



CESPU
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Oximetria de pulso - Diagnóstico pulpar em dentes íntegros

Estudo Clínico

Ana Rita Ribeiro Pinto

Dissertação conducente ao **Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)**

Gandra, julho de 2023

Ana Rita Ribeiro Pinto

Dissertação conducente ao **Grau de Mestre em Medicina Dentária**
(Ciclo Integrado)

Oximetria de Pulso - Diagnóstico pulpar em dentes íntegros
Estudo Clínico

Trabalho realizado sob a Orientação de **Prof. Doutor Paulo Miller**
Co-orientação – **Dr. António Ferraz**

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, Ana Rita Ribeiro Pinto, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, ao longo deste processo, da instituição e da minha família. Manifesto o meu agradecimento àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste percurso académico.

Começo com um profundo agradecimento aos meus pais, por investirem em mim e sempre me apoiarem em qualquer etapa. Obrigada pelo esforço que se propuseram durante estes cinco anos e por confiarem em mim. Sem vocês nada teria sido possível e ficarei eternamente grata.

À minha irmã por acreditar sempre em mim. Por ter ouvido todas as minhas preocupações e dúvidas, ao longo deste processo e me encorajar em todos os passos.

À minha avó Custódia por me tentar sempre acalmar em todos os momentos.

Ao meu namorado que sempre me deu força nos momentos mais difíceis.

Aos meus colegas de curso e agora amigos, por me acolherem e acompanharem desde o início. Pretendo levá-los sem dúvida para a minha vida futura.

À minha melhor amiga, ao meu padrinho, tios e primos que sempre depositaram confiança e alegria nesta minha caminhada.

À minha colega de casa, amiga, que me guiou todo o caminho. Levo na memória todos os momentos que vivemos, todos os desafios que tivemos, mas juntas conseguimos ultrapassar. Obrigada por tornares sempre tudo mais fácil e por acreditares em mim.

Ao professor Doutor Paulo Miller e ao Dr. António Ferraz pela orientação e paciência ao longo do desenvolvimento desta tese.

Aproveito para agradecer ao corpo docente, a todos os professores e colaboradores do IUCS pelos conhecimentos e competências que me transmitiram ao longo deste percurso académico.

RESUMO

INTRODUÇÃO: Os testes mais utilizados para avaliar a saúde pulpar na prática clínica diária são os testes de sensibilidade pulpar que dependem da estimulação de fibras nervosas. A vitalidade do tecido pulpar depende do suprimento sanguíneo e não da resposta nervosa. Isso levou ao desenvolvimento de testes alternativos e não invasivos para monitorizar a vascularização da polpa como a oximetria de pulso.

OBJETIVO: Avaliar o estado real da polpa através da medição da saturação de oxigênio de forma a comprovar a eficácia do oxímetro de pulso em comparação com os testes de sensibilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS: Foram avaliados 124 dentes anteriores, de 31 indivíduos com média de 24.5 anos de idade. Incluímos apenas dentes saudáveis, sem qualquer tipo de restauração, tratamentos endodônticos ou anomalias.

RESULTADOS/DISCUSSÃO: Neste estudo, temos um total de 105 dentes vitais e 19 dentes que necessitam de tratamento. Através do oxímetro de pulso e do teste elétrico 5 dentes foram classificados como necrosados. A curva ROC indica que a área sob a curva para a saturação de oxigênio foi muito pequena (33,7%), o que sugere que essa não é uma variável adequada para avaliar a condição dos dentes. Houve ausência de concordância entre as saturações de oxigênio avaliadas no dedo e no dente.

CONCLUSÃO: Existem ainda desafios a serem superados para a aplicação clínica do oxímetro de pulso no diagnóstico pulpar. É necessário realizar mais estudos in vivo para avaliar os níveis de saturação de oxigênio da polpa dentária em diferentes estágios e considerar uma amostra mais ampla de pacientes.

PALAVRAS-CHAVE:

"Pulse oximetry", "vitality test", "dental pulp test", "permanent teeth", "oximeter", "endodontics".

ABSTRACT

INTRODUCTION: The most used tests to assess pulpal health in daily clinical practice are pulp sensitivity tests that rely on the stimulation of nerve fibers. The vitality of the pulp tissue depends on the blood supply rather than the nerve response. This has led to the development of alternative and non-invasive tests to monitor pulp vascularization, such as pulse oximetry.

OBJECTIVE: To evaluate the actual state of the pulp by measuring oxygen saturation to verify the effectiveness of pulse oximetry compared to sensitivity tests.

MATERIALS AND METHODS: A total of 124 teeth from 31 individuals with an average age of 24.5 years were evaluated. Only healthy teeth were included, regardless of any type of restoration, endodontic treatment, or anomalies.

RESULTS/DISCUSSION: In this study, we have a total of 105 vital teeth and 19 teeth requiring treatment. Using pulse oximetry and electric tests, 5 teeth were identified as necrotic. The ROC curve indicated a very small area under the curve for oxygen saturation (33.7%), suggesting that it is not a suitable variable for evaluating tooth condition. There was no agreement between oxygen saturations evaluated in the finger and the tooth.

CONCLUSION: There are still challenges to be overcome for the clinical application of pulse oximetry in pulp diagnosis. Further in vivo studies are needed to evaluate oxygen saturation levels in dental pulp at different stages and consider a broader sample of patients.

KEYWORDS:

"Pulse oximetry," "vitality test," "dental pulp test," "permanent teeth," "oximeter," "endodontics."

ÍNDICE GERAL

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO	3
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
3.1.	Metodologia de pesquisa bibliográfica.....	4
3.2.	Metodologia de pesquisa do estudo clínico.....	5
3.2.1.	Procedimentos de medição do teste ao frio e do teste elétrico	5
3.2.2.	Procedimentos de medição do oxímetro de pulso	6
4.	RESULTADOS	8
4.1.	Análise Estatística.....	8
4.2.	Resultados	8
5.	DISCUSSÃO	15
5.1.	Comparação com a bibliografia	15
5.2.	Limitações.....	18
6.	CONCLUSÃO	19
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
8.	ANEXOS.....	22
8.1.	Parecer da comissão de ética.....	22
8.2.	Carta explicativa do consentimento informado.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da estratégia de pesquisa seguindo o PRISMA 2020.....	4
Figura 2: Metodologia do teste ao frio com o spray roeko Endo-Frost -50°C.....	5
Figura 3: Metodologia do teste elétrico com o Dental Pulp Tester AZ310.....	6
Figura 4: Oxímetros de pulso. Modelo - ARSTN 2.8 TFT LCD handheld pulse oximeter H381V (Certificate: CE/ISO13485).....	6
Figura 5: Sonda de dedo.....	7
Figura 6: Sonda personalizada para o oxímetro de pulso.....	7
Figura 7: Curva de ROC.....	10
Figura 8: Diagrama de dispersão da saturação O ₂ avaliada no dente e no dedo na amostra total.....	12
Figura 9: Diagrama de dispersão dos bpm avaliados no dente e no dedo na amostra total.....	13
Figura 10: Diagrama de dispersão da saturação O ₂ avaliada no dente e no dedo na amostra aleatória.....	14
Figura 11: Diagrama de dispersão dos bpm avaliados no dente e no dedo na amostra aleatória.....	14

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação dos dentes.....	9
Tabela 2: Avaliação global das saturações de oxigénio e bpm medidas no dedo e no dente.....	11
Tabela 3: Grau de concordância entre as saturações de oxigénio medidas no dedo e no dente.....	11
Tabela 4: Grau de concordância entre os bpm medidos no dedo e no dente.....	12

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

% SpO₂: Percentagem de saturação de oxigénio.

bpm: Batimentos por minuto.

