

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

KEILA SURAMA ALVES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO EM
POLPAS HUMANAS DE MOLARES HÍGIDOS**

Goiânia

2016

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ Dissertação ☐ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: **Keila Surama Alves de Oliveira**

Título do trabalho: **Avaliação da saturação de oxigênio em polpas humanas de molares hígidos.**

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Keila Surama Alves de Oliveira
Assinatura do (a) autor (a)

Data: 05 / 09 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

KEILA SURAMA ALVES DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO EM POLPAS HUMANAS DE MOLARES HÍGIDOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de
Medicina da Universidade Federal de Goiás para
obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Helena G. de Alencar
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Alves de Oliveira, Keila Surama
Avaliação da saturação de oxigênio em polpas humanas de molares
hígidos [manuscrito] / Keila Surama Alves de Oliveira. - 2016.
79 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar; co
orientador Dr. Carlos Estrela.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás,
Faculdade de Medicina (FM), Programa de Pós-Graduação em Ciências
da Saúde, Goiânia, 2016.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, tabelas, lista de figuras, lista
de tabelas.

1. oxímetro de pulso. 2. polpa dentária. 3. saturação de oxigênio.
4. teste frio. I. Gonçalves de Alencar, Ana Helena, orient. II. Título.

CDU 616.314

Ata da **Defesa de Dissertação de Mestrado** realizada por **Keila Surama Alves de Oliveira**. Aos oito dias do mês de março do ano de 2016, às 08:30 horas, reuniu-se na **Faculdade de Odontologia/UFG**, a Comissão Julgadora infra nomeada para proceder ao julgamento da **Defesa de Dissertação de Mestrado** intitulada: "**Avaliação da saturação de oxigênio em polpas molares hígidos**", como parte de requisitos necessários à obtenção do **Título de Mestre**, área de concentração **Dinâmica do Processo Saúde-Doença**. A Presidente da Comissão julgadora, **Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar** iniciando os trabalhos concedeu a palavra a candidata, para exposição em até 50 minutos do seu trabalho. A seguir, a Senhora Presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente aos Examinadores, os quais passaram a arguir a candidata durante o prazo máximo de 30 minutos, assegurando-se a mesma igual prazo para responder aos Senhores Examinadores. Ultimada a arguição que se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou seu Julgamento, considerando a candidata aprovada(o) ou reprovada(o).

Banca Examinadora

Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar - Presidente
Prof. Dr. Carlos Estrela - Membro
Prof. Dr. Daniel de Almeida Decúrcio - Membro
Prof. Dr. Hugo Alexandre de Sousa - Suplente
Prof. Dr. Júlio de Almeida Silva - Suplente

Aprovado(a)/Reprovado(a)

Aprovado
Aprovado
Aprovado

Em face do resultado obtido, a Comissão Julgadora considerou a candidate **Keila Surama Alves de Oliveira** Habilitada(o) (☒) Não Habilitada(o) (☐). Nada mais havendo a tratar, eu **Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar**, lavrei a presente ata que, após lida e achada conforme foi por todos assinada.

Assinatura

Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar - Presidente
Prof. Dr. Carlos Estrela - Membro
Prof. Dr. Daniel de Almeida Decúrcio - Membro
Prof. Dr. Hugo Alexandre de Sousa - Suplente
Prof. Dr. Júlio de Almeida Silva - Suplente




A banca examinadora aprovou a seguinte alteração no título da Dissertação:

"AVALIAÇÃO DA SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO EM POLPAS HUMANAS
DE MOLARES HÍGIDOS."


Discente: Keila Surama Alves de Oliveira

**Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde
da Universidade Federal de Goiás**

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO

Aluna: Keila Surama Alves de Oliveira

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Helena G. de Alencar

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

Membros:

1. Prof^a. Dr^a. Ana Helena G. de Alencar

2. Prof. Dr. Carlos Estrela

3. Prof. Dr. Daniel de Almeida Decúrcio

Suplentes:

4. Prof. Dr. Hugo Alexandre de Sousa

5. Prof. Dr. Júlio Almeida Silva

Data: 08.03.2016

Dedico este trabalho a Alice Márcia de Oliveira, mãe e pedagoga, por uma vida de empenho na educação de seus filhos, e de tantos outros filhos, sempre com amor, excelência, responsabilidade, coerência, disposição, alegria, dedicação, respeito, caráter e dignidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que na Sua infinita graça e misericórdia, conduz meus passos e sempre me proporciona oportunidades que são bênção na minha vida.

Aos meus pais, João Alves (*in memoriam*) e Alice Márcia, pelo amor incondicional, pela disposição sacrificial, pelos valores ensinados e pelo exemplo de vida e caráter, por não medirem esforços para nos proporcionar o melhor. Vocês são a expressão do amor de Deus por mim, meu alicerce, minha motivação e porto seguro.

Aos meus irmãos, João Márcio e Alexandre, meus guardiões e conselheiros, aqueles que sempre estão comigo, e são por mim, em tudo.

Ao meu esposo, Fellipe Canal, pelo amor cultivado e pela vida compartilhada, pelo apoio irrestrito e plena compreensão.

As famílias Oliveira e Canal, minha sogra Vera Lúcia e meu sogro Luiz Canal, minhas cunhadas Mirella, Dahyenne e Verônica, meus sobrinhos Daniel, Gustavo e Otávio, e afilhada Tais, tia Ângela, primos Henrique e Daniel, que foram ponto de apoio, entenderam as ausências e necessidades, e torceram por mim. Ao meu avô Inácio, um exemplo de vida e de sabedoria. Aos demais familiares, por fazerem parte da minha vida e se alegrarem com minhas conquistas.

À CAPES, pelo incentivo e apoio no desenvolvimento dessa pesquisa, viabilizando a divulgação do conhecimento e o engrandecimento da ciência.

Em especial, à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Ana Helena Gonçalves de Alencar, pela paciência e disposição em lapidar uma pedra bruta, pelo exemplo de dedicação à docência e à pesquisa, pela excelência de seu trabalho e pela busca incansável do conhecimento científico.

Em especial, ao meu co-orientador Prof. Dr. Carlos Estrela, uma referência de dedicação à Ciência. Obrigada pela oportunidade de vivenciar o mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás, em especial ao Professor Dr. Paulo Sérgio Sucasas da Costa e Professora Dr^a. Rejane Faria Ribeiro-Rotta, pela excelência e dedicação ao Programa.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás, pelo empenho e compromisso na formação de mestres e

doutores. À equipe da secretaria, Valdecina e Livia, pela prontidão em sanar dúvidas e necessidades.

Aos membros e suplentes das bancas da qualificação e defesa, professores doutores Fernando Branco Barletta, João Batista de Souza, Daniel de Almeida Decúrcio, Hugo Alexandre de Sousa e Júlio Almeida Silva, por aceitarem o convite e contribuírem de maneira expressiva para meu trabalho.

Aos docentes e colegas da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, pelo exemplo de dedicação e desejo compartilhado de contribuir para o engrandecimento científico da Odontologia. Em especial, às colegas Sara Rodrigues Renovato, Patrícia Correia de Siqueira e Mônica Misae Endo, que me acolheram tão prontamente e foram companheiras em todo o tempo.

Aos alunos e pacientes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, que viabilizaram a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Figuras e tabelas	
Símbolos, siglas e abreviaturas	
Resumo	
Abstract	
1- Introdução	15
2- Objetivos	20
3- Material e métodos	21
4- Resultados	25
5- Discussão	29
6- Conclusão	36
7- Referências	37
Anexos	

FIGURAS E TABELAS

Figura 1. (A) Sensor 31209 com dispositivo de encaixe desenvolvido para molares (B) Diodo emissor de luz vermelha e infravermelha e fotodetector (C) Sensor em molares superiores	23
Figura 2. Representação gráfica da comparação das médias do nível de saturação de oxigênio (%) da polpa de molares hígidos superiores e inferiores	26
Figura 3. Dispersão de pontos entre o nível médio de saturação de oxigênio (%) de molares hígidos e o tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio	28
Tabela 1. Tabela comparativa do nível médio de saturação de oxigênio (%) entre primeiros e segundos molares superiores hígidos	25
Tabela 2. Tabela comparativa do nível médio de saturação de oxigênio (%) entre primeiros e segundos molares inferiores hígidos	25
Tabela 3. Tabela comparativa do nível médio de saturação de oxigênio (%) entre os molares e o dedo indicador dos pacientes	26
Tabela 4. Tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio em molares hígidos superiores e inferiores	27
Tabela 5. Tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio em primeiros e segundos molares superiores hígidos	27
Tabela 6. Tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio em primeiros e segundos molares inferiores hígidos	27

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

FLD – fluxometria laser doppler

HbO₂ – oxihemoglobina

Hb – desoxihemoglobina

LED – light emitting diod (diodo emissor de luz)

nm- nanômetros

mL – mililitros

min/g- minuto/grama

% - porcentagem

SaO₂- saturação de oxigênio

n^o- número

z - grau de confiança

e - uma margem de erro absoluta

n- amostra

WI – Wisconsin

USA – United States of America

s- segundos

P – valor de probabilidade

r- Coeficiente de correlação de Pearson

ANOVA – análise de variância

TCFC - tomografia computadorizada de feixe cônico

RESUMO

Objetivo: determinar o nível de saturação de oxigênio (SaO_2) em polpas humanas de molares hígidos por meio da oximetria de pulso. **Material e métodos:** o nível de SaO_2 foi avaliado em 112 molares hígidos utilizando-se o oxímetro de pulso, e o tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio com gás refrigerante e registrado com cronômetro digital. A análise estatística foi feita pelo programa SPSS v. 18.0. Foram descritas as variáveis quantitativas pela média e desvio padrão quando a sua distribuição foi simétrica e mediana e intervalo interquartil quando assimétrica. As variáveis com distribuição simétrica foram comparadas entre dentes para amostras independentes e intra-indivíduo para amostras pareadas pelo teste t de Student, e as com distribuição assimétrica pelo teste de Mann-Whitney. Para correlacionar as variáveis entre si foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, e para comparar mais de dois grupos entre si o teste de Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste post-hoc de Tukey, sendo estatisticamente significativo $p < 0,05$. **Resultados:** o nível médio de SaO_2 para as 112 polpas dos molares hígidos foi 85,09%, e não houve correlação com a média do dedo indicador do paciente (92,89%). Houve uma diferença significativa ($P = 0,037$) entre o nível médio de SaO_2 dos primeiros (85,76%) e dos segundos molares superiores (81,87%), não sendo significativa ($P = 0,177$) entre os primeiros (85,58%) e segundos (88,15%) molares inferiores. Os molares superiores apresentaram menor nível médio de SaO_2 (83,59%) quando comparados aos inferiores (86,89%), sendo a diferença estatisticamente significativa ($P = 0,018$). A mediana do tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio foi de 1,12 segundos, não havendo diferença estatisticamente significativa entre molares superiores (1,25 segundos) e inferiores (0,99 segundos). **Conclusão:** o nível médio de SaO_2 em polpas de molares hígidos foi de 85,09%, sendo a média dos molares superiores de 83,59% e a dos inferiores de 86,89%. A mediana do tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio em molares hígidos foi de 1,12 segundos, não havendo diferença estatística entre superiores (1,25 s) e inferiores (0,99), e não houve correlação entre o tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio e o nível de saturação de oxigênio para molares hígidos.

Palavras-chave: oxímetro de pulso, polpa dentária, saturação de oxigênio, teste frio.

ABSTRACT

Objective: to determine the oxygen saturation level (SaO_2) in human pulps of molars by pulse oximetry. **Methods:** the oxygen saturation level was evaluated in 112 healthy molars using the pulse oximeter and the patient's response time to stimulus with the cold refrigerant gas Endo Ice and recorded with digital timer. Statistical analysis was performed using SPSS v program. 18.0. Quantitative variables were described by mean and standard deviation when the distribution was symmetric and median and interquartile range when asymmetric. Variables with symmetric distribution were compared between teeth for independent samples and intra-individual for paired samples by Student t test, and the asymmetric distribution with the Mann-Whitney test. To correlate the variables each other was used the Pearson correlation coefficient, and to compare more than two groups together the analysis of variance (ANOVA) followed by post-hoc Tukey, being statistically significant $p < 0,05$. **Results:** the average level of SaO_2 for the 112 pulps of healthy molars was 85,09%, and there was no correlation with the SaO_2 average of the patient's indicator finger (92,89%). There was a significant difference ($P = 0,037$) between the average level of SaO_2 of the first (85,76%) and second superior molars (81,87%), and it was not significant ($P = 0,177$) between the first (85,58%) and second (88,15%) inferior molars. The superior molars had lower average level of SaO_2 (83,59%) when compared to the inferior molars (86,89%), with a statistically significant difference ($P = 0,018$). The average of the patient's response time to the cold stimulus was 1,12 seconds, with no statistically significant difference between superior (1,25 seconds) and inferior molars (0,99 seconds). **Conclusion:** the average level of SaO_2 in healthy molars pulps was 85,09%, and the average of the superior molars was 83,59% and inferior molars was 86,89%. The average of the patient's response time to the cold stimulus was 1,12 seconds, with no statistically significant difference between superior (1,25 seconds) and inferior molars (0,99 seconds) and there was no correlation between the patient's response time to the cold stimulus and the oxygen saturation level for healthy molars.

Keywords: pulse oximeter, dental pulp, oxygen saturation, cold test.

1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico da condição pulpar é fundamental para o estabelecimento de um plano de tratamento adequado. As informações para avaliar o estado da polpa são obtidas por meio da anamnese, associada com achados clínicos, exames complementares de imagens e testes pulpares (CHEN; ABBOTT, 2009).

Devido à sua localização, a polpa dentária não pode ser diretamente inspecionada. Assim, métodos indiretos de avaliação pulpar têm sido utilizados, sendo mais empregados os testes com estímulos térmicos (calor e frio) e elétrico (CHEN; ABBOTT, 2009; MÈJARE *et al.*, 2012).

A resposta do paciente a estes testes tem sido considerada para avaliar se a polpa dentária está vital ou não. Entretanto, são testes que avaliam apenas a sensibilidade pulpar, ou seja, mudanças associadas com vasoconstrição e estimulação de estruturas nervosas da polpa, e não a sua vitalidade, pois não fornecem informações sobre o fluxo sanguíneo pulpar. Portanto, estes testes podem ter valores limitados quando o objetivo é avaliar a condição da polpa. Ainda, resultados falso-negativos ou falso-positivos podem ser encontrados em dentes imaturos, devido à quantidade significativamente menor de axônios mielínicos do que em dentes maduros (JOHNSEN *et al.*, 1983). Dentes que sofreram traumatismo podem perder sua sensibilidade de maneira transitória ou permanente (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007b). Nestes casos, o dente pode apresentar-se não responsivo aos testes sensoriais, mas ter sua vascularidade preservada.

Outra desvantagem dos testes de sensibilidade é a subjetividade, pois dependem tanto da percepção do paciente em resposta ao estímulo quanto da interpretação do cirurgião-dentista para essa resposta. Assim, seu uso torna-se limitado. Além disso, estes métodos têm o potencial de produzir sensações ocasionalmente desagradáveis e dolorosas no paciente (NOBLETT *et al.*, 1996; GOPIKRISHNA *et al.*, 2006; CIOBANU *et al.*, 2012; DASTMALCHI *et al.*, 2012).

Devido a estas limitações e à relevância do fluxo sanguíneo na saúde pulpar, a avaliação da vascularização da polpa dentária torna-se mais importante do que as respostas neurais sensitivas (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; CIOBANU *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2014; SADIQUE *et al.*, 2014). Esforços têm sido feitos para o desenvolvimento de métodos que forneçam resultados mensuráveis do suprimento sanguíneo da polpa dentária. Estes métodos são denominados fisiométricos. Dentre eles,

podemos citar: espectrofotometria (NISSAN *et al.*, 1992), fluxometria laser doppler – FLD (KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2011) e oximetria de pulso (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; CALIL *et al.*, 2008; CERQUEIRA, 2013; GIOVANELLA *et al.*, 2014; STELLA *et al.*, 2015).

O oxímetro de pulso tem sido estudado e utilizado como ferramenta para o diagnóstico da condição pulpar, pois em uma polpa saudável é esperada uma grande porcentagem de oxigênio, essencial para a manutenção da vitalidade da polpa dentária e de suas necessidades metabólicas (CERQUEIRA, 2013). Para a formação e manutenção de dentina é necessário haver o transporte ativo de fluidos e íons da polpa para o processo odontoblástico. A mitocôndria é abundante nos corpos celulares dos odontoblastos, indicando ser necessário uma alta quantidade de energia para o desempenho de suas funções. Portanto, uma quantidade expressiva de oxigênio parece ser essencial para a manutenção das funções próprias dos odontoblastos *in vitro*, mas suas necessidades de oxigênio *in vivo* ainda precisam ser descritas (YU *et al.*, 2002).

