfusão
mg	Miligrama
g	Gramma
IC	Intervalo de Confiança
μm	Micrômetro
nm	Nanômetro

LISTA DE SÍMBOLOS

- = Igual
- > Maior que
- < Menor que
- % Por cento
- ± Mais ou menos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROPOSIÇÃO	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
4 DISCUSSÃO	42
5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A avaliação precisa sobre o estado pulpar é de suma importância para o diagnóstico endodôntico (NOBLETT et al., 1996). O estabelecimento de um diagnóstico confiável é uma das etapas mais importantes no planejamento e na orientação de um plano de tratamento correto (PIGG et al., 2016; POZZOBON et al., 2011; SETZER et al., 2013). Além disso, evita que tratamentos endodônticos sejam inoportunamente decididos (ROY et al., 2008).

O diagnóstico na endodontia é feito com base na história do paciente, no exame clínico e radiográfico e no uso de métodos auxiliares (INGÓLFSSON et al., 1994). Esses métodos são simples e práticos, mas não fornecem um diagnóstico diferencial preciso do estado de vascularização do parênquima pulpar (ROY et al., 2008).

Atualmente, a literatura informa que o suprimento vascular é a variante mais precisa da ausência ou presença de vitalidade da polpa, que reflete de uma circulação sanguínea adequada, e assim independe da continuidade neuronal. No entanto, os testes de vitalidade convencionais dependem da sensibilidade do paciente a estímulos nervosos (AANDERUD-LARSEN et al., 1995; POZZOBON et al., 2011).

Dentre os testes, comumente são utilizados os testes de sensibilidade, cujos métodos incluem estimulação térmica através da aplicação de calor ou frio, estimulação elétrica ou estimulação direta da dentina (teste de cavidade) (GOPIKRISHNA; TINAGUPTA; KANDASWAMY, 2007; JAFARZADEH, ROSENBERG, 2009; PIGG et al., 2016; SETZER et al., 2013).

A capacidade de testes térmicos e elétricos de avaliar a vitalidade pulpar é baseada na sensibilidade de uma transmissão, o que pode levar a falsos positivos e falsos valores negativos (JAFARZADEH; ABBOTT, 2010; ROEYKENS et al., 2002), principalmente em casos de dentes com ápice aberto ou dentes traumatizados (INGÓLFSSON et al., 1994). Tais testes são considerados subjetivos, visto que medem a resposta neural e não o suprimento vascular, e dependem da resposta a dor do paciente (JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009), bem como da interpretação que o dentista faz dessa resposta (GOPIKRISHNA; TINAGUPTA; KANDASWAMY, 2007).

Para determinar a vitalidade pulpar, o ideal é que os testes sejam objetivos, indolores e confiáveis (JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009). O teste perfeito seria sempre positivo na presença de doença e negativo na ausência de doença

(INGÓLFSSON; TRONSTAD; RIVA, 1994). A forma mais precisa de avaliar o estado da polpa é por meio da análise de seções histológicas da amostra de tecido envolvida para avaliar a extensão da inflamação ou a presença de necrose, avaliando diretamente a saúde da polpa. Infelizmente, no contexto clínico, esses métodos são impraticáveis e inviáveis (CHEN; ABBOTT, 2009).

Diante das limitações e dos recursos disponíveis, os testes que apresentam melhores resultados descritos na literatura são o oxímetro de pulso (OP) e a Fluxometria Laser Doppler (FLD).

Testes que avaliam o suprimento vascular e dependem da passagem de luz através do dente são considerados como possíveis métodos para detectar a vitalidade da polpa (JAFARZADEH, 2009; INGÓLFSSON et al., 1994; ROY et al., 2008). A FLD tem sido apontada como uma alternativa não invasiva e segura para o diagnóstico de vitalidade pulpar em dentes humanos. Este método mede o FSP, que proporciona uma imagem mais precisa da vitalidade. Diferentemente de outras técnicas que se baseiam em respostas neurais, a FLD detecta o movimento das células sanguíneas nos vasos sanguíneos da polpa, o que oferece uma imagem mais fiel da vitalidade pulpar (JAFARZADEH, 2009; INGÓLFSSON et al., 1994; ROY et al., 2008; NOGUEIRA, 2003).

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse trabalho foi revisar a literatura acerca da utilização da FLD como método diagnóstico na avaliação da vitalidade pulpar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Gazelius B. et al. (1986) conduziram um estudo para investigar o registro não invasivo do FSP de dentes humanos. Utilizaram o Laser Doppler Flowmeter (Perillux PF 2, Perimed AB, Estocolmo, Suécia) para medir a retroespalhação de uma pequena proporção de luz contendo efeito Doppler deslocado e não deslocado. Essa luz foi direcionada para o dente através de duas fibras ópticas e captada por dois fotodetectores. Os sinais gerados dependem do número e da velocidade dos glóbulos vermelhos iluminados. O sinal de saída é proporcional ao número de glóbulos vermelhos em movimento por segundo multiplicado pela velocidade média. Esses sinais foram registrados por um gravador analógico (Omniscribe, Houston Instrument, EUA). Para posicionar a sonda do medidor de fluxo Laser Doppler (diâmetro externo de 2,5 mm) com três fibras ópticas embutidas, utilizaram uma lâmpada modificada de represa de borracha, anexada próxima à superfície vestibular do dente, na região externa da coroa. Um dique de borracha foi utilizado para evitar interferências dos tecidos circundantes. Inicialmente, foram realizados testes nos incisivos inferiores e superiores, com e sem restaurações, e que apresentavam respostas sensoriais normais a testes de sensibilidade (usando unidades de escala 20-35, Analytie 'tecnologia Pulp testador, Redmond, WA, EUA). Em seguida, foram realizados testes em dentes vitais e não vitais. Em cada experimento, o nível do sinal FLD foi verificado posicionando-se uma película de alumínio entre a sonda e o dente. Em cinco voluntários, foi realizada uma aplicação lenta de lidocaína (20 mg/ml) com adrenalina (12,5 Hg/ml) na região apical da mucosa. A tensão do sinal de saída diminuiu em média $70 \pm 13\%$ e permaneceu nesse nível baixo durante todo o período de gravação de 20 minutos. As flutuações observadas antes da injeção também foram reduzidas. Em dentes não vitais ou pulpectomizados, o padrão rítmico estava ausente, e o sinal de saída basal foi significativamente menor em comparação com dentes normais e sensíveis. As oscilações regulares observadas nos registros de dentes normais estavam relacionadas à frequência cardíaca, e o rápido aumento do sinal FLD estava sincronizado com a sístole. Flutuações de baixa frequência podem estar associadas à atividade espontânea nos músculos lisos vasculares. Em dentes não vitais, esses fenômenos não foram observados, e as oscilações irregulares foram artefatos de movimento. Em conclusão, a FLD pode ser usado para detectar o FSP através do esmalte e dentina intactos, permitindo a distinção entre dentes vitais e não vitais. Além

disso, é possível obter registros reproduzíveis do mesmo dente em diferentes ocasiões.

A FLD é um método útil para medir o FSP, mas sua sensibilidade pode ser problemática devido a artefatos de movimento. Gush R. J. e King T. A (1987) exploraram como a fibra ótica e a dispersão de luz Rayleigh podem ser usadas para reduzir esses artefatos em medidores de FSP Laser Doppler. As sugestões práticas incluem usar fibras ópticas específicas, prestar atenção à geometria da sonda, revestir as fibras para reduzir o movimento e aplicar o método com cuidado. O estudo também descreve experimentos que testam os circuitos de normalização de instrumentos Laser Doppler e discute os efeitos dos artefatos de movimento na interpretação do componente pulsátil dos registros Laser Doppler. As flutuações de intensidade de alta frequência causadas pelos movimentos da sonda e da linha de fibra produzem um deslocamento Doppler aparente maior do que o deslocamento Doppler real, por isso é essencial garantir que os campos de visão das fibras de iluminação e detecção não se sobreponham na superfície da pele e que a sonda mantenha contato com a superfície da pele.

Vongsavan N. e Matthews B. (1993) elaboraram experimentos em dentes extraídos para avaliar o uso da FLD no registro de FSP. Dois medidores de vazão Laser Doppler (Periflux modelo PF3 e Moor Blood Flow Monitor modelo MBF3D) foram investigados. Os dentes extraídos eram de origem humana e suína, as sondas foram posicionadas na superfície do esmalte, a 2mm da posição gengival original. As gravações foram feitas enquanto o sangue diluído era bombeado em diferentes frequências na cavidade pulpar. Os dois medidores obtiveram resultados parecidos e foram capazes de detectar o fluxo sanguíneo no núcleo da polpa e na parte superficial próxima a sonda. Com os dois instrumentos e qualquer diluição de sangue, foi encontrada uma relação quase linear entre o sinal de fluxo sanguíneo e a taxa de fluxo de sangue através do dente. Porém, quando os dados foram obtidos em diferentes concentrações de hemácias, uma boa correlação entre o sinal de Row no sangue e o fluxo de hemácias (produto da concentração e velocidade média) foi obtido apenas com concentrações de hemácias de até 1% v/v. Dessa forma, a informação transmitida pelos medidores seria precisa, desde que não ultrapassasse essa

concentração de hemácia. Conclui-se que as informações fornecidas pelos medidores podem ser ambíguas e devem ser interpretadas de maneira correta e minuciosa.

Ingólfsson A. R. et al. (1994) realizaram uma pesquisa a fim de avaliar se a FLD poderia auxiliar na distinção entre dentes vitais e necróticos, e em caso afirmativo, qual configuração de cinco sondas experimentais apresentariam melhores resultados. Foram incluídos no estudo nove pacientes, com onze dentes anteriores que apresentaram evidências clínicas e radiográficas de necrose pulpar (examinados pela Clínica de Pós-doutorado de Endodontia da Escola de Medicina Dentária da Universidade da Pensilvânia). Os pacientes tinham idade média de 23,1 anos, cinco pacientes (seis dentes anteriores) eram homens e quatro (cinco dentes anteriores) eram mulheres. A profundidade de sondagem foi analisada e as respostas a testes elétricos foi gravada (qualquer resposta acima de 0 foi considerada positiva). Os dentes examinados foram 3 incisivos centrais superiores, 2 incisivos laterais superiores, 2 incisivos centrais inferiores, 3 incisivos laterais inferiores e 1 canino inferior. Dentes que testaram positivo no teste elétrico, com coloração anormal e sem achados radiográficos que indicassem necrose foram usados para controle. Para comparação, 10 pares de dentes anteriores com polpas vitais em 10 os pacientes também foram testados (5 homens e 5 mulheres com idade média de 27,4 anos). Foi usado o Perifix PF3 laser Doppler flowmeter (Perimed, Estocolmo, Suécia) e o sinal de saída flux. Cada sonda tinha três fibras dispostas em um triângulo, com uma fibra transportando luz para o dente e as outras duas transportando luz retroespalhada para o medidor de vazão laser Doppler para processamento. Cinco sondas foram utilizadas com diferentes diâmetros e distâncias entre as fibras (200/1500, 200/1000, 200/800, 200/500, e 125/250 μm). Uma tala de base de borracha foi utilizada para imobilizar as sondas nos dentes. O teste t pareado de Student foi usado para comparar os sinais de saída de dentes com necrose versus polpas vitais, com uma diferença significativa indicada por valores P bicaudais menores que 0,05. A FLD mostrou sinais de saída significativamente mais baixos de dentes com polpas necróticas em comparação com dentes vitais em todas as 5 sondas. Em média, o sinal foi 42,7% menor em dentes necrosados. Quatro dos 11 dentes com polpa necrótica responderam positivamente ao teste elétrico. O estudo indicou que a sonda com a menor separação de fibras foi a mais sensível na distinção entre polpas necróticas e vitais.