ICC: Coeficiente de correlação intraclasse.

K: Cohen.

DP: Desvio padrão.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da condição pulpar é fundamental para a determinação do diagnóstico adequado em endodontia¹. O diagnóstico é realizado com base na história detalhada do paciente, através de exames clínicos, radiográficos e da observação clínica². O método ideal para avaliação pulpar deve ser não invasivo, indolor, objetivo, confiável, reproduzível e económico³. O principal objetivo é conseguir identificar e diferenciar corretamente a polpa vital e a polpa necrosada⁴.

Estabelecer o estado real da polpa dentária é um desafio⁵. O complexo dentino-pulpar é ricamente inervado por fibras sensoriais denominadas fibras A-delta e fibras C. Os testes mais utilizados para avaliar a saúde pulpar na prática clínica diária são os testes de sensibilidade pulpar (térmicos e elétricos) que dependem da estimulação dessas fibras nervosas^{6,7}. As limitações desses testes incluem respostas subjetivas do paciente o que torna mais comum encontrar respostas falso-positivas e falso-negativas levando a um diagnóstico impreciso^{1,2,4,8}.

A vitalidade do tecido pulpar depende do suprimento sanguíneo e não da resposta nervosa^{5,9}. Isso levou ao desenvolvimento de testes alternativos e não invasivos para monitorizar a vascularização da polpa. Entre eles, temos a oximetria de pulso como um dos testes de vitalidade mais preciso e confiável que se baseia na medição dos níveis de saturação do oxigénio no sangue arterial¹⁰⁻¹².

O oxímetro de pulso consiste numa sonda com dois díodos emissores de luz para transmitir luz vermelha e luz infravermelha medindo a absorção de hemoglobina oxigenada e desoxigenada respetivamente. As duas formas de hemoglobina absorvem quantidades diferentes de luz vermelha e infravermelha. As emissões destas fontes de luz são recebidas por um foto-díodo recetor e um microprocessador que captam picos de absorção devido às mudanças pulsáteis no volume de sangue e convertem em níveis de saturação de oxigénio^{1,3,13-16}.

Na medicina, os oxímetros de pulso disponíveis estão destinados para utilização no dedo ou no lóbulo da orelha do paciente. Já na medicina dentária é recomendado um adaptador que garanta que o oxímetro de pulso fique estável, mantendo os díodos emissores de luz paralelos entre eles e tendo em conta a forma e os contornos anatómicos dos dentes selecionados¹⁷.

Atualmente, os desafios neste método não invasivo estão relacionados com a necessidade de sondas personalizadas, já que os sensores não foram idealizados especificamente para o uso em dentes^{11,18}.

O conhecimento da saturação de oxigênio da polpa dentária em condições normais é essencial para impulsionar avanços científicos e fornecer suporte na tomada de decisões clínicas. Isso irá permitir o estabelecimento de um padrão capaz de diferenciar o tecido pulpar saudável do tecido inflamado e da necrose pulpar. Contribuindo para um diagnóstico mais preciso e um tratamento mais adequado ¹⁸.

2. OBJETIVO

Avaliar o estado real da vitalidade pulpar através da medição da saturação de oxigénio.

Comprovar a eficácia do oxímetro de pulso comparativamente aos testes de sensibilidade habituais (térmico e elétrico).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Metodologia de pesquisa bibliográfica

A pesquisa foi feita através da base de dados PubMed em inglês. Foram utilizadas seis palavras-chave seguindo os MeSH Therms: “pulse oximetry”, “vitality test”, “dental pulp test”, “permanent teeth”, “oximeter” e “endodontics”.

Na opção de “pesquisa avançada” e recorrendo à combinação booleana das palavras-chave acima referidas resultou a seleção de pesquisa: (Pulse oximetry) AND (Vitality test), (Pulse oximetry) AND (Dental pulp test), (Pulse oximetry) AND (Permanent teeth), (Oximeter) AND (Endodontics), (Oximeter) AND (Vitality test).

A seleção de pesquisa estabeleceu 124 artigos, 32 duplicados foram removidos restando por isso 92 artigos. Foram incluídos artigos no intervalo temporal de 2012-2023 e excluídos artigos referentes a dentes decíduos, a dentes imaturos, a dentes restaurados ou traumatizados, bem como artigos que não fornecessem informação relevante para o presente estudo. Pela leitura integral dos artigos foram selecionados para este trabalho 18 artigos.

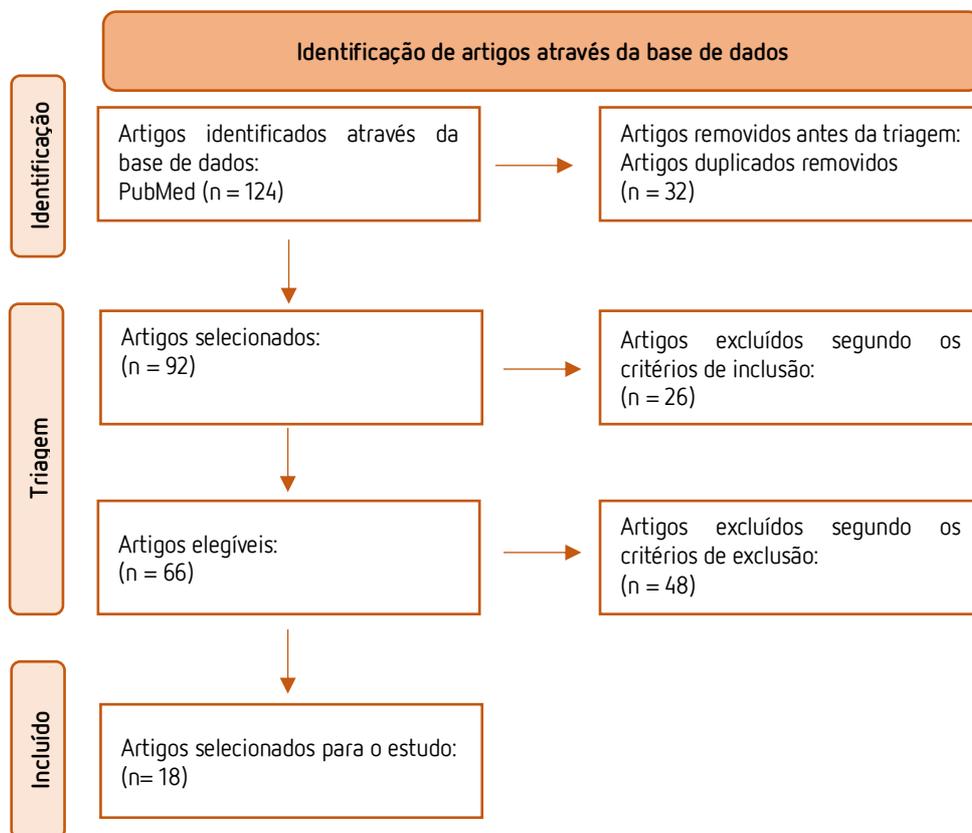


Figura 1: Fluxograma da estratégia de pesquisa seguindo o PRISMA 2020.