O oxigênio, tal como os demais gases no organismo, não é muito solúvel no sangue, cuja composição é majoritariamente água. Assim sendo, o seu transporte é mediado por um transportador secundário, a hemoglobina, uma proteína de estrutura quaternária, com múltiplas subunidades e locais de ligação ao oxigênio (CERQUEIRA, 2013; BRUNO *et al.*, 2014). A molécula de hemoglobina é formada por dois componentes: o grupo heme e uma proteína denominada globina. Existem quatro grupos heme em cada molécula de hemoglobina, cada um dos quais contém um átomo de ferro. No grupo heme, cada átomo de ferro está circunscrito por um anel de átomos chamados porfirinas, sendo a forma desta estrutura que define a cor vermelha da hemoglobina (CERQUEIRA, 2013).

A hemoglobina oxigenada está presente no sangue arterial, sendo denominada oxihemoglobina (HbO₂). A hemoglobina desoxigenada, circulante no sangue venoso, denomina-se desoxihemoglobina (Hb). Estas duas formas de hemoglobina absorvem quantidades diferentes de luz vermelha e infravermelha, sendo que a oxihemoglobina absorve mais luz infravermelha do que desoxihemoglobina, e vice versa para a luz vermelha (SCHNAPP; COHEN, 1990). Na presença de oxigênio, portanto, a forma da porfirina altera-se, dando às células vermelhas do sangue uma cor mais viva; mas assim que o oxigênio é liberado, essas células assumem um tom vermelho escuro. Esta modificação de cor é o princípio óptico da aplicação das medições da saturação de oxigênio através da oximetria (JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; CERQUEIRA,

2013). A base física para o funcionamento do oxímetro de pulso fundamenta-se na Lei de Beer-Lambert, que relaciona a absorção de um soluto à sua concentração e propriedades ópticas num determinado comprimento de onda (JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; CERQUEIRA, 2013).

A alteração pulsátil do volume sanguíneo também causa oscilação periódica na quantidade de luz vermelha e infravermelha absorvida antes de alcançar o fotodetector. Esta informação é usada juntamente com a curva de dissociação conhecida para hemoglobina oxigenada e não oxigenada na determinação do nível de saturação de oxigênio, sendo que a taxa da absorbância dos comprimentos de onda é que fornece a porcentagem de oxigenação sanguínea (SCHNAPP; COHEN, 1990; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; CERQUEIRA, 2013).

O oxímetro de pulso consiste de um microprocessador e um sensor óptico que, de um lado, tem dois diodos emissores de luz (LEDs = *Light Emitting Diodes*, termo original da língua inglesa) com comprimentos de onda diferentes, um vermelho (640 nm) e outro infravermelho (940 nm), que são ligados e desligados em ciclos de 500 vezes por segundo, e um receptor com um fotodetector localizado na face oposta (CALIL *et al.*, 2008; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; CERQUEIRA, 2013).

No tecido mole, orelha ou dedo, a absorção de luz vermelha e infravermelha tem grande amplitude, em contraste com dentes com polpas vitais, em que a absorção também varia com o ciclo cardíaco, porém tem pequena amplitude. Os níveis de pulso captados no dente são mais baixos do que os captados no dedo, isso devido a uma maior irrigação no dedo do que no dente (GIOVANELLA *et al.*, 2014), à difração da luz infravermelha pelos prismas de esmalte (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; SIDDHESWARAN *et al.*, 2011; BRUNO *et al.*, 2014), pela localização da polpa, circundada por tecido duro, um obstáculo para a detecção da vascularização, além das diferentes espessuras de dentina (BRUNO *et al.*, 2014).

Estudos para determinar o nível médio de saturação de oxigênio em polpas dentárias saudáveis têm sido realizados. O nível médio de saturação de oxigênio para incisivos centrais superiores varia de 79,31% (GOPIKRISHNA *et al.*, 2006) a 94% (SCHNETTLER; WALLACE, 1991), para incisivos laterais superiores de 78,51% (CIOBANU *et al.*, 2012) a 87,47% (KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2011), para o canino de 79,85% (GOPIKRISHNA *et al.*, 2006) a 91% (CALIL *et al.*, 2008), para pré-molares de 86,2% (SERPA *et al.*, 2015) e para pré-molares e molares, avaliados como um só grupo, a média encontrada foi de 92,2% (SETZER *et al.*, 2012), sendo estes os estudos

da literatura revista que apresentam um valor de saturação de oxigênio para os dois últimos grupos de dentes. Os dados encontrados na literatura para o estabelecimento do nível médio de saturação de oxigênio em dentes hígidos ainda são inconclusivos, sendo necessário estudos para determinar mais precisamente este valor.

Ainda, com a tecnologia do oxímetro de pulso, surge também a perspectiva de distinção entre uma polpa saudável, inflamada ou necrótica (SETZER *et al.*, 2012). No entanto, ainda não existem dados concretos disponíveis mostrando diferenças entre os vários estágios de inflamação determinados pelo oxímetro de pulso.

Sabe-se que o fluxo sanguíneo fisiológico pulpar é de aproximadamente 0.4-0.5 mL min/g, uma taxa semelhante ao fluxo cerebral, mas menor que do coração e dos rins. No cérebro, quando o fluxo sanguíneo cai para menos de 40% do valor de controle, cessa o metabolismo aeróbio e o dano tecidual irreversível aumenta. Na polpa, o nível de saturação que determina anóxia ainda não foi estabelecido (AMEMIYA *et al.*, 2013). A polpa dentária é geralmente exposta à isquemia em caso de injúria ou inflamação, devido à pequena amplitude vascular do forame apical e menor circulação sanguínea no tecido pulpar. No entanto, existe pouco conhecimento sobre respostas das células pulpares em condições de hipóxia (WANG *et al.*, 2010; AMEMIYA *et al.*, 2013).

Embora o oxímetro de pulso seja considerado um método eficaz para o diagnóstico da vitalidade pulpar, algumas condições clínicas do paciente podem afetar as leituras de saturação de oxigênio, como pressão venosa alta, desordens de hemoglobina, vasoconstrição, baixa perfusão periférica, hipotensão, o aumento da acidez e do metabolismo causado pelo processo inflamatório (JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; DASTMALCHI *et al.*, 2012; BRUNO *et al.*, 2014), uso de medicações sistêmicas (DASTMALCHI *et al.*, 2012) e ser fumante (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009). Alguns fatores extrínsecos que interferem na leitura da saturação de oxigênio pelo oxímetro são a luz ambiente, movimento e adaptação do sensor e a presença de esmalte de unha no dedo a ser avaliado (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; DASTMALCHI *et al.*, 2012; BRUNO *et al.*, 2014).

Para que o oxímetro de pulso realize a leitura da saturação de oxigênio é necessário haver o paralelismo entre o LED e o fotodetector. Assim, como não existem sensores para dentes, para promover este paralelismo é necessário desenvolver adaptadores para os sensores de dedo, feitos sob medida conforme a anatomia dos diferentes grupos dentários (GOPIKRISHNA *et al.*, 2006; GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; DASTMALCHI *et al.*, 2012; CERQUEIRA, 2013). Estes adaptadores também favorecem

a estabilidade do sensor, evitando movimentos durante a avaliação do nível de saturação de oxigênio, essencial para que resultados confiáveis sejam obtidos (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; BRUNO *et al.*, 2014).

Apesar das limitações apresentadas, considerando que a falta de confiabilidade dos testes pulpares sensoriais está bem documentada, estudos que avaliam a acurácia do oxímetro para determinar a vitalidade do tecido pulpar tem sido realizados, apresentando resultados promissores (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2011; DASTMALCHI *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2014), com o diferencial de ser um procedimento não-invasivo e atraumático, favorecendo a aceitação e cooperação por parte dos pacientes pediátricos durante procedimentos de diagnóstico (STELLA *et al.*, 2015).

Diante do exposto, conhecer a saturação de oxigênio em polpas em dentes em condições de normalidade é de fundamental importância para o avanço científico do estudo da vitalidade pulpar, viabilizando o estabelecimento de um padrão que possa contribuir para avaliar e diferenciar, de maneira objetiva e científica, tecido pulpar saudável de tecido pulpar inflamado e a necrose, contribuindo para um diagnóstico preciso e o estabelecimento de um plano de tratamento adequado para a real condição clínica do elemento dentário.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o nível de saturação de oxigênio (SaO_2) em molares hígidos por meio da oximetria de pulso.

2.2 Objetivos específicos

Determinar o nível médio de SaO_2 (%) e o tempo de resposta (em segundos) do paciente ao estímulo ao frio em polpas de molares superiores e inferiores hígidos e comparar os valores encontrados entre os molares superiores e inferiores. Correlacionar o nível médio de SaO_2 (%) com o tempo de resposta (em segundos) do paciente ao estímulo ao frio dos molares superiores e inferiores hígidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Cálculo amostral

Para dimensionar a amostra, que teve como objetivo estimar o nível médio de saturação de oxigênio de polpas de molares hígidos, associada a determinado grau de confiança (z) e uma margem de erro absoluta (e), foi empregada a expressão:

$$n = \frac{z^2 \cdot S^2}{e^2}$$

O cálculo amostral, considerando um nível de confiança de 95% ($z=1,96$), com erro que não ultrapassasse 2 (para mais ou para menos), e desvio padrão de 5, determinou uma amostra (n) de 112 molares.

Delineamento do estudo

O protocolo de pesquisa deste estudo (Anexo 1) foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (nº CAEE 19592013.4.0000.5083), de acordo com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2).

O diagnóstico da condição pulpar foi realizado por meio da anamnese do paciente e do exame clínico. Na anamnese foram coletadas a história médica e odontológica. O exame clínico geral da boca foi realizado, enfatizando as áreas correspondentes aos molares superiores e inferiores, compreendendo inspeção, testes de percussão e palpação, avaliação de mobilidade e inserção periodontal, e o teste ao estímulo ao frio foi realizado com o gás refrigerante Endo Ice (-26.2°C , Coltene, Hygienic, USA) para confirmar presença de sensibilidade pulpar. Também foi solicitado ao paciente informar o estímulo sensível (dor) em uma escala analógica de 0 a 10, sendo 0 representativo de ausência de dor e 10 como dor severa. O *score* 0 foi definido como resposta negativa após 15 segundos de aplicação do gás refrigerante. Nesses casos, nova aplicação foi realizada com intervalo de dois minutos entre cada aplicação, sendo realizadas no máximo 3.

O exame radiográfico interproximal foi realizado considerando o plano de tratamento global do paciente, em virtude de suas necessidades de tratamento, sendo parte de um protocolo de atendimento. Foi realizado com posicionador de radiografia para adultos Cone Indicator (Indusbello, Brasil) e filme radiográfico periapical Kodak Insight

(Eastman Kodak Company, New York, USA), sendo revelados em processadora de radiografias modelo Peri-Pro (Air Techniques, nº de série 55685, 115 volts, 5.0 amperes, frequência de 60 Hz, Hicksville, NY).

Os critérios de inclusão foram: molares hígidos, ausência de cárie, restauração e fratura dentárias, sem sintomatologia dolorosa, teste de sensibilidade pulpar ao frio positivo, ausência de obliteração e/ou cálculos na câmara pulpar e de alterações periodontais. Os critérios de exclusão consistiram de dentes terceiros molares, com história de trauma oclusal e/ou traumatismo dentário, pacientes fumantes, com história de doença sistêmica vascular ou cardiovascular e uso de medicação sistêmica.

Oxímetro de pulso

Utilizou-se o oxímetro de pulso portátil BCI (modelo 3301, *Smiths Medical PM Inc.*, Waukesha, WI, USA) com sensor 31209 para realizar as mensurações do nível de saturação de oxigênio nos molares superiores e inferiores hígidos e no dedo indicador do paciente.

A avaliação do nível de saturação de oxigênio (SaO_2) da polpa de molares foi realizada por um especialista em endodontia, com experiência de 15 anos, sob isolamento relativo com roletes de algodão e sugador de saliva. Na ausência de luz do refletor, o sensor foi colocado no dente a ser avaliado. Para promover o paralelismo entre o diodo emissor e o fotodetector foi confeccionado um dispositivo de encaixe para o sensor, de acordo com as dimensões da coroa clínica do molar. O dispositivo foi confeccionado utilizando uma colgadura metálica individual para revelação de radiografia, tendo 2,5 cm de extensão vestibulo-lingual e 2,2 cm de altura cervico-oclusal, sendo removido o clip da sua porção final (Figura 1A).

O sensor foi posicionado nos molares superiores e inferiores hígidos de forma que o LED emissor e o fotodetector ficassem paralelos entre si, viabilizando a leitura pelo aparelho e o registro do nível de saturação de oxigênio (Figura 1B). Foram realizadas duas medidas para cálculo da média desta saturação, sendo a primeira 30 segundos (s) após o sensor adaptado no dente e a segunda 30 segundos (s) decorridos da primeira (Figura 1C), sendo a mensuração do nível sistêmico de saturação de oxigênio realizada da mesma forma. Dez dentes tratados endodonticamente e restaurados com resina composta também foram avaliados para confirmação da calibração do aparelho.

Todos os dados coletados foram anotados após realizados os testes, em campo próprio, na ficha de coleta de dados do paciente.

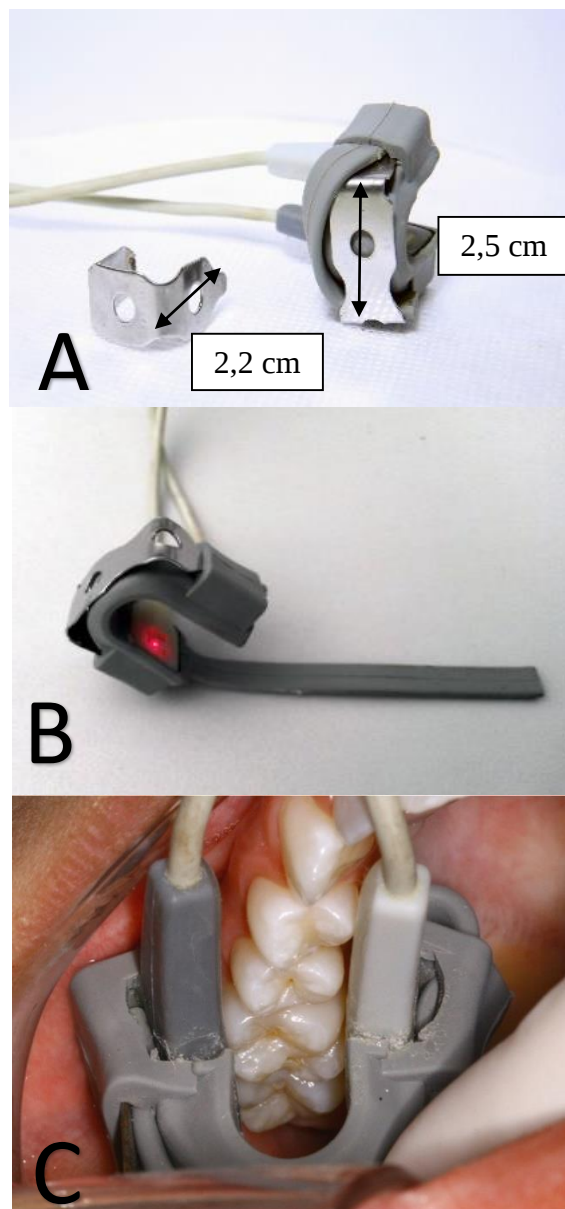


Figura 1. (A) Sensor 31209 com dispositivo de encaixe desenvolvido para molares. (B) Diodo emissor de luz vermelha e infravermelha e fotodetector. (C) Sensor em molares superiores.

Teste térmico a frio

O teste foi realizado pelo mesmo especialista em endodontia, sob isolamento relativo com roletes de algodão e sugador de saliva, utilizando gás refrigerante Endo Ice (-26.2°C , Coltene, Hygienic, USA) aplicado em bolinha de algodão, com auxílio de pinça clínica odontológica. A bolinha de algodão foi colocada no terço médio da superfície vestibular do dente a ser avaliado, sendo o paciente instruído para levantar a mão esquerda quando sentisse dor no dente testado. Foi feito o registro do tempo de resposta em segundos com utilização de cronômetro digital (Celular Samsung S4 Mini).

Todos os dados coletados foram anotados após realização dos testes, em campo próprio, na ficha de coleta de dados do paciente.