Ingólfsson A. E. et al. (1994) elaboraram uma investigação com o objetivo de estudar a confiabilidade dos sinais de saída da FLD quando testado em quatro posições diferentes na superfície bucal de dentes humanos. Foram incluídos dez pacientes, examinados pela Clínica de Pós-doutorado de Endodontia da Escola de Medicina Dentária da Universidade da Pensilvânia, com idade média 27,4 anos (5 homens e 5 mulheres). Foram testados dez dentes anteriores, dos quais oito eram incisivos laterais superiores e dois centrais, todos os dentes estavam assintomáticos, com coloração normal e responderam ao teste elétrico. Radiografias foram usadas para avaliar se a câmara pulpar estava visível e que o estado periapical normal. Foi usado o Periflux PF3 laser Doppler flowmeter (Perimed, Estocolmo, Suécia) e o sinal de saída flux. As sondas tinham 2,8 de diâmetro e continham 3 fibras dispostas em triângulo, com uma fibra transportando luz para o dente e as outras duas transportando luz retroespalhada para o medidor de vazão laser Doppler para processamento. Cinco sondas foram utilizadas com diferentes diâmetros e distâncias entre as fibras (200/1500, 200/1000, 200/800, 200/500, e 125/250 μm). Uma tala de base de borracha foi utilizada para imobilizar as sondas nos dentes, a fibra com a luz que entra foi colocada à mesma distância da outra superfície da sonda. As gravações foram feitas em quatro posições, a primeira com a fibra iluminada a 2-3 mm da margem gengival. Na segunda, a sonda foi mantida na mesma posição, e foi ajustada em 90 graus para que a fibra iluminada ficasse mesializada. Na terceira, foi rotacionada 90 graus para que a sonda ficasse em um ponto incisal, e mais uma vez na quarta, para que a fibra ficasse na distal da face bucal do dente. Como resultado, foi encontrado que os sinais de saída quando a fibra iluminada estava na incisal foram significativamente menores que os demais, exceto na sonda 200/1000. Com a sonda anterior não foram encontradas diferenças significativas entre as quatro posições. Não foram encontradas diferenças significativas entre as posições gengival, mesial e distal em nenhuma sonda, exceto a 125/500, que os sinais da mesial foram significativamente menores que os da gengival. Concluiu-se que a FLD parece ser confiável para testar o FSP, e quanto menor a separação das fibras da sonda, mais preciso deve ser o posicionamento da luz incidente.

Aanderud-Larsen K. et al. (1995) realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a vitalidade pulpar a longo prazo, utilizando a FLD, em pacientes que foram submetidos a cirurgia LeFort I, e comparando com métodos diagnósticos tradicionais.

O grupo de estudo era composto por 15 pacientes (5 homens e 10 mulheres) com idade média de 28,5 anos que foram submetidos a cirurgias LeFort I há 17 meses em média. O estudo foi feito nos incisivos, caninos e primeiros pré-molares e cada lado da maxila. O grupo controle era composto por 5 homens e 9 mulheres, média de 26 anos, sem cirurgia ou tratamento ortodôntico realizado. Dois medidores de vazão laser Doppler (Periflux PF-2B; Perimed, Suécia) foram usados para monitorar o FSP. A sonda de fibra óptica foi posicionada na superfície vestibular, a 2mm da margem gengival, usando uma tala de borracha. Os sinais foram registrados por 5 minutos em cada 2 dentes. Um estimulador elétrico (Vitality scanner mod 2006, Tecnologia Analítica; EUA) foi usado para avaliar a resposta sensorial dos dentes, que ficou em contato com a superfície vestibular dos mesmos. A percepção sensorial através da ativação dos mecanorreceptores periodontais foi testada em ambos os grupos através de uma carga axial do incisivos centrais feita com uma mola manual calibrada. A avaliação radiográfica também foi realizada. Os valores médios e FSP registrado foram similares nos dois grupos, com exceção do dente 14 que teve maior fluxo no grupo operado. 21% dos dentes testados do grupo de estudo não responderam ao teste elétrico, nos outros 79% o limite médio de resposta ao teste foi significativamente maior do que o grupo de controle. Da mesma forma, o limiar de carga axial do grupo controle estava abaixo de 5g, e o limiar do grupo de estudo 66% estavam acima de 5g. Conclui-se que dentes com inervação anormal podem estar com suprimento sanguíneo normal e polpa vital.

Noblett W. C. et al. (1996) implementaram uma pesquisa com a finalidade de avaliar a OP como um método de determinação da vitalidade pulpar. Foi fabricado um modelo in-vitro de circulação pulpar para testar o oxímetro de pulso. Um molar mandibular extraído, não restaurado, com raízes divergentes e uma câmara pulpar visível radiograficamente foi utilizado na construção do modelo. Dois terços das raízes foram removidos com um disco diamantado fino (Brasseler, Savannah, GA), em uma peça de mão de baixa velocidade. A preparação do canal foi feita com brocas Gates Glidden (Premier Dental Co., Norristown, PA) e limas K-Flex (Kerr, Inc., Romulus, MI), a partir de uma abordagem retrógrada. Os canais foram ampliados até a broca #5 de Gates para permitir acesso e remoção do tecido da câmara. A irrigação dos canais foi feita com hipoclorito de sódio 2,6% e o simulador dos elementos vasculares foi inserido na câmara através dos canais. Uma tubulação de Polipropileno de grau

médico de calibre vinte e três (Clay Adams, Parsippany, NJ) foi usado para simular um sistema circulatório, que foi fixada na posição com resina Zapit (MDS Dental Products, Anaheim Hills, CA). Para colocar os sensores em uma relação estável com o dente, uma braçadeira de dique de borracha Ivory nº 56 (Miles Dental Products, Inc., South Bend, IN) foi usada como base para o sensor. Duas ranhuras foram preparadas em cada asa paralelas à superfície do dente usando uma broca de alta velocidade #556 bur (S.S. White, Lakewood, NJ). Terminais elétricos (5/16 polegada, #532347 tipo de slot; HWI, Fort Wayne, IN) foram colocados nos slots preparados e estabilizados com resina Zapit. O terminal do tipo slot foi selecionado para permitir a colocação e remoção dos elementos do sensor e para manter a estabilidade. Um sensor de OP neonatal Nellcor N-25 (Nellcor, Inc., Hayward, CA) foi a fonte dos elementos sensores. A fita que envolve o emissor e o detector foi removida, permitindo inserção desses elementos nos conectores de slot anexados a braçadeira de dique de borracha. Uma radiografia foi feita com o sensor dental no lugar do molar extraído para confirmar que a câmara pulpar estaria no caminho da luz entre o emissor e o detector. A coleta de dados para o estudo foi feita usando amostras de sangue humano fresco e saudável de dois doadores voluntários. As amostras de sangue foram combinadas com gás hipóxico através de uma bomba peristáltica e o pulso foi simulado pela introdução de bolhas de gás na circulação. Nove amostras foram analisadas (três amostras de 10ml de sangue, combinadas com cada uma das três misturas de gases empregadas: 8, 13 ou 15% oxigênio, juntamente com 5% de CO₂ e o restante composto de nitrogênio). A amostra de sangue foi equilibrada com o gás por quinze minutos antes da circulação no modelo. Após ser colocado para circular, o sangue foi observado por 2 minutos e coletado por uma seringa de 5ml para análise. Um teste t pareado bicaudal foi usado para analisar os dados e avaliar diferença significativa entre as leituras obtidas pelo oxímetro de pulso e pela gasometria. Os pares de dados foram também submetido a uma análise de correlação de Spearman. A faixa de valores de saturação de oxigênio obtida foi de 66,5 a 94,5%. A leitura média do OP foi de 82,44, e o o valor médio da gasometria foi de 82,32. Após análise estatística, não foi revelada diferença entre a oximetria de pulso e a gasometria, ou seja, o resultado mostrou uma correlação altamente significativa entre o OP e a gasometria. Estudos acerca da avaliação clínica desse método são necessários e estão em progresso.

Ebihara A. et al. (1996) relataram um caso com o objetivo de descrever o uso de FLD para avaliar a vitalidade pulpar de dentes com fratura horizontal de raiz. Um jovem de 17 anos sofreu uma pancada no rosto, e após 3 dias procurou Hospital Odontológico da Universidade Médica e Odontológica de Tóquio. Após tomada radiográfica, foi diagnosticada fratura horizontal da raiz dos dois incisivos centrais superiores, e inicialmente nenhum dos elementos respondeu ao teste elétrico ou a frio. Um mês depois, ambos os dentes ainda não responderam aos testes, no entanto, o incisivo direito apresentava descoloração da coroa e inchaço gengival, e o tratamento endodôntico foi realizado na porção coronal. Dois meses após o acidente o FSP do elemento com fratura foi medido pelo FLD (PeriFlux PF3, Perimed, Jarfalla, Sweden). Dois medidores foram usados simultaneamente, e as sondas foram estabilizadas por um protetor bucal modificado. Três furos foram feitos no material, e uma luva com 1,6 mm de diâmetro foi fixada em cada furo com resina autopolimerizável. As mangas foram posicionadas perpendicularmente à superfície labial do centro do terço cervical da coroa. O FSP foi então medido e registrado em UP. O incisivo central direito foi usado para controle negativo e o lateral como controle positivo. O resultado do incisivo direito foi 1.0 UP, esquerdo 4.0 UP e lateral 5.0 UP. Oito meses após a fratura foi administrada anestesia para confirmar o estado do incisivo esquerdo, Um monitor de pressão arterial (Finapres BP Monitor, Ohmeda, Herts, U.K.) foi colocado no dedo médio esquerdo do paciente e uma dose de 1,8 ml de lidocaína a 2% com epinefrina 1:80.000 (Xylocaine, Fujisawa Pharmaceutical Co. Ltd., Osaka, Japão) foi injetado próximo aos ápices dos incisivos centrais direito e esquerdo. Registros do FSP e pressão sistêmica foram feitos em um computador, e os valores médios de UP foram calculados. A UP do incisivo central esquerdo antes e após anestesia local foram 6,24 e 3,19, respectivamente. Do incisivo lateral esquerdo (dente vital) foram 6,29 e 3,67, respectivamente. Por outro lado, a UP do incisivo central direito (dente sem polpa) antes e depois da anestesia foram 1,98 e 1,92, respectivamente. Os registros do incisivo central esquerdo e do lateral foram muito semelhantes, dessa forma, o primeiro permaneceu sem tratamento endodôntico. Doze meses após a fratura o incisivo central esquerdo apresentou UP de 5,4, assintomático, respondendo ao teste elétrico mas não do frio. Dezenove meses depois o elemento apresentou 4,6 UP, respondeu ao teste elétrico e ao frio, e seguiu sem tratamento endodôntico. Concluiu-se que a vitalidade pulpar não deve ser avaliada por testes de sensibilidade de fibras nervosas, e deve ser avaliado através do FSP.