3.2. Metodologia de pesquisa do estudo clínico

O estudo realizou-se na Clínica Universitária Filinto Batista, Cesp, Gandra. Participaram 31 pacientes, 23 do sexo feminino e 8 do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 22 e os 60 anos. Assinaram um consentimento informado, livre e esclarecido acerca do objetivo do estudo em questão. Numa amostra de 124 dentes, incisivos centrais (11 e 21) e incisivos laterais (12 e 22), foram incluídos dentes saudáveis. Foram excluídos dentes restaurados, dentes com presença de lesões de cárie, dentes com tratamento endodôntico, dentes com mudança de cor ou com antecedentes conhecidos de traumatismos, dentes imaturos e dentes com sintomatologia dolorosa.

3.2.1. Procedimentos de medição do teste ao frio e do teste elétrico

Os pacientes foram instruídos a levantarem a mão quando sentissem dor ou desconforto, no caso do teste ao frio, e um formigueiro, dor ou a sensação de coração a bater no caso do teste elétrico.

Tomou-se em atenção o contacto com a gengiva e os dentes adjacentes durante a realização dos testes para não alterar a fidelidade das respostas.

O teste ao frio foi realizado com o spray Roeko Endo-Frost -50°C . Com a ajuda de uma pinça, pulverizou-se uma “bolinha” de algodão com o spray e aplicou-se no terço médio da face vestibular dos dentes a serem examinados, tendo estes sido previamente secos com o jato de ar. O algodão foi mantido em contacto com o dente até que os pacientes levantassem a mão respondendo ao estímulo do frio.



Figura 2: Metodologia do teste ao frio com o spray roeko Endo-Frost -50°C .

O teste elétrico foi efetuado com o Dental Pulp Tester AZ310, que inclui um clipe labial de aço inoxidável e um eletrodo de aço inoxidável, ligados ao dispositivo. O clipe labial é colocado na boca do paciente, o eletrodo é posicionado no terço médio da face vestibular do dente a ser examinado. Esta é revestida com uma fina camada de pasta dentífrica contendo óxido de zinco, garantindo uma melhor condução elétrica.

Os dentes a serem estudados foram previamente secos com jato de ar. O dispositivo foi utilizado na intensidade moderada dentro de uma escala de 0-80. Os pacientes foram instruídos a levantar a mão quando sentissem o estímulo elétrico.



Figura 3: Metodologia do teste elétrico com o Dental Pulp Tester AZ310.

3.2.2. Procedimentos de medição do oxímetro de pulso

O oxímetro de pulso utilizado neste estudo (ARSTN 2.8 TFT LCD *handheld pulse oximeter* H381V (Certificate: CE/ISO13485)) avaliou a saturação de oxigênio do sangue na polpa dentária de dentes anteriores superiores permanentes.



*Figura 4: Oxímetros de pulso.
Modelo - ARSTN 2.8 TFT LCD handheld
pulse oximeter H381V (Certificate:
CE/ISO13485).*

Foi registada a % SpO₂ do dedo indicador com uma sonda de dedo, para obter valores de comparação, entre o sangue sistémico e o sangue pulpar.



Figura 5: Sonda de dedo.

Para medir a % SpO₂ nas peças dentárias foi executado um suporte para o sensor do oxímetro de pulso de maneira que a colocação e a adaptação ao contorno dos dentes anteriores superiores permanentes fosse a mais precisa.

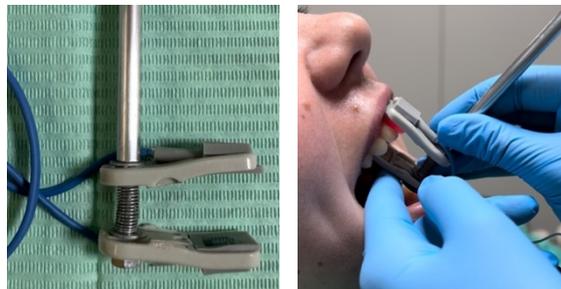


Figura 6: Sonda personalizada para o oxímetro de pulso.

4. RESULTADOS

4.1. Análise Estatística

A análise de dados foi efetuada com o programa SPSS, versão 28.0 (IBM Corp, 2021). Para descrever as variáveis foram utilizadas frequências absolutas (n) e relativas (%) no caso das variáveis categóricas, médias (M) e desvios padrão (DP) para as variáveis contínuas com distribuição normal, medianas (Med) e quartis (Q_1 - Q_3) para as variáveis contínuas sem distribuição normal. A avaliação da normalidade foi efetuada com recurso aos testes Shapiro-Wilk ($n < 50$) ou Kolmogorov-Smirnov ($n > 50$), considerando como limite para a normalidade $p > 0.01$ (Field, 2013). Foi ainda observada a simetria das distribuições tendo como critério para assimetria o coeficiente de assimetria $\notin [-1, 1]$ e uma inspeção visual do histograma.

Para comparar variáveis contínuas com distribuição normal foram utilizadas ANOVAS. Na comparação das variáveis contínuas sem distribuição normal foram utilizados testes Kruskal-Wallis, com cálculo da estatística não paramétrica H (Field, 2013).

Na comparação das variáveis categóricas foi utilizado o teste de Fisher, depois de observar o incumprimento das regras de Cochran (Rothman, Greenland & Lash, 2008).

A avaliação da capacidade de diagnóstico da saturação de oxigénio e número de batimentos por minuto face ao teste elétrico foi avaliada pela construção de ROC.

Para avaliar a concordância entre medidas contínuas e categóricas foi utilizado o coeficiente de correlação intraclassa, ICC e o K de Cohen, respetivamente (Cohen, 1988).

A regressão linear foi utilizada para calcular a variância explicada (R^2) da oximetria de pulso avaliada no dedo em função da oximetria de pulso avaliada no dente.

O nível de significância utilizado para rejeição da hipótese nula nas comparações e associações de variáveis foi $p < 0.05$.

4.2. Resultados

Foram avaliados 124 dentes de 31 indivíduos, 23 (74.1%) do sexo feminino e 8 (25.8%) do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 22 e os 60 anos, média de 24.5 anos (DP=6.7). Os dentes incluídos na análise foram incisivos centrais (11 e 21) e laterais (12 e 22), cada tipo com 31 dentes diferentes.

Na **Tabela 1** apresentam-se os resultados relativos ao teste do frio, teste elétrico, saturação de oxigénio e número de batimentos por minuto.

Todos os testes do frio foram positivos, pelo que os dentes foram todos considerados vitais segundo esta metodologia. O tempo mediano até sentir o estímulo foi de 2.5 segundos, com mínimo de 1.0 e máximo de 6.0 segundos, sem diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de dente, $F_{(3, 120)}=0.37$, $p=0.777$.

O teste elétrico obteve uma mediana de 2.0, com mínimo de 1.0 e máximo de 80.0, sem diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de dente, $H=6.57$, $p=0.087$. Considerando o limite < 40 , 121 dentes foram considerados vitais e três foram considerados como apresentando alterações.

Quanto à saturação de oxigénio (SpO_2), a média global foi de 87.9% (DP=7.5), com mínimo de 61.0% e máximo de 99.0%, sem diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de dente, $F_{(3, 120)}=2.24$, $p=0.087$. Considerando o limite ≥ 86 , 63.7% dos dentes foram considerados vitais, 21.0% com pulpite reversível, 13.7% pulpite irreversível e 1.6% necrose pulpar. A prevalência das categorias de classificação do dente não se associou com o tipo de dente, $p=0.586$.

Tabela 1: Avaliação dos dentes.