Análise estatística

A análise dos dados foi feita com o pacote estatístico versão 18.0 e com a planilha eletrônica Microsoft Excel 2010. Foram digitados os dados no programa Excel e posteriormente exportados para o programa SPSS v. 18.0 para análise estatística. Foram descritas as variáveis quantitativas pela média e o desvio padrão quando a sua distribuição foi simétrica e mediana e intervalo interquartil (percentis 25 e 75) quando assimétrica. As variáveis quantitativas com distribuição simétrica foram comparadas entre dentes pelo teste t de Student para amostras independentes e as com distribuição assimétrica pelo teste de Mann-Whitney. Para comparar as variáveis quantitativas com distribuição simétrica intra-indivíduo foi utilizado o teste t de Student para amostras pareadas. Para correlacionar variáveis quantitativas entre si foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Para comparar mais de dois grupos entre si foi utilizado o teste de Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste post-hoc de Tukey. Foi considerado um nível de significância de 5%, sendo estatisticamente significativo valores de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

A amostra foi constituída de 22 pacientes com molares hígidos, sendo 11 do gênero masculino e 11 do gênero feminino. A faixa etária variou entre 17 e 40 anos de idade. Foram avaliadas 112 polpas de molares hígidos, sendo 61 molares superiores (27 primeiros molares e 34 segundos molares) e 51 molares inferiores (25 primeiros molares e 26 segundos molares).

O nível de saturação de oxigênio de 10 molares tratados endodonticamente e restaurados com resina composta foi avaliado, sendo que todos apresentaram nível de saturação de oxigênio de 0%. A amostra foram 7 pacientes, sendo 5 do gênero masculino e 2 do gênero feminino.

O nível médio de saturação de oxigênio para as 112 polpas de molares hígidos foi de 85,09%. Os molares superiores apresentaram um nível médio de saturação de oxigênio de 83,59%, sendo observada uma diferença estatisticamente significativa ($P=0,037$) entre primeiros (85,76%) e segundos molares superiores (81,87%) (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela comparativa do nível médio de saturação de oxigênio (%) entre primeiros e segundos molares superiores hígidos.

	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão	P*
Primeiros superiores	76,0	95,0	85,76	5,63	0,037
Segundos superiores	69,5	99,0	81,87	8,53	

*Valor P da comparação obtido pelo teste t de Student para amostras independentes.

Os molares inferiores apresentaram uma média do nível de saturação de oxigênio de 86,89%, sendo que não houve uma diferença estatisticamente significativa ($P=0,177$) entre primeiros (85,58%) e segundos molares inferiores (88,15%) (Tabela 2).

Tabela 2. Tabela comparativa do nível médio de saturação de oxigênio (%) entre primeiros molares e segundos molares inferiores hígidos.

	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão	P*
Primeiros inferiores	68,0	98,5	85,58	7,80	0,177
Segundos inferiores	74,5	96,0	88,15	5,45	

*Valor P da comparação obtido pelo teste t de Student para amostras independentes.

A diferença do nível médio de saturação de oxigênio entre molares superiores (83,59%) e molares inferiores (86,89%) foi estatisticamente significativa ($P=0,018$), sendo maior a média para os molares inferiores. Estes valores estão representados na Figura 2.

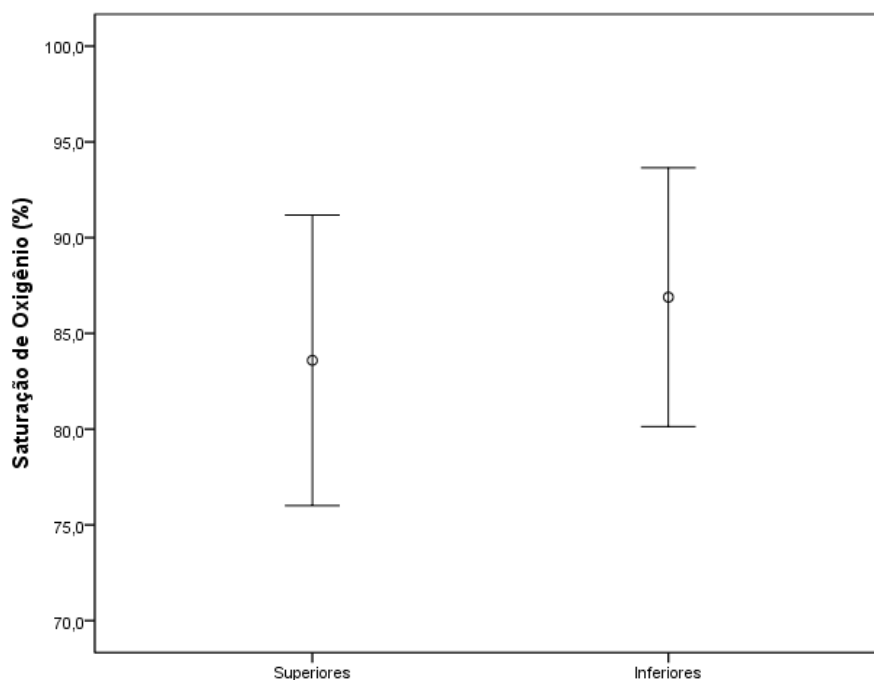


Figura 2. Representação gráfica da comparação das médias do nível de saturação de oxigênio (%) da polpa de molares hígidos superiores e inferiores.

O nível médio de saturação de oxigênio para o dedo foi de 92,89%. Não houve correlação estatisticamente significativa ($r= -0,007$; $P= 0,977$) entre as medidas do nível de saturação de oxigênio para molares e o nível de saturação de oxigênio para o dedo indicador do paciente (Tabela 3).

Tabela 3. Tabela comparativa do nível médio de saturação de oxigênio (%) entre os molares e o dedo indicador dos pacientes.

	Min	Máx.	Média (%)	n
Dente	66,0	99,0	85,09	112
Dedo	81,0	97,0	92,89	22

A mediana de tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio foi de 1,12 segundos. Os molares superiores apresentaram um tempo de resposta ao estímulo ao frio de 1,25 segundos (Tabela 4), não sendo encontrada diferença estatisticamente significativa ($P=0,052$) entre os primeiros (0,93 s) e os segundos molares superiores (1,40 s) (Tabela 5). Porém, o resultado encontra-se no limite da significância, evidenciando que os segundos molares superiores têm uma mediana mais alta.

Tabela 4. Tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio em molares hígidos superiores e inferiores.

	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	P*
Superiores	1,25	0,87	2,03	0,104
Inferiores	0,99	0,64	1,80	

*Valor P da comparação obtido pelo teste de Mann-Whitney

Tabela 5. Tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio em primeiros e segundos molares superiores hígidos.

	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	P*
Primeiros superiores	0,93	0,80	1,50	0,052
Segundos superiores	1,40	0,97	2,34	

*Valor P da comparação obtido pelo teste de Mann-Whitney.

Os molares inferiores apresentaram uma média para o tempo de resposta ao estímulo ao frio de 0,99 s (Tabela 4). Quando comparado o tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio entre primeiros (1,22 s) e segundos molares inferiores (0,94 s), não houve diferença estatisticamente significativa ($P=0,158$) (Tabela 6).

Tabela 6. Tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio em primeiros e segundos molares inferiores hígidos.

	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	P*
Primeiros inferiores	1,22	0,64	2,48	0,158
Segundos inferiores	0,94	0,63	1,35	

*Valor P da comparação obtido pelo teste de Mann-Whitney.

Não existiu correlação estatisticamente significativa entre o tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio e o nível de saturação de oxigênio para molares. Estes valores estão representados na Figura 3.

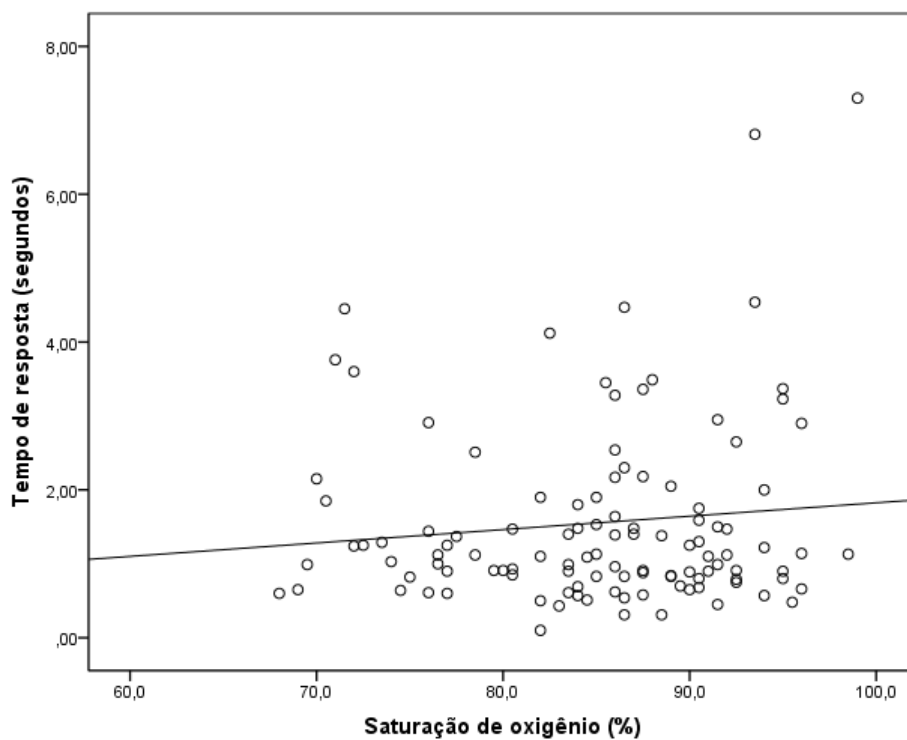


Figura 3. Dispersão de pontos entre o nível médio de saturação de oxigênio (%) de molares hígidos e o tempo de resposta (s) do paciente ao estímulo ao frio.

5 DISCUSSÃO

Determinar a condição da polpa é fundamental para o diagnóstico e planejamento endodôntico. Como a subjetividade dos testes pulpares térmico e elétrico limita sua confiabilidade, e a resposta ao estímulo é apenas sensorial, estudos de avaliação da acurácia do oxímetro de pulso como um recurso para diagnóstico da vitalidade do tecido pulpar têm sido realizados (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2010; DASTMALCHI *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2014).

O oxímetro de pulso tem seu uso consagrado na medicina como método objetivo e não invasivo de avaliação do nível de saturação de oxigênio durante a administração de anestesia intravenosa (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007b). Da mesma forma, tem sido utilizado para determinar a saturação de oxigênio na polpa dentária, com potencial para identificar diferentes estágios de processos patológicos que podem afetá-la (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; SETZER *et al.*, 2012).

No presente estudo, o nível médio de saturação de oxigênio para as 112 polpas de molares hígidos superiores e inferiores foi de 85,09%. Não há na literatura revista estudos que registraram um valor numérico para o nível de saturação de oxigênio em polpas de molares hígidos. Setzer *et al.* (2012) relataram uma média de saturação de oxigênio, para molares e pré-molares com polpas saudáveis, avaliados como um só grupo, de 92,2%. A diferença entre estes resultados pode ser atribuída à média para dois grupos diferentes de dentes e ao número da amostra de 36 molares. Embora neste estudo também tenha sido utilizado adaptador para dentes nos sensores, os aparelhos usados não foram os mesmos.

Um dos fatores críticos no emprego do oxímetro de pulso é o formato dos sensores de dedo. Os estudos são unânimes ao enfatizar a importância da sua adaptação para uso no dente, devido ao risco de distorção do raio de luz, pela falta de acomodação dos mesmos na estrutura dentária (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; CALIL *et al.*, 2008; GOPIKRISHNA *et al.*, 2009; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; SIDDHESWARAN *et al.*, 2011; CIOBANU *et al.*, 2012; DASTMALCHI *et al.*, 2012; SETZER *et al.*, 2012). Não existe no mercado sensores específicos para os diferentes grupos de dentes (GOPIKRISHNA *et al.*, 2006; GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; DASTMALCHI *et al.*, 2012; CERQUEIRA, 2013). Assim, para promover o paralelismo entre os diodos emissores e o fotodetector, no presente estudo foi confeccionado um dispositivo de encaixe para o sensor, de acordo com as dimensões da coroa clínica do

molar, visando a obtenção de análises confiáveis. Ainda, o dispositivo de encaixe impede que haja movimento do sensor na superfície do dente, contribuindo para a obtenção de resultados precisos, pois é necessário que tanto o sensor quanto o paciente permaneçam imóveis durante o uso do oxímetro (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; KAHAN *et al.*, 1996; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; BRUNO *et al.*, 2014).

Neste estudo, os molares superiores apresentaram um nível médio de saturação de oxigênio de 83,59%, havendo diferença estatisticamente significativa entre os primeiros (85,76%) e os segundos (81,87%), enquanto o nível médio de saturação de oxigênio para os molares inferiores foi de 86,89%, sem diferença estatisticamente significativa entre primeiros (85,58%) e segundos (88,15%). Foi verificada diferença estatisticamente significativa entre molares superiores (83,59%) e inferiores (86,89%) para o nível médio de saturação de oxigênio.

Estas diferenças nos valores de saturação de oxigênio podem ser atribuídas à diversidade anatômica dos grupos dentários. Cada um tem suas peculiaridades, tanto em relação à estrutura e espessura de esmalte e dentina, quanto ao formato e tamanho da cavidade pulpar. Embora essas características sejam semelhantes dentro do mesmo grupo, os dentes não são idênticos (STAMBAUGH *et al.*, 1977). Ainda, a leitura da saturação de oxigênio da polpa pode ser influenciada pela difração da luz infravermelha pelos prismas de esmalte e dentina que circundam o tecido pulpar (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; SIDDHESWARAN *et al.*, 2011; BRUNO *et al.*, 2014).

Em relação aos tecidos mineralizados que envolvem a polpa dentária, Stambaugh *et al.* (1977) mensuraram a distância vestibulo-lingual de dentes permanentes hígidos extraídos superiores e inferiores. Observaram que, em um grupo de 27 molares, a distância vestibulo-lingual foi de 10,74 mm para os primeiros e de 11,35 mm para os segundos molares superiores. Em relação aos inferiores, este valor foi de 9,9 mm os primeiros e 10,08 mm para segundos molares. Estes resultados mostraram que, apesar de haver variações, estas não foram significantes.

Dentre os fatores anatômicos que também podem influenciar o nível médio de saturação de oxigênio está a dimensão da cavidade pulpar. Neste sentido, vários estudos têm sido realizados em dentes extraídos, utilizando radiografias convencionais e tomografia computadorizada de feixe cônico (FANIBUNDA *et al.*, 1986; CHANDLER *et al.*, 2003; AZIM *et al.*, 2014; Z.-p. GE *et al.*, 2015). Chandler *et al.* (2003) avaliaram radiografias de primeiros molares, sendo 225 superiores e 220 inferiores, hígidos e restaurados, na faixa etária entre 18 e 25 anos de idade, e verificaram que a área média da

câmara coronária do primeiro molar superior foi de 7,5 mm², e a do inferior 8,67 mm². Outro estudo de Fanibunda *et al.* (1986) avaliou o volume da cavidade pulpar em diferentes grupos de dentes (n=10), utilizando material plástico introduzido à vácuo, e foram observadas diferenças volumétricas entre primeiros (68,2 mm³) e segundos molares superiores (44,3 mm³) e entre primeiros (52,5 mm³) e segundos molares inferiores (32,9 mm³).

A literatura é concordante que a idade é um dos fatores que pode interferir na dimensão da cavidade pulpar (IKAWA *et al.*, 2003; TRANASI *et al.*, 2009; Z.-p. GE *et al.*, 2015). Z.-p. GE *et al.* (2015) investigaram a relação entre idade e volume da câmara pulpar de primeiros molares por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Verificaram que os fatores gênero e grupo dentário são relevantes na avaliação do volume da câmara pulpar para estimar a idade de um indivíduo. Estudo de Serpa *et al.* (2015) mostrou uma redução gradativa na saturação de oxigênio em pré-molares hígidos com o aumento da idade, sendo significativa após os 40 anos.