Musselwhite J. M. et al (1997) realizaram um estudo com o objetivo de determinar se a LDF é capaz de medir mudanças no FSP quando um anestésico com vasoconstritor for usado para anestesia infiltrativa. Cinco pacientes (2 mulheres e 3 homens) foram selecionados entre os estudantes da Faculdade de Odontologia da Universidade da Carolina do Norte. Os critérios foram dentes sem restauração e com resposta vital a testes térmicos e elétricos, foram feitos três testes com intervalo de 7 dias cada. O modelo avançado de Fluxometria Laser foi usado (model ALF 21). Na primeira sessão os dentes foram testados com gelo de dióxido de carbono e um testador de polpa elétrico (Analytic Modelo de tecnologia 2001, Redmond, Wash.). Foi feito um jig de estabilização com massa de impressão de polivinil siloxano (Reprosil, LD Cauk, Milford, Del.) cobrindo a superfície vestibular e palatina entre os pré-molares, uma agulha foi introduzida no material na região incisal do dente monitorado, a 2mm da margem gengival. Na sessão dois, o paciente era colocado na posição supina, com o jig em posição. O Laser Doppler foi inserido na agulha, até estabelecer leve contato com a superfície do dente. O eco-cardiograma também foi conectado ao paciente e os registros feitos após infiltração de 1,8 ml de lidocaína a 2% com epinefrina 1:100.000 (Xilocaína, Astra, Westborough, Mass). Na terceira sessão o paciente foi colocado na mesma posição com os mesmo equipamentos da sessão um. Os mesmo procedimentos foram feitos, mas a injeção foi simulada (introdução de agulha sem líquido). Os valores encontrados foram usados para comparar a largura de pulso e fluxo médio para cada ciclo e a largura de pulso média e fluxo médio para cada paciente. A FLD mediu mudanças em FSP e largura de pulso e demonstraram padrões semelhantes. Após 5 minutos da injeção, o FSP e o padrão de pulso da polpa começaram uma diminuição que durou pelo menos 20 minutos. A maior mudança foi observada 10 minutos após a injeção com anestésico com vasoconstritor. A solução reduziu o FSP em até 75% e resultou em perda de sincronização pulsátil registrada pelo eco-cardiograma. A FLD pode ser um método preciso de estabelecer a vitalidade em dentes traumatizados ou recentemente erupcionados, que podem não responder a outros testes. No entanto, pode não ser tão útil em casos que o paciente não é colaborativo ou que dente não for estabilizado. Medicamentos como os usados em doenças cardiovasculares e nicotina também podem afetar o FSP, e podem invalidar os resultados.

Fratkin R. D., Kenny D. J. e Johnston D. H. (1999) prepararam um estudo a fim de determinar se o instrumento clínico Advance portátil Laser Flowmeter Model 21® indicaria valores significativos em casos de ausência ou presença de fluxo pulpar em incisivos decíduos que sofreram luxação ou subluxação. Avaliaram também se a saída analógica do medidor de vazão estava vinculada ao ritmo cardíaco e se a superfície labial e lingual da coroa produziria diferentes valores de fluxo. Trinta e duas crianças com idade entre 14 meses e 7 anos foram submetidas a anestesia geral para tratamento no Hospital Para Crianças Doentes em Toronto, e foram selecionadas aleatoriamente por um período de 4 meses. Os critérios de inclusão foram crianças saudáveis com incisivos decíduos superiores com evidencia radiografia de conter pelo menos dois terços das raízes. Os dentes foram testados sob duas condições: dentes *in situ* e extraídos, ou com a polpa presente e removida. Valores antes e depois da extração dos dentes e antes e depois da pulpectomia foram significativamente diferentes, denunciando que a FLD detectou a presença de FSP. Os picos das ondas do eletrocardiograma e as flutuações regulares do sinal do medidor foram vinculados ao tempo e verificaram a medição da frequência cardíaca da polpa dentária. Concluiu-se que a FLD é o único método indolor, não invasivo e aceitável para crianças, mostrou-se também confiável, reproduzível e facilmente padronizado.

Goho C. (1999) preparou um estudo piloto a fim de explorar o uso de uma sonda auricular modificada de OP para avaliar a saturação de oxigênio vascular pulpar em dentes decíduos e dentes permanentes imaturos. A população de amostra foi composta por incisivos centrais e laterais superiores decíduos e permanentes de crianças entre 4 e 10 anos. Os dentes deveriam estar livres de cárie, restaurações, defeitos de desenvolvimento e mobilidade e raízes livres de patologias ou reabsorções. Os pacientes não poderiam ter histórico de trauma em face, boca ou dentes. Incisivos permanentes no estágio 8 e 9 e Nolla foram incluídos. O grupo de controle era composto por 10 dentes obturados. A saturação do paciente foi medida no dedo indicador inicialmente, depois foi feita a medição dos incisivos com uma sonda auricular modificada, os valores foram registrados após 30 segundos em cada dente. Os valores foram registrados e analisados usando a análise de correlação de Spearman para avaliar a relação entre as leituras do oxímetro de pulso de dedo e de dente. Os 10 dentes não vitais registraram saturação de 0%, os incisivos permanentes imaturos registraram a média de 94%. Seus valores de controle, medidos nos dedos

indicadores dos pacientes foram em média 98%. Os incisivos decíduos tiveram a média de 93%. O controle deles, também medidos nos dedos indicadores dos pacientes, foi em média 97%. De acordo com a análise de correlação de Spearman, os valores mostraram uma correlação de 0,22 para os dentes decíduos e uma correlação de 0,15 para os dentes permanentes. O estudo conclui que a OP é um método objetivo e eficaz para avaliação da vitalidade pulpar, é aplicável principalmente em dentes decíduos ou permanentes imaturos. Não foi encontrada nenhuma correlação estatística significativa entre os valores de SaO₂ do dente e dos dedos, que pode ser explicada devido as limitações da sonda, por ser projetada para outras partes do corpo. Mais pesquisas são indicadas para analisar o uso de uma sonda específica para dentes e para avaliar o uso do oxímetro em dentes traumatizados.

Evans D. et al. (1999) conduziram um estudo com o objetivo de avaliar a confiabilidade da FLD como um método para determinar a vitalidade pulpar de dentes anteriores traumatizados, comparando-o com testes padrão. A pesquisa foi realizada no Departamento de Saúde Bucal Infantil, no Glasgow Dental Hospital e Escola, e envolveu a participação de 55 pacientes, totalizando 67 dentes anteriores não vitais com confirmação pulpar por meio de pulpectomia. Para fins de comparação, também foram registradas leituras de 84 dentes anteriores vitais (84 pacientes). Os dentes submetidos à pulpectomia foram testados utilizando tanto testes de diagnóstico pulpar padrão quanto a FLD, enquanto um dente anterior não traumatizado do mesmo arco também foi incluído para comparação. Os testes padrão utilizados envolviam a análise do histórico de dor, presença de trato sinusal alveolar, sensibilidade à percussão, descoloração coronal, sensibilidade dentária (por meio de cloreto de etila e teste de polpa elétrica), radiolucência periapical e reabsorção radicular externa inflamatória. No estudo, foi utilizado um equipamento de FLD (Perimed PF2b, Estocolmo, Suécia) com uma fonte de laser de 633 nm e uma sonda de fibra óptica com separação de fibra de 500 µm. A sonda foi posicionada perpendicularmente à superfície da coroa, cerca de 2 a 3 mm acima da margem gengival, e fixada com uma tala elastomérica de dois estágios. As leituras foram realizadas durante 3 minutos, utilizando uma largura de banda estreita de 4 kHz. Os resultados mostraram que todos os acessos foram feitos sem relato de dor por parte dos pacientes. Em 60 dentes, toda a polpa estava necrótica, enquanto em 7 dentes havia tecido vital na região apical do canal. Dos 67

dentes não vitais avaliados, 57 (85% da amostra) apresentaram valores de fluxo inferiores a 7,0 UP e foram classificados como "Não vitais". Os 10 dentes restantes, com um fluxo de 17 UP, foram classificados como "Vitalidade Intermediária". Com base na análise dos dados, foram desenvolvidos critérios diagnósticos para a FLD: "polpa vital" foi definido como fluxo igual ou superior a 27,0 UP e amplitude de vasomovimento de onda lenta superior a 1,6 UP; "Polpa não vital" foi definido como fluxo inferior a 7,0 UP; "Polpa de qualidade intermediária" (necrótica coronalmente, mas com maior probabilidade de perfusão apical) foi definido como fluxo igual ou superior a 27,0 UP, mas amplitude de vasomovimento de onda lenta inferior a 1,6 UP. Ao comparar as leituras da FLD em dentes não vitais com leituras normais em dentes vitais, os critérios diagnósticos desenvolvidos com base nos valores de vasomovimento de onda lenta para fluxo e amplitude apresentaram sensibilidade e especificidade de 1,0 na distinção entre dentes vitais e necróticos. Nenhum outro método diagnóstico testado demonstrou a mesma confiabilidade, apesar de os testes de sensibilidade pulpar apresentarem alta sensibilidade e especificidade. Assim, a FLD mostra potencial no manejo de dentes anteriores traumatizados.

Roeykens H. et al. (2002) relataram um caso a fim de determinar o uso da FLD como ferramenta exclusiva no diagnóstico da vitalidade pulpar a longo prazo em um caso de trauma. Uma mulher de 24 anos procurou atendimento Departamento de Emergência do Hospital Universitário de Ghent, na Bélgica após sofrer um trauma com envolvimento dentário. Os incisivos e canino direito superior estavam luxados e envolvidos em uma lesão de fratura alveolar, diagnosticada clinicamente e por meio de radiografia. A lesão estava situada acima dos incisivos centrais superiores e em parte do incisivo superior lateral esquerdo. O incisivo central esquerdo foi intruído 7mm, e depois do reposicionamento do osso alveolar e do dente foi colocada uma tala rígida por 10 semanas. Todos os dentes anteriores superiores foram submetidos a testes convencionais como gelo, calor, teste elétrico e FLD em seis ocasiões ao longo de 30 semanas. Quatro anos depois, os mesmos testes foram repetidos, pelo mesmo investigador e condições ambientais padronizadas. Em cada ocasião foram feitos 2 registros de 5 minutos, a cor dos dentes permaneceu a mesma e os dentes não foram tratados endodônticamente. Radiografias foram feitas para diferenciar patologia intrapulpar de perirradicular e nenhuma lesão periodontal foi identificada. Os valores obtidos nos testes a frio e calor foram negativos até a nona semana. Testes elétricos

foram negativos até a sétima semana. Todos os testes voltaram ao normal no final do acompanhamento (4 anos) exceto o teste elétrico do dente 11. Com a FLD, um padrão de hiperemia, isquemia e vitalidade foi registrado. Com base na avaliação da perfusão sanguínea pontuada por meio do fluxo, hiperemia precoce foi registrado em um período de 2 semanas, isquemia foi observado após 3 semanas. Nove semanas depois do trauma uma vitalidade restaurada foi observada. Uma boa reprodutibilidade foi encontrada para cada sonda e entre ambas as sondas. Concluiu-se que o FLD com duas sondas pode ser usado com exclusividade na avaliação da vitalidade pulpar com medições simultâneas em dentes adjacentes ou contralaterais e é confiável a longo prazo.