	Tipo de dente					TE
	Total	11	21	12	22	
Teste do frio						
Positivo	124 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	-
Negativo	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-
Tempo até sentir o estímulo	2.5 (1.0) [1-6]	2.4 (1.1) [1-6]	2.5 (1.3) [1-6]	2.3 (0.8) [1-4]	2.5 (1.0) [1-5]	$F_{(3, 120)}=0.37$, $p=0.777$
Tempo até deixar de sentir o estímulo	0.0 (0.0) [0-0]	0.0 (0.0) [0-0]	0.0 (0.0) [0-0]	0.0 (0.0) [0-0]	0.0 (0.0) [0-0]	-
Teste elétrico	2.0 (1.0 – 3.0) [1.0 – 22.0]	2.0 (1.0 – 3.0) [1.0 – 80.0]	1.0 (1.0 – 3.0) [1.0 – 13.0]	2.0 (1.0 – 5.0) [1.0 – 80.0]	2.0 (2.0 – 3.0) [1.0 – 22.0]	$H=6.47$, $p=0.087$
<40	124 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	-
Saturação de O₂	87.9 (7.5) [61.0 – 99.0]	87.3 (6.1) [73.0-99.0]	85.8 (8.8) [64.0-99.0]	88.1 (8.1) [61.0-99.0]	90.5 (6.1) [76.0-99.0]	$F_{(3, 120)}=2.24$, $p=0.087$
Vital (≥ 86)	79 (63.7%)	18 (58.1%)	16 (51.6%)	21 (67.7%)	24 (77.4%)	
Pulpite reversível (85-82)	26 (21.0%)	8 (25.8%)	8 (25.8%)	6 (19.4%)	4 (12.9%)	
Pulpite irreversível (81-71)	17 (13.7%)	5 (16.1%)	6 (19.4%)	3 (9.7%)	3 (9.7%)	$p=0.586$
Necrose pulpar (<71)	2 (1.6%)	0 (0%)	1 (3.2%)	1 (3.2%)	0 (0%)	
BPM	75.8 (8.8) [60.0 – 93.0]	77.2 (8.7) [63.0 – 91.0]	74.8 (8.8) [60.0 – 91.0]	74.0 (9.1) [60.0 – 93.0]	77.3 (8.4) [64.0 – 93.0]	$F_{(3, 120)}=1.13$, $p=0.339$

TE, teste estatístico; ANOVA (F) para variáveis contínuas com distribuição normal, M (DP) [mín-máx]; Kruskal-Wallis (H) para variáveis contínuas sem distribuição normal, Med (Q1-Q3) [mín-máx]; teste Fisher para associações de variáveis categóricas, n (%).

Na presente amostra todos os dentes foram considerados vitais pelo teste do frio. Contudo, foram encontrados três falsos negativos com o teste elétrico e 45 falsos negativos detetados pela oximetria avaliada no dente. Nesse sentido, considerando como *goldstandard* o teste elétrico, uma vez que foi aquele que obteve melhor comportamento, foi avaliada a capacidade de diagnóstico do oxigénio medido no dente, assim como o número de batimentos por minuto por meio de curvas ROC. A área sob a curva para a saturação de oxigénio foi muito reduzida (33.7%), sugerindo que não é uma boa variável para avaliação da condição dos dentes. Quanto aos batimentos por minuto, a variável revelou melhor qualidade, com área sob a curva de 55.8%. O melhor ponto de corte para esta variável foi bpm>80.50, com 66.7% de sensibilidade e 67.8% de especificidade.

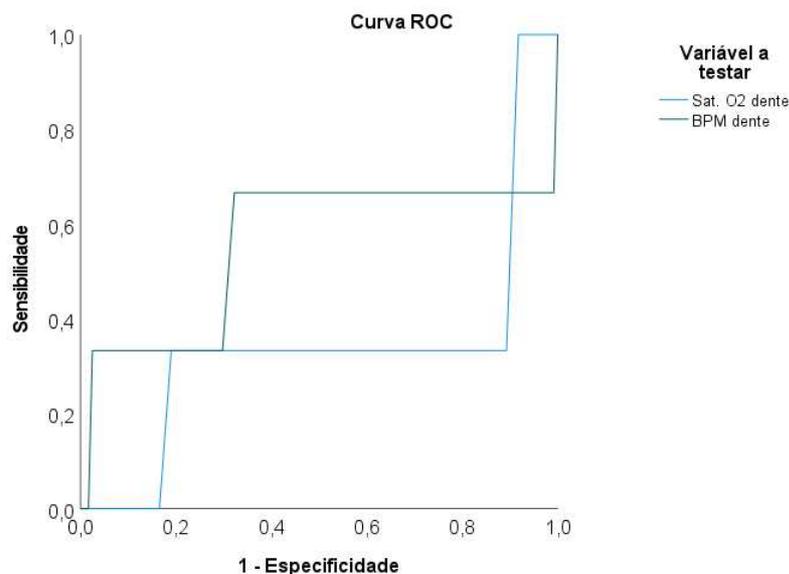


Figura 7: Curva de ROC.

Na **Tabela 2** são apresentados os resultados da avaliação global das saturações e batimentos por minuto medidos no dedo e no dente. A saturação média de oxigénio no dedo foi de 97.4% (DP=1.9), cerca de 10% mais elevada, em média, que no dente, onde foi de 87.9% (DP=7.5). No dedo, o valor mínimo foi de 92, ao passo que no dente foi de 60. A avaliação dos batimentos por minuto foi mais próxima entre dedo e dente, com média de 73.7 bpm (DP=10.1) e 75.8 bpm (DP=8.8), respetivamente.

Tabela 2: Avaliação global das saturações de oxigênio e bpm medidas no dedo e no dente.

	n (%)	Mínimo	máximo	Média	Desvio padrão
Dedo					
Sat. O ₂		92	99	97.4	1.9
≥ 95	112 (90.3%)				
bpm		55	88	73.7	10.1
60-100	120 (96.8%)				
Dente					
Sat. O ₂		61	99	87.9	7.5
≥ 95	26 (21.0%)				
bpm		60	93	75.8	8.8
60-100	124 (100%)				

bpm, batimentos por minuto.

Na **Tabela 3** são apresentados os resultados para o grau de concordância das saturações de oxigênio medidas no dedo e no dente. O coeficiente de correlação intraclassa destinado a avaliar a consistência de medidas no formato contínuo revelou um valor muito baixo, ICC=-0.06, o que sugere ausência de associação entre as saturações de oxigênio avaliadas no dedo e no dente e por conseguinte ausência de concordância. Quando se avaliam os resultados considerando o ponto de corte $\geq 95\%$ observou-se que apenas 18.8% dos dados da saturação avaliada no dente são concordantes com os da saturação avaliada no dedo. Para saturações avaliadas no dedo $< 95\%$ a proporção de dados concordantes da saturação avaliada no dente foi de 53.8%. O k de Cohen foi de $k=-0.06$, sugerindo concordância muito baixa.

Tabela 3: Grau de concordância entre as saturações de oxigênio medidas no dedo e no dente.

	Saturação de O ₂ - dedo		ICC=-0.06
	<95	≥ 95	
Saturação de O ₂ - dente			
<95	7 (53.8%)	91 (81.3%)	
≥ 95	5 (41.7%)	21 (18.8%)	
K de Cohen			k=-0.06

ICC, coeficiente de correlação intraclassa.