A saturação de oxigênio em polpas saudáveis e inflamadas foi avaliada por Setzer *et al.* (2012), os quais observaram que os valores de saturação de oxigênio eram decrescentes para molares e pré-molares quando hígidos (92,2%), com pulpíte reversível (87,4%), pulpíte irreversível (83,1%) e necrose pulpar (74,6%). Tonder e Kvinnsland (1983) avaliando as interações neurovasculares na polpa dentária saudável e inflamada, observaram que no tecido pulpar normal a pressão interna era em torno de 6 mm Hg, enquanto que na polpa inflamada, a pressão aumentava para 16 mm Hg. Inicialmente, o aumento da permeabilidade vascular causa uma elevação da pressão interna pulpar, devido ao aumento do fluxo sanguíneo. Isso seria insignificante em outros tecidos, mas devido à localização da polpa entre paredes rígidas, há um grande impacto em sua microcirculação e fibras nervosas. O aumento da pressão pulpar pode causar uma compressão nas paredes finas dos vasos, gerando uma redução do fluxo sanguíneo e, consequentemente, no conteúdo de oxigênio, justificando as taxas mais baixas de saturação de oxigênio registradas pelo oxímetro de pulso em polpas inflamadas. (AHLQUIST; FRAZÉN, 1994; HEYERAAS; BERGGREEN, 1999).

Apesar da avaliação da condição de saúde pulpar por exame histológico ser o padrão ouro, sua aplicação requer que o dente seja extraído, o que, na maioria dos casos, não é possível, salvo se o dente estiver condenado. No entanto, podem ser usados métodos de referência menos invasivos para comparação, como por exemplo a inspeção direta

(ALGHAITHY; QUALTROUGH, 2015). Neste contexto, mais estudos com o oxímetro de pulso são necessários.

Para estabelecer o diagnóstico diferencial entre o tecido pulpar saudável, inflamado e a necrose pulpar têm sido utilizados métodos de diagnóstico. Dentre estes, são empregados os testes de sensibilidade pulpar, que são limitados por não refletirem a real condição de saúde do tecido em caso de doença, situação em que existe um fluxo sanguíneo, porém não é detectado (ALGHAITHY; QUALTROUGH, 2015).

Um teste de diagnóstico, para ser considerado ideal, deve ter resultado positivo na presença de doença e resultado negativo na ausência de doença. A acurácia de um teste determina o quanto este é capaz de corretamente classificar os pacientes como doentes e saudáveis. Os conceitos de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo têm sido desenvolvidos para caracterizar a acurácia e computar os benefícios do uso do teste (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2010).

Estudos têm mostrado que o oxímetro de pulso apresenta valor preditivo positivo entre 0,94 (KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2010) e 1,00 (DASTMALCHI *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2014; SHAHI *et al.*, 2015). Isso significa que, ao avaliar dentes necrosados, a probabilidade é de 94 a 100% de um dente estar com necrose pulpar quando há um registro de 0% de saturação de oxigênio pelo oxímetro de pulso. Tem sido relatado que o valor preditivo negativo varia entre 0,83 (KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2010) e 1,00 (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; SAMUEL *et al.*, 2014; SHAHI *et al.*, 2015), ou seja, ao serem avaliados dentes com polpa vital, existe uma probabilidade que varia entre 83% e 100% de um dente estar saudável se o registro do valor de saturação de oxigênio for compatível com o padrão de normalidade. A acurácia do oxímetro de pulso mostrou-se entre 97,5% (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a) e 100% (SHAHI *et al.*, 2015).

No entanto, em um trabalho de revisão crítica da literatura, Alghaithy e Qualtrough (2015) concluíram que os valores de sensibilidade para o oxímetro de pulso são inconsistentes, pois Karayilmaz e Kirzioglu (2010) relataram um número maior de respostas falso-positivas na presença de restaurações em resina composta na cavidade de acesso dos dentes tratados endodonticamente, resultado atribuído à leitura do tecido gengival. Ainda, observaram que, neste estudo, a sensibilidade foi menor (0,81) do que a registrada por Gopikrishna *et al.* (2007a), que avaliaram dentes não acessados para tratamento endodôntico (1,00). Ainda, estes trabalhos relataram uma especificidade de

0.95, que para Alghaithy e Qualtrough (2015) é um valor desapontador, considerando as dificuldades técnicas e custo do aparelho.

Em contraste, Noblett *et al.* (1996) em um estudo *in vitro* desenvolveram um modelo de circulação sanguínea pulpar utilizando um molar inferior extraído para avaliar a capacidade do oxímetro de pulso em determinar a vitalidade pulpar. Foram utilizadas amostras de sangue humano com misturas dos gases oxigênio, monóxido de carbono e nitrogênio, em diferentes concentrações, e uma bomba peristáltica para simular a pulsação cardíaca. Os valores de saturação de oxigênio encontrados variaram de 66,5% a 94,5%. Um aspecto relevante deste estudo foi a comparação entre os valores registrados pelo oxímetro de pulso e os resultados da gasometria, não havendo diferença estatisticamente significativa entre ambos, indicando que o oxímetro de pulso seria capaz de estimar de maneira precisa o nível de saturação de oxigênio no sangue dentro da câmara pulpar de um molar.

Existem algumas condições clínicas associadas ao dente e fatores sistêmicos relacionados ao paciente que podem interferir nas leituras do nível de saturação de oxigênio pelo oxímetro de pulso. Dentre as limitações relacionadas ao dente, tem sido relatado que esta técnica não mostra-se precisa em dentes com restaurações indiretas (SCHNETTLER; WALLACE, 1991; JAFARZADEH; ROSENBERG, 2009; DASTMALCHI *et al.*, 2012), com reduzido volume da câmara pulpar pelas alterações fisiológicas da idade (DASTMALCHI *et al.*, 2012) e em pacientes com alterações periodontais (GIOVANELLA *et al.*, 2014). Neste contexto, no presente estudo foram avaliados dentes hígidos e na faixa etária entre 17 a 40 anos de idade.

Os testes térmicos são utilizados como método indireto na avaliação da condição pulpar. O emprego do teste frio com gás refrigerante é o método mais utilizado pelos cirurgiões-dentistas, devido à conveniência e facilidade de aplicação (JESPERSEN *et al.*, 2014). Apesar da subjetividade, são úteis na identificação do dente inflamado quando a queixa do paciente é de dor generalizada, aliviada ou agravada por agentes térmicos (CHEN; ABBOTT, 2009).

No presente estudo, a mediana de tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio foi de 1,12 segundos. Para os molares superiores o tempo foi de 1,25 segundos, não sendo encontrada diferença estatisticamente significativa entre os primeiros (0,93 segundos) e os segundos molares superiores (1,40 segundos), sendo que os últimos apresentaram uma mediana mais alta.

Os molares inferiores apresentaram uma média para o tempo de resposta ao estímulo ao frio de 0,99 segundos, não havendo diferença estatisticamente significativa entre primeiros (1,22 segundos) e segundos molares inferiores (0,94 segundos). Não houve correlação estatisticamente significativa entre o tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio e o nível de saturação de oxigênio para molares.

Em relação às respostas sensoriais da polpa dentária ao teste frio, considera-se que o tecido pulpar está saudável quando há uma resposta dolorosa não exagerada que cessa alguns segundos após removido o estímulo. Na presença de inflamação pulpar, a resposta ao teste na pulpíte reversível é uma dor aguda que cessa assim que o estímulo é removido ou alguns segundos após, e a dor é severa e de longa duração quando a pulpíte é irreversível. A ausência de resposta ao teste de sensibilidade indica necrose pulpar (CHEN; ABBOTT, 2009; JAFARZADEH; ABBOTT, 2010).

Estudos mostram que o teste ao estímulo ao frio apresenta uma sensibilidade entre 0,53 (DASTMALCHI *et al.*, 2012) e 0,93 (SAMUEL *et al.*, 2014), ou seja, a capacidade do teste em detectar uma polpa inflamada em dentes com pulpíte, ou polpa necrosada em dentes com necrose, varia entre 53% e 93%. A especificidade do teste ao estímulo ao frio tem sido relatada entre 0,66 (DASTMALCHI *et al.*, 2012) e 1,00 (SAMUEL *et al.*, 2014), ou seja, a capacidade que o teste tem de detectar polpas saudáveis em dentes com polpa normal é de 66% a 100%.

O valor preditivo positivo para o teste frio tem sido relatado entre 0,72 (DASTMALCHI *et al.*, 2012) e 1,00 (SAMUEL *et al.*, 2014). Portanto, a probabilidade de que a ausência de resposta ao estímulo ao frio represente uma polpa necrosada em dentes necrosados, ou de que uma resposta rápida exacerbada ao estímulo ao frio represente uma pulpíte em dentes com polpa inflamada, seria de 72% a 100%. O valor preditivo negativo apresentado varia entre 0,46 (DASTMALCHI *et al.*, 2012) e 0,97 (SAMUEL *et al.*, 2014), existindo uma probabilidade que entre 46% e 97% de que uma resposta ao estímulo ao frio compatível com os parâmetros de normalidade em um dente com polpa vital, avaliado entre dentes com polpas vitais, indique presença de sensibilidade pulpar. Resultados de trabalhos têm mostrado que a acurácia do teste frio mostra-se entre 0,86 (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a) e 0,90 (JESPERSEN *et al.*, 2014).

Diante do exposto, a utilização dos testes de sensibilidade pulpar para avaliar a saúde pulpar, embora sujeito a erro, pode fornecer informações de diagnóstico valiosas na mão de um clínico experiente. Saber das limitações destes métodos, associado com

aplicação técnica precisa, pode contribuir significativamente para a obtenção de resultados mais acurados (ALGHAITHY; QUALTROUGH, 2015).

O uso da oximetria de pulso tem mostrado-se um importante e promissor recurso na odontologia, com as vantagens de ser não-invasivo, reprodutível, indolor e com resultados objetivos, tendo grande aceitação pelos pacientes (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007b; SIDDHESWARAN *et al.*, 2011; DASTMALCHI *et al.*, 2012). Sua superioridade em relação aos testes sensoriais vem sendo comprovada por diversos estudos (GOPIKRISHNA *et al.*, 2007a; KARAYILMAZ; KIRZIOGLU, 2010; KATATOA *et al.*, 2011; DASTMALCHI *et al.*, 2012; SAMUEL *et al.*, 2014), o que tem despertado a atenção da comunidade científica sobre prováveis mudanças de paradigma nos métodos utilizados para o estabelecimento do diagnóstico da condição pulpar, através do inovador e diferencial emprego de mais este recurso. A intenção não é abolir os métodos que, embora limitados, têm seu uso consagrado, mas sim agregar informações importantes sobre a vitalidade, e não apenas a sensibilidade, do tecido pulpar.

6 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia utilizada, pode-se concluir que, o nível médio de saturação de oxigênio em polpas de molares hígidos foi de 85,09%, sendo a média dos molares superiores de 83,59% e a dos inferiores de 86,89%. A mediana do tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio em molares hígidos foi de 1,12 segundos, não havendo diferença estatisticamente significativa entre superiores (1,25s) e inferiores (0,99s), e não houve correlação entre o tempo de resposta do paciente ao estímulo ao frio e o nível de saturação de oxigênio para molares hígidos.

7 REFERÊNCIAS

- Ahlquist, M. L.; Franzén, O. G. Inflammation and dental pain in man. **Endod Dent Traumatol**, 10, p. 201-209, 1994.
- Alghaithy, R. A.; Qualtrough, A. J. E. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. **International Endodontic Journal**, doi: 10.1111/iej.12611, p. 1-8, 2016.
- Amemiya, K.; Kaneko, Y.; Muramatsu, T.; Shimono, M.; Inoue, T. Pulp cell responses during hypoxia and reoxygenation in vitro. **Eur J Oral Sci**, v.111, p. 332–338, 2003.
- Azim, A. A.; Azim, K. A.; Deutsch, A. S.; Huang, G. T.-J. Acquisition of anatomic parameters concerning molar pulp chamber landmarks using Cone-Beam Computed Tomography. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 9, p. 1298-1302, 2014.
- Bruno, K. F.; Barletta, F. B.; Felipe, W. T.; Silva, J.A.; Alencar, A. H. G.; Estrela, C. 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.; Caldeira, C. L.; Gavini, G.; Lemos, E. M. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. **International Endodontic Journal**, 41, p. 741-746, 2008.
- Cerqueira, M. G. **Desenvolvimento de um sensor de determinação da vitalidade dentária**. 2013. 109f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal, 2013.
- Chandler, N. P.; Pitt Ford, T. R.; Monteith, B. D. Coronal pulp size in molars: a study of bitewing radiographs. **International Endodontic Journal**, 36, p. 757-763, 2003.
- Chen, E.; Abbott, P. V. Dental Pulp Testing: a Review. **International Journal of Dentistry**, v. 2009, p. 1-12, 2009.
- Ciobanu, G.; Ion, I.; Ungureanu, L. Testing of pulp vitality by pulsoximetry. **Odontology**, v. 2, issue 2, p. 94-98, 2012.
- 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. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 9, p. 1182-1186, 2012.
- Fanibunda, K. B. A method of measuring the volume of human dental pulp cavities. **International Endodontic Journal**, 19, p. 194-197, 1986.
- Giovanella, L. B.; Barletta, F. B.; Felipe, W. T.; Bruno, K. F.; Alencar, A. H. G.; Estrela, C. Assessment of Oxygen Saturation in Dental Pulp of Permanent Teeth with Periodontal Disease. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 12, p. 1927-1930, 2014.
- Gopikrishna, V.; Kandaswamy, D.; Gupta, T. Assessment of the efficacy of an indigenously developed pulse oximeter dental sensor holder for pulp vitality testing. **Indian J Dent Res**, n.17, issue 3, p.111-113, 2006.

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, 2007a.

Gopikrishna, V.; Tinagupta, K.; Kandaswamy, D. Comparison of Electrical, Thermal, and Pulse Oximetry Methods for Assessing Pulp Vitality in Recently Traumatized Teeth. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 5, p. 531-535, 2007b.

Heyeraas, K. J.; Berggreen, E. Interstitial Fluid Pressure in normal and inflamed pulp. **Crit Rev Oral Biol Med**, 10(3), p. 328-336, 1999.

Ikawa M, Komatsu H, Ikawa K, Mayanagi H, Shimauchi H. Age-related changes in the human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. **Dent Traumatol**, 19, p. 36-40, 2003.

Jafarzadeh, H.; Abbott, P. V. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. **International Endodontic Journal**, 43, p. 738-762, 2010.

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.

Jespersen, J. J.; Hellstein, J.; Williamson, A.; Johnson, W. T.; Qian, F. Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 3, p. 351-354, 2014.

Johnsen, D. C., Harshbarger J., Rymer H.D. Quantitative assessment of neural development in human premolars. **Anat Rec**, 205, p. 421-429, 1983.

Kahan, R. S.; Gulabivala, K.; Snook, M.; Setchell, D. J. Evaluation of a Pulse Oximeter and Customized Probe for Pulp Vitality Testing. **Journal of Endodontics**, v. 22, n. 3, p. 105-109, 1996.

Karayilmaz, H.; Kirzioglu, 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**, 38, p. 340-347, 2011.

Katatoa, S. H. H.; Setzer, F. C.; Gondim-Junior, E.; Pessoa, O. F.; Gavini, G.; Caldeira, C. L. Pulp Vitality in patients with intraoral and oropharyngeal malignant tumors undergoing radiation therapy assessed by pulse oximetry. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 9, p. 1197-1200, 2011.

Kim, S. Neurovascular interactions in the dental pulp in health and inflammation. **Journal of Endodontics**, v. 16, n. 2, 1990.

Mejäre, I. A.; Axelsson, S.; Davidson, T.; Frisk, F.; Hakeberg, M.; Kvist, T.; Norlund, A.; Petersson, A.; Portenier, I.; Sandberg, H.; Tranæus, S.; Bergenholtz, G. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. **International Endodontic Journal**, 45, p. 597-613, 2012.

Nissan, R.; Trope, M., Zheng, C-D, Chance, B. Dual wavelength spectrophotometry as a diagnostic test of the pulp chamber contents. **Oral Surg**, 74, p. 508-514, 1992.

Noblett, C. W.; Wilcox, L. R.; Scamman, F.; Johnson, W. T.; Diaz, A. Detection of pulpal circulation in vitro by Pulse Oximetry. **Journal of Endodontics**, v. 22, n. 1, p. 1-5, 1996.

Sadique, M.; Ravi, S. V.; Thomas, K.; Dhanapal, P.; Simon, P. E.; Shaheen, M. Evaluation of Efficacy of a Pulse Oximeter to Assess Pulp Vitality. **Journal of International Oral Health**, 6(3), p. 70-72, 2014.

Samuel, S. S., Thomas, A. M.; Singh, N. A comparative study of pulse oximetry with the conventional pulp testing methods to assess vitality in immature and mature permanent maxillary incisors. **Journal of Health and Research**, n.1, Issue 4, p. 235-240, 2014.