Nogueira A. L. F. (2003) realizou um estudo com o objetivo de desenvolver e avaliar um protocolo para o uso da FLD no diagnóstico objetivo da vitalidade pulpar. O estudo incluiu dezoito pacientes atendidos na Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Os critérios de inclusão exigiam que os pacientes fossem adultos, com idades entre 18 e 55 anos, em boas condições de saúde, e que apresentassem dentes anteriores unirradiculares (superiores ou inferiores). Os pacientes foram divididos em dois grupos: o primeiro grupo era composto por 15 pacientes com tratamento endodôntico em um dente e o dente contra-lateral vital (totalizando 17 pares de dentes), e o segundo grupo era composto por 3 pacientes com ambos os dentes vitais e seus contra-laterais vitais (totalizando 9 pares de dentes). No estudo, foi utilizado a FLD da Moor Instruments, modelo FlowLab, equipado com um laser de diodo infravermelho de 780 nm. A sonda utilizada foi a MP13, do mesmo fabricante, que consiste em duas fibras ópticas de 0,25 mm acondicionadas em um tubo de aço de 1,5 mm. Todos os elementos de ambos os grupos foram submetidos a radiografias e testes de percussão vertical e horizontal, mobilidade e testes térmicos (gás refrigerante e guta-percha aquecida). Foi realizada uma moldagem para confecção de uma base de silicone que permitisse melhor adaptação da sonda, e uma perfuração foi feita a 3 mm da margem gengival em ambos os dentes analisados nos dois grupos. Os registros foram feitos com a sonda em contato com o dente por um minuto, e foram repetidos três vezes em cada dente. O fluxo sanguíneo médio de cada segmento estável selecionado foi calculado em unidades arbitrárias (UA), e a média desses segmentos foi definida como fator F. Para avaliar a vitalidade pulpar, foi estabelecido o valor de F% como 100% para os dentes

vitais e a variação percentual desse valor para os dentes não vitais. No segundo grupo, o valor de F% para os dentes vitais do arco esquerdo foi estabelecido como 100%, e a variação percentual em relação a esse valor foi determinada para os contralaterais do lado direito. Em ambos os grupos, a variação percentual do fluxo médio foi diferente da obtida para o dente de referência, sendo possível observar uma variação pequena no Grupo II e uma variação pronunciada no Grupo I. Foi estabelecido um valor de corte (F%) abaixo do qual o teste seria considerado positivo. Após análise dos dados, ficou estabelecido que valores acima de 72% seriam considerados positivos (vitais) e valores abaixo de 72% seriam considerados negativos (não vitais). Também foram realizados testes de sensibilidade e especificidade para medir a eficácia do método estudado, e ambos resultaram em um valor de 1. Em conclusão, o protocolo desenvolvido demonstrou resultados aplicáveis em situações clínicas e pode ser reproduzido. A sensibilidade e especificidade igual a 1 evidenciam a eficácia do método na classificação da vitalidade pulpar.

Abrão C. V. (2006) elaborou uma dissertação a fim de avaliar a validade da utilização do OP como teste de vitalidade em dentes permanentes traumatizados. O estudo foi feito em dentes permanentes traumatizados, sem alterações periapicais radiográficas, que registraram respostas negativas na sensibilidade ao gás refrigerante e os valores dos níveis de oxigênio obtidos nos indicadores e nos dentes desses pacientes foram comparados por um período de dois meses. Foram incluídos no estudo 26 pacientes de ambos os sexos, idade entre 8 e 53 anos, matriculados no CADE-Trauma FOUSP (Centro de Atendimento de Dentística e Endodontia para Dentes Traumatizados). Foram selecionados 59 dentes permanentes que já haviam sofrido trauma por luxação e apresentaram resposta negativa ao teste de sensibilidade a frio e ausência de qualquer outro sinal e sintoma que sugerisse necrose pulpar. O aparelho usado para medição da saturação de oxigênio sanguínea foi o aparelho modelo Oxigraph da empresa System Partner. Primeiro foi realizada a medição da oximetria no dedo indicador do paciente, depois foi feita a medição nos dentes traumatizados, com o sensor adaptado para uso odontológico. O controle negativo foi feito por 10 dentes obturados e o controle positivo pelos dentes não traumatizados do próprio paciente. Os pacientes deveriam retornar após 30 dias para nova avaliação, e novamente após 30 dias. Os resultados das três leituras foram analisados e submetidos ao teste de aderência à curva normal e concluiu-se que os

valores não seguem distribuição normal. O teste de Cochran foi aplicado sendo fixado o nível de significância em 5% para os três tempos de leitura do OP e não houve diferença estatística, considerado o nível de 5%. Abrão C. V. pode concluir que o método foi eficaz na determinação do FSP, e pode ser usado na rotina clínica para avaliação da vitalidade de dentes traumatizados. Além disso, houve correlação entre o nível de oxigenação sanguínea dos dentes do grupo de controle e dos dentes traumatizados nos três tempos experimentais, e os dentes traumatizados não apresentaram taxas de oxigenação significativamente variável nos três tempos experimentais.

Gopikrishna V., Tinagupta K. e Kandaswamy D. (2007) realizaram um estudo com a finalidade de avaliar a eficácia de uma nova sonda odontológica personalizada de OP em comparação com testes térmicos e elétricos na avaliação da vitalidade pulpar. Oitenta incisivos, canino e pré-molares com necessidade de tratamento endodôntico foram selecionados para o estudo, esse grupo era composto por dentes vitais e não vitais. Os critérios de inclusão foram dentes unirradulares, dentes normais que necessitam de tratamento endodôntico por motivos protéticos ou supranumerários e dentes com lesões profundas que indicam alteração pulpar irreversível. Foi feito o teste elétrico, seguido pela OP e por fim o teste térmico, com intervalo de 30 minutos entre eles. O teste térmico identificou 34 das 42 polpas necróticas, enquanto 8 deles tiveram resposta sensível. Dos 38 dentes vitais que necessitavam de tratamento endodôntico, o teste térmico identificou 35, 3 polpas vitais não reagiram. O teste elétrico identificou 30 das 42 polpas necróticas, as outras 12 reagiram ao teste. Dos 38 dentes com polpa vital necessitando de tratamento, foram identificados 35, 3 delas não apresentaram sensibilidade. O teste de OP identificou todas as 42 polpas necróticas, dos 38 dentes vitais com necessidade de tratamento, 36 foram identificados e 2 não reagiram. A taxa de precisão foi de 86% para o teste a frio, 81% para o teste elétrico e 97,5% para a oximetria de pulso. Este estudo mostrou que a OP é um método objetivo e eficaz para determinar a vitalidade de dentes permanentes.

Calil E. et al. (2008) confeccionaram um estudo com o objetivo de avaliar a OP no diagnóstico de vitalidade pulpar. O experimento consistia em comparar, no mesmo paciente, os níveis de saturação de oxigênio do dedo indicador, dos incisivos centrais e caninos superiores sem sinal e inflamação. Foram selecionados dezessete

pacientes, com idade entre 26 e 38 anos. Os critérios de inclusão foram dentes com coroas saudáveis, sem restaurações ou restaurações menores que 2mm, sem sinais e sintomas clínicos e radiográficos de inflamação da polpa ou periapical. Foi selecionado o grupo de controle com 10 dentes com tratamento endodôntico realizado. Primeiro foram feitas as medidas dos dedos indicadores, depois foram realizados os testes nos dentes. Os dentes foram submetidos a teste de refrigeração e ao teste de vitalidade com OP, os dados foram analisados pelo teste t e Pearsons pareados. Não foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre oxigenação do dedo e dos dentes dos pacientes. Foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa nos níveis de oxigênio entre os dois grupos de dentes estudados e o índice dedo. O valor médio de saturação de oxigênio dos dedos foi de 95%, valores de oxigênio no incisivo central superior foram 91,29% e nos caninos superiores 90,69%. O método se mostrou eficaz na avaliação do nível de saturação de oxigênio dos caninos e incisivos superiores, portanto pode ser usado para diagnóstico de vitalidade pulpar. Entretanto, mais estudos são necessários para avaliar a eficiência do método em dentes traumatizados.

Roy E. et al. (2008) elaboraram uma pesquisa a fim de avaliar se curva de velocidade das células sanguíneas em movimento registrada por FLD poderia fornecer uma melhor método para diagnóstico da vitalidade pulpar do que os valores numéricos do FSP e, em segundo lugar, comparar a curva de velocidade das células sanguíneas em movimento com testes padrão de diagnóstico pulpar. Foi utilizado o Laser Doppler (Sistema PeriFlux 5000, Perimed, Estocolmo, Suécia), o diâmetro dos 3 fibras ópticas era de 125 μm e a distância fibra a fibra era de 250 μm . O estudo foi realizado no Hospital Universitário de Nantes, no Departamento de Odontologia, e contou com estudantes saudáveis entre 20 e 25 anos de idade e pacientes sem doenças gerais entre 9 e 21 anos de idade que estavam em tratamento por trauma dentário. O teste foi feito em 5 incisivos tratados endodonticamente, representando dentes sem fluxo sanguíneo. Incisivos superiores correspondentes vitais foram usados como controle. Radiografias foram usadas para avaliar se a polpa estava visível e se o estado periapical era normal. O teste FLD foi feito em 52 incisivos vitais dos estudantes, que responderam a testes térmicos e elétricos. Para investigação FLD em dentes traumatizados, as gravações foram feitas de incisivos superiores luxados (n 24). A sonda foi posicionada na face vestibular entre 3 e 5 mm da margem gengival.

A sonda foi inserida em um suporte de sonda (pH 07-6 Perimed, Suécia) fixado no dente com vidro Ionomere Cement Ketac Fil Plus (3M, Seefeld, Alemanha) colocado cuidadosamente ao redor do suporte da sonda para evitar qualquer interposição de material adesivo entre ponta da sonda e superfície do dente. Os dados foram registrados durante 3 minutos. Os valores do FSP não foram reprodutíveis e não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre dentes vitais e não vitais. No entanto, as curvas de velocidade das células sanguíneas em movimento podem distinguir entre dentes vitais ou não vitais. Testes em dentes luxados mostraram que 62,5% das curvas velocidade das células sanguíneas em movimento correlacionavam-se com testes de vitalidade convencionais, e apenas 12,5% das curvas velocidade das células sanguíneas em movimento poderiam ajudar no diagnóstico vital. Em conclusão, o FLD não apresenta uma medição confiável do FSP em UP. No entanto, a curva de velocidade das células sanguíneas em movimento é interessante na avaliação de dentes luxados, quando outros métodos denunciam falta de vitalidade.

Abd-Elmeguid A. e Yu D. C. (2009) realizaram uma revisão da literatura sobre testes de diagnóstico para avaliar a vitalidade pulpar. Embora uma resposta sensível a estímulos quentes, frios ou elétricos indique a presença de suprimento sensorial na polpa do dente, esses testes não fornecem informações específicas sobre o estado da polpa em si. Apesar da alta sensibilidade desses testes, é possível obter resultados falso-negativos ou falso-positivos, e qualquer falha no diagnóstico pode levar a um tratamento endodôntico desnecessário em um dente vital ou à falta de tratamento em um tecido necrótico, resultando em danos aos tecidos de suporte. Uma vez que a vitalidade pulpar é definida pelo FSP, a necrose pulpar é caracterizada pela ausência desse fluxo, mesmo que o suprimento sensorial ainda esteja preservado. Assim, o suprimento vascular é mais relevante do que o suprimento sensorial no diagnóstico da vitalidade pulpar. Embora ainda estejam em fase de estudo, dispositivos que avaliam o FSP, como o OP e a FLD, têm mostrado resultados promissores no campo da odontologia.