Na **Tabela 4** são apresentados os resultados para o grau de concordância dos batimentos por minuto medidos no dedo e no dente. O coeficiente de correlação intraclassa apresentou um valor muito baixo, ICC=-0.07, o que sugere ausência de associação entre as avaliações dos batimentos por minuto avaliados no dedo e no dente e por conseguinte ausência de concordância. Não foram encontrados dados de batimentos por minuto < 60 quando a avaliação foi feita no dedo, ao passo que foram encontrados quatro dentes com batimentos

por minuto <60, todos pertencentes à mesma pessoa. Os restantes 120 dentes estavam dentro do parâmetro 60-100.

Tabela 4: Grau de concordância entre os bpm medidos no dedo e no dente.

bpm - dente BPM	bpm - dedo	
	<60	60-100
<60	0 (0%)	0 (0%)
60-100	4 (100%)	120 (100%)
K de Cohen	ICC=-0.07 K=NA	

NA, não aplicável; bpm, batimentos por minuto.

As **Figura 8** e **Figura 9** sumarizam os resultados obtidos anteriormente. Apenas 1.4% da variabilidade da saturação de oxigénio no dente pode ser explicada pela saturação de oxigénio no dedo. No caso dos batimentos por minuto este número foi ainda menor, com 0.5% de variância explicada.

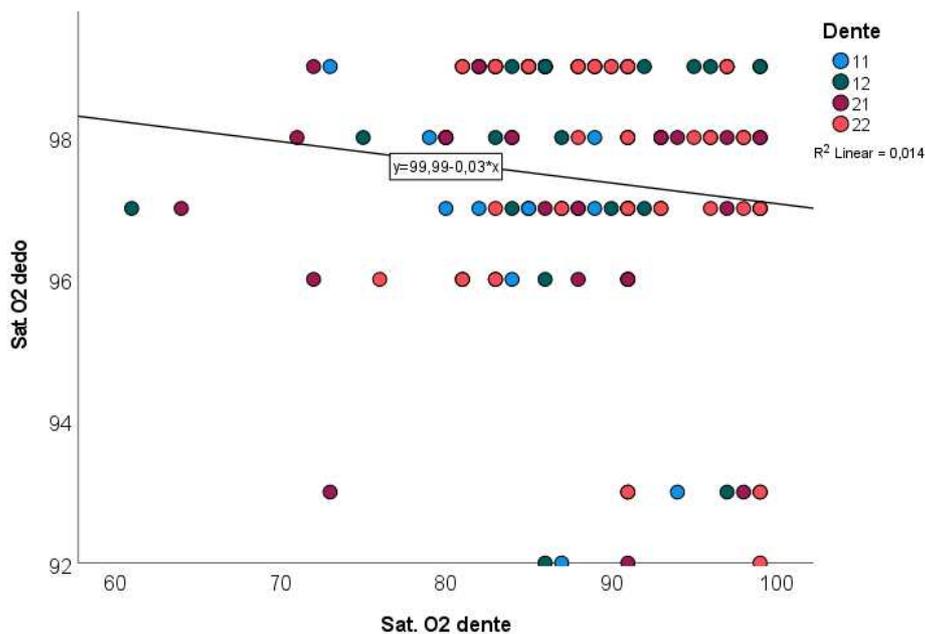


Figura 8: Diagrama de dispersão da saturação O2 avaliada no dente e no dedo na amostra total.

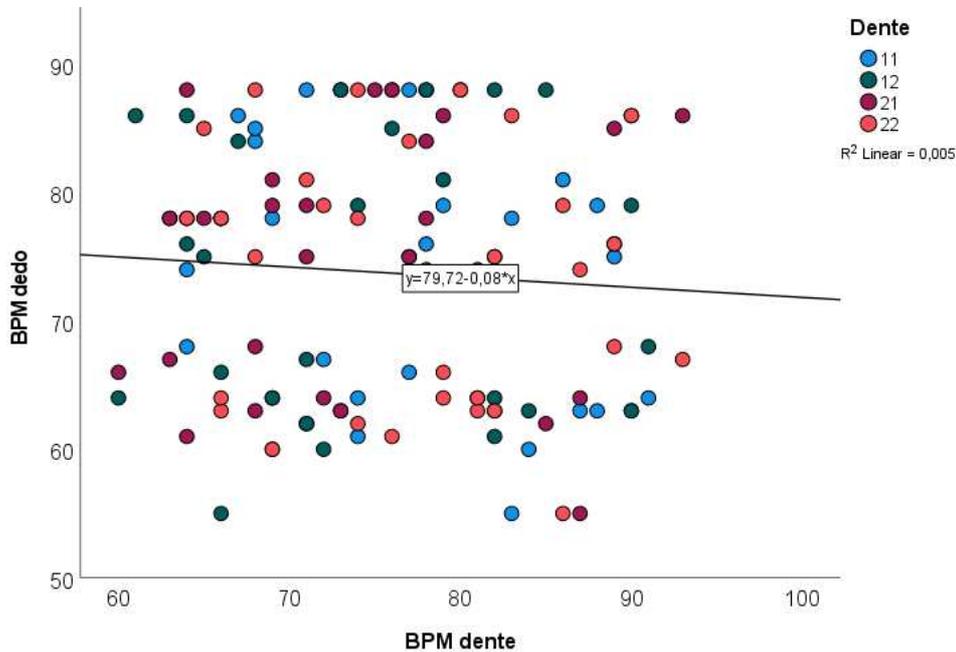


Figura 9: Diagrama de dispersão dos bpm avaliados no dente e no dedo na amostra total.

Considerando que cada indivíduo fornece quatro leituras de saturação de oxigénio e batimentos por minuto em quatro dentes diferentes e apenas uma leitura no pulso de saturação de oxigénio e batimentos por minuto, repetida quatro vezes foi feita uma avaliação dos resultados considerando um processo de amostragem aleatória estratificada. Foram assim incluídos os dados de 31 participantes, cada um fornecendo um dente. Não se optou pela aplicação de modelos lineares mistos, uma vez que o objetivo era avaliar a concordância e não estimar coeficientes que pudessem validar hipóteses.

As Figura 10 e Figura 11 mostram que não houve vantagem na amostragem aleatória estratificada realizada, pois a variância explicada continuou em níveis muito reduzidos.

Os resultados deste estudo sugerem que a avaliação da saturação de oxigénio e batimentos por minuto no dente não são bons métodos para estimar estas medidas no organismo, uma vez que são demasiado erráticos quando comparados com os valores objetivos pelo saturímetro de pulso no dedo.