Schnapp, L. M.; Cohen, N. H. Pulse Oximetry Uses and Abuses. **Chest**, 96/5, p. 1244-1250, 1990.

Schnettler, J. M.; Wallace, J. A. Pulse Oximetry as a Diagnostic Tool of Pulpal Vitality. **Journal of Endodontics**, v. 17, n. 10, p. 488-490, 1991.

Serpa, G. C. **Oximetria de pulso na determinação da condição pulpar de pré-molares em diferentes faixas etárias**. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

Setzer, F. C.; Kataoka, S. H. H.; Natrielli, F.; Gondim-Junior, E.; Caldeira, C. L. Clinical Diagnosis of Pulp Inflammation Based on Pulp Oxygenation Rates Measured by Pulse Oximetry. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 7, p. 880-883, 2012.

Shahi, P.; Sood, P. B.; Sharma, A.; Madan, M.; Shahi, N.; Gandhi, G. 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**, 8(2), p. 94-98, 2015.

Siddheswaran, V.; Adyanthaya, R.; Shivanna, V. Pulse Oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing – an *in vivo* study. **World Journal of Dentistry**, 2(3), p. 225-230, 2011.

Stambaugh, R. V.; Wittrock, J. W. The relationship of the pulp chamber to the external surface of the tooth. **J. Prosthet. Dent.**, v. 37, n. 5, May, 1977.

Stella, J. P. F.; Barletta, F. B.; Giovanella, L. B.; Grazziotin-Soares, R.; Tovo, M. F.; Felipe, W. T.; Estrela, C. 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.

Tonder, K., J. H.; Kvinnsland, I. Micropuncture measurements of interstitial fluid pressure in normal and inflamed dental pulp in cats. **Journal of Endodontics**, v. 9, n. 3, p. 105-109, 1983.

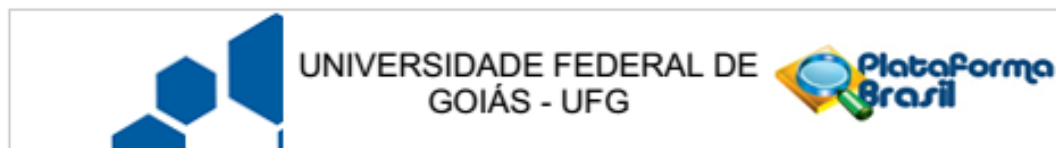
Tranasi, M.; Sberna, M. T.; Vincenzo, Z.; D'Apolito, Filiberto; Mastrangelo, F.; Salini, L.; Stuppia, L.; Tete, S. Microarray Evaluation of Age-related Changes in Human Dental Pulp. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 9, 2009.

Z.-p. Ge; R.-h Ma; Li, G.; L.-z. Z.; X.-c. Ma. Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. **Forensic Science International**, 253, p. 133.e1-133.e7, 2015.

Wang, J.; Xi, W.; Ling, J.; Huang, Y.; Gong, Q. Side Population Increase after Simulated Transient Ischemia in Human Dental Pulp Cell. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 3, p. 453-458, 2010.

Yu, C. Y.; Boyd, N. M.; Cringle, S. J.; Alder, V. A.; Yu, D. Y. Oxygen distribution and consumption in rat lower incisor pulp. **Archives of Oral Biology**, 47, p. 529-536, 2002.

ANEXO 1



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Oximetria de pulso no diagnóstico da condição pulpar de dentes permanentes humanos em diferentes situações clínicas

Pesquisador: Carlos Estrela

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 19592013.4.0000.5083

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.183.838

Data da Relatoria: 10/08/2015

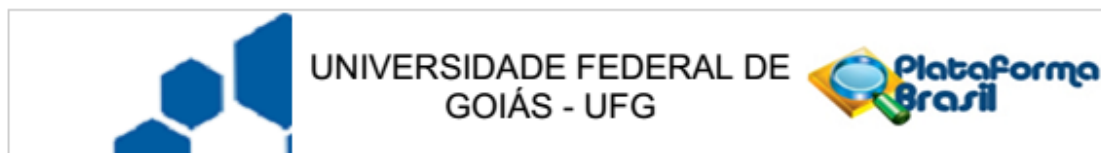
Apresentação do Projeto:

É um pedido de Emenda para o projeto já aprovado aqui com o título: Oximetria de pulso no diagnóstico da condição pulpar de dentes permanentes humanos em diferentes situações clínicas. É um projeto de pesquisa guarda-chuva, composto por sete subprojetos relacionados. N. da amostra: 200 participantes, triados nas clínicas da Associação Brasileira de Odontologia - ABO/secção Goiás e, também, na Faculdade de Odontologia - UFG. responsável: Carlos Estrela. Equipe: Ana Helena Gonçalves de Alencar; Daniel de Almeida Decurcio; Fernando Branco Barletta; Giuliano Caixeta Serpa; Keila Surama Alves de Oliveira; Kely Firmino Bruno; Lorena Ferreira de Lima; Patrícia Correia de Siqueira; Sara Rodrigues Renovato; Vinicius Caixeta de Sousa. Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia / UFG. Financiamento será custeado pelos próprios pesquisadores. As novas datas para coleta de dados: agosto a novembro de 2015. Data final do projeto (solicitada), no novo cronograma: junho de 2017.

Objetivo da Pesquisa:

Esta emenda justifica-se pelos seguintes motivos: 1) Inclusão de objetivo específico para análises de dentes submetidos ao clareamento dentário; 2) Alteração de cronograma para cumprimento de todos os subprojetos; 3) Inclusão de novos membros pesquisadores da equipe: Daniel de Almeida Decurcio e Vinicius Caixeta de Souza.

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
Bairro: Campus Samambaia CEP: 74.001-970
UF: GO Município: GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 Fax: (62)3521-1163 E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 1.183.838

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os testes de vitalidade pulpar, bem como, as oximetrias de pulso, não causarão nenhum tipo de dano ou prejuízo à integridade dos pacientes, visto serem recursos semiotécnicos consagrados na literatura e no cotidiano clínico. Os dentes indicados para exodontia por finalidade ortodôntica terão diagnóstico previamente estabelecido mediante protocolos de rotina. Cabe ressalva aos riscos inerentes às terapias cirúrgicas como dor pós-operatória e infecção, mas para prevenção desses sintomas será utilizado o protocolo medicamentoso pós-operatório. Ainda, a coleta das polpas não trará nenhuma alteração ou prejuízo nos procedimentos a serem realizados, visto que dentes extraídos são descartados após exodontia, a diferença é que, antes deste descarte, as polpas serão removidas para posterior análise. Os testes de vitalidade pulpar não causarão nenhum tipo de dano ou prejuízo, visto serem também recursos semiotécnicos consagrados na literatura e no cotidiano clínico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Apresentaram TCLEs para os maiores de 18 anos, bem como um para menores de 18 anos (para os pais ou responsáveis) e apresentam uma linguagem totalmente compreensível. Disponibilizam números de telefones, com possibilidade de ligações a cobrar. Relatam que não haverá nenhum custo para o paciente. Ainda, não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela participação na pesquisa. A pesquisa será realizada sem conter qualquer indicador da identidade do participante, garantindo plenamente o sigilo quanto a privacidade. Garantem total liberdade de recusar a participar da pesquisa a qualquer tempo,

sem que seja penalizado ou tenha interrupção de tratamento e acompanhamento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

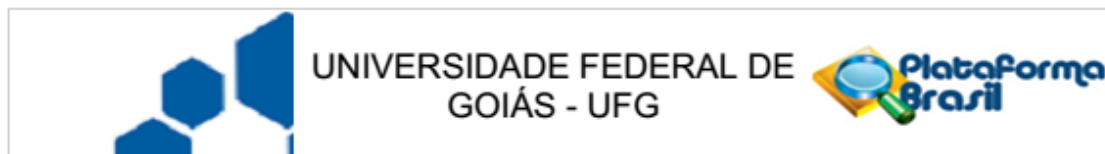
Os TCLEs apresentados (sete) estão adequados aos propósitos da pesquisa. Apresentam os seguintes documentos: Projeto de Pesquisa; Folha de Rosto; Currículo de todos os participantes da pesquisa; TCLEs - para os maiores de 18anos e outro para os menores de 18 anos; Projeto de Pesquisa (Anexado pelo Pesquisador); Termo de anuência da Instituição ABO-GO e Termos de compromisso dos pesquisadores; Termo de assentimento para menores. E, agora, apresentaram a EMENDA e sua justificativa, Termo de compromisso dos novos pesquisadores (Daniel de Almeida Decúrcio e Vinícius Caixeta de Souza), bem como, novo cronograma, com adequação de datas.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após análise dos documentos anexados, sugerimos a aprovação desse pedido de emenda, SMJ.

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
 Bairro: Campus Samambaia CEP: 74.001-970
 UF: GO Município: GOIANIA
 Telefone: (62)3521-1215 Fax: (62)3521-1163 E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 1.183.838

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO, o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, prevista para 21/12/2018.

GOIANIA, 13 de Agosto de 2015

Assinado por:
João Batista de Souza
(Coordenador)

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.001-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com

ANEXO 2



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA/CEP**



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de dúvida você poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás pelos telefones: 3521-1075 ou 3521-1076.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título do Projeto: “Oximetria de pulso no diagnóstico da condição pulpar de dentes permanentes humanos em diferentes situações clínicas”

Pesquisador (a) responsável: Prof. Dr. Carlos Estrela

Telefone para contato (inclusive ligações a cobrar): (62) 3087-8232

Pesquisador participante: Keila Surama Alves de Oliveira

Telefone para contato: 3209-6254 / 3928-2956

- A presente pesquisa pretende avaliar, por meio de um aparelho denominado oxímetro de pulso, a circulação de sangue em um dente permanente em diferentes situações clínicas.
- O seu atendimento será realizado de acordo com a rotina dessa clínica, descartando assim, qualquer risco de intervenção desnecessária. Ainda, não trará nenhuma alteração ou prejuízo nos procedimentos a serem feitos. A diferença é que na presente pesquisa, esses exames serão complementados pela utilização de um aparelho que mede a circulação de sangue do dente, chamado oxímetro de pulso.
- O período de participação nessa pesquisa refere-se somente ao exame do dente a ser avaliado, utilizando-se o oxímetro, o teste de sensibilidade pulpar a frio e exame radiográfico.

Comitê de Ética em Pesquisa/CEP

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/PRPPG-UFG, Caixa Postal: 131, Prédio da Reitoria, Piso 1, Campus Samambaia (Campus II) - CEP:74001-970, Goiânia – Goiás, Fone: (55-62) 3521-1215.

E-mail: cep.prppg.ufg@gmail.com



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA/CEP**



- Todos os exames, procedimentos e materiais utilizados em seu atendimento serão custeados pela equipe de pesquisa, não havendo nenhum custo para o paciente. Ainda, não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação na pesquisa.
- Com essa pesquisa, espera-se permitir a utilização do oxímetro de pulso, um aparelho capaz de avaliar a saúde de um dente, de forma indolor, rápida e segura.
- A pesquisa será realizada sem conter qualquer indicador da identidade do participante, garantindo plenamente tanto o sigilo quanto a sua privacidade. Não haverá qualquer tipo de constrangimento ou coação para o preenchimento deste termo de consentimento, sendo dada total liberdade de recusar a participar da pesquisa a qualquer tempo, sem que seja penalizado ou tenha interrupção de seu tratamento e acompanhamento.
- Nome e assinatura do pesquisador: _____

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____, RG: _____, CPF: _____, nº do prontuário: _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo “ Oximetria de pulso no diagnóstico da condição pulpar de dentes permanentes humanos em diferentes situações clínicas”, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora Keila Surama Alves de Oliveira sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve à qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento / assistência / tratamento.

Local e data: _____

Nome e assinatura: _____

Presenciamos a solicitação do consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Testemunhas (não ligada à equipe de pesquisadores):

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Comitê de Ética em Pesquisa/CEP

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/PRPPG-UFV, Caixa Postal: 131, Prédio da Reitoria, Piso 1,
Campus Samambaia (Campus II) - CEP:74001-970, Goiânia – Goiás, Fone: (55-62) 3521-1215.

E-mail: cep.prppg.ufv@gmail.com

ANEXO 3

Ficha clínica - Saturação de oxigênio em polpas de molares

Data de avaliação: __/__/20__

Número: _____

1. Identificação

Nome: _____

Gênero: ____ Data de nasc: __/__/__ Idade: ____ Telefone: _____

Endereço: _____

2. EXAME CLÍNICO**Dente:** _____

Coloração dentária () Normal () Modificada

Coloração tecidual () Normal () Modificada

Dor à Palpação () Coronária () Periapical () Ausente

Dor à percussão () Vertical () Horizontal () Ausente

3. OXIMETRIA DE PULSO

	Dedo indicador direito	Dente: _____
Saturação de oxigênio	____% ____%	____% ____%
	Média: ____%	Média: ____%

4. TESTE DE SENSIBILIDADE PULPAR AO ESTÍMULO AO FRIO

	Dente: _____
Positivo	
Negativo	
Tempo de resposta (em segundos)	
Estímulo da dor (de 0 a 10)	

ANEXO 4

PUBLICAÇÃO**Artigo:****AVALIAÇÃO DA SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO EM POLPAS
HUMANAS DE MOLARES HÍGIDOS****Autores:**

Keila Surama Alves de Oliveira DDS, MSc

Wilson Tadeu Felipe, DDS, MSc, PhD

Ana Helena Gonçalves de ALENCAR, DDS, MSc, PhD

Fernando Branco Barletta, DDS, MSc, PhD

Carlos ESTRELA, DDS, MSc, PhD

Revista:

Journal of Endodontics

EVALUATION OF OXYGEN SATURATION IN HUMAN PULPS OF HEALTHY MOLARS

KEILA SURAMA ALVES DE OLIVEIRA, DDS, MSc

Graduate Student (Master's Degree), School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil;

WILSON TADEU FELIPPE, DDS, MSc, PhD

Professor of Endodontics, Department of Endodontics, School of Dentistry Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil;

ANA HELENA GONÇALVES DE ALENCAR, DDS, MSc, PhD

Professor of Endodontics, Department of Stomatologic Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil;

FERNANDO BRANCO BARLETTA, DDS, MSc, PhD

Chairman and Professor of Endodontics, Department of Endodontics, School of Dentistry, Luterana University of Brazil, Canoas, RS, Brazil.

CARLOS ESTRELA, DDS, MSc, PhD

Chairman and Professor of Endodontics, Department of Stomatologic Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil.

Correspondence and offprint requests to:

Professor Carlos ESTRELA

Federal University of Goiás, Department of Stomatologic Sciences

Praça Universitária s/n, Setor Universitário, CEP 74605-220, Goiânia, GO, Brazil.

E-mail address: estrela3@terra.com.br

ABSTRACT

Objective: to determine the oxygen saturation level (SaO₂) in human pulps of molars by pulse oximetry. **Methods:** the oxygen saturation level was evaluated in 112 healthy molars using the pulse oximeter and the patient's response time to stimulus with the cold refrigerant gas and recorded with digital timer. Statistical analysis was performed using SPSS v program. 18.0. Quantitative variables were described by mean and standard deviation when the distribution was symmetric and median and interquartile range when asymmetric. Variables with symmetric distribution were compared between teeth for independent samples and intra-individual for paired samples by Student t test, and the asymmetric distribution with the Mann-Whitney test. To correlate the variables each other was used the Pearson correlation coefficient, and to compare more than two groups together the analysis of variance (ANOVA) followed by post-hoc Tukey, being statistically significant $p < 0,05$. **Results:** the average level of SaO₂ for the 112 healthy molars pulps was 85,09%, and there was no correlation with the SaO₂ average of the patient's indicator finger (92,89%). There was a significant difference ($P = 0,037$) between the average level of SaO₂ of the first (85,76%) and second superior molars (81,87%), and it was not significant ($P = 0,177$) between the first and second inferior molars. The superior molars had lower average level of SaO₂ (83,59%) when compared to the inferior molars (86,89%), with a statistically significant difference ($P = 0,018$). The average of the patient's response time to the cold stimulus was 1,12 seconds, with no statistically significant difference between superior (1,25 seconds) and inferior molars (0,99 seconds). **Conclusion:** the average level of SaO₂ in healthy molars pulps was 85,09%, and the average of the superior molars was 83,59% and inferior molars was 86,89%. The average of the patient's response time to the cold stimulus was 1,12 seconds, with no difference, and there was no correlation between the patient's response time to the cold stimulus and the oxygen saturation level for healthy molars.

Keywords: pulse oximeter, dental pulp, oxygen saturation, cold test.

INTRODUCTION

The diagnosis of the pulp condition is essential for the establishment of an appropriate treatment plan. The information to assess the state of pulp is obtained through anamnesis, associated with clinical findings, complementary imaging exams and pulp testing (9).

Due to its location, the pulp can not be directly inspected. Thus, pulp evaluation by indirect methods have been used, being thermal (heat and cold) and electric stimuli testing the most commons (9, 27)

The patient's response to these tests has been considered to determine whether the pulp is vital or not. However, there are tests that only measure the pulp sensitivity, which is associated with vasoconstriction and stimulation of nerve pulp structures, and not its vitality, because it does not provide information about the pulp blood flow. Therefore, these tests may have limited value when the objective is to evaluate the condition of the pulp. Still, false-negative or false-positive results may be found in immature teeth, due to the significantly lower amount of myelinated axons than mature teeth (22). Teeth that have suffered trauma may lose their sensitivity to transient or permanent basis (15). In these cases, the tooth may appear non-responsive to sensory tests, but have their vascularity preserved.

Another disadvantage of susceptibility testing is the subjectivity, because they depend on both the perception of the patient in response to stimulation as the interpretation of the dentist for that answer. Thus, its use becomes limited. Furthermore, these methods have the potential to produce unpleasant sensations and, occasionally, painful to the patient (10, 11, 14, 29).

Because of these limitations and the relevance of the blood flow in the pulp, the assessment of its vascularity becomes more important than the sensory neural responses (10, 15, 30, 31). Efforts have been made to develop methods that provide measurable values of dental pulp blood flow. These methods are called physiometric. Among them, it can be mentioned: spectrophotometry (28), laser doppler flowmetry – FLD (24) and pulse oximetry (6, 7, 13, 15, 39).

The pulse oximeter has been studied and used as a tool for the diagnosis of pulp condition, because in a healthy pulp is expected a large percentage of oxygen, essential to maintain the vitality of dental pulp and their metabolic needs (7). For the formation and maintenance of dentin is necessary to have the active transport of fluids and ions from

the pulp to the odontoblastic process. Mitochondria are abundant in the cell bodies of the odontoblasts, indicating that is necessary a high amount of energy to perform its functions. Therefore, a significant amount of oxygen appears to be essential for maintaining the features of *in vitro* odontoblasts, but their *in vivo* oxygen requirements have yet to be described (43).

Oxygen, as other gases in the body, is not very soluble in blood, which composition is mostly water. Accordingly, its transport is mediated by a secondary carrier, the hemoglobin, a protein of quaternary structure with multiple subunits and oxygen binding sites (5, 7). The hemoglobin molecule is composed of two components: the heme group and the globin protein. There are four heme groups of hemoglobin in each molecule, each of which contains an iron atom. In the heme group, each atom of iron is circumscribed by a ring of atoms called porphyrins, which structure form defines the red color of hemoglobin (7).

The oxygenated hemoglobin is present in the arterial blood, being referred to as oxyhemoglobin (HbO_2). The deoxygenated hemoglobin circulating in the venous blood is called deoxyhemoglobin (Hb). These two forms of hemoglobin absorb different amounts of red and infrared light. Oxyhemoglobin absorbs more infrared light than deoxyhemoglobin, and vice versa for the red light (32). In the presence of oxygen, therefore, the shape of the porphyrin alters, giving red blood cells a more vivid color; but as soon as oxygen is released, these cells take on a dark red. This color change is the optical principle of applying the measurements of oxygen saturation by pulse oximetry. The physical basis for the pulse oximeter operation is based on the Beer-Lambert law, which relates the absorption of a solute to its concentration and optical properties at a given wavelength (7, 20).

The pulsatile blood volume change also causes periodic fluctuation in the amount of red and infrared light absorbed before reaching the photodetector. This information is used along with the dissociation curve known to oxygenated and not oxygenated hemoglobin to determine the oxygen saturation level, and the rate of absorbance wavelengths provides the percentage of blood oxygenation (7, 20, 32).

The pulse oximeter consists of a microprocessor and an optical sensor. This sensor has on one side two light-emitting diodes (LEDs) with different wavelengths, a red (640 nm) and an infrared (940 nm), which are turned on and off in cycles 500 times per second, and a photodetector receiver located on the opposite side (6, 7, 2).

In soft tissue, the ear or finger, the absorption of red and infrared light has large amplitude, in contrast to vital pulp teeth, where absorption also varies with the cardiac cycle, but has a small amplitude. Pulse levels obtained in the tooth are lower than those obtained in the finger, due to a larger irrigation in the finger (13), of diffraction of infrared light by the enamel prisms (5, 15, 37), the location of the pulp, surrounded by hard tissue, a hindrance for detecting the vasculature, in addition to the different dentin thickness (5).

Studies to determine the average level of oxygen saturation in healthy dental pulps have been conducted. The average level of oxygen saturation for upper central incisors varies from 79,31% (14) to 94% (33), for upper lateral incisors from 78,51% (10) to 87,47% (24), for the canine from 79,85% (14) to 91% (6), for premolars 86,2% (34) and premolars and molars as a group the mean was 92,2% (35), these being the published studies that have an oxygen saturation value for the last two groups of teeth. The data in the literature to the mid-level establishment of oxygen saturation in healthy teeth are still inconclusive, requiring studies to determine more precisely this value.

Still, with the pulse oximeter technology, there is also the prospect of distinction between a healthy pulp, inflamed or necrotic (35). However, there are still no concrete data available showing differences between the various stages of inflammation determined by the pulse oximeter.

It is known that the pulp physiological blood flow is approximately 0,4-0,5 ml min / g, which is similar to the cerebral blood flow, but less than the heart and kidneys. In the brain, where the blood flow drops below 40% of control value, ceases the aerobic metabolism and irreversible tissue damage increases. The saturation level determining anoxia has not been established in the dental pulp (3), which is generally exposed to ischemia in case of injury or inflammation due to small amplitude vascular foramen and lower blood circulation. However, there is little knowledge about responses of dental pulp cells in hypoxic conditions (3, 42).

Although pulse oximetry is considered an effective method for the diagnosis of pulp vitality, some clinical conditions may affect the oxygen saturation readings, as high venous pressure, hemoglobin disorders, vasoconstriction, low peripheral perfusion, hypotension, increased acidity and metabolism caused by inflammation (5, 11, 20), use of systemic medications (11) and smoking (20, 33). Some extrinsic factors that interfere with the reading of oxygen saturation by the oximeter are the ambient light, motion and sensor adjustment and the presence of nail polish on the finger to be evaluated (5, 11, 33).

The parallelism between the LED and photodetector of the pulse oximeter sensor is essential for readings of the level of oxygen saturation. There are no sensors for teeth. This parallelism is achieved by developing adapters for the finger sensors, sized according to the anatomy of different dental groups (7, 11, 14, 15). These adapters also favor the stability of the sensor, avoiding movements during the evaluation of oxygen saturation level, which is crucial to obtain reliable results (5, 20, 33).

Despite the limitations presented, considering that the unreliability of sensory pulp tests is well documented, studies evaluating the accuracy of the oximeter to determine the vitality of the pulp tissue has been performed, with promising results (11, 15, 24, 31), with the distinction of being a non-invasive and atraumatic procedure, favoring the acceptance and cooperation of pediatric patients during diagnosis (39).

Given the above, the knowledge of the oxygen saturation level in dental pulp under normal conditions is of fundamental importance for scientific advancement of the study of pulp vitality. It will enable the establishment of a pattern that can help to evaluate and scientifically differentiate healthy pulp tissue from inflamed pulp tissue and necrosis, which contributes to accurate diagnosis and determination of a treatment suited for the actual clinical condition of the tooth.

The aim of this study was to determine the oxygen saturation level (SaO_2) in healthy pulps of molars through pulse oximetry.

MATERIAL AND METHODS

Patient selection and study design

This study included 112 hygid molars of 22 patients, seen at Integral Clinic of Federal University of Goiás (Goiânia, GO, Brazil). Inclusion criteria were: first and second hygid molars, no caries, restoration or fracture; no pain; positive response to cold test; no obliteration and/or calculus in the pulp chamber; no signs of periodontal disease. Patients that had a history of occlusal or dental trauma, smoked, took systemic medication or had a history of systemic or cardiovascular disease were excluded. The sample size was calculated for a 95% confidence interval. The calibration of the pulse oximeter was done by testing 10 endodontic treated molars.

The patient's medical history was evaluated. The clinical diagnostic of the molars was made by visual inspection, percussion and palpation tests, periodontal and mobility

evaluation. The cold sensibility testing was performed with Endo Ice ($-26,2^{\circ}\text{C}$, Coltene, Hygienic, USA) to confirm the sensibility of the teeth. After isolation with cotton rolls and positioning the saliva ejector, the application of the refrigerant gas to the middle third of the buccal surface of the tooth using a cotton pellet and dental tweezer was done. The patients were asked to describe pain using a 0-10 analogic scale, in which 0 indicated no pain and 10 severe pain. If the response was negative 15 seconds after the application of the refrigerant gas, the score of 0 was defined. In those cases, the procedure was repeated at 2 minutes intervals, being performed only 2 more times.

The radiographic exam was done considering the global treatment of the patient, as part of an attending protocol. The Cone Indicator radiographic positioner for adults was used (Indusbello, Brasil) with periapical film Kodak Insight (Eastman Kodak Company, New York, USA), and the processing method was done by automatic Peri-Pro (Air Techniques, serial number 55685, 115 V, 5.0 A, 60 Hz, Hicksville, NY).

This study was approved by the local research ethics committee. All the patients signed informed consent forms.

Cold sensibility test

Cold sensibility testing was performed by the same specialist, as previously described. At this moment, the patients were asked to rise their left hand when they felt pain on the tooth tested. The time of response of the patient to the cold stimulus was registered with digital chronometer (Samsung S4 Mini Cell Phone).

Pulse oximeter

A BCI portable pulse oximeter (3301, *Smiths Medical PM Inc.*, Waukesha, WI, USA) was used together with the 31209 sensor. The same examiner performed the evaluation. First, it was made in the indicator finger of the patient, and then in the superior and inferior sound molars, in the absence of light, under the conditions described previously. The sensor was put in a fitting device and placed on the tooth under evaluation. This device was manufactured specifically for use in molars, using an individual metallic clip for manual film revelation, with 2,5 cm of buccal-lingual extension and 2,2 cm of cervical-occlusal height, and the top clip was removed (Figure 1A).

The aim was to obtain the parallelism between the lighting emitting diodes and the photodetector, which ensured that light was correctly emitted and the level of oxygen saturation in the molar pulp was accurately measured (Figure 1B). Two measurements were made to calculate saturation: one 30 seconds after the sensor was positioned to the tooth and the second 30 seconds after the first (Figure 1C).

Statistical analysis

The data collected were registered in specific records for each patient, typed in Excel and exported to SPSS program v. 18.0 for statistical analysis. Quantitative variables were described by mean and standard deviation when their distribution was symmetrical and median and interquartile range (25th and 75th percentiles) when asymmetric. The quantitative variables with symmetric distribution were compared between teeth by the Student t test for independent samples and the Mann-Whitney test when asymmetrical distribution. To compare quantitative variables with symmetrical distribution within the person it was used the Student t test for paired samples. To correlate quantitative variables each other it was used the Pearson correlation coefficient. The Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare more than two groups each other, followed by post-hoc Tukey. It was considered a significance level of 5% (statistically significant $p < 0,05$).

RESULTS

Of the 22 patients included in this study, 11 were male and 11 female, between 17 and 40 years of age. In the total of 112 molars, 61 were superior molars (27 first molars and 34 second molars) and 51 were inferior molars (25 first molars and 26 second molars).

The oxygen saturation level of 10 molars endodontically treated and restored with composite resin was evaluated, all of which had levels of 0% oxygen saturation. The sample were 7 patients, 5 males and 2 females. The average of oxygen saturation level for 112 healthy molars pulps was 85,09%. The superior molars showed an average oxygen saturation level of 83,59%, and there was a statistically significant difference ($P = 0,037$) between the first (85,76%) and the second molars (81,87%) (Table 1).

The inferior molars had an average oxygen saturation level of 86,89%, and there was no statistically significant difference ($P = 0,177$) between the first (85,58%) and the second inferior molars (88,15%) (Table 2).

The difference in the average of oxygen saturation level between superior molars (83,59%) and inferior molars (86,89%) was statistically significant ($P = 0,018$), with a higher average for the inferior molars. These values are represented in Figure 2.

The average oxygen saturation level for the index finger was 92,89%. There was no statistically significant correlation ($r = -0,007$; $P = 0,977$) between the measurements of oxygen saturation level for molars and the oxygen saturation level of the index finger of the patient (Table 3).

The median time response of the patient to the cold stimulus was 1,12 seconds. The superior molars had an average time response to the cold stimulus of 1,25 seconds (Table 4), without a statistically significant difference ($P = 0,052$) between the first (0,93s) and the second superior molars (1,40s) (Table 5). However, the result is on the significance threshold, showing that the second superior molars have a higher median.

The inferior molars had an average time response to the cold stimulus of 0,99 s (Tabel 4). When compared the time response of the patient to the cold stimulus between the first (1,22 s) and the second inferiors molars (0,94 s), there was no statistically significance difference ($P = 0,158$) (Tabel 6).

There was no statistically significant correlation between the time response of the patient to the cold stimulus and the oxygen saturation level for molars. These values are represented in Figure 3.

DISCUSSION

The precise determination of the pulp condition is essential for diagnosis and endodontic planning. As the subjectivity of thermal and electric pulp tests limits their reliability, and the response to stimulus is just sensory evaluation, studies on the accuracy of pulse oximetry as a diagnostic feature of pulp tissue vitality have been conducted (11, 15, 24, 31).

The pulse oximeter has its established use in medicine as an objective and non-invasive evaluation of the oxygen saturation level during intravenous administration of anesthesia (16). Likewise, it has been used to determine the oxygen saturation in the dental pulp, with the potential to identify different stages of pathological processes that may affect it (33, 35).

In this study, the average level of oxygen saturation for 112 pulps of superior and inferior healthy molars was 85,09%. There are no studies in the reviewed literature that reported a numerical value for the oxygen saturation level in pulps of healthy molars. Setzer *et al.* (2012) reported an group average oxygen saturation for molars and premolars with healthy pulps of 92,2%. The difference between these results can be attributed to the average for two different sets of teeth and to the sample number of 36 molars. Although this study has also been used adapter for teeth sensors, the appliances used were not the same.

One of the critical factors in the pulse oximeter use is the finger sensor format. The studies are unanimous in emphasizing the importance of their adaptation for use in tooth, because of the risk of light beam distortion, due to lack of accommodation of the same in the tooth structure (6, 10, 11, 14, 20, 33, 35, 37). There are no specific sensors in the market for different groups of teeth (7, 11, 14, 15). Thus, to promote parallelism between the LEDs and the photodetector, in the present study was made a locking device for the sensor, according to the dimensions of the clinical crown of the molar, in order to obtain reliable analysis. Furthermore, the locking device prevents that there is motion sensor on the tooth surface, contributing to accurate results, since it is necessary that both the sensor and the patient to remain immobile during the use of the oximeter (5, 20, 23, 33).

In this study, the superior molars showed 83,59% as an average level of oxygen saturation, with a statistically significant difference between the first (85,76%) and

second (81,87%), while the average level of oxygen saturation of the inferior molars was 86,89%, with no statistically significant difference between the first (85,58%) and seconds (88,15%). There was found a statistically significant difference between maxillary molars (83,59%) and inferior (86,89%) for the average level of oxygen saturation.

These differences in oxygen saturation values can be attributed to anatomical diversity of the dental groups. Each has its peculiarities, both in relation to the structure and thickness of enamel and dentin, as the shape and size of the pulp cavity. Besides these characteristics are similar within the same group, the teeth are not identical (38). Also, the reading of the pulp oxygen saturation can be influenced by diffraction of infrared light by the enamel prisms and dentine surrounding pulp tissue (5, 15, 37).

Regarding mineralized tissue surrounding the dental pulp, Stambaugh *et al.* (1977) measured the buccolingual distance of superior and inferior healthy permanent extracted teeth. They found that in a group of 27 molars, the buccolingual distance was 10,74 mm for the first and 11,35 mm for the second molar. Regarding the inferior, this value was 9,9 mm for the first and 10,08 mm for the second molars. These results showed that, in spite of variations, there were no significant differences.