Jafarzadeh H. e Rosenberg P. A. (2009) realizaram uma revisão de literatura sobre o potencial de aplicação da OP na endodontia. A OP é uma técnica amplamente utilizada na medicina para registrar a saturação sanguínea e pode ser empregada na endodontia para diagnosticar a vitalidade ou necrose pulpar. Nesse método, a luz

emitida por um diodo fotoelétrico passa através da estrutura dentária e é detectada por um receptor, permitindo a análise das variações na absorção de luz vermelha e infravermelha causadas pelas alterações no volume do tecido durante o ciclo cardíaco. Por ser um teste indolor, é geralmente bem tolerado pelos pacientes, no entanto, existem algumas limitações a serem consideradas. A acidose e o aumento da taxa metabólica podem levar à desoxigenação da hemoglobina, resultando em alterações na saturação de oxigênio no sangue. Além disso, as leituras podem ser afetadas ou atrasadas pelo movimento do corpo ou da sonda, o que pode levar a resultados falsos ou imprecisos.

Rajan V. et al. (2009) elaboraram um estudo sobre a confiabilidade das medições do FSP utilizando FLD. O objetivo do estudo foi avaliar o impacto da localização da sonda de medição nas medições do FSP e se as medições de locais idênticos variam ao longo do tempo usando a FLD. Neste estudo, 13 voluntários de idade entre 21 e 39 anos tiveram o FSP de um incisivo central superior medido em cinco locais diferentes na superfície labial de cada dente, usando talas feitas sob medida para posicionamento preciso e reprodutível da sonda em quatro sessões de medição. Nenhum dos dentes medidos apresentava grandes restaurações, histórico de trauma recente ou tratamento ortodôntico. O Fluxômetro Laser Doppler (Periflux PF3, Perimed, Estocolmo, Suécia) foi utilizado. Foram realizadas quatro sessões de medição, durante cada sessão, a sequência de medição para os cinco locais foi selecionada aleatoriamente e realizada duas vezes, resultando em duas medições de cada local em uma única sessão. Para minimizar o viés resultante do movimento dos sujeitos ou da sonda, a frequência de pulso, a pressão sanguínea e a temperatura ambiente também foram registradas. Os resultados indicaram que a posição espacial da sonda de medição teve um efeito significativo nas medições do FSP, com medições em locais gengivais sendo maiores do que em locais incisais ($p < 0,05$) e aquelas em locais centrais sendo intermediárias. No entanto, as medidas em diferentes locais méso-distais não diferiram quando feitas na mesma altura do dente ($p > 0,05$). O estudo também descobriu que as medições do FSP em um determinado local não eram consistentes em todas as sessões de teste ($p < 0,0001$), sugerindo a necessidade de reposicionamento preciso da sonda e condições de controle adequadas para explicar a variação temporal ao interpretar as medições longitudinais do FSP obtido pela FLD.

Jafarzadeh H. (2009) apresentou uma revisão da literatura sobre o uso da FLD na endodontia. Realizou-se uma busca em artigos relevantes sobre o tema, abrangendo o período de junho de 1983 a março de 2008, utilizando as bases de dados PubMed e MEDLINE. A FLD é um método óptico de medição que permite a quantificação do número e da velocidade de partículas transportadas por um fluxo de fluidos. Essas partículas devem ser suficientemente grandes para serem detectadas e suficientemente pequenas para seguirem o fluxo normalmente. A luz do laser é transmitida para a polpa por meio de uma sonda de fibra óptica, e a luz dispersa pelos glóbulos vermelhos apresenta um deslocamento de frequência, enquanto a luz do tecido estático não sofre tal deslocamento. A luz é então refletida por fibras aferentes, gerando um resultado mensurável. Essa técnica é indicada para avaliar a vitalidade pulpar, realizar testes em crianças, diferenciar radiolucidez apical, examinar reações a agentes farmacológicos, avaliar respostas a estímulos térmicos ou elétricos, e monitorar a resposta pulpar durante tratamento ortodôntico e em casos de traumas. No entanto, é importante considerar algumas variáveis que podem afetar os resultados dessa técnica, como influências ambientais e a presença de sinais não pulpares. Por ser uma abordagem objetiva e indolor, é bem aceita pelos pacientes. Com a redução do custo e o aprimoramento da aplicação clínica, espera-se que o uso do FLD na rotina clínica para o diagnóstico da vitalidade pulpar se torne mais comum.

Chen E. e Abbott P. V. (2009) realizaram um estudo com o objetivo de revisar a literatura acerca dos testes pulpares. A FLD é um teste não invasivo que tem como objetivo medir o FSP em vez de sua função sensorial. Dentro das suas limitações podem ser citados os ruídos de interferência periodontal, contaminação gengival do sinal pela distância do laser da margem gengival, obstrução e interferências no caminho da luz. A precisão do aparelho ainda é questionada, visto que suas limitações interferem nos resultados. A interpretação dos resultados é comumente feita através de comparação com dentes contralaterais saudáveis, mas ainda é um desafio.

Jafarzadeh H. e Abbott P. V. (2010) realizaram uma revisão de literatura sobre os testes de vitalidade pulpar, informações gerais e testes térmicos. Essa revisão englobou artigos relevantes sobre o tema entre o período de novembro de 1964 e janeiro de 2009, disponíveis nos bancos de dado PubMed e MEDLINE. Os testes térmicos estão disponíveis em vários métodos, e podem ser estímulos frios ou quentes, que quando usados de maneira correta, não são lesivos a polpa dentária. Os testes de sensibilidade são os mais comuns na rotina clínica pelo baixo custo e

simplicidade, no entanto, por medirem a resposta neural e não o suprimento vascular, esses testes apresentam limitações e não raramente, resultados falsos. Por isso, os resultados dos testes de sensibilidade devem ser acompanhados por análise detalhada do histórico, dos sintomas e dos achados clínicos radiográficos. O diagnóstico confiável só pode ser alcançado através do conjunto dos fatores citados.

Karayilmaz H. e Kirzioğlu Z. (2011) elaboraram um estudo visando comparar e avaliar a confiabilidade do teste elétrico de polpa, OP e FLD como métodos de teste de vitalidade, calculando a especificidade, sensibilidade e valores preditivos. Foram incluídos pacientes atendidos na Faculdade de Odontologia de Süleyman Demirel, no departamento de Pedodontia. Os pacientes selecionados tinham um ou dois incisivos superiores tratados endodonticamente (grupo de estudo) e o mesmo dente contralateral saudável (grupo controle). Foram avaliados 59 pares de incisivos superiores (38 centrais e 21 laterais) de 51 pacientes com idade entre 12 e 18 anos (28 mulheres e 23 homens). Todos os dentes possuíam coroas intactas ou pequenas restaurações distantes da área cervical, onde seriam feitos os testes. O teste com Oxímetro de pulso foi realizado com o Life Scope I, Multiparameter Bedside Monitor' (Model BSM-2301K*) e uma sonda infantil modificada foi usada para registrar os níveis de SaO₂. A sonda foi posicionada na cervical do dente e os valores foram registrados após 45s de monitoramento, se não houvesse resposta, os valores de oxigênio eram registrados como negativos. O FSP foi medido por um Fluxômetro Laser Doppler (BLF21A† ; wavelength 780 nm) e uma sonda personalizada (ext. diam.; 1Æ5 mm, two fibre in 0Æ2 mm diam., centres 0Æ5 mm apart). Talas de silicone foram usadas para garantir um posicionamento preciso da sonda, que foi posicionada perpendicularmente à superfície da coroa a 2 mm da margem gengival. A avaliação durou 45 segundos, 20s foram selecionados para avaliação no software (Windaq ver. 2.36‡), e o FSP médio dos dentes foi calculado em UP pelo mesmo software. Um aparelho de teste elétrico convencional foi usado (Pulptest, Model PT-20§), e todas as respostas foram consideradas positivas, a ausência delas foi considerada negativa. A sensibilidade do teste elétrico de polpa foi de 0,915 e do OP de 0,813. A especificidade do teste elétrico foi 0,881 e OP foi 0,949. A diferença entre os valores do FLD obtidos a partir do grupo de estudo, e de controle foi estatisticamente significativa, sensibilidade e especificidade de 1,0 na discriminação entre dentes obturados e saudáveis. A FLD foi considerada o método mais confiável e eficaz na avaliação do estado pulpar de dentes humanos, especialmente em pacientes

pediátricos, que podem não cooperar com outros métodos e podem apresentar dentes com desenvolvimento incompleto, reduzindo a eficácia e confiabilidade de métodos convencionais.

Pozzobon M. H. et al. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de projetar e construir um OP sob medida para avaliar o FSP em dentes decíduos e permanentes, além de comparar o nível de SaO₂ obtidos entre os dentes e dedos dos pacientes. O oxímetro de pulso BCI 3301 (Smiths Medical PM Inc., Waukesha, WI, EUA) foi utilizado e combinado com dois sensores (3025) calibrado no Laboratório de Avaliação Técnica do Instituto de Engenharia Biomédica da UFSC. Um sensor foi usado para medir a saturação de oxigênio no dedo mínimo e o outro nos dentes. O estudo foi realizado em 123 dentes de 84 pacientes, com idade entre 4 e 13 anos, atendidos nas Clínicas de Odontopediatria ou Endodontia da UFSC Brasil. Os dentes deveriam estar livres de restaurações, cáries, defeitos de desenvolvimento, mobilidade e reabsorção radicular. Pacientes com histórico de dor e trauma envolvendo face foram excluídos. Os dentes foram selecionados pelos estágios de Nolla (estágios 8, 9 e 10 foram incluídos). Foram divididos em grupos, grupo 1 era formado por dentes decíduos, 23 incisivos centrais superiores e 28 caninos superiores. O grupo 2 era composto por dentes permanentes, 25 incisivos centrais superiores e 28 caninos, e o grupo 3 (grupo controle) por 19 incisivos centrais superiores obturados (doze dentes permanentes e sete dentes decíduos). O sensor foi posicionado sem contato com os dentes, que foram isolados com filme de PVC transparente, na superfície vestibular e palatina, mantendo um alinhamento paralelo entre os dois diodos. Foram registrados três valores de SaO₂ para cada dente dentro de 30 segundos durante 3 minutos de monitoramento. A taxa de precisão do FSP foi de 100%, os valores médios de SaO₂ foram de 85,27% nos dentes e 92,85% nos dedos. O OP foi eficaz na determinação do fluxo pulpar em dentes decíduos e permanentes e não foi possível estabelecer uma correlação entre o nível de SaO₂ nos dedos e dentes.

Chen E. e Abbott P. V. (2011) fizeram um estudo com o objetivo de comparar a precisão clínica, confiabilidade e repetibilidade do FLD, do teste pulpar elétrico e de testes de sensibilidade pulpar térmicos (CO(2), Endo Frost [EF], Gelo). Os testes foram realizados em 121 dentes de 20 pacientes, com 2 ou 3 sessões de testes com intervalo mínimo de uma semana, na segunda visita a ordem dos testes foi invertida. O FLD foi usado para medir o FSP médio, calibrado contra um meio de movimento browniano e zerado contra um refletor estático. A fonte do laser foi de 780 nm, com

separação de fibra de 0,5 mm na sonda, 3,1 kHz como a largura de banda primária para filtro definido como constante de saída de tempo de 0,1 segundo. Splints personalizados de polivinilsiloxano foram fabricados para cada participante, e um mínimo de 90 segundos de tempo de gravação foi usado para cada dente. Foi feita a análise dos dados usando a análise de variância de medida repetida, comparações pareadas e correlações interclasses. A precisão dos testes elétricos foi de 97,7%, CO(2) de 97,0% e do fluxômetro laser Doppler 96,3%, sem diferença significativa. Endo Frost e Gelo tiveram precisão de 90,7% e 84,8%, respectivamente. Teste elétrico e CO (2) foram significativamente mais precisos do que EF. O gelo foi significativamente menos preciso do que o teste elétrico, CO (2), FLD e Endo Frost. Com exceção do gelo, todos os testes foram confiáveis. Gelo e FLD foram os mais repetidos. Conclui-se que, CO(2), teste elétrico e FLD foram os testes mais confiáveis e precisos. CO(2) e teste elétrico foram menos repetíveis, embora consumissem menos tempo do que o FLD. Endo Frost foi confiável, mas não tão preciso quando comparado ao elétrico e CO(2) e menos repetível que o gelo e o FLD. O gelo foi o teste mais repetível, menos preciso e menos confiável.

Setzer F. C. et al. (2013) realizaram um estudo com o objetivo de medir as diferenças entre o isolamento de um ou múltiplos dentes na medição do FSP usando FLD. Foi realizada a análise do fluxo em UP de 20 incisivos superiores, sem restaurações e que apresentaram sensibilidade normal, de pacientes saudáveis entre 24 e 42 anos. Foi feito o isolamento apenas do dente sob avaliação do fluxo e também o isolamento múltiplo, que envolvia a área entre os caninos superiores. As gravações foram feitas com FSP regular e com infiltração local com vasoconstritor. Os testes ANOVA e Tukey HSD foram usados para análise estatística. O FSP médio com condições regulares foi significativamente diferente entre dentes únicos isolados e dentes múltiplos isolados. Quando foi administrada anestesia local, o FSP foi significativamente diferente entre isolamento de dente único e isolamento de vários dentes. Diferenças significativas também existiram entre o isolamento de um único dente sob condições regulares e com anestesia local, entre isolamento de dente único sob condições regulares e isolamento de múltiplos dentes com anestesia local, e entre o isolamento de vários dentes sob condições regulares e com anestesia local. Conclui-se que as medições podem ser obtidas através do isolamento unitário ou múltiplo. O isolamento múltiplo bloqueou melhor a contaminação de sinal, o isolamento unitário

forneceu leituras significativamente diferentes entre FSP regular e com infiltração local e pode, portanto, ser uma opção para avaliação do FSP com FLD.

Bruno K. F. et al. (2014) prepararam uma revisão crítica acerca da saturação de oxigênio da polpa de dentes permanentes. O objetivo do estudo foi analisar criticamente as pesquisas já publicadas, a fim de estabelecer uma saturação média de oxigênio para diagnosticar polpas dentárias normais em dentes permanentes superiores anteriores, usando a OP. A literatura foi pesquisada usando MEDLINE, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Cochrane Central Register of Bancos de dados de Ensaios Controlados (CENTRAL). Os períodos abrangidos foram 1966, 1998 e 1999 a 27 de abril de 2013, e os termos de pesquisa foram “oximetry”, “oximeter”, “pulp”, “dental” e “odontologia”. Os critérios de inclusão foram estudos envolvendo humanos; estudos envolvendo OP para determinar a saturação de oxigênio da polpa; experimentos realizados em dentes permanentes superiores anteriores; estudos envolvendo grupos experimentais ou grupos controle apresentando vitalidade pulpar normal e estudos relatando tamanho da amostra, mediana e desvio padrão. A idade mínima dos pacientes foi sete anos e os oxímetros mais usados foram Oxygraph com sensor Y (System Partner, São Paulo, SP, Brasil) e Datex-Ohmeda com sensor OxyTip (Surgical & Medical Devices, Madison, WI). Para os incisivos centrais, a média de saturação das polpas dentárias foi de 87,73%, com um intervalo de confiança (IC) de 95% de 84,50–90,96. Para os incisivos laterais, a média de saturação de oxigênio foi de 87,24% (95% IC, 78,53–95,95). Finalmente, a média do grupo dos caninos foi de 87,26% (95% IC, 79,46 – 95,05). Por fim, a análise concluiu que a saturação média de oxigênio da polpa dentária foi maior que 87%, portanto, esse valor pode ser usado como referência no diagnóstico da vitalidade pulpar de dentes permanentes.

Shahi et al. (2015) executaram um estudo in vivo a fim de avaliar e comparar a OP e o teste pulpar elétrico em dentes decíduos e permanentes de crianças. O estudo foi realizado no Departamento de Odontopediatria e Odontologia Preventiva, ITS-CDSR, Muradnagar, Ghaziabad. Material utilizado: OP com sonda de ouvido modificada (Nellcor OxiMax), Testador de polpa elétrico (Gentle-Pulse, Parkell Electronics Division), meio eletrolítico (creme dental), afastador de bochecha, rolos de algodão, luvas descartáveis. Os critérios de inclusão foram crianças entre 6 e 8 anos positivas na escala de classificação de Frankel, com dentes livres de cárie, restauração, trauma e defeito de desenvolvimento. Os critérios de exclusão foram

pacientes com doença mental ou doenças periapicais ou periodontais que envolvessem os segundos molares decíduos ou primeiros molares permanentes. Cento e cinquenta e cinco crianças de 4 a 15 anos foram divididas em grupos, Grupo I (controle) composto por vinte segundos molares decíduos e primeiros molares permanentes tratados endodonticamente. Grupo II e III (estudo) incluiu oitenta e cinco segundos molares decíduos saudáveis e oitenta e cinco primeiros molares permanentes saudáveis, respectivamente. Grupo IV incluiu 50 dentes com necessidade de tratamento endodôntico. Primeiro, o oxímetro foi colocado no dedo indicador esquerdo e em seguida a sonda auricular do oxímetro de pulso foi colocada na face vestibular do dente por 30 segundos. O valor de oximetria acima de 75% foi considerado positivo e no teste elétrico pulpar qualquer nível foi considerado positivo. As leituras foram registradas como verdadeiro positivo, falso positivo, verdadeiro negativo, falso negativo. O OP identificou todos os dentes tratados endodônticamente como não vitais, e todos os dentes vitais do II e III grupo como vitais. Houve um resultado falso negativo no Grupo IV. Nos testes elétricos, dois resultados falso negativos foram observados no primeiro grupo, todos os molares foram identificados como vitais no segundo grupo, 17 respostas falso-negativas foram identificadas no grupo III e 11 respostas falsas no VI. A sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivos e negativos, precisão e nível de significância foram calculados para cada método. O OP forneceu leituras consistentes nos grupos II e III, demonstrando ser capaz de diferenciar dentes vitais e não vitais. Nos testes elétricos, o grupo I apresentou 10% de falsa resposta e no grupo II 100% das respostas foram positivas. No grupo III 20% das respostas foram falsas e no grupo IV o teste elétrico mostrou 22% de falha. A sensibilidade do OP e do teste elétrico foram de 1,00 e 0,90 no grupo I (dentes tratados endodonticamente), 1,00 e 1,00 no grupo II (dentes maduros), 1,00 e 0,90 no grupo III (dentes imaturos) e 0,98 e 0,85 no grupo IV (dentes doentes). A especificidade da OP e do teste elétrico foi de 1,00 e 0,90 para os grupos I, II e III, no grupo IV foram 1,00 e 0,44 respectivamente. Concluiu-se que o OP é um método sensível, objetivo e não invasivo, e pode ser usado na rotina para avaliação pulpar, entretanto, é necessário estabelecer um valor para indicação de saúde ou doença da polpa.

Stella J. P. et al. (2015) elaboraram um estudo transversal observacional com o objetivo de medir, utilizando a OP, a saturação de oxigênio em incisivos centrais superiores permanentes com polpa normal em crianças/adolescentes e adultos.

Foram incluídos todos os pacientes atendidos na clínica odontológica do sul do Brasil, e depois de possíveis perdas, a amostra final compreendeu 110 incisivos centrais superiores de 57 indivíduos: 28 crianças/adolescentes (7–13 anos) e 29 adultos (22–36 anos). Os critérios de inclusão foram indivíduos com estado geral de saúde satisfatório, ausência de doença e de medicamentos sistêmicos e com incisivos centrais superiores saudáveis. A saturação de oxigênio foi medida por pulso pediátrico portátil BCI 3301 oxímetro (Smiths Medical PM Inc, Waukesha, WI) com um sensor envoltório 3025. Um adaptador de aço foi projetado para conectar o oxímetro aos dentes do paciente, mantendo os diodos do sensor paralelos entre si. A saturação foi medida duas vezes, com um intervalo de 30 segundos em cada dente, e o valor foi registrado. As variáveis batimento cardíaco, taxa de saturação de oxigênio obtida no dedo indicador, dimensões da coroa e tempo de leitura do oxímetro também foram registradas. O nível médio de saturação de oxigênio dos incisivos da amostra foi de 81,25% 8,19% (intervalo, 61,0-99,0), e as medições dos dedos de de 95,77% 2,86% (intervalo, 81,0-99,0). Foi observada uma diferença estatisticamente significativa no nível médio de saturação de oxigênio dos incisivos centrais superiores de crianças/adolescentes (84,35%) quando comparado ao dos adultos (77,88%), sendo o nível das crianças/adolescentes mais elevado. Mulheres apresentaram saturação mais alta que os homens, com diferença estatisticamente significativa. Não houve correlação entre as taxas de saturação de oxigênio observadas nos dentes e nos dedos e também não houve correlação entre saturação de oxigênio e dimensões da coroa, frequência cardíaca ou tempo de leitura do oxímetro.

Pigg M. et al. (2016) realizaram um estudo da rede de pesquisa baseada na prática odontológica nacional. O trabalho é baseado em análises secundárias de dados originalmente coletados e o estudo original teve como objetivo avaliar os resultados após tratamento endodôntico. Sessenta e dois dentistas de cinco regiões (Alabama/Mississippi, Flórida/Geórgia, Minnesota, Oregon/Washington e Dinamarca/Suécia) registraram dados de pacientes endodônticos na Rede Nacional de Pesquisa Baseada na Prática Odontológica. Sangramento pulpar foi referência clínica e a sensibilidade, especificidade, precisão geral do teste, valores preditivos positivos e negativos e probabilidade e razões de chances diagnósticas foram calculados para cada teste único e os testes combinados de frio e percussão. O teste de sensibilidade ao frio teve alta validade para identificar estado pulpar não vital, enquanto a dor a percussão teve menor validade. A combinação dos dois testes não

aumentou a validade dos mesmos. A dor pré operatória, ingestão de medicamentos, idade e sexo dos pacientes e o nível de treinamento dos dentistas foram variantes que afetaram significativamente a validade do teste. Conclui-se que, na prática odontológica regular, os testes de sensibilidade a frio são mais precisos para determinar a vitalidade ou não da polpa quando comparados aos testes de percussão dentária.

Bargrizan et al. (2016) fizeram um estudo com o objetivo de avaliar o potencial da OP na avaliação da vitalidade da polpa em dentes permanentes imaturos. O estudo foi realizado analisando 184 dentes com o ápice aberto (incisivos centrais e laterais) e 132 dentes com ápice fechado (incisivos centrais e laterais), de 123 crianças entre 68 e 166 meses de idade. Os critérios de inclusão foram: dentes livres de cárie, fratura ou alteração de cor; pacientes sem histórico de trauma em face, boca ou dentes e pacientes que precisavam de radiografia panorâmica por outros motivos. Os critérios de exclusão foram: dentes sintomáticos; histórico de trauma; dentes com cárie, alteração de cor e doença periodontal avançada; dentes com inchaço e mobilidade avançada e dentes com sensibilidade à palpação apical ou percussão horizontal. O OP ALBORZ B5 (Masimo SET/SAADAT, IRAN) e o sensor FMT-RAF-MSM-L (Metko Ltd, Istanbul, Turkey) foram usados para a avaliação da vitalidade pulpar. Um sensor personalizado foi construído para adaptação do mesmo aos dentes. Os valores de saturação sistêmica foram medidos primeiros nos polegares e depois nos dentes dos mesmos pacientes com o mesmo sensor. Os valores foram registrados após 15 segundos de monitoramento em cada dente, e em 20 pacientes foram medidos duas vezes com intervalo de 10 segundos, para avaliação da reprodutibilidade dos dados. O valor de saturação de 10 dentes não vitais (obturados) foram medidos para controle negativo. Foram analisadas as seguintes comparações: comparação entre saturação obtido pelo dedo do paciente com um sensor sob medida com e sem tampa; comparação entre valores de oxigênio obtidos pelo oxímetro original de pulso e pelo oxímetro feito sob medida; comparação entre os valores de saturação em duas medidas com intervalo de 10 segundos. O teste estatístico de Pearson foi usado para determinar a correlação da leitura dos dentes e dos dedos, e o teste de Spearman foi realizado para determinar a correlação entre a leitura do dente e o estágio de desenvolvimento radicular. A análise estatística do teste t foi realizada para comparar o valor médio de saturação de dentes com o ápice fechado e com o ápice aberto. Não houve diferenças significativas entre os sensores com ou sem tampa, entre os

sensores originais e os feitos sob medida, e entre as leituras com intervalo de 10 minutos. Os dentes não vitais apresentaram saturação 0% indicando ausência de vascularização. O valor médio de saturação do dedo do paciente foi de 97,17%. O valor médio de oxigenação dos dentes com ápice aberto foi de 86,71% no central esquerdo, 86,83% no central direito, 84,50% no lateral esquerdo e 83,35 no lateral direito. O valor médio da saturação de oxigênio dos dentes com ápice fechado foi de 84,61% no central esquerdo, 85% no central direito, 83,14% no lateral esquerdo e 81,82% no lateral direita. Não houve correlação entre a saturação de oxigênio do sangue no dedo e nos dentes e a média de saturação dos dentes com ápice fechado foi significativamente menor quando comparada à com ápice aberto. Houve uma correlação negativa entre os níveis de oxigênio no sangue e desenvolvimento da raiz, quanto mais desenvolvida é a raiz, menor o nível de oxigênio no sangue. Os autores recomendam o uso do OP com sensor fixo personalizado com transmissor e detector paralelos para avaliar a vitalidade do dente.

Ghouth et al. (2018) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de avaliar as evidências de estudos clínicos sobre o uso da FLD no acesso e monitoramento do status da polpa de dentes permanentes comparados a outros testes de vitalidade e sensibilidade. A base de dados incluiu o MEDLINE (1946 a 2016), EMBASE e EMBASE clássico (1947 a 2016) e registro central cochrane para ensaios centrais. Uma busca por ensaios em andamento foi realizada em dois sites: www.clinicaltrials.gov e www.controlled-trials.com. A busca de dissertações e teses foi feita no ProQuest e resumos de conferência e procedimentos foram pesquisados usando a base de dados BIOSIS. O FLD mostrou sensibilidade de 81,8 a 100% e especificidade de 100% em três estudos, foi comparado ao teste de teste elétrico da polpa em três estudos e o teste elétrico mostrou sensibilidade de 63,3% – 91,5% e especificidade de 88 a 100%. O FLD foi comparado ao etil cloreto, mostrando sensibilidade 92% e especificidade 89%. A precisão e repetibilidade do FLD em comparação com quatro outros testes pulpares foi de 96,3% e 82%. A OP também foi comparada e mostrou ser menos sensível e menos específica quando comparada ao FLD. Entretanto, os dados foram baseados em artigos com alto nível de viés e deficiências, foram destacadas inconsistências nas evidências que apoiam o uso do laser na avaliação da vitalidade pulpar. Foi concluído que mais pesquisas e ensaios clínicos são necessários para avaliar o uso da FLD antes que seja recomendado para uso rotineiro na atividade prática.

Ghouth N. et al. (2019) prepararam um estudo com a finalidade de avaliar se a FLD é mais precisa, quando comparada aos testes convencionais de sensibilidade pulpar (elétrico teste pulpar e cloreto de etila), na avaliação do estado pulpar de dentes anteriores permanentes em crianças, e identificar o limiar da FLD. O estudo contou com 74 participantes (crianças de 8 a 16 anos), atendidas na clínica de trauma do Hospital Odontológico Leeds, que realizaram tratamento endodôntico em um incisivo central ou lateral superior ou polpa extirpada e um dente vital contralateral. As medidas para resultado foram sensibilidade, reprodutibilidade, especificidade e valores preditivos. Uma diferença significativa no resultado de polpas vitais e não vitais foi encontrada. A razão de corte para FLD foi de 0,6, resultando, sensibilidade 53% e uma especificidade 33%. O teste elétrico apresentou valores mais elevados, sensibilidade 83,8%–94,6% e especificidade 89,2%–97,6%, e o cloreto de etila apresentou sensibilidade 81,1%–91,9% e especificidade 73%–81,1%. A repetibilidade da FLD foi de 0,85, do teste de polpa elétrico 0,86 e do cloreto de etila 0,81. Concluiu-se que a FLD não foi capaz de diferenciar entre dentes com polpas vitais e não vitais em crianças de 8 a 16 anos, mostrando alta probabilidade de resultado falso.

4 DISCUSSÃO

A minuciosa avaliação de cada paciente desempenha um papel fundamental na obtenção de um diagnóstico preciso na área da endodontia. Nesse contexto, são empregados métodos auxiliares de diagnóstico amplamente utilizados na prática clínica devido ao seu baixo custo e simplicidade (JAFARZADEH, 2010).

Dentre os métodos mais comumente utilizados para avaliar o estado endodôntico do paciente, Gopikrishna, Tinagupta e Kandaswamy (2007), Abd-Elmeguid A. e Yu D. C. (2009) e Jafarzadeh H. e Abbott P. V. (2010) destacam os testes de sensibilidade, como os testes de sensibilidade térmicos (frio e calor), elétricos, teste de percussão e teste de cavidade.

Em 2016, Pigg M. et al. relataram que os testes de sensibilidade a frio são mais precisos na avaliação da vitalidade pulpar quando comparados ao teste de percussão. No entanto, Ebihara A. et al. (1996), Roeykens H. et al. (2002), Gopikrishna, Tinagupta e Kandaswamy (2007) e Jafarzadeh e Rosemberg (2009) Abd-Elmeguid A. e Yu D. C. (2009) evidenciam que esses métodos auxiliares são considerados subjetivos e inadequados por analisarem a resposta neural do paciente, podendo resultar em tratamentos endodônticos desnecessários ou atrasados.

Atualmente, é amplamente reconhecido que a avaliação do suprimento sanguíneo é o método mais preciso para o diagnóstico da vitalidade pulpar, independente da continuidade neuronal (AANDERUD-LARSEN et al., 1995; POZZOBON et al., 2011). Portanto, a literatura apresenta métodos indolores, objetivos, não invasivos e sensíveis na avaliação da vitalidade pulpar, esses métodos são o OP e a FLD (GAZELIUS et al., 1986; FRATKIN, KENNY, JOHNSTON, 1999; CHENN, ABBOTT, 2009; SHAHI, 2015).

A primeira referência da FLD vinculada a odontologia foi em 1986 por Gazelius et al. Em seu estudo foi observado que em dentes não vitais ou pulpectomizados, a atividade circulatória apresentou diferenças significativas em comparação com dentes normais e sensíveis. Lopes e Siqueira Jr. (2015) enfatizam que isso ocorre pela vasodilatação e aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos quando a polpa está infectada, causando exsudação. Esses processos podem levar ao edema e aumento da pressão no tecido pulpar, que é problemático devido à rigidez da dentina

que envolve a polpa. Em estágios avançados, a pressão interna do tecido pode dificultar a drenagem adequada, e os produtos bacterianos liberados podem ser tóxicos para as células, resultando em morte celular e necrose tecidual.

Foi destacado no estudo de Karayilmaz H. e Kirzioğlu Z. (2011) que a especificidade e sensibilidade do OP foi de 0,949 e 0,813 e do teste elétrico da polpa 0,881 e 0,915, respectivamente. Se tratando da FLD, a sensibilidade e especificidade apresentada foi de 1,0 na discriminação de dentes saudáveis e obturados, e por isso foi considerada o método mais eficaz na avaliação do estado pulpar.

Em contrapartida, Ghouth et al. (2018) também comparou os métodos e a OP também mostrou ser menos sensível e menos específica quando comparada a FLD. Entretanto, os dados foram baseados em artigos com alto nível de viés e deficiências, destacaram inconsistências nas evidências que apoiam o uso da FLD na avaliação da vitalidade pulpar e evidenciam que mais ensaios clínicos são necessários antes que seja indicado para uso em rotina clínica.

No estudo de Karayilmaz H. e Kirzioğlu Z. (2011) a FLD foi recomendado para pacientes pediátricos por ser um método indolor e objetivo e por não necessitar de cooperação quando comparado a outros métodos. A recomendação do seu uso em pacientes pediátricos também foi destacada por Jafarzadeh H. (2009) e Fratkin R. D., Kenny D. J. e Johnston D. H. (1999).

No entanto, ao examinar a precisão da FLD na avaliação da vitalidade pulpar em dentes permanentes de crianças, Ghouth N. et al. (2019) apresentou que a sensibilidade da FLD foi de 53%, especificidade 33% e repetibilidade 85%. Assim, concluiu que o método não foi capaz de diferenciar polpas vitais e não vitais em crianças de 8 a 16 anos, mostrando alta probabilidade de resultado falso.

Embora seja um método promissor para a endodontia, Chen E. e Abbott P. V. (2009) e Jafarzadeh H. (2009) observam que a exatidão do aparelho ainda é questionada devido às suas limitações, que interferem nos resultados. Os estudos destacaram ruídos de interferência periodontal, contaminação gengival do sinal pela distância do laser à margem gengival, obstrução e interferências no caminho da luz.

Na tentativa de minimizar as interferências, Setzer F. C. et al. (2013) analisaram o papel do isolamento no bloqueio da contaminação de sinal. Foi concluído que o

isolamento múltiplo dos dentes bloqueou melhor a contaminação de sinal quando comparado ao isolamento unitário, embora ambos possam ser usados na avaliação.

Em concordância, Gush R. J. e King T. A (1987) destacam que a sensibilidade do método pode ser problemática devido a artefatos de movimento. Os autores sugerem que os mesmos podem ser minimizados através do uso de fibras ópticas específicas, atenção à geometria da sonda, revestimento das fibras para reduzir o movimento e aplicação cuidadosa do método. Além disso, Musselwhite J. M. et al. (1997) alertam sobre medicamentos que afetam o FSP, e conseqüentemente, invalidar os resultados da FLD. Os destaques do estudo foram medicamentos usados em doenças cardiovasculares e a nicotina.

Foram realizados estudos para avaliar as sondas utilizadas no método, Ingólfsson A. R. et al. (1994) investigaram qual sonda apresentaria os melhores resultados. Cinco sondas com diferentes diâmetros e distâncias entre as fibras (200/1500, 200/1000, 200/800, 200/500 e 125/250 μm) foram utilizadas, e o estudo indicou que a sonda com menor separação de fibras foi a mais sensível na distinção entre polpas necróticas e vitais. Em outro estudo, Ingólfsson A. E. et al. (1994) ressaltaram que quanto menor for a separação das fibras da sonda, maior deve ser a precisão no posicionamento da luz incidente.

No entanto, Ingólfsson A. R. et al. (1994) enfatizam que os sinais de saída foram significativamente mais baixos em dentes com polpas necróticas em comparação com dentes com polpas vitais, independentemente da sonda utilizada. Em média, o sinal foi 42,7% menor nos dentes com polpas necróticas.

O impacto da localização da sonda nas medições do FSP também foi avaliado e apresentaram impacto significativo. Rajan V. et al. (2009) destacam que as medições realizadas em locais gengivais foram maiores do que em locais incisais ($p < 0,05$), e as medições em locais centrais ficaram em um nível intermediário. No entanto, as medições em diferentes locais méso-distais não apresentaram diferenças quando feitas na mesma altura do dente ($p > 0,05$).

Da mesma forma, Ingólfsson A. R. et al. (1994) observaram diferenças significativas nos sinais de saída quando a fibra iluminada estava posicionada na região incisal, sendo esses sinais consideravelmente menores em comparação com

as outras posições, exceto na sonda 200/1000. Com relação à sonda anterior, não foram encontradas diferenças significativas entre as quatro posições avaliadas. Não foram observadas diferenças significativas entre as posições gengival, mesial e distal em nenhuma das sondas, exceto na sonda 125/500, na qual os sinais obtidos na posição mesial foram significativamente menores do que os sinais registrados na posição gengival.

Além disso, o estudo observou que as medições do FSP em um mesmo local não foram consistentes em todas as sessões de teste. Isso sugere a necessidade de um reposicionamento preciso da sonda e de condições de controle adequadas para explicar a variação temporal ao interpretar as medições longitudinais do FSP obtidas pela FLD.

A utilização da FLD para avaliação da vitalidade pulpar em casos de fratura horizontal de raiz foi descrita por Ebihara et al. (1996). No caso relatado, os incisivos centrais de um paciente fraturado não apresentaram resposta aos testes elétricos ou de sensibilidade ao frio durante dezenove meses após o trauma. Por meio do monitoramento com FLD, observou-se que o FSP do dente afetado era maior em comparação com um dente sem polpa, assemelhando-se a um dente vital. Essa abordagem permitiu evitar um tratamento endodôntico desnecessário, ressaltando a utilidade da FLD na avaliação precisa da vitalidade pulpar em casos de fratura radicular.

Da mesma forma, Roeykens et al. (2002) enfatizaram o uso exclusivo da FLD na avaliação do estado pulpar a longo prazo após um trauma. Os resultados obtidos demonstraram a capacidade do método em fornecer medições reproduzíveis do FSP ao longo do tempo. Essa abordagem mostrou-se confiável e eficaz na detecção da vitalidade restaurada em dentes traumatizados, mesmo após um período prolongado de acompanhamento. Esses achados ressaltam a importância de avaliar o FSP para determinar o estado pulpar em casos de traumatismo dental.

Em concordância, o estudo realizado por Aanderud-Larsen et al. (1995) investigou o uso da FLD na avaliação da vitalidade pulpar em pacientes submetidos à cirurgia LeFort 1. Em comparação com os métodos convencionais, a FLD demonstrou que dentes com inervação anormal podem apresentar um suprimento

sanguíneo normal e polpa vital. Essa constatação ressalta a necessidade de considerar o FSP como um indicador confiável da vitalidade pulpar em situações clínicas específicas.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o uso da FLD representa um avanço significativo no diagnóstico da vitalidade pulpar, fornecendo uma abordagem objetiva e confiável para a avaliação do FSP. Com sua capacidade de evitar tratamentos endodônticos desnecessários em dentes vitais e contribuir para a preservação da polpa, a FLD demonstra um potencial promissor para ser integrada à rotina clínica odontológica como uma ferramenta diagnóstica valiosa. No entanto, é importante reconhecer que existem algumas limitações e variáveis que podem afetar a interpretação dos dados obtidos. Fatores como movimentos corporais, influências ambientais e sinais não pulpares podem influenciar as leituras.

Esse método tem apresentado resultados promissores para a odontologia, embora novos estudos sejam necessários para estabelecer parâmetros confiáveis e reprodutíveis de leitura. Além disso, é importante considerar as limitações e variáveis que podem afetar os resultados da técnica, garantindo uma interpretação adequada dos dados obtidos.

REFERÊNCIAS

- AANDERUD-LARSEN, K. et al. Laser Doppler flowmetry in the assessment of tooth vitality after Le Fort I osteotomy. **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery**, v. 23, n. 6, p. 391-395, 1995.
- ABD-ELMEGUID, A.; YU, D. C. Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality. **Journal of the Canadian Dental Association**, v. 75, n. 2, 2009.
- ABRÃO, C. V. A oximetria de pulso como recurso auxiliar na determinação da vitalidade pulpar de dentes permanentes traumatizados. Dissertação (Mestrado em Endodontia) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Acesso em: 2023-01-06.
- BARGRIZAN, M. et al. The use of pulse oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth. **Dental Traumatology**, v. 32, n. 1, p. 43-47, 2016.
- BRUNO, K. F. et al. Oxygen saturation in the dental pulp of permanent teeth: a critical review. **Journal of endodontics**, v. 40, n. 8, p. 1054-1057, 2014.
- CALIL, E. et al. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. **International endodontic journal**, v. 41, n. 9, p. 741-746, 2008.
- CHEN, E.; ABBOTT, P. V. Dental pulp testing: a review. **International journal of dentistry**, v. 2009, 2009.
- CHEN, E.; ABBOTT, P. V. Evaluation of accuracy, reliability, and repeatability of five dental pulp tests. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 12, p. 1619-1623, 2011.
- EBIHARA, Arata et al. Pulpal blood flow assessed by laser Doppler flowmetry in a tooth with a horizontal root fracture. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 81, n. 2, p. 229-233, 1996.
- EVANS, D. et al. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. **Dental Traumatology**, v. 15, n. 6, p. 284-290, 1999.
- FRATKIN, R. D.; KENNY, D. J.; JOHNSTON, D. H. Evaluation of a laser Doppler flowmeter to assess blood flow in human primary incisor teeth. **Pediatric Dentistry**, v. 21, p. 53-56, 1999.
- GAZELIUS, B. et al. Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. **Dental Traumatology**, v. 2, n. 5, p. 219-221, 1986.
- GHOOUTH, N. et al. A diagnostic accuracy study of laser doppler flowmetry for the assessment of pulpal status in children's permanent incisor teeth. **Journal of Endodontics**, v. 45, n. 5, p. 543-548, 2019.
- GHOOUTH, N. et al. The diagnostic accuracy of laser Doppler flowmetry in assessing pulp blood flow in permanent teeth: A systematic review. **Dental Traumatology**, v. 34, n. 5, p. 311-319, 2018.

GOHO, Curt. Pulse oximetry evaluation of vitality in primary and immature permanent teeth. **Pediatric dentistry**, v. 21, p. 125-127, 1999.

GOPIKRISHNA, V.; TINAGUPTA, K.; KANDASWAMY, D. Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 4, p. 411-414, 2007.

GUSH, R. J.; KING, T. A. Investigation and improved performance of optical fibre probes in laser Doppler blood flow measurement. **Medical and Biological Engineering and Computing**, v. 25, p. 391-396, 1987.

INGOLFSSON, A. E. R.; TRONSTAD, L.; RIVA, C. E. Reliability of laser Doppler flowmetry in testing vitality of human teeth. **Dental Traumatology**, v. 10, n. 4, p. 185-187, 1994.

INGÓLFSSON, A. R. et al. Efficacy of laser Doppler flowmetry in determining pulp vitality of human teeth. **Dental Traumatology**, v. 10, n. 2, p. 83-87, 1994.

JAFARZADEH, H.; ABBOTT, P. V. Review of pulpsensibility tests. Part I: general information and thermal tests. **International endodontic journal**, v. 43, n. 9, p. 738-762, 2010.

JAFARZADEH, H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. **International Endodontic Journal**, v. 42, n. 6, p. 476-490, 2009.

JAFARZADEH, H.; ROSENBERG, P. A. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. **Journal of endodontics**, v. 35, n. 3, p. 329-333, 2009.

KARAYILMAZ, H.; KIRZIOĞLU, Z. Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. **Journal of oral rehabilitation**, v. 38, n. 5, p. 340-347, 2011.

LOPES H. P.; SIQUEIRA Jr, J. F. Endodontia: Biologia e Técnica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MUSSELWHITE, J. M. et al. Laser Doppler flowmetry: a clinical test of pulpal vitality. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 84, n. 4, p. 411-419, 1997.

NOBLETT, W. C. et al. Detection of pulpal circulation in vitro by pulse oximetry. **Journal of endodontics**, v. 22, n. 1, p. 1-5, 1996.

NOGUEIRA, A. L. F. Laser doppler como meio diagnóstico para vitalidade pulpar: estabelecimento de parâmetros de leitura. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. . Acesso em: 10 maio 2023.

PIGG, M. et al. Validity of preoperative clinical findings to identify dental pulp status: a National Dental Practice-Based Research Network Study. **Journal of endodontics**, v. 42, n. 6, p. 935-942, 2016.

POZZOBON, M. H. et al. Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry. **Dental Traumatology**, v. 27, n. 3, p. 184-188, 2011.

RAJAN, V. et al. Review of methodological developments in laser Doppler flowmetry. **Lasers in medical science**, v. 24, p. 269-283, 2009.

ROEYKENS, H. et al. A two-probe laser Doppler flowmetry assessment as an exclusive diagnostic device in a long-term follow-up of traumatised teeth: a case report. **Dental traumatology**, v. 18, n. 2, p. 86-91, 2002.

ROY, E. et al. Evaluation of the ability of laser Doppler flowmetry for the assessment of pulp vitality in general dental practice. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 106, n. 4, p. 615-620, 2008.

SETZER, F. C. et al. Effect of tooth isolation on laser Doppler readings. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 6, p. 517-522, 2013.

SHAHI, P. et al. Comparative study of pulp vitality in primary and young permanent molars in human children with pulse oximeter and electric pulp tester. **International journal of clinical pediatric dentistry**, v. 8, n. 2, p. 94, 2015.

STELLA, J. P. F. et al. Oxygen saturation in dental pulp of permanent teeth: difference between children/adolescents and adults. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 9, p. 1445-1449, 2015.

VONGSAVAN, N.; MATTHEWS, B. Experiments on extracted teeth into the validity of using laser Doppler techniques for recording pulpal blood flow. **Archives of oral biology**, v. 38, n. 5, p. 431-439, 1993.