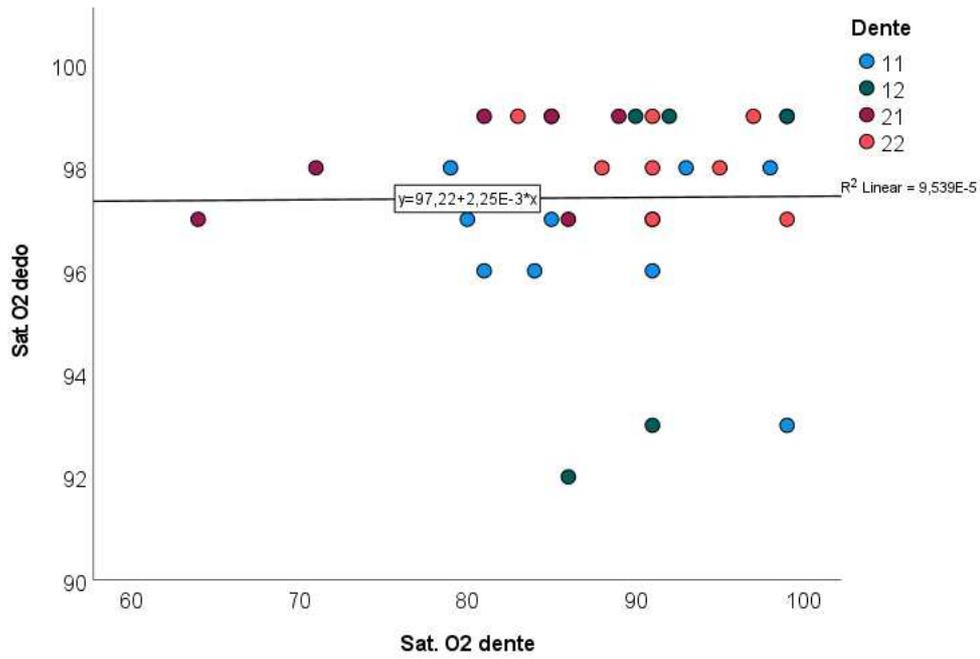


Figura 10: Diagrama de dispersão da saturação O2 avaliada no dente e no dedo na amostra aleatória.

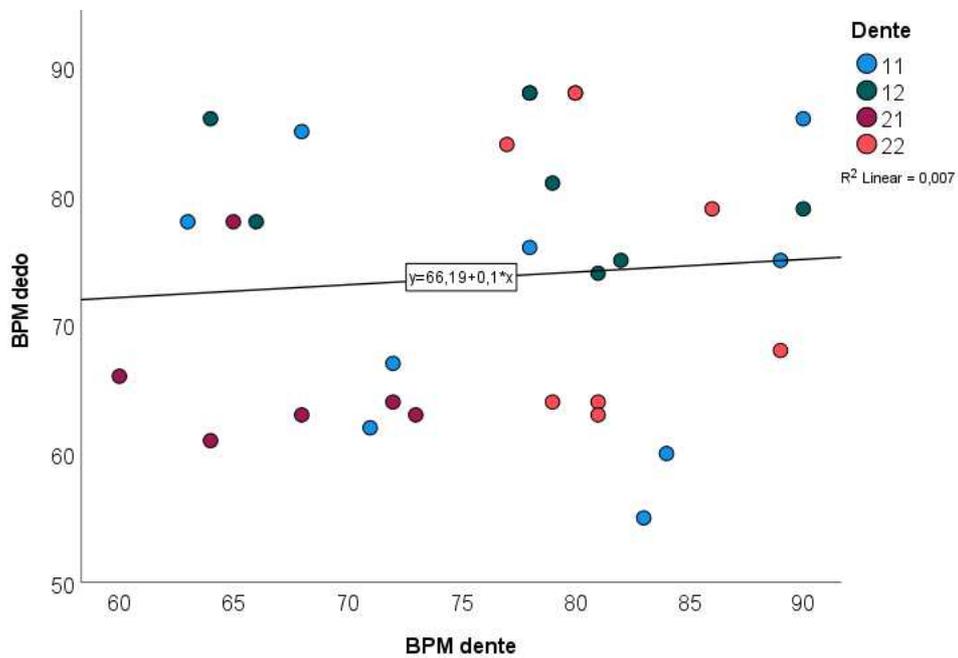


Figura 11: Diagrama de dispersão dos bpm avaliados no dente e no dedo na amostra aleatória.

5. DISCUSSÃO

Qualquer diagnóstico é exato apenas quando é positivo/negativo ou na presença/ausência de doença. Na medicina dentária, um dos principais desafios é diagnosticar com precisão a vitalidade da polpa dentária¹⁰. A sensibilidade e a especificidade descrevem a capacidade de um teste diagnóstico para identificar corretamente a polpa necrótica e a polpa vital, respetivamente¹⁸.

Não é possível avaliar a precisão de um aparelho sem o comparar com outros testes pulpares. Desta forma, o presente estudo foi desenhado para testar a precisão do oxímetro de pulso, em comparação com testes pulpares térmicos e elétricos⁴. Os testes de sensibilidade dependem da resposta sensorial do paciente, podendo levar a resultados não confiáveis, dando falsos positivos ou falsos negativos¹⁰.

Neste estudo, todos os dentes foram considerados vitais segundo os testes térmicos com o frio, visto que todos os resultados foram positivos. O teste elétrico não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de dente e a maioria dos dentes apresentava-se saudável, com três exceções.

A classificação dos dentes em termos de vitalidade não se associou ao tipo de dente. No entanto, foram encontrados três falsos negativos no teste elétrico e 45 falsos negativos no teste com o oxímetro de pulso.

5.1. Comparação com a bibliografia

Neste estudo, se considerarmos vitais tanto os dentes saudáveis como os que apresentam pulpíte reversível temos um total de 105 dentes vitais e 19 dentes que necessitam de tratamento. Através do oxímetro de pulso e do teste elétrico temos 5 dentes necrosados. Esses achados estão de acordo com o estudo de Setzer et al. (2012), onde os níveis de saturação de oxigénio foram de 87,4% na pulpíte reversível, 83,1% na pulpíte irreversível, 74,6% com necrose pulpar e 92,2% para dentes saudáveis¹⁴. Os resultados do nosso estudo variam do estudo de Setzer et al. (2012) no que toca à anatomia dos dentes, pois o nosso foca-se apenas em dentes

anteriores e não em posteriores. Dentes com grandes câmaras pulpares mostraram valores aumentados na oximetria de pulso⁶.

De acordo com Sharma et al. (2019), o teste de oximetria de pulso identificou corretamente todos os dentes com polpa não vital como não vital e todos os dentes com polpa vital como vital, com base na faixa identificada de % SpO₂. Assim, a taxa de precisão da oximetria de pulso foi de 100%. Por outro lado, o teste do frio identificou corretamente todas as polpas não vitais e dentes obturados como não vitais (sem resposta) e todas as polpas vitais como vitais (resposta), resultando em uma taxa de precisão de 100% para esse teste. Já o teste elétrico mostrou diferentes respostas, incluindo respostas precoces, tardias e nenhuma resposta, tanto em dentes vitais como em dentes não vitais. A taxa de precisão para o teste elétrico da polpa foi de 90% para dentes permanentes¹⁰. No entanto, em comparação com o presente estudo, foram encontrados 3 falsos-negativos no teste elétrico e 45 falsos-negativos no teste de oximetria de pulso, indicando uma precisão inferior do oxímetro de pulso em relação ao teste elétrico. Portanto, os resultados obtidos neste estudo não estão de acordo com o estudo de Sharma et al. (2019).

Grabliauskiene et al. (2021) fez uma comparação entre os níveis de saturação de oxigénio no dedo indicador e dentes vitais. Registou que os níveis de saturação de oxigénio do dedo indicador foram maiores do que nos dentes testados¹¹. Esses resultados estão de acordo com o nosso estudo, onde a média de %SpO₂ no dedo foi, em média, 10% mais elevada do que nos dentes. A primeira explicação possível para a maior saturação de oxigénio no dedo indicador em comparação com os dentes é que a localização da polpa, cercada por tecido duro, dificulta a deteção da vascularização. A segunda é que a difração das luzes vermelha e infravermelha através do esmalte e da dentina podem levar a uma diminuição nos valores medidos. Em teoria, as leituras do oxímetro de pulso são mais difíceis de obter em dentes com a espessura da dentina aumentada. Assim, o profissional que mede a saturação de oxigénio com oxímetro de pulso deve levar em consideração a idade do paciente¹.