The size of the pulp cavity is also among the anatomical factors that can influence the average level of oxygen saturation. In this sense, numerous studies have been conducted on extracted teeth by conventional radiography and cone beam computed tomography (4, 8, 12, 41). Chandler *et al.* (2003) evaluated radiographs of 225 superior and 220 inferior first molars, healthy and restored, aged between 18 and 25 years, and found that the average area of coronary chamber of the first superior molar was 7,5mm² and 8,67mm² for the inferior first molar. Another study by Fanibunda *et al.* (1986) evaluated the volume of the pulp cavity in different groups of teeth (n = 10) using plastic material introduced in vacuo, and volumetric differences were observed between the first (68,2mm³) and the second superior molars (44,3 mm³) and between the first (52,5mm³) and second inferior molars (32,9 mm³).

The literature agrees that age is one of the factors that can affect the size of the pulp cavity (18, 40, 41). Z.-p. GE *et al.* (2015) investigated the relationship between age and volume of the pulp chamber of first molars using cone beam computed tomography (CBCT). They found that gender and dental group factors are relevant in the assessment of the pulp chamber volume to estimate the age of an individual. Study by Serpa *et al.*

(2015) showed a gradual reduction in oxygen saturation in premolars with increasing age, being significant after 40 years.

The oxygen saturation in healthy and inflamed pulp was evaluated by Setzer *et al.* (2012), who found that oxygen saturation values were decreasing for molars and premolars when healthy (92,2%), with reversible pulpitis (87,4%), irreversible pulpitis (83,1%) and pulp necrosis (74,6%). Tonder e Kvinnsland (1983) evaluating the neurovascular interactions in healthy and inflamed dental pulp, observed that the normal pulp tissue internal pressure was about 6 mm Hg, while in inflamed pulp, the pressure increased to 16 mm Hg. Initially, the increase in vascular permeability causes an increase in pulp internal pressure, due to increased blood flow. That would be insignificant in other tissues, but due to the location of the pulp, between rigid walls, there is a big impact on its microcirculation and nerve fibers. The increased pulp pressure can cause compression in the thin walls of the vessels, causing a reduced blood flow and thus the oxygen content, justifying the lowest rates of oxygen saturation recorded by pulse oximetry in inflamed pulps (1, 17).

Although the evaluation of the health condition of pulp by histological examination is the gold standard, its application requires the tooth to be extracted, which in most cases is not possible, unless the tooth is doomed. However, there may be used less invasive reference methods for comparison, such as direct inspection (2). In this context, further studies with the pulse oximeter are needed.

To establish the differential diagnosis between healthy pulp tissue, inflamed and pulp necrosis many diagnostic methods have been used. Among these there are the pulp sensitivity tests, which are limited because they do not reflect the actual tissue health condition in case of illness, a situation where there is blood flow, but it is not detected (2).

A diagnostic test, to be considered ideal, should have positive result in the presence of disease and a negative result in the absence of disease. The accuracy of a test determines how much it is able to correctly classify patients as sick and healthy. The concepts of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value have been developed to characterize the accuracy and computing the benefits of test use (15, 24).

Studies have shown that the pulse oximeter has a positive predictive value between 0,94 (24) and 1,00 (11, 31, 36). This means that, when evaluating necrotic teeth,

the probability of a tooth being with pulp necrosis when there is a record of 0% oxygen saturation by pulse oximetry is 94 to 100%. It has been reported that the negative predictive value is between 0,83 (24) and 1,00 (15, 31, 36), which means that when evaluated teeth with vital pulp, there is a probability between 83% and 100% that a tooth is healthy if the oxygen saturation value recorded is compatible with the normal range. The accuracy of the pulse oximeter showed between 97,5% (15) and 100% (36).

However, in a critical review of the literature, Alghaithy and Qualtrough (2) concluded that the sensitivity values for the pulse oximeter are inconsistent, because Karayilmaz and Kirzioglu (2010) reported a higher number of false-positive responses in the presence of composite resin restorations in the access cavity of teeth endodontically treated, attributable to the reading of the gingival tissue. It was also observed that in this study that the sensitivity was lower (0,81) than that recorded by Gopikrishna *et al.* (2007a), who evaluated teeth not accessed for endodontic treatment (1,00). Still, these studies reported a specificity of 0,95, which for Alghaithy and Qualtrough (2015) is a disappointing value, considering the technical difficulties and the device cost.

In contrast, Noblett *et al.* (1996) in an *in vitro* study developed a pulp blood circulation model using an extracted molar to assess pulse oximetry's ability to determine the pulp vitality. Human blood samples were used with mixtures of oxygen gas, carbon monoxide and nitrogen in different concentrations, and a peristaltic pump was used to simulate the heartbeat. Oxygen saturation values varied from 66,5% to 94,5%. An important aspect of this study was the comparison between the values recorded by the pulse oximeter and the results of blood gas analysis, with no statistically significant difference between them, indicating that the pulse oximeter would be able to estimate accurately the blood oxygen saturation level within the pulp chamber of a molar.

There are some medical conditions associated with tooth and systemic factors related to the patient that can interfere with the readings of oxygen saturation level by pulse oximetry. Among the limitations related to the tooth, it has been reported that this technique is not precise in teeth with indirect restorations (11, 20, 33), with reduced volume of the pulp chamber by physiological changes due to aging (11) and patients with periodontal disorders (13). In this context, in the present study were evaluated hygid teeth and the age range studied was 17-40 years old.

Thermal tests are used as an indirect method to evaluate the pulp condition. The use of cold refrigerant gas is the method most used by dentists, because of the

convenience and ease of application (21). Despite the subjectivity, they are useful in identifying the diseased tooth when the patient's complaint is widespread pain, relieved or aggravated by thermal agents (9).

In this work, the median patient's response time to the cold stimulus was 1,12 seconds. For the superior molars, the time was 1,25 seconds, without a statistically significant difference between the first (0,93s) and the second molars (1,40s), and the latter had a higher median.

The inferior molars showed an average response time to the cold stimulus of 0,99 seconds, with no statistically significant difference between the first (1,22s) and the second molars (0,94s). There was no statistically significant correlation between the patient's response time to the cold stimulus and the oxygen saturation level for molars.

Regarding dental pulp sensory responses to cold testing, it is considered that the pulp tissue is healthy when there is no excessive painful response, that ceases few seconds after the stimulus is removed. In the presence of pulpal inflammation, the response to the test in the reversible pulpitis is an acute pain, that ceases once the stimulus is removed or after a few seconds, and the pain is severe and long-lasting when pulpitis is irreversible. The lack of response to the sensitivity test indicates pulp necrosis (9, 19).

Studies have shown that the cold test has a sensitivity of 0,53 (11) to 0,93 (31), which means that the test is capability of detecting an inflamed pulp in teeth with pulpitis, or necrotic pulp in necrotic teeth, varies between 53% and 93%. The specificity of the cold test have been reported between 0,66 (11) and 1,00 (31); so, the ability of the test to detect healthy pulp in teeth with normal pulp it from 66% to 100%.

The positive predictive value for the cold test has been reported between 0,72 (11) and 1,00 (31). Therefore, the probability that the lack of response to the cold stimulus represents a necrotic pulp in necrosed teeth, or that a quick exacerbated response the cold stimulus represents a pulpitis in teeth with inflamed pulp, would be 72% to 100%. The negative predictive value ranges from 0,46 (11) to 0,97 (31); so, there is a probability between 46% and 97% that a response to the cold stimulus with parameters of normality in a tooth with healthy pulp, evaluated between teeth with vital pulps, indicates the presence of pulp sensitivity. Results of other works have shown that the accuracy of the cold test is shown between 0,86 (15) and 0,90 (21).

Given the above, the use of pulp sensitivity tests to evaluate the pulp health, although subject to error, can provide valuable diagnostic information in the hands of an

experienced clinician. Knowing the limitations of these methods, associated with technical application needs, can significantly contribute to the attainment of more accurate results (2).

The use of pulse oximetry has been shown to be an important and promising use in dentistry, with the advantages of being non-invasive, reproducible, painless, with objective results and great acceptance by patients (11, 16, 37). Its superiority over sensory tests has been proven by several studies (11, 15, 24, 25, 31), which has attracted the attention of the scientific community about probable paradigm changes in the methods used for the diagnosis of the pulp condition, through innovative and differential employment of this feature. The intention is not to abolish the methods that, although limited, have their dedicated use, but add important information about the vitality, not only the sensitivity, of the pulp tissue.

CONCLUSION

According to the methodology used, it can be concluded that the average level of oxygen saturation in pulps of healthy molars was 85,09 %, the average for the superior molars was 83,59 % and 86,89% for the inferiors. The median of patient's time response to the cold stimulus in healthy molars was 1,12 seconds, with no difference between superior (1,25s) and inferior (0,99s) molars, and there was no correlation between the patient's time response to the cold stimulus and the oxygen saturation level for healthy molars.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors deny any conflicts of interest related to this article.

REFERENCES

- 1- Ahlquist, M. L.; Franzén, O. G. Inflammation and dental pain in man. **Endod Dent Traumatol**, 10, p. 201-209, 1994.
- 2- Alghaithy, R. A.; Qualtrough, A. J. E. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. **International Endodontic Journal**, doi: 10.1111/iej.12611, p. 1-8, 2016.
- 3- Amemiya, K.; Kaneko, Y.; Muramatsu, T.; Shimono, M.; Inoue, T. Pulp cell responses during hypoxia and reoxygenation in vitro. **Eur J Oral Sci**, v.111, p. 332–338, 2003.
- 4- Azim, A. A.; Azim, K. A.; Deutsch, A. S.; Huang, G. T.-J. Acquisition of anatomic parameters concerning molar pulp chamber landmarks using Cone-Beam Computed Tomography. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 9, p. 1298-1302, 2014.
- 5- Bruno, K. F.; Barletta, F. B.; Felipe, W. T.; Silva, J.A.; Alencar, A. H. G.; Estrela, C. Oxygen Saturation in the Dental Pulp of Permanent Teeth: A Critical Review. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 8, p. 1054-1057, 2014.
- 6- Calil, E.; Caldeira, C. L.; Gavini, G.; Lemos, E. M. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. **International Endodontic Journal**, 41, p. 741-746, 2008.
- 7- Cerqueira, M. G. **Desenvolvimento de um sensor de determinação da vitalidade dentária**. 2013. 109f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal, 2013.
- 8- Chandler, N. P.; Pitt Ford, T. R.; Monteith, B. D. Coronal pulp size in molars: a study of bitewing radiographs. **International Endodontic Journal**, 36, p. 757-763, 2003.
- 9- Chen, E.; Abbott, P. V. Dental Pulp Testing: a Review. **International Journal of Dentistry**, v. 2009, p. 1-12, 2009.
- 10- Ciobanu, G.; Ion, I.; Ungureanu, L. Testing of pulp vitality by pulsoximetry. **Odontology**, v. 2, issue 2, p. 94-98, 2012.
- 11- 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. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 9, p. 1182-1186, 2012.
- 12- Fanibunda, K. B. A method of measuring the volume of human dental pulp cavities. **International Endodontic Journal**, 19, p. 194-197, 1986.
- 13- Giovanella, L. B.; Barletta, F. B.; Felipe, W. T.; Bruno, K. F.; Alencar, A. H. G.; Estrela, C. Assessment of Oxygen Saturation in Dental Pulp of Permanent Teeth with Periodontal Disease. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 12, p. 1927-1930, 2014.
- 14- Gopikrishna, V.; Kandaswamy, D.; Gupta, T. Assessment of the efficacy of an indigenously developed pulse oximeter dental sensor holder for pulp vitality testing. **Indian J Dent Res**, n.17, issue 3, p.111-113, 2006.

- 15- 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, 2007a.
- 16- Gopikrishna, V.; Tinagupta, K.; Kandaswamy, D. Comparison of Electrical, Thermal, and Pulse Oximetry Methods for Assessing Pulp Vitality in Recently Traumatized Teeth. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 5, p. 531-535, 2007b.
- 17- Heyeraas, K. J.; Berggreen, E. Interstitial Fluid Pressure in normal and inflamed pulp. **Crit Rev Oral Biol Med**, 10(3), p. 328-336, 1999.
- 18- Ikawa M, Komatsu H, Ikawa K, Mayanagi H, Shimauchi H. Age-related changes in the human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. **Dent Traumatol**, 19, p. 36-40, 2003.
- 19- Jafarzadeh, H.; Abbott, P. V. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. **International Endodontic Journal**, 43, p. 738-762, 2010.
- 20- 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.
- 21- Jespersen, J. J.; Hellstein, J.; Williamson, A.; Johnson, W. T.; Qian, F. Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 3, p. 351-354, 2014.
- 22- Johnsen, D. C., Harshbarger J., Rymer H.D. Quantitative assessment of neural development in human premolars. **Anat Rec**, 205, p. 421-429, 1983.
- 23- Kahan, R. S.; Gulabivala, K.; Snook, M.; Setchell, D. J. Evaluation of a Pulse Oximeter and Customized Probe for Pulp Vitality Testing. **Journal of Endodontics**, v. 22, n. 3, p. 105-109, 1996.
- 24- Karayilmaz, H.; Kirzioglu, 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**, 38, p. 340-347, 2011.
- 25- Katatoo, S. H. H.; Setzer, F. C.; Gondim-Junior, E.; Pessoa, O. F.; Gavini, G.; Caldeira, C. L. Pulp Vitality in patients with intraoral and oropharyngeal malignant tumors undergoing radiation therapy assessed by pulse oximetry. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 9, p. 1197-1200, 2011.
- 26- Kim, S. Neurovascular interactions in the dental pulp in health and inflammation. **Journal of Endodontics**, v. 16, n. 2, 1990.
- 27- Mejäre, I. A.; Axelsson, S.; Davidson, T.; Frisk, F.; Hakeberg, M.; Kvist, T.; Norlund, A.; Petersson, A.; Portenier, I.; Sandberg, H.; Tranæus, S.; Bergenholtz, G. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. **International Endodontic Journal**, 45, p. 597-613, 2012.
- 28- Nissan, R.; Trope, M., Zheng, C-D, Chance, B. Dual wavelength spectrophotometry as a diagnostic test of the pulp chamber contents. **Oral Surg**, 74, p. 508-514, 1992.

- 29- Noblett, C. W.; Wilcox, L. R.; Scamman, F.; Johnson, W. T.; Diaz, A. Detection of pulpal circulation in vitro by Pulse Oximetry. **Journal of Endodontics**, v. 22, n. 1, p. 1-5, 1996.
- 30- Sadique, M.; Ravi, S. V.; Thomas, K.; Dhanapal, P.; Simon, P. E.; Shaheen, M. Evaluation of Efficacy of a Pulse Oximeter to Assess Pulp Vitality. **Journal of International Oral Health**, 6(3), p. 70-72, 2014.
- 31- Samuel, S. S., Thomas, A. M.; Singh, N. A comparative study of pulse oximetry with the conventional pulp testing methods to assess vitality in immature and mature permanent maxillary incisors. **Journal of Health and Research**, n.1, Issue 4, p. 235-240, 2014.
- 32- Schnapp, L. M.; Cohen, N. H. Pulse Oximetry Uses and Abuses. **Chest**, 96/5, p. 1244-1250, 1990.
- 33- Schnettler, J. M.; Wallace, J. A. Pulse Oximetry as a Diagnostic Tool of Pulpal Vitality. **Journal of Endodontics**, v. 17, n. 10, p. 488-490, 1991.
- 34- Serpa, G. C. **Oximetria de pulso na determinação da condição pulpar de pré-molares em diferentes faixas etárias**. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- 35- Setzer, F. C.; Kataoka, S. H. H.; Natrielli, F.; Gondim-Junior, E.; Caldeira, C. L. Clinical Diagnosis of Pulp Inflammation Based on Pulp Oxygenation Rates Measured by Pulse Oximetry. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 7, p. 880-883, 2012.
- 36- Shahi, P.; Sood, P. B.; Sharma, A.; Madan, M.; Shahi, N.; Gandhi, G. 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**, 8(2), p. 94-98, 2015.
- 37- Siddheswaran, V.; Adyanthaya, R.; Shivanna, V. Pulse Oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing – an *in vivo* study. **World Journal of Dentistry**, 2(3), p. 225-230, 2011.
- 38- Stambaugh, R. V.; Wittrock, J. W. The relationship of the pulp chamber to the external surface of the tooth. **J. Prosthet. Dent.**, v. 37, n. 5, May, 1977.
- 39- Stella, J. P. F.; Barletta, F. B.; Giovanella, L. B.; Grazziotin-Soares, R.; Tovo, M. F.; Felipe, W. T.; Estrela, C. 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.
- 40- Tonder, K., J. H.; Kvinnsland, I. Micropuncture measurements of interstitial fluid pressure in normal and inflamed dental pulp in cats. **Journal of Endodontics**, v. 9, n. 3, p. 105-109, 1983.
- 41- Tranasi, M.; Sberna, M. T.; Vincenzo, Z.; D'Apolito, Filiberto; Mastrangelo, F.; Salini, L.; Stuppia, L.; Tete, S. Microarray Evaluation of Age-related Changes in Human Dental Pulp. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 9, 2009.

- 42- Z.-p. Ge; R.-h Ma; Li, G.; L.-z. Z.; X.-c. Ma. Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. **Forensic Science International**, 253, p. 133.e1-133.e7, 2015.
- 43- Wang, J.; Xi, W.; Ling, J.; Huang, Y.; Gong, Q. Side Population Increase after Simulated Transient Ischemia in Human Dental Pulp Cell. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 3, p. 453-458, 2010.
- 44- Yu, C. Y.; Boyd, N. M.; Cringle, S. J.; Alder, V. A.; Yu, D. Y. Oxygen distribution and consumption in rat lower incisor pulp. **Archives of Oral Biology**, 47, p. 529-536, 2002.

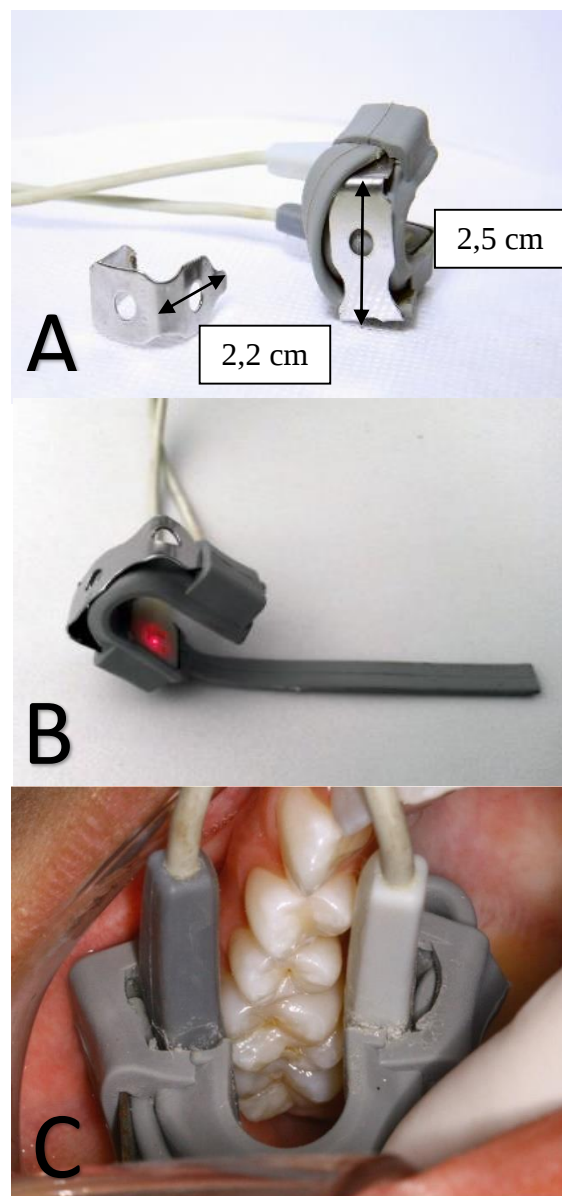


Figure 1. (A) 31209 sensor with the fitting device specifically manufactured for molars. (B) Red and infrared light emitting diodes and the photodetector. (C) Sensor positioned in superior molars.

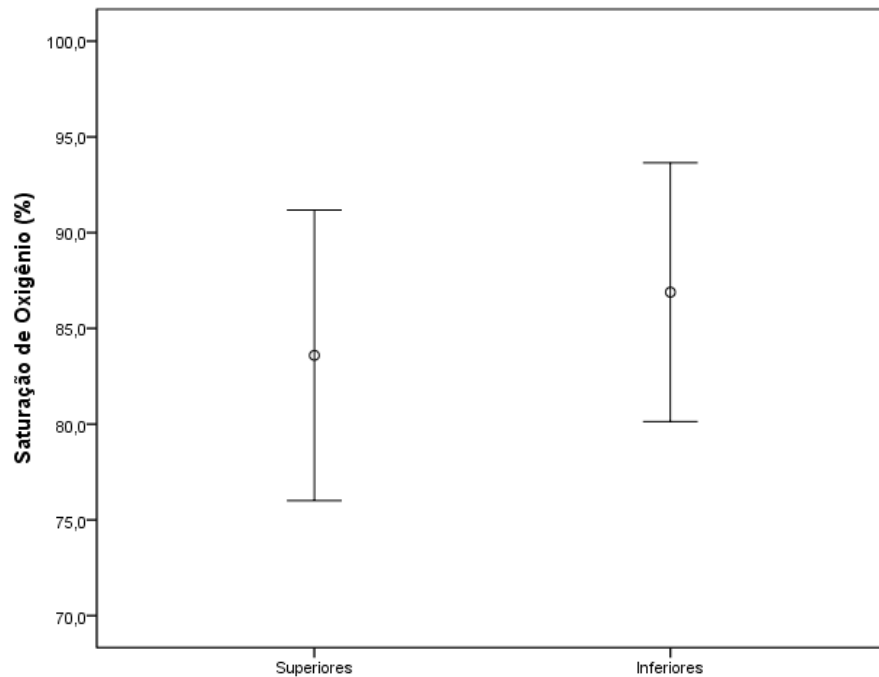


Figure 2. Graphical representation of the comparison between the averages of oxygen saturation levels (%) of superior and inferior molars.

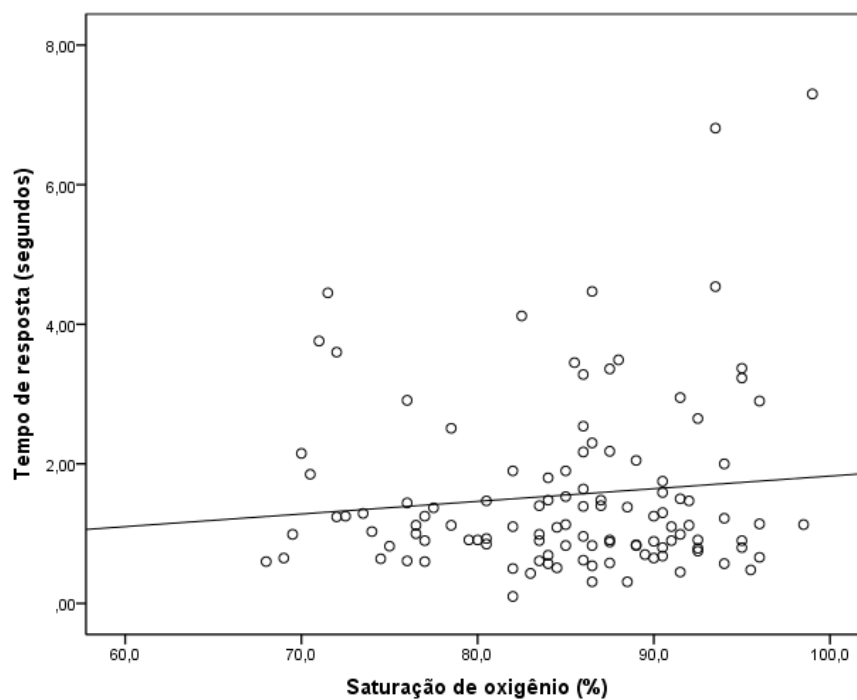


Figure 3. Dispensing points between the oxygen saturation level (%) of sound molars and the time response (s) of the patient to the cold stimulus.

Table 1. Table comparing the average of oxygen saturation level (%) between first and second healthy superior molars.

	Min.	Max.	Media	Standard deviation	P*
First superiors	76,0	95,0	85,76	5,63	0,037
Second superiors	69,5	99,0	81,87	8,53	

*P value of the comparison obtained by t Student test for independent samples

Table 2. Table comparing the average of oxygen saturation level (%) between first and second healthy inferior molars.

	Min.	Max.	Média	Standard deviation	P*
First inferiors	68,0	98,5	85,58	7,80	
Second inferiors	74,5	96,0	88,15	5,45	0,177

*P value of the comparison obtained by the t Student test for independent samples

Table 3. Table comparing the average of oxygen saturation level (%) between molars and the index finger of the patients

	Min	Max.	Media (%)	n
Molars	66,0	99,0	85,09	112
Finger	81,0	97,0	92,89	22

Table 4. Time response (s) of the patient to the cold stimulus in superior and inferior healthy molars.

	Median	25 Percentile	75 Percentile	P*
Superiors	1,25	0,87	2,03	0,104
Inferiors	0,99	0,64	1,80	

*P value of the comparison obtained by Mann-Whitney test.

Table 5. Time response (s) of the patient to the cold stimulus in first and second superior healthy molars.

	Median	25 Percentile	75 Percentile	P*
First superiors	0,93	0,80	1,50	0,052
Second superiors	1,40	0,97	2,34	

*P value of comparison obtained by Mann-Whitney test.

Table 6. Time response (s) of the patient to the cold stimulus in first and second inferior healthy molars.

	Median	25 Percentile	75 Percentile	P*
First inferiors	1,22	0,64	2,48	0,158
Second inferiors	0,94	0,63	1,35	

*P value of comparison obtained by Mann-Whitney test.

Guidelines for Publishing Papers in the JOE

Writing an effective article is a challenging assignment. The following guidelines are provided to assist authors in submitting manuscripts.

The *JOE* publishes original and review articles related to the scientific and applied aspects of endodontics. Moreover, the *JOE* has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

General Points on Composition

Organization of Original Research Manuscripts

Manuscripts Category Classifications and Requirements

Available Resources

1. General Points on Composition

1. Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (*e.g.*, spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar or syntax. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:

2. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section “c” below), or sentences with little to no transition within a paragraph.

3. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors' names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, “In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals” can be edited to: “Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the

generated debris (Langeland et al., 1983)." In this example, the paragraph's subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.

4. Sentences are stronger when written in the active voice, *i.e.*, the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as "was," "were," "could," etc. For example: "Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation," can be edited to: "Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation." Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.

5. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph. (This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)

6. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, "Formerly, endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method," can be edited to "Formerly, endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation." The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.

7. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the reader. For example, the statement, "Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used," can be edited to "Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study."

8. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph's theme.

9. Authors should be aware that the *JOE* uses iThenticate, plagiarism detection software, to assure originality and integrity of material published in the *Journal*. The use of copied sentences, even when present within quotation marks, is highly discouraged. Instead, the information of the original research should be expressed by new manuscript author's own words, and a proper citation given at the end of the sentence. Plagiarism will not be tolerated and manuscripts will be rejected, or papers withdrawn after publication based on

unethical actions by the authors. In addition, authors may be sanctioned for future publication.

2. Organization of Original Research Manuscripts

Please Note: All abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., *Introduction, Methods, Results, Conclusions, etc.*, and should not exceed more than 250 words in length.

1. **Title Page:** The title should describe the major emphasis of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (*e.g.*, use “sodium hypochlorite” rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at www.icmje.org). The manuscript title, name and address (including email) of one author designated as the corresponding author. This author will be responsible for editing proofs and ordering reprints when applicable. The contribution of each author should also be highlighted in the cover letter.

2. **Abstract:** The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the wide distribution of the abstract (*e.g.*, PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.

3. **Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address and the limitations of previous studies in the area. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be clearly described. Authors should realize that this section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the *JOE*. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to succinctly summarize the gap in knowledge that the study addresses. It is important to note that many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals. Therefore, authors should refrain from performing extensive review of the literature, and discussing the results of the study in this section.

4. Materials and Methods: The objective of the materials and methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The four components to this section are the detailed description of the materials used and their components, the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the essential aspects used in the present study. Thus, the reader should still be able to understand the method used in the experimental approach and concentration of the main reagents (*e.g.*, antibodies, drugs, etc.) even when citing a previously published method. The inclusion of a “methods figure” will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a **commercial product**, the manuscript must state that they either followed manufacturer’s protocol or specify any changes made to the protocol. If the study used an ***in vitro* model** to simulate a clinical outcome, the authors must describe experiments made to validate the model, or previous literature that proved the clinical relevance of the model. Studies on **humans** must conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB/equivalent committee(s) approved the protocol and that informed consent was obtained after the risks and benefits of participation were described to the subjects or patients recruited. Studies involving **animals** must state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis as a basis for sample size computation, drop-outs from clinical trials, the effects of important confounding variables, and bivariate versus multivariate analysis.

5. Results: Only experimental results are appropriate in this section (*i.e.*, neither methods, discussion, nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study, as defined by the aim(s). Do not include all available data without justification; any repetitive findings will be rejected from publication. All Figures, Charts and Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings. Author may consider the use of supplemental figures, tables or video clips that will be published online. Supplemental material is often used to provide additional information or control experiments that support the results section (*e.g.*, microarray data).

6. Figures: There are two general types of figures. The first type of figures includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For example, most photo-, radio- or micrographs take up one column-width, or

about 185 mm wide X 185 mm tall. If instead, you construct a two columns-width figure (*i.e.*, about 175 mm wide X 125 mm high when published in the *JOE*), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing to emphasize the most important feature of each photomicrograph, but it greatly increases the total number of illustrations that you can present in your paper. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (*e.g.*, “A,” “B,” etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Jeger et al (J Endod 2012;38:884–888); Olivieri et al., (J Endod 2012;38:1007–1011); Tsai et al (J Endod 2012;38:965–970). Please note that color figures may be published at no cost to the authors and authors are encouraged to use color to enhance the value of the illustration. Please note that a multipanel, composite figure only counts as one figure when considering the total number of figures in a manuscript (see section 3, below, for maximum number of allowable figures).

The second type of figures are graphs (*i.e.*, line drawings including bar graphs) that plot a dependent measure (on the Y axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen-treated group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

7. Tables: Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001-0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03-3% NaOCl (N=5/group). Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).

8. Discussion: This section should be used to interpret and explain the results. Both the strengths and weaknesses of the observations should be discussed. How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical

readership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the discussion. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions

9. Acknowledgments: All authors must affirm that they have no financial affiliation (*e.g.*, employment, direct payment, stock holdings, retainers, consultancies, patent licensing arrangements or honoraria), or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past three years. Any other potential conflict of interest should be disclosed. Any author for whom this statement is not true must append a paragraph to the manuscript that fully discloses any financial or other interest that poses a conflict. Likewise the sources and correct attributions of all other grants, contracts or donations that funded the study must be disclosed

10. References: The reference style follows Index Medicus and can be easily learned from reading past issues of the *JOE*. The *JOE* uses the Vancouver reference style, which can be found in most citation management software products. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references. Original reports are limited to 35 references. There are no limits in the number of references for review articles.

3. Manuscripts Category Classifications and Requirements

Manuscripts submitted to the *JOE* must fall into one of the following categories. The abstracts for all these categories would have a maximum word count of 250 words:

1. CONSORT Randomized Clinical Trial-Manuscripts in this category must strictly adhere to the Consolidated Standards of Reporting Trials-CONSORT- minimum guidelines for the publication of randomized clinical trials. These guidelines can be found at www.consort-statement.org/. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

2. Review Article-Manuscripts in this category are either narrative articles, or systematic reviews/meta-analyses. Case report/Clinical Technique articles even when followed by extensive review of the literature will should be categorized as “Case Report/Clinical Technique”. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

3. Clinical Research (*e.g.*, prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies, excluding the use of human teeth for technique studies). These manuscripts have a limit of 3,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

4. Basic Research Biology (animal or culture studies on biological research on physiology, development, stem cell differentiation, inflammation or pathology). Manuscripts that have a primary focus on biology should be submitted in this category while manuscripts that have a primary focus on materials should be submitted in the Basic Research Technology category. For example, a study on cytotoxicity of a material should be submitted in the Basic Research Technology category, even if it was performed in animals with histological analyses. These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or 4 tables*.

5. Basic Research Technology (Manuscripts submitted in this category focus primarily on research related to techniques and materials used, or with potential clinical use, in endodontics). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 3 figures and tables*.

6. Case Report/Clinical Technique (*e.g.*, report of an unusual clinical case or the use of cutting-edge technology in a clinical case). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or tables*.

* Figures, if submitted as multipanel figures must not exceed 1 page length. Manuscripts submitted with more than the allowed number of figures or tables will require approval of the *JOE* Editor or associate editors. If you are not sure whether your manuscript falls within one of the categories above, or would like to request preapproval for submission of additional figures please contact the Editor by email at jendodontics@uthscsa.edu.

Importantly, adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript while maintaining its focus and significance. Authors are encouraged to

focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor may reject manuscripts that exceed these limitations.