Stella et al. (2015), leva em consideração a idade dos pacientes, o que não aconteceu no nosso estudo. Stella et al. (2015) sugere que os maiores valores de saturação de oxigénio observados nos incisivos centrais superiores de crianças/adolescentes está relacionado com as características dos dentes, incluindo a menor proporção de dentina e a polpa altamente

vascularizada observada nessa faixa etária. Com o aumento da idade do paciente, a formação de dentina reparadora pode afetar as leituras do oxímetro e resultar em valores mais baixos¹⁷.

Em comparação com estudos anteriores, Kong et al. (2016) encontrou maiores valores de saturação de oxigênio nos incisivos do que no dedo. A explicação para esses valores mais altos não ficou clara. No estudo em questão, o LED e o detetor foram separados do sensor de oximetria de pulso e montados numa pinça, alinhados paralelamente. Enquanto os outros estudos utilizaram uma sonda comercial, este autor posicionou o sensor LED e o detetor separados perpendicularmente ao incisivo central. As diferenças nos valores de saturação de oxigênio nos dentes entre os diferentes estudos podem ser atribuídas a estas diferenças metodológicas¹².

No estudo de Dastmalchi et al. (2012) foi observada uma diferença significativa nos resultados em comparação com outros estudos sobre a sensibilidade e especificidade do oxímetro de pulso, indicando que esses testes não são úteis para auxiliar os clínicos a fazer um diagnóstico preciso. A diferença pode ser atribuída principalmente ao tamanho da amostra, já que apenas 24 dentes foram testados³. No nosso estudo atual, obtivemos resultados semelhantes aos do autor, onde a curva ROC indica que a área sob a curva para a saturação de oxigênio foi muito pequena (33,7%), o que sugere que essa não é uma variável adequada para avaliar a condição dos dentes.

Sadique et al. (2014) teve em conta o mesmo objetivo do nosso estudo, apesar que usou como grupo controle 30 dentes não vitais com obturações endodônticas completas. Sadique et al. (2014) mede no seu estudo os valores de saturação de oxigênio do dedo e dente de cada indivíduo, mostrando correlação de 0,11 para incisivos centrais superiores e 0,19 para incisivos laterais superiores. O valor médio da saturação de oxigênio dos dedos indicadores foi de 95,88% (DP± 0,66)¹³. Relativamente aos resultados do nosso estudo, o coeficiente de correlação intraclasse destinado a avaliar a consistência de medidas no formato contínuo revelou um valor muito baixo, ICC=-0.06, o que sugere falta de associação entre as saturações de oxigênio avaliadas no dedo e no dente, portanto, ausência de concordância. A saturação média de oxigênio no dedo foi de 97.4% (DP=1.9).

Caldeira et al. (2016) realizou um estudo onde analisou a %SpO₂ em dentes traumatizados⁷. Este aspeto não foi tido em conta no nosso estudo, uma vez que apenas foram avaliados dentes vitais sem sinais de traumatismo.

Jafarzadeh et al. (2019), descreve o projeto e a conceção de um novo sistema para avaliar a vitalidade pulpar, que envolve o uso de três métodos (fluxometria, oximetria de pulso e termometria) combinados em um único sistema, usando apenas duas sondas¹⁵. No entanto, no nosso estudo, focamo-nos apenas na oximetria de pulso usando uma sonda personalizada.

5.2. Limitações

Segundo Anusha et al. (2017), as limitações da oximetria de pulso incluem o tipo de sonda utilizada no estudo pois os sensores devem estar de acordo com o tamanho, forma e anatomia do dente e o diodo emissor de luz e o foto detetor devem estar paralelos entre si e firmes. Pode dar respostas falso-positivas quando o sensor não for segurado adequadamente, com a interferência dos níveis de oxigénio gengival⁶.

O grande desafio no estudo atual, assim como no estudo de Stella et al. (2015), foi o encaixe perfeito da sonda. Sempre que um dente apresentava uma concavidade palatina ou cingulo mais pronunciado, tornava-se mais difícil manter o sensor em contato com o dente. A movimentação da cabeça dos pacientes e até mesmo os reflexos da deglutição também interferiram no procedimento de leitura¹⁷.

Embora muitos pesquisadores relatem o oxímetro de pulso como um método confiável para testar a vitalidade pulpar, este ainda não se tornou rotineiro. A causa provável está em todos requererem a modificação da sonda¹³.

6. CONCLUSÃO

De acordo com o nosso estudo podemos concluir que o teste de sensibilidade pulpar nomeadamente, o teste elétrico é mais fiável/eficaz que o oxímetro de pulso.

No entanto, ainda existem desafios a serem superados para o uso correto do oxímetro de pulso no diagnóstico pulpar, como a criação de um adaptador para o sensor que permita seu uso em diferentes grupos dentários. Há estudos em curso dispostos a desenvolver um dispositivo que possa medir a leitura em dentes, alinhando o díodo emissor com o recetor.

A amostra de pacientes considerada neste estudo foi reduzida. É por isso necessário realizar mais estudos in vivo para avaliar os níveis de saturação de oxigénio da polpa dentária em diferentes estágios e considerar uma amostra mais ampla de pacientes. Portanto, recomenda-se a continuação da recolha de mais dados para aprimorar o método e a precisão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bruno KF, Barletta FB, Felipe WT, Silva JA, Gonçalves De Alencar AH, Estrela C. Oxygen saturation in the dental pulp of permanent teeth: A critical review. *J Endod.* 2014;40(8):1054-1057.
2. Alghaithy RA, Qualtrough AJE. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *Int Endod J.* 2017;50(2):135-142.
3. Dastmalchi N, Jafarzadeh H, Moradi S. Comparison of the efficacy of a custom-made pulse oximeter probe with digital electric pulp tester, cold spray, and rubber cup for assessing pulp vitality. *J Endod.* 2012;38(9):1182-1186.
4. Janani K, Ajitha P, Sandhya R, Subbaiyan H, Jose J. Efficiency of new custom-made pulse oximeter sensor holder in assessment of actual pulp status. *J Family Med Prim Care* 2020;9:3333-7.
5. Lambert P, Miguens SAQ, Solda C, et al. Reference values for pulp oxygen saturation as a diagnostic tool in endodontics: a systematic review and meta-analysis. *Restor Dent Endod.* 2020;45(4):1-11.
6. Anusha B, Madhusudhana K, Chinni SK, Paramesh Y. Assessment of pulp oxygen saturation levels by pulse oximetry for pulpal diseases -a diagnostic study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2017;11(9):ZC36-ZC39.
7. Caldeira CL, Barletta FB, Ilha MC, Abrão CV, Gavini G. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. *Dental Traumatology.* 2016;32(5):385-389.
8. Sharma DS, Mishra S, Banda NR, Vaswani S. In vivo evaluation of customized pulse oximeter and sensitivity pulp tests for assessment of pulp vitality. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2019;43(1):11-15.
9. Patro S, Meto A, Mohanty A, et al. Diagnostic Accuracy of Pulp Vitality Tests and Pulp Sensibility Tests for Assessing Pulpal Health in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(15).
10. Mishra S, Sharma DS, Bhusari C. Assessing inflammatory status of pulp in irreversible pulpitis cases with pulse oximeter and dental hemogram. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2019;43(5):314-319.
11. Grabliauskienė Ž, Zamaliauskienė R, Lodienė G. Pulp vitality testing with a developed universal pulse oximeter probe holder. *Medicina (Lithuania).* 2021;57(2):1-8.
12. Kong HJ, Shin TJ, Hyun HK, Kim YJ, Kim JW, Shon WJ. Oxygen saturation and perfusion index from pulse oximetry in adult volunteers with viable incisors. *Acta Odontol Scand.* 2016;74(5):411-415.
13. Sadique M, Ravi S V, Thomas K, Dhanapal P, Simon EP, Shaheen M. Pulse oximeter to assess pulp vitality ... Sadique M et al. *Journal of International Oral Health.* 2014;6(3):70-72.
14. Setzer FC, Kataoka SHH, Natrielli F, Gondim-Junior E, Caldeira CL. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. *J Endod.* 2012;38(7):880-883.
15. Jafarzadeh H, Iusefipour F, Zirouhi ME, et al. A consolidated pulp test system including flowmetry, pulse oximetry, and thermometry. *Journal of Contemporary Dental Practice.* 2019;20(7):873-877.
16. Lima TFR, dos Santos SL, da Silva Fidalgo TK, Silva EJNL. Vitality Tests for Pulp Diagnosis of Traumatized Teeth: A Systematic Review. *J Endod.* 2019;45(5):490-499.

17. Stella JPF, Barletta FB, Giovanella LB, et al. Oxygen Saturation in Dental Pulp of Permanent Teeth: Difference between Children/Adolescents and Adults. *J Endod.* 2015;41(9):1445-1449.
18. Mainkar A, Kim SG. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2018;44(5):694-702.

8. ANEXOS

8.1. Parecer da comissão de ética



Comissão de Ética

Exmo. Senhor Investigador
Paulo Manuel Cruz Miller

N/Ref.º: CE/IUCS/CESPU-15/21

Data: 2021/Junho/21

Assunto: - Parecer relativo ao Projeto de Investigação: 15/CE-IUCS/2021

- **Título do Projeto:** *"Eficácia da Oximetria de pulso na aferição da condição pulpar. Comparação com os testes habitualmente utilizados."*

- **Investigador responsável:** Paulo Manuel Cruz Miller

Exmo. Senhor,

Informo V. Exa. que o projeto supracitado foi analisado na reunião da Comissão de Ética do IUCS, da CESPU, Crl, no dia 17/06/2021.

A Comissão de Ética emitiu um parecer favorável à realização do projeto tal como apresentado.

Com os melhores cumprimentos,



Prof. Doutor José Carlos Márcia Andrade
Presidente da Comissão de Ética do IUCS



CESPU - INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
(ANTERIOR INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - NORTE)
DENOMINAÇÃO E RECONHECIMENTO DE INTERESSE PÚBLICO ALTERADOS PELO DECRETO-LEI Nº 57/2015, DE 20-04
RUJA CENTRAL DE GANDRA, 1317, 4585 716 - GANDRA PRD - T. +351 224 157 100 - F. +351 224 157 101
CESPU - COOPERATIVA DE ENSINO SUPERIOR, POLITÉCNICO E UNIVERSITÁRIO, CRL
CINTR. 501 577 840 - CAP. SOCIAL 1.250.000,00 EUR - NIF 5028. R. C. PORTO Nº 216 - WWW.CESPU.PT

8.2. Carta explicativa do consentimento informado

CARTA EXPLICATIVA DO ESTUDO AOS PARTICIPANTES

O meu nome é _____, sou estudante do Mestrado integrado em Medicina Dentária no Instituto Universitário de Ciências da Saúde na CESPU. Gostaria de convidá-lo(a) a participar num estudo que estamos a desenvolver, para o trabalho de dissertação de Mestrado, integrado num Grupo de Investigação sobre diagnóstico pulpar, que tem como principal objetivo determinar a eficácia e comparar testes de diagnóstico da condição da saúde da polpa dentária.

Recoberta pela dentina, a polpa é um tecido mole que se estende da coroa até a raiz do dente e é composta por nervos, vasos sanguíneos, células de tecido conjuntivo e fibras. A polpa dentária é a responsável pela vitalidade dos dentes.

Os testes pulpares (testes de vitalidade e de sensibilidade) são utilizados como recurso complementar do exame clínico, para auxiliar no diagnóstico da normalidade ou da patologia pulpar.

Os testes de sensibilidade térmicos e elétricos são executados rotineiramente na prática clínica.

O teste de vitalidade por oximetria de pulso é uma técnica não invasiva e completamente indolor, não causando qualquer incómodo ou risco.

A informação recolhida neste estudo poderá, no futuro, possibilitar a obtenção dum diagnóstico mais fundamentado e menos subjetivo da condição pulpar dentária, fator que influencia diretamente a decisão clínica no que respeita à pertinência de se realizar, ou não, determinados tratamentos face ao conhecimento do mesmo.

A escolha de participar, ou não, no estudo é voluntária.

O presente estudo não acarreta qualquer risco, não trazendo também qualquer vantagem direta para os que nele participam e não irá interferir no plano de tratamento. Serão aproveitadas todas as consultas normalmente programadas para a recolha de dados, evitando deslocação extra aos serviços. Se decidir participar no estudo, poderá abandonar o mesmo em qualquer momento sem ter que fornecer qualquer tipo de explicação. Todo o material recolhido será codificado e tratado de forma anónima e confidencial, sendo conservado à responsabilidade do Prof. Doutor Paulo Manuel Cruz Miller, Professor Auxiliar nesta instituição e responsável pelo estudo.

A decisão de participar implica a autorização para utilização de recolha de dados sócio- demográficos e clínicos registados e recolhidos do seu processo clínico. Os dados recolhidos irão avaliar a resposta aos testes de sensibilidade e vitalidade pulpar. O responsável pelo seu tratamento irá recolher esta informação durante o seu período normal de tratamento.

Os resultados do estudo serão apresentados no âmbito da apresentação do Trabalho de Dissertação do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, nunca sendo os participantes identificados de forma individual. Uma vez apresentados os resultados, os dados originais serão coligidos e aproveitados para investigações futuras.

Caso surja alguma dúvida, ou necessite de informação adicional, por favor contacte através do email paulo.miller@iucs.cespu.pt.

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE 2 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA VIA PARA AGREGAR À NOSSA DOCUMENTAÇÃO E OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE



DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Reconheço que os procedimentos de investigação descritos na carta anexa me foram explicados e que todas as minhas questões foram esclarecidas de forma satisfatória. Compreendo igualmente que a participação no estudo não acarreta qualquer tipo de vantagens e/ou desvantagens potenciais.

Fui informado(a) que tenho o direito a recusar participar e que a minha recusa em fazê-lo não terá consequências para mim.

Compreendo que tenho o direito de colocar agora e durante o desenvolvimento do estudo, qualquer questão relacionada com o mesmo.

Compreendo que sou livre de, a qualquer momento, abandonar o estudo sem ter de fornecer qualquer explicação.

Assim, declaro que aceito participar nesta investigação, com a salvaguarda da confidencialidade e anonimato e sem prejuízo pessoal de cariz ético ou moral.

O Responsável pelo estudo:

(Paulo Manuel Cruz Miller)

Responsável pela recolha dos dados

O Participante ou Representante:

Gandra, ____ de _____ de 2021

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE 2 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA VIA PARA AGREGAR À NOSSA DOCUMENTAÇÃO E OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE