



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE FARMÁCIA, ODONTOLOGIA E ENFERMAGEM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO EM ODONTOLOGIA

CAMILA DE ATAIDE E FERRAZ

EFETIVIDADE DE DIFERENTES MÉTODOS MECÂNICOS DE REMOÇÃO DE
DENTINA CARIADA: AVALIAÇÃO *IN VITRO* ATRAVÉS DE MICRO-CT E
FOTOGRAFIA DIGITAL

FORTALEZA

2013

CAMILA DE ATAIDE E FERRAZ

EFETIVIDADE DE DIFERENTES MÉTODOS MECÂNICOS DE REMOÇÃO DE
DENTINA CARIADA: AVALIAÇÃO *IN VITRO* ATRAVÉS DE MICRO-CT E
FOTOGRAFIA DIGITAL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da UFC, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Odontológica.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Monica Yamauti.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Augusto de Oliveira Fernandes.

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências da Saúde

-
- F432e Ferraz, Camila de Ataíde e.
Efetividade de diferentes métodos mecânicos de remoção de dentina cariada: avaliação *in vitro* através de micro-CT e fotografia digital. / Camila de Ataíde e Ferraz. – 2013.
68 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará; Centro de Ciências da Saúde; Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem; Departamento de Odontologia; Programa de Pós-Graduação em Odontologia; Mestrado em Odontologia, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Clínica Odontológica.
Orientação: Profa. Dra. Mônica Yamauti.
1. Cárie Dentária. 2. Preparo da Cavidade Dentária. 3. Fotografia Dentária. I. Título.

CAMILA DE ATAIDE E FERRAZ

EFETIVIDADE DE DIFERENTES MÉTODOS MECÂNICOS DE REMOÇÃO DE
DENTINA CARIADA: AVALIAÇÃO *IN VITRO* ATRAVÉS DE MICRO-CT E
FOTOGRAFIA DIGITAL

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Odontologia com Área de concentração em Clínica Odontológica.

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Monica Yamauti. - (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sérgio Lima Santiago
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Paula Borges Jacques
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Ao Tiago,
meu grande amor e companheiro de todas as
horas, por sempre me apoiar e estar presente
durante mais esta caminhada.

Aos meus pais, Fernando e Claudia, por me
mostrarem, por toda a vida, que sempre é
possível realizar sonhos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me guiar pelos caminhos certos e por permitir a realização de mais este sonho.

À Prof^a. Monica Yamauti, por todas as orientações necessárias à realização deste trabalho, por toda a dedicação, apoio e incentivo. Por todo o carinho e atenção, muito obrigada! “Deus, realmente, coloca as pessoas certas na nossa vida e Ele é quem decide o rumo dos nossos passos”.

Ao Prof. Carlos Augusto de Oliveira Fernandes, por me acolher no Mestrado, por seu carinho e por suas valiosas orientações.

Ao Prof. Juliano Sartori Mendonça, pela realização da estatística e por toda a atenção com que sempre me tratou, desde a época da graduação.

À Universidade Federal do Ceará, na pessoa do seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Jesualdo Pereira Farias.

À Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, em nome de sua diretora, Prof^a. Maria Goretti Rodrigues de Queiroz.

Ao Prof. Sérgio Lima Santiago, vice-diretor da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, pela atenção e carinho.

À coordenadora do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará, Prof^a. Lidiany Karla Azevedo Rodrigues, por sua dedicação e incentivo.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará, por todo o aprendizado adquirido nesta etapa.

Aos professores da FOP-UNICAMP, Marinês Nobre dos Santos e Wander José da Silva, por todas as orientações e incentivo e às alunas de doutorado Bruna Raquel Zancopé e Daniele Rodrigues Picco por me acolherem em Piracicaba.

A minha família, em especial ao meu avô Edgar, por haver despertado em mim o interesse pela odontologia, e avó Socorro, por sempre torcer pelo meu sucesso e felicidade. À Livramento pelo amor e incentivo de sempre. Ao tio Felipe, pelo carinho e

correções gramaticais, à tia Rogéria, por todos os “abraços” acolhedores e à Luciana e Duga, por serem, pra mim, os irmãos que não tive.

À Patrícia Lima Thé, por sua amizade e colaboração durante a elaboração deste trabalho e à Lidiane Costa, por ter dividido comigo diversos dias de muito trabalho e dedicação na FOP, em Piracicaba.

Aos colegas da turma de mestrado pelos bons momentos vividos durante o curso.

A todos os funcionários da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da UFC, pela atenção com que sempre me trataram.

À FUNCAP e à CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado no programa de Pós-graduação do qual fiz parte.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta Dissertação de Mestrado, o meu muito obrigada!

RESUMO

A remoção seletiva de dentina cariada é um desafio para a Odontologia contemporânea, já que os métodos tradicionais de escavação podem remover, além do tecido cariado, dentina sadia. Objetivou-se determinar a efetividade de remoção de cárie (ERC) e o potencial minimamente invasivo (PMI) de três métodos mecânicos de escavação. Doze molares humanos com lesões de cárie oclusal em dentina foram distribuídos, de forma randomizada, em três grupos de acordo com o método de remoção: broca *carbide*, cureta de dentina e broca de polímero. Todos os dentes, antes de serem submetidos à etapa de escavação da cárie, tiveram suas raízes embutidas em resina acrílica. Seccionaram-se os dentes uma única vez no sentido longitudinal, tendo como referência visual o centro da lesão. Cada uma das secções foi submetida a fotografias digitais padronizadas e escaneamento por microtomografia computadorizada de raios-X (micro-CT) (Skyscan 1174, Skyscan, Kontich, Belgium) em dois momentos distintos, antes e após a remoção de cárie. Utilizou-se um programa de imagens de domínio público, *ImageJ*, para análise das imagens obtidas. Definiram-se as áreas de dentina cariada inicial (CI), da cavidade preparada (CP) e da cárie residual (CR) nas fotografias e nas imagens de micro-CT de acordo com critério visual. Determinou-se a ERC entre os métodos com base na relação CR/CI, enquanto o PMI foi determinado através da relação entre CP/CI. Analisaram-se os dados obtidos através de Análise de Variância a Um Critério e teste-t de *Student* ou *Kruskal-Wallis* e teste *Student-Newman-Keuls*. Tanto para a análise de imagem digital quanto para a análise de micro-CT, a broca *carbide* apresentou maior efetividade em relação à cureta ($p=0,0063$; $p=0,0263$, respectivamente) e em relação à broca de polímero ($p=0,0028$; $p=0,0005$, respectivamente), enquanto que cureta de dentina e broca de polímero mostraram resultados semelhantes para os dois tipos de imagens ($p>0,05$). Em relação ao PMI, para a análise de imagem digital, a broca de polímero apresentou-se como método com potencial invasivo similar à cureta de dentina ($p=0,1240$), porém com invasividade menor do que a broca *carbide* ($p=0,0028$). Para a análise de micro-CT, os valores de PMI de todos os grupos foram significativamente diferentes, e a broca de polímero também demonstrou o método mais conservador, tanto em relação à cureta de dentina ($p=0,0030$), quanto em relação à broca *carbide* ($p<0,001$). Portanto, a broca *carbide* foi o método mais efetivo para remoção de cárie, porém o menos conservador; e a broca de polímero apresentou baixo potencial invasivo, porém não foi capaz de remover toda a dentina cariada.

Palavras-chave: Cárie Dentária. Preparo da cavidade dentária. Fotografia dental. Microtomografia por Raio-X.

ABSTRACT

Selective removal of carious dentin is a challenge in contemporary Dentistry as traditional methods of excavation can remove, besides caries, healthy dentin. The aim of the study was to determine the caries removal effectiveness (CRE) and minimally invasive potential (MIP) of 3 mechanical caries removal methods. Twelve human molars with occlusal caries lesions in dentin were randomly divided into 3 groups according to the caries removal method: carbide bur, hand instrument and polymer bur. All teeth, before caries excavation, had their roots embedded in acrylic resin. These specimens were sectioned longitudinally into two halves through the center of the carious lesion. Each section was subjected to digital photographs that were standardized and to computed microtomography X-ray (micro-CT) (Skyscan 1174, Skyscan, Kontich, Belgium) scanning at two different times, before and after caries excavation. The public image program *ImageJ* was used for analysis of all obtained images. Initial carious dentin (IC), prepared cavity (PC) and residual caries (RC) areas from digital and micro-CT images were defined according to visual criteria. CRE among caries removal methods was determined based on the ratio RC/IC, whereas MIP was determined by the ratio PC/IC. Data were analyzed using One-Way ANOVA and Student's t-test or Kruskal-Wallis and Student-Newman-Keuls test. Either for digital image or micro-CT analysis, carbide bur showed more CRE method than hand excavation ($p=0,0063$; $p=0,0263$, respectively) and more than polymer bur ($p=0,0028$; $p=0,0005$), while hand instrument and polymer bur presented similar results. Regarding MIP, for digital image analysis, polymer bur were different from carbide bur ($p=0,0028$), but were not different from those of hand instrument ($p=0.1240$). For micro-CT analysis, the MIP values of all groups were significant different, and polymer bur was more conservative than hand excavation ($p=0,0030$) and carbide bur ($p<0.001$). Therefore, carbide bur was the most effective method for removal of caries, but was the least conservative, and polymer bur presented low invasive potential, but was not able to remove all carious dentin.

Key-words: Dental Caries. Dental cavity preparation. Dental photography. X-Ray Microtomography.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2. PROPOSIÇÃO.....	14
Objetivo Geral.....	15
Objetivos Específicos.....	15
3. CAPÍTULO.....	16
CAPÍTULO 1: Effectiveness of different mechanic methods on dentin caries removal: micro-CT and digital image evaluation.....	18
4. CONCLUSÃO GERAL.....	44
REFERÊNCIAS.....	46
ANEXOS.....	51
ANEXO A - Apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	52
ANEXO B - Manual de Normalização para Defesa de Dissertação de Mestrado e Tese de Doutorado no Formato Alternativo do Programa de Pós-graduação em Odontologia Universidade Federal do Ceará.....	53
ANEXO C - Normas do Periódico Operative Dentistry.....	61

1 INTRODUÇÃO GERAL

A odontologia minimamente invasiva advoga que a remoção de tecido cariado seja eficaz, porém deve eliminar ou minimizar a perda de tecido sadio, hígido, seja ele esmalte ou dentina (TYAS *et al.*, 2000). A escavação de cárie deve limitar-se à remoção de apenas tecido necrótico e amolecido (NEVES *et al.*, 2011a). O limite da quantidade de tecido cariado a ser removido, ainda hoje, é, contudo, controverso, pois nenhuma ferramenta de diagnóstico até agora desenvolvida e utilizada é capaz de definir clinicamente qual o limite ideal em que se deve parar a remoção de tecido durante o processo de remoção de cárie, sem que o tecido hígido seja atingido (NEVES *et al.*, 2011a).

Teoricamente, apenas a camada mais superficial do tecido cariado, ou seja, a camada denominada infectada, que apresenta grande presença de micro-organismos viáveis e que apresenta desnaturação irreversível das fibras colágenas (FUSAYAMA; OKUSE; HOSODA, 1966), é que deve ser removida. Clinicamente, isso é, porém, muito difícil de ser realizado. Por outro lado, a camada mais interna de tecido dentinário cariado, denominada de dentina afetada por cárie, além de ser livre de bactérias, apresenta limitada desnaturação do colágeno e ainda é passível de remineralização. Portanto, deve ser conservada durante os preparos cavitários (BANERJEE; KIDD; WATSON., 2003; BANERJEE, KIDD, WATSON, 2000; FUSAYAMA; OKUSE; HOSODA, 1966).

Tradicionalmente, a dentina cariada pode ser mecanicamente removida através de duas técnicas, tais como instrumentos manuais, como as curetas de dentina, ou através de pontas esféricas diamantadas, brocas *carbide* ou de aço-carbono, todas em baixa rotação (NEVES *et al.*, 2011b; BANERJEE, KIDD, WATSON, 2000). Tais técnicas removem, no entanto, o tecido cariado indistintamente. Assim, durante o procedimento de remoção de cárie, os profissionais tendem a incluir todo o tecido amolecido e que apresente alteração de cor no intuito de assegurar a completa eliminação da camada infectada da cárie (BANERJEE; KIDD; WATSON, 2003; ELLIOT; DOVER, 1982; KIDD; JOYSTON-BECHAL; BEIGHTON, 1993). Nesses casos, o julgamento tátil e o visual são utilizados como meio de avaliação da consistência e cor do tecido dental. Embora esses métodos sejam adequados para assegurar a remoção da maior quantidade de tecido dentinário infectado (KIDD; JOYSTON-BECHAL; BEIGHTON, 1993), eles ainda são parâmetros clínicos e, portanto, subjetivos e dependentes da experiência do operador (FUSAYAMA; OKUSE; HOSODA, 1966). Além

disso, como a dureza pode variar entre os grupos de dentes e a localização e profundidade da lesão, uma remoção inadequada (sobre ou subextensão) de tecido pode ser, erroneamente, realizada (CELIBERTI; FRANCESCUT; LUSSI, 2006), resultando na remoção desnecessária de dentina hígida ou de tecido dentinário cariado ainda passível de remineralização, como a camada de dentina afetada por cárie (BANERJEE; KIDD; WATSON., 2003; BANERJEE, KIDD, WATSON, 2000; FUSAYAMA; OKUSE; HOSODA, 1966).

Métodos alternativos de remoção de cárie, tais como brocas de polímeros, abrasão a ar e métodos químico-mecânicos têm sido propostos para permitir uma remoção de dentina cariada menos invasiva, destrutiva e mais conservadora com relação à quantidade de tecido a ser removido. Além disso, propõem-se a ser métodos mais confortáveis, que proporcionem mínimas alterações térmicas teciduais, menor vibração e dor ao paciente, e que sejam capazes de remover apenas dentina infectada por cárie (NEVES *et al.*, 2011b; SILVA *et al.*, 2006; BOSTON, 2003; WHITE; EAKLE, 2000; ERICSON *et al.*, 1999).

As brocas de polímeros, inicialmente descritas por BOSTON (2003), são constituídas por um polímero de poliamida/imida, com propriedades físico-mecânicas, como a dureza, ligeiramente inferiores à da dentina hígida. Assim, quando a broca atinge dentina hígida, ou a dentina afetada por cárie, ela perde o corte e começa a produzir vibrações que impossibilitam que mais cortes ou desgastes teciduais sejam realizados. Em oposição às bocas *carbide*, suas lâminas de corte são retas ao invés de em forma de espiral, já que foram desenvolvidas para remover a dentina através de uma pressão localizada. Ao pressionar o tecido ao longo da superfície dentária, há um momento em que ele se rompe e é removido, deslocado, da cavidade (BOSTON, 2003). De acordo com o fabricante, as brocas de polímero possuem material mais duro do que a dentina infectada e menos duro do que a dentina hígida, esclerótica ou pigmentada, o que permite uma remoção de cárie de forma bastante seletiva. Pelo fato de que a dentina hígida não é cortada, os túbulos dentinários não são expostos e, por isso, menos ou nenhuma dor chega a ser relatada pelos pacientes durante o seu uso (CELIBERTI; FRANCESCUT; LUSSI, 2006). No entanto, a efetividade (quantidade de tecido removido) dessas novas brocas na seletividade de remoção de dentina cariada em dentes permanentes ainda não está bem estabelecida.

A microtomografia computadorizada de raio-X (micro-CT) é um método de imagem não destrutivo em que projeções de imagens individuais (radiografias) são usadas para reconstruir uma estrutura de forma bi (2D) e tridimensional (3D) (HAMBAL *et al.*, 2012). É uma versão microscópica da tomografia computadorizada, que usa um feixe focado de raio-

X que gera imagens em alta resolução. Esse método tem sido, atualmente, bastante utilizado em pesquisas com osso (BURGHARDT *et al.*, 2008; SCHWEIZER *et al.*, 2007; DAVIS; WONG, 1996). Contitui-se também em uma técnica bastante promissora para pesquisas em dentes, em casos quando se necessita mensurar a espessura do esmalte, a morfologia do canal radicular, e avaliar a qualidade dos preparos endodônticos, a engenharia ou densidade mineral dos tecidos dentais duros (LO; ZHI; ITTHAGARUN, 2010; ANDERSON *et al.*, 1996; KINNEY *et al.*, 1995). Mais recentemente, estudos avaliando lesões de cáries em esmalte, detecção de cáries proximais, técnicas de remoção de tecido cariado e tratamentos restauradores têm tornado a micro-CT uma técnica promissora para estudos em Cariologia (BEDINI *et al.*, 2012; COCHRANE *et al.*, 2012; HAMBAL *et al.*, 2012; MELEO *et al.*, 2012; SOVIERO *et al.*, 2012; NEVES *et al.*, 2011a; NEVES *et al.*, 2011b; NEVES *et al.*, 2010). Com o uso da micro-CT, é possível comparar a estrutura interna dos dentes antes e após um procedimento experimental, quantas vezes forem necessárias (WILLMOTT; WONG; DAVIS, 2007; CLEMENTINO-LUEDEMANN *et al.*, 2006), antes e após o procedimento de remoção de cárie dentária, por exemplo (NEVES *et al.*, 2011b; NEVES *et al.*, 2011c), ou mudança no conteúdo mineral das lesões de cárie após procedimento de des/remineralização artificial (DAVIS; WONG, 1996).

Da mesma forma que a micro-CT, a fotografia digital é uma técnica não destrutiva de avaliação experimental que permite a mensuração e a avaliação dos tecidos dentais duros, de forma que a amostra pode ser avaliada por várias vezes sem que haja de ser alterada, possibilitando, inclusive, avaliações de tratamentos realizados (SWAIN, XUE, 2009; KIM; PAIK, LEE, 2007; CELIBERTI; FRANCESCUT; LUSSI, 2006; ELLIOTT; DOVER, 1982).

Como, no entanto, o uso desses dois meios de avaliação ainda não está bem estabelecido em estudos para avaliação de remoção de cárie, há necessidade de desenvolvimento de pesquisas sobre o referido tema. A remoção seletiva de cárie continua a ser um desafio para a odontologia, e as brocas de polímero representam uma promissora ferramenta de remoção minimamente invasiva de cárie dentinária. Dessa forma, maiores evidências em relação à ação desses métodos de escavação são necessárias para justificar sua indicação clínica e o investimento nessa nova técnica de remoção de tecido cariado. Este estudo, portanto, tem por objetivo determinar a efetividade de remoção de cárie e o potencial minimamente invasivo de três métodos mecânicos de escavação de cárie. As hipóteses nulas testadas são: 1) todos os métodos mecânicos de remoção de cárie utilizados são igualmente

capazes de remover dentina cariada; 2) nenhum dos métodos é capaz de remover dentina sadia.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral

Analisar a efetividade e o potencial de invasão de três métodos mecânicos na remoção de cárie dentinária, através de análise de área em fotografia digital e em micro-CT.

2.2 Objetivos Específicos

1. Testar a hipótese nula de que todos os métodos mecânicos utilizados serão igualmente capazes de remover dentina cariada, quando avaliados por meio de análises em fotografia digital e em micro-CT.

2 Testar a hipótese nula de que nenhum dos métodos será capaz de remover dentina sadia, quando avaliados por meio de análises em fotografia digital e em micro-CT.

3 CAPÍTULO

Esta dissertação está baseada no Artigo 46 do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará, que regulamenta o formato alternativo para dissertações de Mestrado e teses de Doutorado e permite a inserção de artigos científicos de autoria ou coautoria do candidato, publicados ou ainda não submetidos para publicação em periódicos científicos, escritos no idioma exigido pelo veículo de divulgação. Por se tratar de pesquisas envolvendo seres humanos, ou parte deles, o projeto de pesquisa foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa, tendo sido aprovado (Anexo A). Assim, esta dissertação é composta de um capítulo contendo um artigo científico que será submetido para publicação no periódico **Operative Dentistry**, conforme descrito abaixo:

Capítulo 1:

“Effectiveness of different mechanical methods on dentin caries removal: micro-CT and digital image evaluation”

Authors: Camila Ferraz, Juliano Sartori Mendonça, Juan de la Cruz Cardona Perez, Alexandre Rodrigues Freire, Patrícia Lima Thé, Carlos Augusto de Oliveira Fernandes, Monica Yamauti*

CAPÍTULO 1

Title: Effectiveness of different mechanical methods on dentin caries removal: micro-CT and digital image evaluation.

Authors: Camila Ferraz¹, Juliano Sartori Mendonça², Juan de la Cruz Cardona Perez³, Alexandre Rodrigues Freire⁴, Patrícia Lima Thé¹, Carlos Augusto de Oliveira Fernandes⁵, Monica Yamauti^{6*}

¹ DDS, Graduate Student, Graduate School of Dentistry, Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, Federal University of Ceara, Rua Capitão Francisco Pedro, S/N - Rodolfo Teófilo, 60430-170, Fortaleza-CE-Brazil.

² DDS, MS, PhD, Adjunct Professor, Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, Federal University of Ceara, Rua Capitão Francisco Pedro, S/N - Rodolfo Teófilo, 60430-170, Fortaleza-CE-Brazil.

³ PhD, Assistant Professor, Optics Department, Faculty of Sciences, University of Granada, Campus Fuente Nueva s/n, 18071, Granada-Spain.

⁴ DDS, Graduate Student, Graduate School of Dentistry, Piracicaba Dental School - UNICAMP, Av. Limeira, 901 Caixa Postal 52, 13414-903, Piracicaba -SP-Brazil.

⁵ DDS, MS, PhD, Professor, Graduate School of Dentistry, Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, Federal University of Ceara, Rua Capitão Francisco Pedro, S/N - Rodolfo Teófilo, 60430-170, Fortaleza-CE-Brazil.

⁶ DDS, MS, PhD, Professor, Graduate School of Dentistry, Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, Federal University of Ceara, Rua Capitão Francisco Pedro, S/N - Rodolfo Teófilo, 60430-170, Fortaleza-CE-Brazil.

*Corresponding author:

Monica Yamauti

Visiting Professor

Graduate School of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, University Federal of Ceara

Rua Capitão Francisco Pedro, S/N - Rodolfo Teófilo - Fortaleza-CE-Brazil, 60430-170

Phone/Fax: +558533668232

E-mail: myamauti@gmail.com

Title: Effectiveness of different mechanical methods on dentin caries removal: micro-CT and digital image evaluation

Running title: Caries removal with different mechanical methods.

Clinical significance:

Selective caries removal is a goal in Dentistry, and caries-affected dentin should be preserved.

Polymer burs could represent an important minimally invasive tool to preserve remineralizable dentin substrate during caries excavation.

SUMMARY

Purpose: To determine caries removal effectiveness (CRE) and minimally invasive potential (MIP) of caries excavation methods using digital imaging and microtomography analyses.

Methods: Twelve human molars with occlusal caries lesions in dentin were randomly divided into 3 groups (carbide bur, hand instrument and polymer bur). They were sectioned mesio-distally, and standardized digital and computed microtomography X-ray (micro-CT) images were taken from each section before and after caries excavation. On each image, initial carious dentin (IC), prepared cavity (PC) and residual caries (RC) were defined according to visual criteria using *ImageJ* software. CRE was determined based on the ratio RC/IC, whereas MIP was determined by the ratio PC/IC. Data were analyzed using One-Way ANOVA and Student's t-test or Kruskal-Wallis and Student-Newman-Keuls test. The level of significance was set at 0.05.

Results: Either for digital image or micro-CT analysis, carbide bur showed higher CRE values than hand excavation ($p=0.0063$; $p=0.0263$, respectively) and polymer bur ($p=0.0028$; $p=0.0005$), while hand instrument and polymer bur presented similar results ($p>0.05$). Regarding MIP, for digital image analysis, polymer bur were different from carbide bur ($p=0.0030$), but were not different from those of hand instrument ($p=0.1240$). For micro-CT analysis, the MIP values of all groups were significant different, and polymer bur was the most conservative method than the other methods ($p<0.05$). **Conclusions:** Carbide bur was the most effective method for caries removal, but was not totally conservative. Polymer bur and hand excavation presented low invasive potential, but were not able to remove all carious dentin.

INTRODUCTION

In light of minimally invasive dentistry, caries excavation has become more conservative.¹ Theoretically, only the superficial layer, i.e. infect dentin, that is strongly infected with viable microorganisms, and as presents irreversible denaturation and disorganization of the collagen fibers¹ should be removed. Clinically, this is a hard task to achieve. Traditionally, carious dentin is removed mechanically with hand excavation and/or slow-speed round diamond, tungsten carbide or carbon-steel burs.^{2,3} However, these techniques are indiscriminant and non-selective in removing carious tissues. Often during excavation, clinicians tend to include all soft, discolored and stained tissue to ensure complete elimination of the infected layer.^{4,5} In such cases, tactile and optical judgment is used to evaluate the consistency and color of the dental tissue. These criteria was shown to be adequate to ensure removal of the most of the infected dentin,⁵ but they are still clinical and subjective parameters, dependent on the operators' experience.¹ Thus, their use frequently results in unnecessary removal of sound dentin or tissue with reduced mineral content, like affected-caries dentin,^{4,3} that is still remineralizable organic matrix of the lesion and, therefore, must be preserved.^{4,1}

Alternative caries removal methods such as polymer burs, air abrasion and chemomechanical have been proposed to allow a less invasive/less destructive dentin caries excavation and conserving tooth substance, a more gentle, comfortable and conservative caries excavation to provide a minimal thermal change, less vibration and pain, and removal of infected dentin only.⁶⁻¹⁰

Polymer burs were first described by Boston (2003).¹⁰ They are made of a polyamide/imide polymer, and present slightly lower mechanical properties than sound dentin. The blade design was developed to remove dentin by locally depressing the carious tissue and pushing it forward along the surface until it ruptures and is carried out of the

cavity.¹⁰ As opposed to conventional carbide burs, their cutting edges are not spiralled but straight. According to the manufacturer, this material is harder than infected dentin but softer than normal, sound dentin and also even softer than sclerotic, discoloured dentin, thus allowing a very selective caries removal. As dentin tubules are not opened, less or no pain is also suggested.¹¹ However, the efficacy of these new burs on selectively and efficiently removing natural carious dentin in permanent teeth is not well established.

X-ray computed microtomography (micro-CT) is a microscopic version of computed tomography that uses an X-ray focused beam providing higher resolution to investigate samples *in vitro* at a resolution of a few micrometres. It constitutes a non-destructive imaging method where individual projections (radiographs) could be recreated in any plane, and data could be represented as 2D or rendered 3D images and structures.¹² Images could be assessed qualitatively and quantitatively. The method has been frequently used in experiments exploring bone.^{13,14} More recently, studies regarding evaluation of enamel lesion caries, detection of proximal carious lesion, caries-excitation techniques and restorative treatments have been developed with this technique, which seems to be promising in Cariology.^{2,6,12,15-17} Despite its many advantages, micro-CT is not yet a reliable method for caries detection, and for this reason, more studies are necessary to evaluate and define its feasibility as method of diagnostic.

This study aimed to assess the caries removal effectiveness (CRE) and the minimal invasiveness potential (MIP) of excavation mechanical methods on dentin caries using digital imaging and microtomography analyses. The null hypotheses tested were: 1) all mechanical methods will be equally effective on removing dentin caries; 2) none of the methods will remove sound dentin.

MATERIAL AND METHODS

Sample Preparation

Twelve extracted human molars with dentin caries on their occlusal surfaces were collected from the Human Research ethics Committee of the Institution. Immediately after extraction, the teeth were properly cleaned and stored in 0.1% (w/v) thymol solution for a period no longer than 3 months. The roots of all teeth were embedded in acrylic resin in a mould (dimensions: 2 x 2 x 2 cm), and were sectioned longitudinally in two halves through the center of the carious lesion using a low-speed diamond saw, thickness 300 µm (IsoMet™ Low Speed Saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) under running water. Visual inspection was performed to determine the limits of the caries lesion. All teeth presented occlusal caries reaching dentin either confined to outer half of dentine or reaching the inner half of dentin. The teeth were numbered and classified according to lesion size as small (caries lesion extending over up occlusal dentin surfaces) or large (caries lesion extending over more than half of the occlusal surface). Teeth were randomly allocated to three experimental groups of four samples each. Small and large lesions were equally and randomly distributed between each experimental group.

Each section of teeth was digitally photographed (Sony α300, Sony Corp, Japan), and micro-CT (Skyscan 1174 high-resolution desktop micro-CT scanner, Skyscan, Kontich, Belgium) were taken before caries excavation and all images were assigned as “pre-rank”. Teeth halves were reassembled with cyanoacrylate glue (Loctite Superbond, Henkel, São Paulo, Brazil) applied on the external surface of the crown, matching both halves together to remove the carious lesion. Only one operator proceeded caries removal. Training sessions were carried out by principal investigator to calibrate the operator in removing caries with the three methods. Groups were defined as follows:

- Group 1 (n=4): Conventional round carbide bur. Brand new burs #4, #6 and #8 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) were used in a slow-speed handpiece without water cooling. Carious dentin was excavated with circular movements starting from the periphery to the center of the lesion.¹¹ Caries removal ended when hard dentin was detected using a non-flexible probe (SS White Duflex, Rio de Janeiro, Brazil). Dentin was considered hard when, under a firm pressure, the probe was not able to penetrate into tissue.⁴ For each tooth, a new carbide bur was used.
- Group 2 (n=4): Hand excavator. Carious dentin was removed using brand-new excavators #14 and #19 (SS White Duflex, Rio de Janeiro, Brazil). During excavation, dentine hardness was checked and carious dentin removal completed when hard tissue was detected with the probe (SS White Duflex, Rio de Janeiro, Brazil) as described for Group 1. For each tooth, a new hand instrument was used.
- Group 3 (n=4): Polymer bur. SmartBurs® II #4, #6 and #8 (SS White, Lakewood, NJ, USA) were used with a slow-speed handpiece without water cooling. Carious dentin was removed with circular movements starting from the center of the lesion to the periphery as recommended by the manufacturer. Excavation ended when the instrument became macroscopically abraded and blunted, and was no longer able to remove tissue.⁹ A probe was also used to check the hardness of left tissue. For each tooth a new burs were used.¹¹

During the time between procedures, the samples were stored in physiological solution with a relative humidity of H=100%. After finishing the caries excavation, tooth halves were separated. Digital and micro-CT were taken and assigned to the “post-rank”.

Digital images

The specimens were placed over a 45° tilted base inside a viewing cabinet (VeriVide CAC60, Verivide Ltd, UK) and illuminated with a light source simulating the spectral relative

irradiance of the CIE D65 standard illuminant. For each sample, both before and after the caries removal procedure, 20 consecutive digital images were taken using a Digital Single Lens Reflex (DSLR) commercial camera (α 300, Sony Corp., Japan) operating in manual mode with fixed parameters. The camera was calibrated using a spectroradiometer (PR704, Photo Research Inc, Chatsworth, USA) and a Color Checker (Gretag Macbeth, New Windsor, USA). The geometry of measuring/illumination used for camera calibration was 0° /diffuse, and the CIE 1931 2° Standard observer (CIE Bureau, 2004) was used to calculate color. The image acquisition set-up is schematically shown in Figure 1.

X-ray computed microtomography (micro-CT)

All halves surfaces were scanned before and after the carious removal, at 50kV, 800 μ A, and 14.1 μ m pixel size using a 0.5 mm Al filter to eliminatw low-energy X-rays in a Skyscan 1174 high-resolution desktop micro-CT scanner (Skyscan, Kontich, Belgium). Rotation step was set to 0.70° , resulting in 264 two-dimensional projections over a 180° rotation of the specimen. Flat-field reference was taken before start of time section scanner to improve the acquisition settings. The reconstruction program NRecon (NRecon, SkyScan, Kontich, Belgium) reads angular shadow 16-bit projection images saved by the control program and reconstruct virtual slices (cross sections). Before the reconstruction, beam-hardening correction was performed at 20%, with the same scanning parameters aiming input of optimal contrast limits, based on prior scanning and reconstruction of the tooth.

After reconstruction, a Dataviewer software (SkyScan, Kontich, Belgium) was used to select the most similar 2D image to the respective digital image sample, and it was saved as a single image to further analyses and comparisons.

Image analyses

All the measurement steps, including the image processing, image analysis and area measuring were performed using the software *ImageJ* (NIH, Bethesda, USA). For each specimen, two areas of interest (Initial Carious Dentin - IC - from “pre-rank” and Prepared Cavity - PC from “post-rank”) were measured (Figure 2). The Residual Carious Dentin - RC, and Removed Sound Dentin - RS - areas were also determined (Figure 2). Digital image scaling and calibration was used to calculate the area values. The final result for each sample was the average over 20 images.

Performance assessment of caries removal procedures

After obtaining all area measurements, performance assessment of the three different caries removal procedures was carried out by evaluating the caries-removal effectiveness (CRE) and the minimal-invasiveness potential (MIP) indexes, supported in Neves et al. (2011b).⁶

1. Caries-removal effectiveness (CRE): the effectiveness of caries removal of the three excavation methods was evaluated by means of the ratio RC/IC . The values of this parameter vary from 0 to 1, and high values represent less effective caries excavation.

2 Minimal-invasiveness potential (MIP): the invasiveness of sound dentin of the three excavation methods was evaluated by means of the ratio PC/IC . The higher the MIP value, the more invasive is the method.

Statistical Analysis

Mean and standard deviations were determined for described parameters (CRE and MIP). After testing normality (Shapiro-Wilk test), in those cases that it did not pass, non-parametric tests were used (Kruskall-Wallis and Student-Newman-Keuls). In the case where

normality passed, One-Way ANOVA and Student t-test were applied. A value of $p < 0.05$ was considered to be statistically significant.

RESULTS

Results of Caries Removal Effectiveness (CRE) and Minimally Invasive Potential (MIP) are shown in Table 1 and Figure 3.

According to digital imaging analysis, for CRE there was statistical differences between groups ($p=0.0034$). Carbide bur was statistically more effective in removing caries (0.00 ± 0.01) than was hand instrument ($p=0.0063$) and polymer bur ($p=0.0028$). Hand instrument and polymer bur showed similar effectiveness ($p=0.8957$). For MIP, statistical differences were found between groups ($p=0.0122$). Carbide bur and hand instruments did not show significant difference regarding their minimally invasive potential to remove sound dentin ($p=0.2092$). MIP values of polymer bur (0.57 ± 0.27) were statistically different from those of carbide bur ($p=0.0030$) but they were not statistically different from hand instrument ($p=0.1240$).

Considering micro-CT image analysis, for CRE there was statistical difference between groups ($p=0.0020$). Carbide bur presented greater effectiveness (0.00 ± 0.00) than did hand instrument ($p=0.0263$) and polymer bur ($p=0.0005$). For MIP, there was statistically significant difference between all groups investigated ($p=0.0001$). Carbide bur was the most invasive method (1.12 ± 0.14), and its MIP values were statistically different from those of hand instruments ($p=0.0030$) and those of polymer bur ($p<0.001$). Polymer bur presented the lowest MIP values, which were significant different from hand instrument ($p=0.0031$).

DISCUSSION

Minimal invasive dentistry advocates that elimination of the heavily infected dentin and preservation of the residual affected dentin are defined as prerequisites for effectively arresting the carious process without harming the long-term survival of the pulp and the restoration.¹⁸ However, this is a difficult task to achieve as caries removal endpoint is still controversial and subjective.¹⁹ Current concept for caries excavation has raised discussion about moving toward to more objective and more conservative approaches to selectively remove carious dentin than traditional methods.^{3,6}

Polymer bur has been developed and is being improved to overcome the lack of selectivity of round rotatory instruments and to allow less invasive dentin caries excavation.^{9,20} In this study, either for digital image or micro-CT analysis, hand instrument and polymer bur showed similar caries removal effectiveness (CRE), which was lower than that of carbide bur (Table 1 and Fig. 3). Thus, the first hypothesis was rejected. CRE ratio higher than 0 mean that excavation method could not completely remove caries. In other words, excavation methods were not sufficiently effective. The encountered similarity in CRE of hand instrument and polymer bur could be attributed to carious dentin characteristics. Carious dentin, especially caries-infected dentin, present low cohesive strength², low degree of mineralization and high collagen matrix disorganization^{9,20}, being more easily removed. In our study, it is speculated that carious dentin left by polymer bur could be a reflex of its self-limiting capacity. Or, polymer bur is so conservative that could not completely remove caries leading to underpreparation as previously reported.¹¹ The presence of carious dentin could be attributed to the hardness (50 KHN) of polymer bur, which is higher than hardness attributed to carious dentin (0 to 30 KHN), but lower than that of sound dentin (70 to 90 KHN) and could cut itself when touching sound dentin prior to remove all carious tissue.⁹ Moreover,

polymer burs may not be acute enough to detect the subtleties between remineralizable dentin with minimal collagen degradation.²¹

In addition, polymer bur also presented lower MIP than carbide bur, and this value was lower than 0 (Table 1 and Fig. 3). When this ration is lower than 1, it means that prepared cavity was smaller than initial carious lesion, and residual carious dentin could have been left. This could be another evidence that polymer bur do not excavate into sound dentin tissue, but was not able to totally remove caries. In fact, these results are in agreement with other studies,^{10,11} which showed that polymer burs excavation led to one of the largest coincidence between caries removed and caries lesion limits and the smallest area of overpreparation; they also exhibited the biggest underprepared area of all methods evaluated. Residual carious dentin might be left at the cavity walls due to the presence of a compact and thick smear layer, produced during the use of polymer bur. Unlikely, when carbide burs are used the smear layer is different and not so compact.²¹ This is the so-called compacting effect on carious dentin.³ Such effect could hinder and compromise the action of polymer burs despite its self-limiting properties. We speculate that this similar effect could also happen during teeth storage, which is different from a clinical situation. Vital teeth present dentin fluid that exudes from pulpal blood vessels to dentin surfaces prepared to keep it moist. We speculate that laboratorial conditions could lead to more compact and dense carious dentin layer as a compacting smear layer.

In turn, hand instruments presented MIP values that are somehow between both extremes of burs for digital and micro-CT analysis (Table 1 and Fig. 3). Specially, in digital image analysis there was no significant different between these values and those of carbide and polymer burs (Table 1). According to our findings, it seems that hand instrument is not as invasive as carbide bur, but it is more able to remove carious dentin beneath the compact smear layer than polymer bur. Since dentin hardness may vary between teeth and even locally

in the same tooth, its assessment usually varies between operators and erroneous removal of dentine (over or underpreparation) may occur.¹¹ Hand instrument is considered a suitable method, combining good excavation time and effectiveness caries removal,¹¹ but its action still depends on clinical judgment and operator's experience to be really effective.³

On the other hand, carbide bur presented the lowest CRE (0.00 for both digital and micro-CT images) (Table 1 and Fig. 3). These low values mean that carbide burs almost did not leave residual carious dentin, being effective when removing caries. Prior studies also reported that steel and carbide bur and hand excavator showed similar demineralized dentin removal effectiveness.¹¹

Caries removal endpoint has still not been well established, and continues to be subjective. The traditional use of a dental probe and hardness of dentin is no longer the most reliable method as it does not take caries-affected dentin into account. Indeed, overexcavation can occur when probes are used in conjunction with traditional caries removal methods, i.e. carbide burs.^{2,3} MIP ratio higher than 1 means that prepared cavity was greater than initial carious lesion (Table 1 and Fig. 3). In this case, sound dentin was probably removed. According to our results, when carbide burs were used, initial carious dentin was over-excavated, as the MIP was higher (1.09 and 1.12, respectively for digital and micro-CT images) than when polymer bur (0.57 and 0.26, respectively for digital and micro-CT images) was employed (Table 1). Hence, the second tested hypothesis must be rejected. Carbide burs usually overprepare carious dentin, also removing caries-affected dentin.^{3,11,22} Carbide bur present a negative rake angle, which means that its blade is ahead of the perpendicular to the surface being cut. In order to keep the blade in contact with this surface, increased downward pressure is needed, and this can lead to a less controlled movement of the instrument through the surface.¹¹ The speed of this rotatory instrument and its mode of function may make this technique less sensitive and more difficult to control.¹¹

The development of nondestructive methods to validate caries diagnosis and removal *in vitro* is a requirement in dental research, and micro-CT has been cited as an appropriate and promising instrument.²³ Micro-CT is increasingly becoming popular in Dentistry, as it enables collecting detailed full-quantitative and qualitative data of the substrate before and after a specific treatment.^{15,17,24-27} It is possible to observe dimensional differences, gap formation, or other alterations induced on the same sample after application of treatments.¹⁷ Its application to study caries-excitation techniques has recently been demonstrated, by comparing the internal tooth structure before and after caries removal.^{6,16,25,28} However, the use of micro-CT as an accurate tool for caries detection is controversial. On the one hand, accuracy, highest values of sensitivity and highest correlation of micro-CT with histology at both diagnostic thresholds could be observed.¹⁵ Notwithstanding, Mitropoulos et al. (2010)²⁹ reported that micro-CT diagnostic was strong correlated with some visual criteria to but was not a reliable alternative to histological examination for caries research. The lack of correlation between these two diagnostic methods was attributed to inherent deficiency of microtomography technology, such as radiography, to detect early signs of demineralization.²⁹ Our results showed that micro-CT is able to detect caries before and after its excavation, though high precision in caries lesion limits could not be observed.

Improvement in digital camera technology has allowed this technique to be used in several fields of science, as obtained images contain information that can be processed and analyzed. Through specific imaging analysis software, area, perimeter, number of structures from digital can be obtained. In addition, information regarding color can be extracted like caries, sclerotic dentin and prepared cavity (Figure 2A). Digital imaging present several advantages: low cost, easy availability, it is a non-destructive research technique that allows hard tissues to be measured and evaluated many times and samples remain available after scanning for additional biological and mechanical testing.³⁰ Taking digital imaging into

account, analysis of carious dentin could be considered the evaluation of the features of a caries lesion once it has been detected. Such features include optical, physical, chemical or biochemical parameters, such as color, size or surface integrity. Therefore, to assess caries removal methods, we used digital image analysis tool to diagnose carious lesions. Our results demonstrate that digital photography seems to be a viable method to analyze mineralized and carious dental tissues, as well as color alterations before and after caries excavation.

Although this study did not aim to compare caries detection methods, it is possible to note that there was a slight tendency for similarity between digital image and micro-CT analysis.

Development of new conservative technology to remove caries and improvement of those already available in the market represent a great challenge for researchers and manufacturers. Polymer burs represent an important tool to preserve caries-affected dentin but still lacks clinical evaluation and follow-up after caries is removed and restorations are placed. Diagnostic methods must also be studied and improved. The search for methods of diagnosis more precise, less invasive and cheaper has been a constant concern in Dentistry. More extensive analysis of both, digital and micro-CT images is necessary to consolidate them as feasible and reliable diagnostic methods. New micro-CT devices and 3D reconstruction seems to be very promising.

CONCLUSIONS

Within the limitations of this study, when either digital imaging or micro-CT analysis were employed, it was concluded that carbide bur was the most effective method to remove carious dentin. In addition, polymer bur presented low invasive potential, but was not able to remove all carious dentin.

REFERENCES

1. Fusayama T, Okuse K, & Hosoda H (1966) Relationship between hardness, discoloration, and microbial invasion in carious dentin *Journal of Dental Research* **45(4)** 1033-1046.
2. Neves AA, Coutinho E, Munck JD, Lambrechts P, & Meerbeek BV (2011a) Does diagnodent provide a reliable caries-removal endpoint? *Journal of Dentistry* **39(5)** 351-360.
3. Banerjee A, Kidd EAM, & Watson T (2000) *In vitro* evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation *Caries Research* **34(2)** 144-150.
4. Banerjee A, Kidd EAM, & Watson T (2003) *In vitro* validation of carious dentin removed using different excavation criteria *American Journal of Dentistry* **16(4)** 228-230.
5. Kidd EAM, Joyston-Bechal S, & Beighton D (1993) Microbiological validation of assessments of caries activity during cavity preparation *Caries Research* **27(5)** 402-408.
6. Neves AA, Coutinho E, Munck JD, & Meerbeek BV (2011b) Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: A micro-CT investigation *Journal of Dentistry* **39(2)** 154-162.
7. Neuhaus KW, Ciucchi P, Donnet M, Lussi A (2010) Removal of enamel caries with an air abrasion powder *Operative Dentistry* **35(5)** 538-546.
8. Motisuki C, Lima LM, Bronzi ES, Spolidorio DM, Santos-Pinto L (2006) The effectiveness of alumina powder on carious dentin removal *Operative Dentistry* **31(3)** 371-376.
9. Silva NRFA, Carvalho RM, Pegoraro LF, & Tay FR, Thompson VP (2006) Evaluation of a Self-limiting Concept in Dentinal Caries Removal *Journal of Dental Research* **85(3)** 282-286.
10. Boston DW (2003) New device for selective dentin caries removal *Quintessence International* **34(9)** 678-685.
11. Celiberti P, Francescut P, & Lussi A (2006) Performance of four dentine excavation methods in deciduous Teeth *Caries Research* **40(2)** 117-123.
12. Hamba H, Nikaido T, Sadr A, Nakashima S, & Tagami J (2012) Enamel Lesion Parameter Correlations between Polychromatic Micro-CT and TMR *Journal of Dental Research* **91(6)** 586-591.
13. Burghardt AJ, Kazakia GJ, Laib A, & Majumdar S (2008) Quantitative assessment of bone tissue mineralization with polychromatic micro-computed tomography *Calcified Tissue International* **83(2)** 129-138.
14. Davis GR, & Wong FS (1996) X-ray microtomography of bones and teeth *Physiological Measurement* **17(3)** 121-146.

15. Soviero VM, Leal SC, Silva RC, & Azevedo RB (2012) Validity of microCT for *in vitro* detection of proximal carious lesion in primary molars *Journal of Dentistry* **40(1)** 35-40.
16. Neves AA, Coutinho E, Cardoso MV, Jaecques SV, & Meerbeek BV (2010) Micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation *Dental Materials* **26(6)** 579-588.
17. Meleo D, Manzon L, Pecci R, Zuppante F, & Bedini R (2012) A proposal of microtomography evaluation for restoration interface gaps *Annali Dell'istituto Superiore Di Sanità* **48(1)** 83-88.
18. Kidd EA (2004) How 'clean' must a cavity be before restoration? *Caries Research* **38(3)** 305-313.
19. Neves AA, Coutinho E, Cardoso MV, Lambrechts P, & Meerbeek BV (2011c) Current concept and techniques for caries excavation and adhesion to residual dentin *Journal of Adhesive Dentistry* **13(1)** 7-22.
20. Toledano M, Cabello I, Yamauti M, & Osorio R (2012) Differential resin-dentin bonds created after caries removal with polymer burs *Microscopy and Microanalysis* **18(3)** 497-508.
21. Meller C, Welk A, Zeligowski T, & Splieth C (2007) Comparison of dentin caries excavation with polymer and conventional tungsten carbide burs *Quintessence International* **38(7)** 565-9.
22. Yip HK, Stevenson AG, & Beeley JA (1994) The specificity of caries detector dyes in cavity preparation *British Dental Journal* **176(11)** 417-421.
23. Huysmans MC, & Longbottom C (2004) The challenges of validating diagnostic methods and selecting appropriate gold standards *Journal of Dental Research* **83(Spec No C)** C48-52.
24. Lee HS, Berg JH, Garcia-Godoy F, & Jang KT (2008) Long-term evaluation of the remineralization of interproximal carieslike lesions adjacent to glass-ionomer restorations: a micro-CT study *American Journal of Dentistry* **21(2)** 129-132.
25. Clementino-Luedemann TN, & Kunzelmann KH (2006) Mineral concentration of natural human teeth by a commercial micro-CT *Dental Materials Journal* **25(1)** 113-119.
26. Olejniczak AJ, & Grine FE (2006) Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using microfocal X-ray computed tomography *Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology* **288(3)** 263-275.
27. Dowker SE, Elliott JC, Davis GR, & Wassif HS (2003) Longitudinal study of the three-dimensional development of subsurface enamel lesions during *in vitro* demineralisation *Caries Research* **37(4)** 237-45.

28. Willmott NS, Wong FSL, & Davis GR (2007) An x-ray microtomography study on the mineral concentration of carious dentine removed during cavity preparation in deciduous molars *Caries Research* **41(2)** 129-134.
29. Mitropoulos P, Rahiotis C, Stamatakis H, & Kakaboura A (2010) Diagnostic performance of the visual caries classification system ICDAS II versus radiography and micro-computed tomography for proximal caries detection: an *in vitro* study *Journal of Dentistry* **38(11)** 859-867.
30. Swain MV, & Xue J (2009) State of the art of micro-ct applications in dental research *International Journal of Oral Science* **1(4)** 177-188.

Captions of figures

Figure 1: Experimental set-up used to obtain digital images.

Figure 2: Schematic representation of digital image and micro-CT analysis.

Figure 3: Schematic representation of Caries Removal Effectiveness (CRE) and Minimal Invasive Potential (MIP) according to different carious removal methods using digital photography and Micro-CT for each specimen.

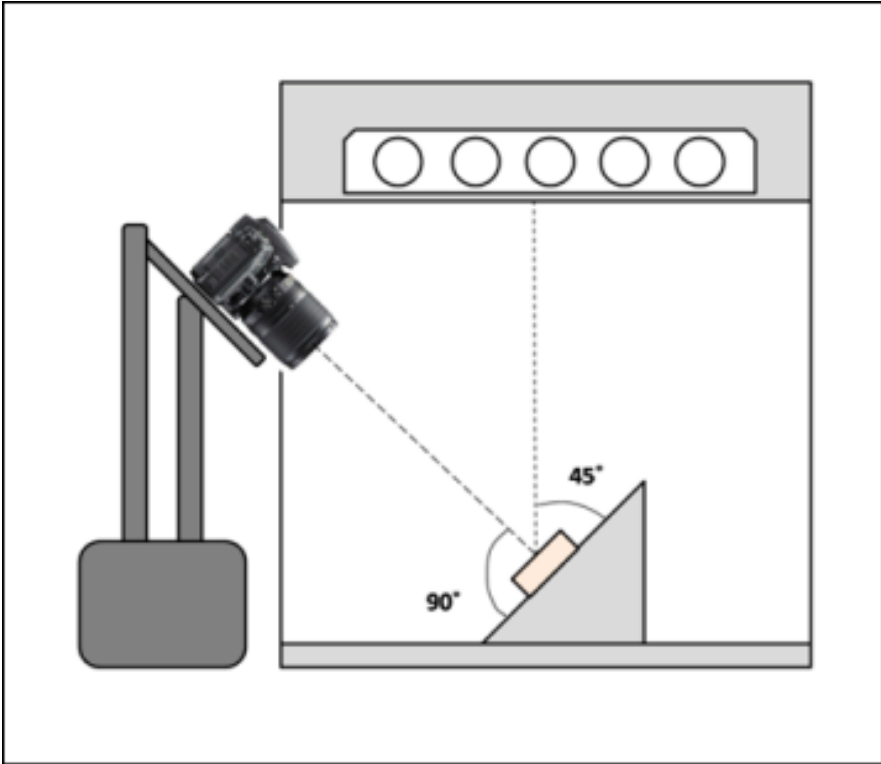


Figure 1

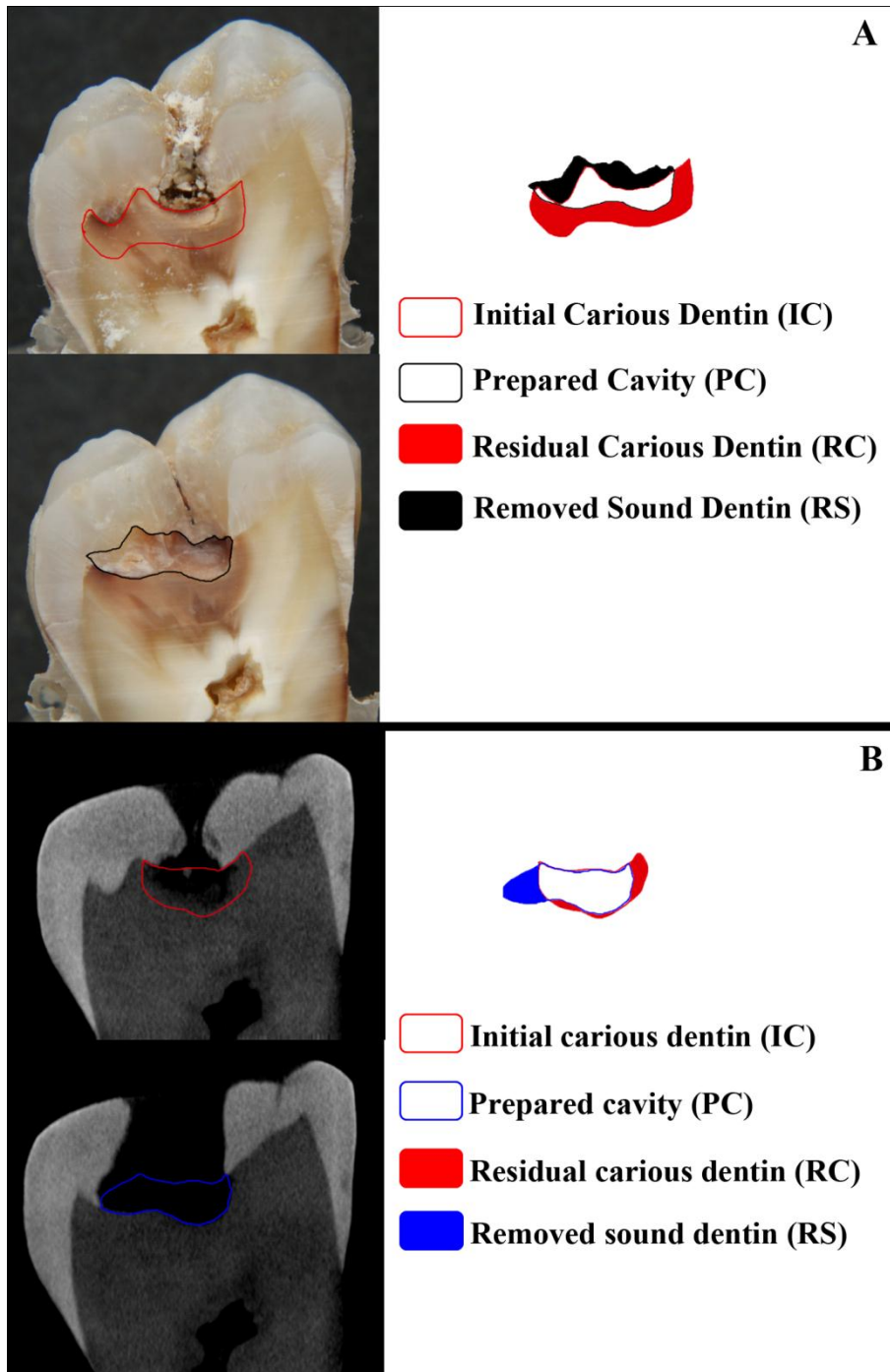


Figure 2

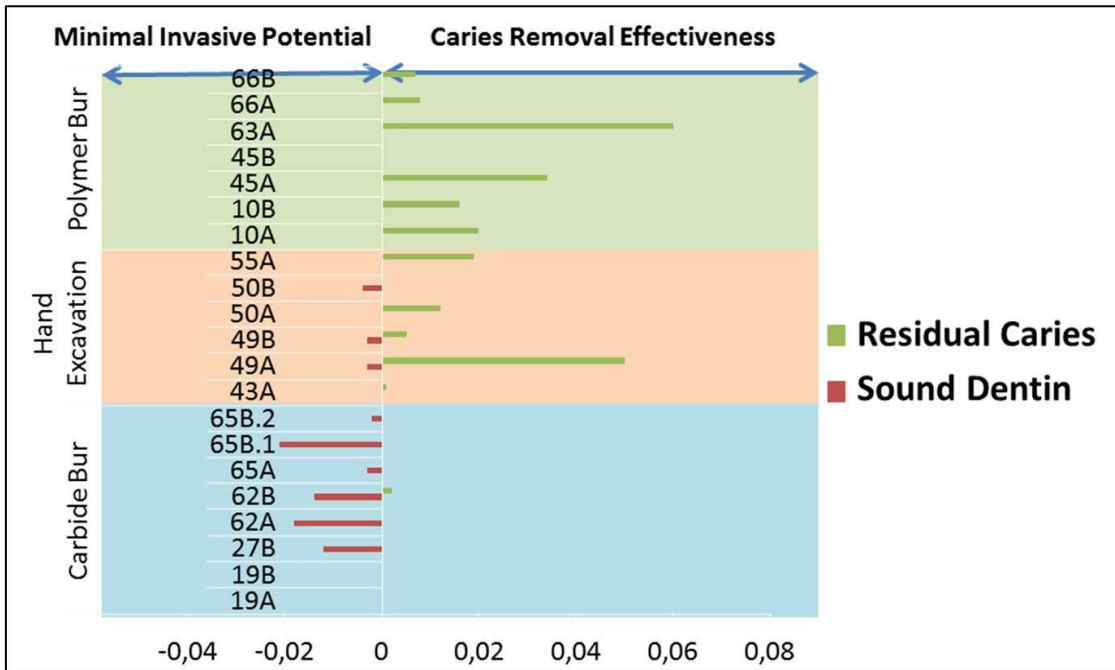


Figure 3

Table 1 – Mean \pm SD of Caries Removal Effectiveness (CRE) and Minimal Invasive Potential (MIP) according to different carious removal methods using digital photography and Micro-CT.

	Caries Removal Method	CRE (Mean \pm SD)	MIP (Mean \pm SD)
Digital photography	Carbide bur	0.00 \pm 0.01 A	1.09 \pm 0.11 a
	Hand instrument	0.33 \pm 0.37 B	0.84 \pm 0.44 a,b
	Polymer bur	0.41 \pm 0.32 B	0.57 \pm 0.27 b
Micro-CT	Carbide bur	0.00 \pm 0.00 α	1.12 \pm 0.14 γ
	Hand instrument	0.30 \pm 0.29 β	0.69 \pm 0.27 δ
	Polymer bur	0.73 \pm 0.16 β	0.26 \pm 0.14 ϵ

In the same column, different letters or symbols indicate significant difference ($p < 0.05$).

Acknowledgements

The authors thank Prof. Francisco Haiter Neto, Department of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School, University of Campinas and Adriano L. Martins for their assistance with micro-CT apparatus. Authors are indebted to Prof. Nelson RF Silva and SS White New Jersey, USA for their support on burs donation.

4 CONCLUSÃO GERAL

Dentre os métodos mecânicos de remoção de dentina cariada, a broca *carbide* foi o método mais eficiente, porém foi o menos conservador e apresentou o maior potencial invasivo. A broca de polímero apresentou baixo potencial invasivo, todavia não foi capaz de remover toda a dentina cariada.

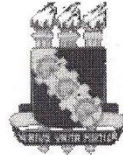
REFERÊNCIAS

1. ANDERSON, P.; ELLIOTT, J. C.; BOSE, U.; JONES, S. J. A comparison of the mineral content of enamel and dentine in human premolars and enamel pearls measured by x-ray microtomography. **Arch Oral Biol.**, v. 41, n. 3, p. 281-290. Mar. 1996.
2. BANERJEE, A.; KIDD, E. A. M.; WATSON, T. *In vitro* evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. **Caries Res.**, v. 34, n. 2, p. 144-150. Mar./Apr. 2000.
3. BANERJEE, A.; KIDD, E. A. M.; WATSON, T. *In vitro* validation of carious dentin removed using different excavation criteria. **Am J Dent.**, v. 16, n. 4, p. 228-230, Aug. 2003.
4. BEDINI, R.; PECCI, R.; NOTARANGELO, G.; ZUPPANTE, F.; PERSICO, S.; DICARLO, F. Microtomography evaluation of dental tissue wear surface induced by *in vitro* simulated chewing cycles on human and composite teeth. **Ann Ist Super Sanita.**, v. 48, n. 1, p. 65-70. 2012.
5. BOSTON, D. W. New device for selective dentin caries removal. **Quintessence Int.**, v. 34, n. 9, p. 678-685. Oct. 2003.
6. BURGHARDT, A. J.; KAZAKIA, G. J.; LAIB, A.; MAJUMDAR, S. Quantitative assessment of bone tissue mineralization with polychromatic micro-computed tomography. **Calcif Tissue Int.**, v. 83, n. 2, p. 129-138. Aug. 2008.
7. CELIBERTI, P.; FRANCESCUT, P.; LUSSI, A. Performance of four dentine excavation methods in deciduous Teeth. **Caries Res.**, v. 40, n. 2, p. 117-123. 2006.
8. CLEMENTINO-LUEDEMANN, T. N. R.; ILIE, A. D. N.; HICKEL, R.; KUNZELMANN, K. H. Micro-computed tomographic evaluation of a new enzyme solution for caries removal in deciduous teeth. **Dent Mater J.**, v. 25, n. 4, p. 675-683. Dec. 2006.
9. COCHRANE, N. J.; ANDERSON, P.; DAVIS, G. R.; ADAMS, G. G.; STACEY, M. A.; REYNOLDS, E. C. An x-ray microtomographic study of natural white-spot enamel lesions. **J Dent Res.**, v. 91, n. 2, p. 185-191. Feb. 2012.

10. DAVIS, G. R.; WONG, F. S. X-ray microtomography of bones and teeth. **Physiol Meas.**, v. 17, n. 3, p. 121-146. Aug. 1996.
11. ELLIOTT, J. C.; DOVER, S. D. X-ray microtomography. **J Microsc.**, v. 126, n. 2, p. 211-213. May. 1982.
12. ERICSON, D.; ZIMMERMAN, M.; RABER, H.; GOTRICK, B.; BORNSTEIN, R.; THORELL, J. Clinical evaluation of efficacy and safety of a new method for chemomechanical removal of caries. A multi-centre study. **Caries Res.**, v. 33, n. 3, p. 171-177. May./June. 1999.
13. FUSAYAMA T.; OKUSE K.; HOSODA H. Relationship between hardness, discoloration, and microbial invasion in carious dentin. **J Dent Res.**, v. 45, n. 4, p. 1033-1046, July./Aug. 1966.
14. HAMBA, H.; NIKAIDO, T.; SADR, A.; NAKASHIMA, S.; TAGAMI, J. Enamel Lesion Parameter Correlations between Polychromatic Micro-CT and TMR. **J Dent Res.**, v. 91, n. 6, p. 586-591. June. 2012.
15. KIDD, E. A. M.; JOYSTON-BECHAL, S.; BEIGHTON, D. Microbiological validation of assessments of caries activity during cavity preparation. **Caries Res.**, v. 27, n. 5, p. 402-408. 1993.
16. KIM, I.; PAIK, K. S.; LEE, S. P. Quantitative evaluation of the accuracy of micro-computed tomography in tooth measurement. **Clin Anat.**, v. 20, n. 1, p. 27-34. Jan. 2007.
17. KINNEY, J. H.; BALOOCH, M.; HAUPT, D. L. JR.; MARSHALL, S. J.; MARSHALL, G. W. JR. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. **J Dent Res.**, v. 74, n. 5, p. 1179-1184. May. 1995.
18. LO, E. C.; ZHI, Q. H.; ITTHAGARUN, A. Comparing two quantitative methods for studying remineralization of artificial caries. **J Dent.**, v. 38, n. 4, p. 352-359. Apr. 2010.
19. MELEO, D.; MANZON, L.; PECCI, R.; ZUPPANTE, F.; BEDINI, R. A proposal of microtomography evaluation for restoration interface gaps. **Ann Ist Super Sanita.**, v. 48, n. 1, p. 83-88. 2012.

20. NEVES, A. A.; COUTINHO, E.; CARDOSO M. V.; LAMBRECHTS, P.; MEERBEEK, B. V. Current concept and techniques for caries excavation and adhesion to residual dentin. **J Adhes Dent.**, v. 13, n. 1, p. 7-22.Feb. 2011a.
21. NEVES, A. A.; COUTINHO, E.; CARDOSO, M. V.; JAECQUES, S. V.; MEERBEEK, B. V. A micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation. **Dent Mater.**, v. 26, n. 6, p. 579-588.June. 2010.
22. NEVES, A. A.; COUTINHO, E.; MUNCK, J. D.; LAMBRECHTS, P.; MEERBEEK, B. V. Does diagnodent provide a reliable caries-removal endpoint? **J Dent.**, v. 39, n. 5, p. 351-360.May. 2011c.
23. NEVES, A. A.; COUTINHO, E.; MUNCK, J. D; MEERBEEK, B. V. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. **J Dent.**, v. 39, n. 2, p. 154-162.Feb. 2011b.
24. SCHWEIZER, S.; HATTENDORF, B.; SCHNEIDER, P.; AESCHLIMANN, B.; GAUCKLER, L.; MULLER, R.; GÜNTHER, D. Preparation and characterization of calibration standards for bone density determination by micro-computed tomography. **Analyst.**, v. 132, n. 10, p. 1040-1045.Oct. 2007.
25. SILVA, N. R. F. A.; CARVALHO, R. M.; PEGORARO, L. F.; TAY, F. R.; THOMPSON, V. P. Evaluation of a Self-limiting Concept in Dentinal Caries Removal. **J Dent Res.**, v. 85, n. 3, p. 282-286.Mar. 2006.
26. SOVIERO, V. M.; LEAL, S. C.; SILVA, R. C.; AZEVEDO, R. B. Validity of micro-CT for *in vitro* detection of proximal carious lesion in primary molars. **J Dent.**, v. 40, n. 1, p. 35-40.Jan. 2012.
27. SWAIN, M. V.; XUE, J. State of the art of micro-ct applications in dental research. **Int J Oral Sci.**, v. 1, n. 4, p. 177-188.Dec. 2009.
28. TYAS, M. J.; ANUSAVICE, K. J.; FRENCKEN, J. E.; MOUNT, G. J. Minimal intervention dentistry: A review - fdi commission project. **Int Den J.**, v. 50, p.1-12. 2000.
29. WHITE, J. M.; EAKLE, S. Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry. **J Am Dent Assoc.**, v. 131, suppl. 1, p. 13-19.June. 2000.

30. WILLMOTT, N. S.; WONG, F. S. L.; DAVIS, G. R. An x-ray microtomography study on the mineral concentration of carious dentine removed during cavity preparation in deciduous molars. **Caries Res.**, v. 41, n. 2, p. 129-134. 2007.

ANEXO A – APRECIÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Universidade Federal do Ceará
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. Nº 108/12

Fortaleza, 30 de março de 2012.

Protocolo COMEPE nº: 54/12


Pesquisador responsável: Camila de Ataíde e Ferraz.

Título do Projeto: "Avaliação in-vitro da eficácia de diferentes métodos de remoção mecânica de lesões de cárie dentinária".

Levamos ao conhecimento de V.S^a. que o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará – COMEPE, dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde, Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 e complementares, aprovou o protocolo e o TCLE do projeto supracitado na reunião do dia 29 de março de 2012.

Outrossim, informamos, que o pesquisador deverá se comprometer a enviar o relatório final do referido projeto.

Atenciosamente,


Dr. Fernando A. Frota Bezerra
Coordenador do Comitê
de Ética em Pesquisa
COMEPE/UFC

**ANEXO B - MANUAL DE NORMALIZAÇÃO PARA DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO E TESE DE DOUTORADO NO FORMATO
ALTERNATIVO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ODONTOLOGIA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

ESTRUTURA DO TRABALHO

As teses e dissertações apresentadas ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará poderão ser produzidas em formato alternativo ou tradicional de acordo com o artigo 46 do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará. O formato alternativo estabelece, a critério do orientador e com a aprovação da Coordenação do Programa, que os capítulos e os apêndices poderão conter cópias de artigos de autoria ou coautoria do candidato, publicados ou ainda não submetidos para publicação em periódicos científicos, escritos no idioma exigido pelo veículo de divulgação.

§1º - O orientador e o candidato deverão verificar junto às editoras a possibilidade de inclusão dos artigos na dissertação ou tese, em atendimento à legislação que rege o direito autoral, obtendo, se necessária, a competente autorização, devendo assinar declaração de que não estão infringindo o direito autoral transferido à editora.

Os formatos padrão e alternativo das dissertações de mestrado e teses e doutorado da UFC deverão obrigatoriamente conter:

a) capa – cobertura externa de material flexível ou rígido que oferece melhor proteção ao trabalho. Usa-se a cor preta para dissertações e teses com os caracteres dourados. Nela devem constar, na seguinte ordem:

- nome da instituição, seguido do centro ou faculdade, departamento e curso, todos centralizados a partir da primeira linha do texto, em letras maiúsculas;

- nome do autor, centralizado e colocado após o cabeçalho inicial, em letras maiúsculas;

- título em letras maiúsculas e centralizado, colocado após o nome do autor;

- subtítulo (se houver) em letras maiúsculas, separado por dois pontos do título;

- número de volumes (se houver) centralizado e colocado logo após o título ou o subtítulo;

- local (cidade) da instituição onde vai ser apresentado o trabalho, em letras maiúsculas, na margem inferior e centralizado na penúltima linha;

- ano de entrega, seguindo o local, na margem inferior e centralizado na última linha.

b) lombada (opcional) - de acordo com a NBR 12225/1992, é a parte da publicação que reúne as margens internas ou dobras das folhas, sejam elas costuradas, grampeadas, coladas ou mantidas juntas de outra maneira:

- último sobrenome do autor e título do trabalho escrito longitudinalmente e legível do alto para o pé da lombada. Dessa forma, possibilita a leitura quando a publicação estiver no sentido horizontal, com a face voltada para cima;

- ano de publicação colocado logo após o título;

- quando necessário, identifica-se com outros elementos alfanuméricos, por exemplo: v. 2.

c) folha de rosto (obrigatório) – contém elementos essenciais que identificam o trabalho:

O anverso da folha de rosto deve conter, na seguinte ordem:

- nome do autor, responsável intelectual do trabalho, centralizado na primeira linha do texto, em letras maiúsculas;

- título principal do trabalho em letras maiúsculas e centralizado, colocado após o nome do autor;

- subtítulo (se houver) em letras maiúsculas, separado por dois pontos do título;

- número de volumes (se houver mais de um, deve constar em cada folha de rosto) centralizado e colocado logo após o título ou o subtítulo acompanhado da respectiva especificação;

- nota explicativa contendo a natureza e objetivo do trabalho, nome da instituição e área de concentração, transcrita em espaço simples e em letras normais, alinhada a partir do centro da folha em tipo menor que o usado para o texto;

- nome do orientador e do coorientador (se houver) iniciando e finalizando nas mesmas margens da nota explicativa, distante desta por uma linha em branco;

- local (cidade) da instituição onde será apresentado o trabalho, em letras maiúsculas e centralizado na penúltima linha;

- ano de entrega, seguindo o local, na margem inferior e centralizado na última linha.

O verso da folha de rosto deve conter:

- ficha catalográfica no tamanho 7,5 cm x 12,5 cm, elaborada de acordo com o Código de Catalogação Anglo-Americano vigente e localizada na parte inferior da folha. A ficha deve ser feita pelo (a) bibliotecário (a) da biblioteca que serve ao curso em questão.

d) errata (de acordo com a necessidade) – constituída pela referência do trabalho e pelo texto da errata. Pode ser apresentada em papel avulso ou encartado acrescido ao trabalho depois da impressão do mesmo. Deve ser inserida após a folha de rosto.

Página 6 de 21

e) folha de aprovação (obrigatório para teses e dissertações) – colocada em folha distinta logo após a folha de rosto, contém:

- autor, centralizado na primeira linha do texto, em letras maiúsculas;
- título por extenso e subtítulo (se houver), centralizados e em letras maiúsculas, colocados logo após o autor;
- o subtítulo deve ser separado do título por dois pontos;
- nota explicativa contendo a natureza e objetivo do trabalho, nome e área de concentração, transcrita em espaço simples e em letras normais, alinhada a partir do centro da folha em tipo menor que o usado para o texto;
- data de aprovação, colocada logo após a nota;
- nome, titulação e assinatura dos componentes da banca examinadora e instituição a que pertencem, ocupando a metade inferior da folha. Os trabalhos defendidos em formato alternativo têm como exigência mínima:

para Dissertação de Mestrado: um artigo submetido para publicação em revista científica com classificação Qualis A Nacional ou superior;

para Tese de Doutorado: um artigo submetido para publicação em revista científica com classificação Qualis C Internacional ou superior.

Obs.: A lista Qualis válida é a mais recente disponível no site da CAPES <http://qualis.capes.gov.br/webqualis/ConsultaListaCompletaPeriodicos>.

Em formato alternativo:

Capa

Folha de rosto (primeira folha interna)

Ficha catalográfica (verso da folha de rosto)

Folha de aprovação

Dedicatória (Opcional)

Agradecimentos (Opcional)
Epígrafe (Opcional)
Resumo
Abstract
Lista de Abreviaturas e Siglas (Opcional)
Sumário
1. Introdução Geral
2. Proposição
3. Capítulos
4. Conclusão Geral
Referências
Bibliografia (Opcional)
Glossário (Opcional)
Apêndice (Opcional)
Anexo (Opcional)

RESUMO

O Resumo é a síntese dos pontos relevantes do documento, em linguagem clara, concisa e direta. Ele transmite informações e fornece elementos para decidir sobre a consulta do texto completo. Seis itens são essenciais para a elaboração de um resumo: a) situar o trabalho; b) expor os objetivos; c) descrever a metodologia utilizada; d) expor a própria experiência; e) apresentar os resultados obtidos; f) conclusão. Usar, de preferência, a terceira pessoa do singular e empregar o verbo na voz ativa. Localizado em folha separada, limita-se a um parágrafo. Deve conter no mínimo 250 e no máximo 500 palavras. Logo abaixo do resumo, indicam-se as palavras-chave. Deve obrigatoriamente estar relacionado a todos os capítulos do trabalho, sejam eles experimentais ou não.

ABSTRACT

É a tradução fiel do resumo para a língua inglesa, dessa forma segue a mesma orientação do resumo. Logo abaixo do abstract, devem ser indicadas as key-words.

SUMÁRIO

É a indicação do conteúdo do documento, refletindo as principais divisões e seções na mesma ordem e grafia em que se apresentam no texto. O sumário deve oferecer ao leitor uma visão global do estudo realizado, e deve:

- Ser localizado após todos os elementos pré-textuais, e não devem constar no sumário.
- Ser transcrito em folha distinta, com o título centrado.
- O título do capítulo ou seção deve aparecer no sumário com o mesmo tipo de letra utilizado no texto.
- Cada parte é seguida pelo número da página em que se inicia.
- Usa-se o termo "sumário" (e. não a palavra índice ou lista) para designar esta parte.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Parte inicial do texto, a introdução apresenta a formulação clara e simples do tema investigado; deve constar a delimitação do assunto tratado, sua justificativa, objetivos da pesquisa, rápida referência a trabalhos anteriormente realizados e outros elementos necessários para situar o tema do trabalho. A introdução, como primeira seção do texto, receberá o indicativo 1 (um), não sendo aconselhada a inclusão de figuras e/ou tabelas.

2. PROPOSIÇÃO

Trata-se da descrição dos objetivos da investigação – o propósito da pesquisa científica. Constitui a segunda parte do texto, recebendo o indicativo 2. Nesta parte será(ão) apresentado(s) o(s) objetivo(s) da pesquisa que será(ão) concernente(s) ao(s) capítulo(s) apresentado(s) subsequentemente.

3. CAPÍTULOS

Deve(m) ser inserida(s) a(s) cópia(s) de artigo(s) de autoria ou coautoria do candidato, já publicado(s) em periódicos científicos ou ainda não publicado(s). Cada capítulo deve conter sua indicação, seguido do número (em arábico) correspondente. Ex.: Capítulo 1, Capítulo 2, e assim sucessivamente, e deverá informar o nome do periódico onde o artigo foi submetido para publicação. O idioma e as normas de referências e de escrita devem ser as da revista à qual o artigo foi submetido para publicação.

4. CONCLUSÃO GERAL

Podendo ser apresentada de forma dissertativa ou de tópicos, a conclusão é a parte final do texto na qual se apresenta o fechamento das idéias correspondentes aos objetivos, tentando responder às hipóteses formuladas. A conclusão deve ser apresentada de maneira lógica, clara e objetiva, fundamentada nos resultados e na discussão. Portanto, não é permitida

a inclusão de dados novos neste capítulo. Não deve ser uma repetição dos resultados, deve constar o que foi resolvido, comprovado, justificado, atingido, dificuldades encontradas, mudanças que se fizeram necessárias, novas indagações que surgiram durante o transcorrer do trabalho, que contribuições esse trabalho trouxe e sugestões de novas pesquisas. Devem ser referentes a todos os capítulos apresentados.

PÓS-TEXTUAIS

São elementos complementares que mantêm relação com o texto, mas que, para torná-los menos densos e não prejudicá-los, costumam vir apresentados após a parte textual.

REFERÊNCIAS GERAIS

Consistem numa listagem de todo o material bibliográfico utilizado para a produção da parte geral do trabalho, permitindo a identificação de publicações, no todo ou em parte. Inclui apenas referências das citações utilizadas no texto e não indicadas em nota de rodapé. Esta lista permite ao leitor comprovar fatos ou ampliar conhecimentos, mediante consulta às fontes referenciadas. As comunicações pessoais não fazem parte da lista de referências, sendo colocadas apenas em nota de rodapé. É válido ratificar que não devem ser inseridas as referências já relacionadas nos trabalhos apresentados nos capítulos, apenas deve conter as referências usadas na introdução geral e na discussão geral. As referências nos trabalhos apresentados à FFOE/UFC deverão ser baseadas nas normas apresentadas no Guia para Normatização de Trabalhos Acadêmicos da Biblioteca Universitária.

APRESENTAÇÃO GRÁFICA

Formato

- a) papel branco, formato A4 (210 mm x 297 mm);
- b) digitação em fonte tamanho 12 para o texto (Times New Roman ou Arial);
- c) digitação em fonte tamanho 10 (Times New Roman ou Arial) para citações longas, notas de rodapé, paginação, legendas de ilustrações e tabelas;
- d) a digitação é feita no anverso da folha com exceção para a folha de rosto;
- e) opcionalmente pode-se digitar no anverso e no verso da folha dependendo do tipo de papel utilizado;
- f) a digitação é feita na cor preta;
- g) o projeto gráfico é de responsabilidade do autor do trabalho.

Margem

- a) margens esquerda e superior de 3 cm;
- b) direita e inferior de 2 cm;

- c) parágrafo inicial de 2 cm a partir da margem esquerda;
- d) a citação longa é destacada com recuo de 4 cm da margem esquerda.

Espacejamento

- a) todo o texto deve ser digitado com 1,5 cm de entrelinhas;
- b) as citações longas, as notas, os resumos, as referências, as legendas das ilustrações e tabelas, a ficha catalográfica, a natureza do trabalho, o objetivo, o nome da instituição e a área de concentração devem ser digitados em espaço simples;
- c) as referências ao final do trabalho devem ser separadas entre si por espaço duplo;
- d) os títulos das seções e subseções devem ser separados do texto que os precede ou os sucede por um espaço duplo ou dois espaços simples;
- e) as notas de rodapé devem ser digitadas dentro das margens, separadas do texto por um espaço simples de entrelinhas e por filete de 3 cm, a partir da margem esquerda;
- f) na folha de rosto e na folha de aprovação, a natureza do trabalho, o objetivo, o nome da instituição e a área de concentração devem ser alinhados do centro da folha para a margem direita.

Indicativos de seção

- a) indicativo numérico de uma seção antecede seu título, alinhado à esquerda, separado por um espaço de caractere;
- b) os títulos sem indicativo numérico, como errata, agradecimentos, resumo, listas de ilustrações, listas de abreviaturas e siglas, lista de símbolos, sumário, glossário, apêndices, anexos e índices devem ser centralizados conforme a NBR 6024/1989.

Paginação

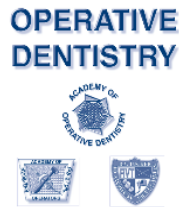
- a) todas as folhas do trabalho são contadas a partir da folha de rosto, sequencialmente;
- b) a numeração é colocada a partir da primeira folha da parte textual;
- c) a numeração é em algarismos arábicos, no canto superior direito da folha a 2 cm da borda superior, ficando o último algarismo a 2 cm da borda direita da folha, em tamanho menor que o do texto;
- d) em caso de digitação no anverso e no verso da folha, a numeração das páginas deve ser em algarismos arábicos no canto superior esquerdo (para páginas pares) e no canto superior direito (para páginas ímpares);
- e) para trabalhos em mais de um volume, deve ser dada uma numeração sequencial das folhas do primeiro ao último volume;

f) a numeração de apêndices e anexos, quando utilizados, deve ser contínua à do texto principal.

Numeração progressiva, de acordo com a NBR 6024/1989

- a) evidencia e sistematiza o conteúdo do trabalho em seções;
- b) as seções são partes em que se divide o texto de um documento e contêm as matérias consideradas afins na exposição ordenada do assunto;
- c) as seções primárias são as principais divisões do texto de um documento e devem iniciar-se em folha distinta;
- d) as seções primárias podem ser divididas em seções secundárias; as secundárias, em terciárias; as terciárias, em quaternárias, e assim por diante;
- e) os títulos das seções são destacados gradativamente, usando-se racionalmente os recursos de negrito, itálico ou grifo, caixa alta ou maiúsculas etc., conforme a NBR 6024, no sumário e, de forma idêntica, no texto;
- f) quando uma seção tem título, ele é colocado na mesma linha do respectivo indicativo, e a matéria da seção pode começar na linha seguinte da própria seção ou em uma seção subsequente;
- g) o título da seção primária deve aparecer em destaque (maiúsculas e negrito); as seções secundárias aparecem em letras normais e em negrito; as demais seções, terciárias, quaternárias e assim por diante, aparecem em letras normais, sem destaque, todas alinhadas à margem esquerda.

ANEXO C - NORMAS DO PERIÓDICO OPERATIVE DENTISTRY



INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Dear Authors,

We are so grateful to each of you for continuing to provide Operative Dentistry with such outstanding manuscripts to consider. We have seen a steady increase each year in the number of manuscripts that are sent to us for publication consideration. For example, in 2012 we received 505 manuscripts—a 238% increase over 2002 and a 742% increase over 1992, 80 were printed for a 15% acceptance rate. Because of the costs of maintaining a manuscript submission system that can deal with this kind of traffic, our costs are increasing as fast as our submission rate. Unfortunately, it has come time that we need to pass a small portion of these costs on to you, our submitting authors. Operative Dentistry is charged by our submission vendor 25.00USD per manuscript that goes through our system, whether it is accepted for publication or not. Beginning with the first submission of 2013, that cost will now be charged to our authors to submit a manuscript into our system; it is a one time cost per manuscript, meaning that even if you are asked to submit several revisions of your paper, only the original submission will be charged. This 25.00USD fee will be required for a manuscript to be considered in any way. Please understand that this fee is charged to us by our vendor, and will be non-refundable. Paying the submission fee will have no bearing on whether or not your manuscript will be accepted either for review, or for publication. We thank you for understanding the necessity of this step. Should you have any questions about this new policy, please contact our offices at editor@jopdent.org.

Sincerely,

Operative Dentistry Office Staff

All submitted manuscripts will be subject to the possibility of e-publication only. We now have the option of assigning 3-5 articles to each issue that will be published exclusively at our on-line journal www.jopdentonline.org. These e-pub articles will be paginated with an "e" prefix and will carry a fully citable DOI number. If you are not interested in the possibility of having your paper published only electronically, please do not submit your manuscript to us. Your authorization to allow us to e-publish will help us to publish manuscripts even faster than we have in the past. Our goal is to have a manuscript through the review process (submission to acceptance) in 2 months and from acceptance to publication within 2 months. Please feel free to send any questions about this policy to editor@jopdent.org.

Operative Dentistry requires electronic submission of all manuscripts. All submissions must be sent to Operative Dentistry using the [Allen Track upload site](#). Your manuscript will only be considered officially submitted after it has been approved through our initial quality control check, and any problems have been fixed. You will have 6 days from when you start the process to submit and approve the manuscript. After the 6 day limit, if you have not finished the submission, your submission will be removed from the server. You are still able to submit the manuscript, but you must start from the beginning. Be prepared to submit the following manuscript files in your upload:

- **A Laboratory or Clinical Research Manuscript file must include:**
 - title
 - running (short) title
 - clinical relevance statement
 - concise summary (abstract)
 - introduction, methods & materials, results, discussion and conclusion
 - references (see Below)
 - The manuscript **MUST NOT** include any:
 - identifying information such as:
 - Authors
 - Acknowledgements
 - Correspondence information
 - Figures

- Graphs
 - Tables
-
- An acknowledgement, disclaimer and/or recognition of support (if applicable) must in a separate file and uploaded as supplemental material.
 - All figures, illustrations, graphs and tables must also be provided as individual files. These should be high resolution images, which are used by the editor in the actual typesetting of your manuscript. Please refer to the instructions below for acceptable formats.
 - All other manuscript types use this template, with the appropriate changes as listed below.

Complete the on-line form which includes complete author information and select the files you would like to send to Operative Dentistry. Manuscripts that do not meet our formatting and data requirements listed below will be sent back to the corresponding author for correction.

GENERAL INFORMATION

- All materials submitted for publication must be submitted exclusively to Operative Dentistry.
- The editor reserves the right to make literary corrections.
- Currently, color will be provided at no cost to the author if the editor deems it essential to the manuscript. However, we reserve the right to convert to gray scale if color does not contribute significantly to the quality and/or information content of the paper.
- The author(s) retain(s) the right to formally withdraw the paper from consideration and/or publication if they disagree with editorial decisions.
- International authors whose native language is not English must have their work reviewed by a native English speaker prior to submission.
- Spelling must conform to the American Heritage Dictionary of the English Language, and SI units for scientific measurement are preferred.

- While we do not currently have limitations on the length of manuscripts, we expect papers to be concise; Authors are also encouraged to be selective in their use of figures and tables, using only those that contribute significantly to the understanding of the research.
- Acknowledgement of receipt is sent automatically. If you do not receive such an acknowledgement, please contact us at editor@jopdent.org rather than resending your paper.
- **IMPORTANT:** Please add our e-mail address to your address book on your server to prevent transmission problems from spam and other filters. Also make sure that your server will accept larger file sizes. This is particularly important since we send page-proofs for review and correction as .pdf files.

REQUIREMENTS

- FOR ALL MANUSCRIPTS
 1. CORRESPONDING AUTHOR must provide a WORKING / VALID e-mail address which will be used for all communication with the journal. NOTE: Corresponding authors MUST update their profile if their e-mail or postal address changes. If we cannot contact authors within seven days, their manuscript will be removed from our publication queue.
 2. AUTHOR INFORMATION must include:
 - full name of all authors
 - complete mailing address for each author
 - degrees (e.g. DDS, DMD, PhD)
 - affiliation (e.g. Department of Dental Materials, School of Dentistry, University of Michigan)
 3. MENTION OF COMMERCIAL PRODUCTS/EQUIPMENT must include:
 - full name of product
 - full name of manufacturer
 - city, state and/or country of manufacturer

4. MANUSCRIPTS AND TABLES must be provided as Word files. Please limit size of tables to no more than one US letter sized page. (8 ½ ” x 11”)

5. ILLUSTRATIONS, GRAPHS AND FIGURES

Photographs submitted to Operative dentistry must be unretouched.

They may be cropped, annotated and/or aggregated with other photos, but each photo must remain unretouched.

Illustrations, graphs and figures must be provided as TIFF or JPEG files with the following parameters:

- line art (and tables that are submitted as a graphic) must be sized with the short edge being no shorter than 5 inches. It should have a minimum resolution of 600 dpi and a maximum resolution of 1200 dpi. This means the shortest side should be no smaller than 3000 pixels.
- gray scale/black & white figures must be sized with the short edge being no shorter than 5 inches. It should have a minimum resolution of 300 dpi and a maximum of 400 dpi. This means the shortest side should be no smaller than 1500 pixels.
- color figures must be sized with the short edge being no shorter than 3.5 inches. It should have a minimum resolution of 300 dpi and a maximum of 400 dpi. This means that the shortest side should be no smaller than 1050 pixels.
- color photographs must be sized with the short edge being no shorter than 3.5 inches. It should have a minimum resolution of 300 dpi and a maximum of 400 dpi. This means that the shortest side should be no smaller than 1050 pixels.

- OTHER MANUSCRIPT TYPES

1. CLINICAL TECHNIQUE/CASE STUDY MANUSCRIPTS must include:

- a running (short) title
- purpose
- description of technique
- list of materials used
- potential problems

- summary of advantages and disadvantages
 - references (see below)
2. LITERATURE AND BOOK REVIEW MANUSCRIPTS must include:
- a running (short) title
 - a clinical relevance statement based on the conclusions of the review
 - conclusions based on the literature review...without this, the review is just an exercise
 - references (see below)
- FOR REFERENCES

REFERENCES must be numbered (superscripted numbers) consecutively as they appear in the text and, where applicable, they should appear after punctuation.

The reference list should be arranged in numeric sequence at the end of the manuscript and should include:

1. Author(s) last name(s) and initial (ALL AUTHORS must be listed) followed by the date of publication in parentheses.
2. Full article title.
3. Full journal name in italics (no abbreviations), volume and issue numbers and first and last page numbers complete (i.e. 163-168 NOT attenuated 163-68).
4. Abstracts should be avoided when possible but, if used, must include the above plus the abstract number and page number.
5. Book chapters must include chapter title, book title in italics, editors' names (if appropriate), name of publisher and publishing address.
6. Websites may be used as references, but must include the date (day, month and year) accessed for the information.
7. Papers in the course of publication should only be entered in the references if they have been accepted for publication by a journal and then given in the standard manner with "In press" following the journal name.

8. DO NOT include unpublished data or personal communications in the reference list. Cite such references parenthetically in the text and include a date.
9. References that contain Crossref.org's DOIs (Digital Object Identifiers) should always be displayed at the end of the reference as permanent URLs. the prefix <http://dx.doi.org/> can be appended to the listed DOI to create this URL.
IE <http://dx.doi.org/10.1006/jmbi.1995.0238>

EXAMPLES OF REFERENCE STYLE

- Journal article: two authors
Evans DB & Neme AM (1999) Shear bond strength of composite resin and amalgam adhesive systems to dentin *American Journal of Dentistry* 12(1) 19-25.
- Journal article: multiple authors
Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH & Robinson SJ (1997) Current concepts on adhesion to dentin *Critical Review of Oral and Biological Medicine* 8(3) 306-335.
- Journal article: special issue/supplement
Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P & Vanherle G (2001) Adhesives and cements to promote preservation dentistry *Operative Dentistry* (Supplement 6) 119-144.
- Abstract:
Yoshida Y, Van Meerbeek B, Okazaki M, Shintani H & Suzuki K (2003) Comparative study on adhesive performance of functional monomers *Journal of Dental Research* 82(Special Issue B) Abstract #0051 p B-19.
- Corporate publication:
ISO-Standards (1997) ISO 4287 Geometrical Product Specifications Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters *Geneve: International Organization for Standardization* 1st edition 1-25.
- Book: single author
Mount GJ (1990) *An Atlas of Glass-ionomer Cements* Martin Duntz Ltd, London.
- Book: two authors
Nakabayashi N & Pashley DH (1998) *Hybridization of Dental Hard Tissues* Quintessence Publishing, Tokyo.

- Book: chapter
Hilton TJ (1996) Direct posterior composite restorations In: Schwarts RS, Summitt JB, Robbins JW (eds) *Fundamentals of Operative Dentistry* Quintessence, Chicago 207-228.
- Website: single author
Carlson L (2003) Web site evolution; Retrieved online July 23, 2003 from:
<http://www.d.umn.edu/~lcarlson/cms/evolution.html>
- Website: corporate publication
National Association of Social Workers (2000) NASW Practice research survey 2000. NASW Practice Research Network, 1. 3. Retrieved online September 8, 2003 from:
<http://www.socialworkers.org/naswprn/default>
- Website: Online Early/Pre-published/Epub ahead of print/p>p*
- Smith, JR, Brown, AB. 15 Year follow-up on At-home Tray Bleaching, A Case Study. *Journal of Oral Traditions*. Prepublished Sep 20, 2010. doi: 10.1177/01234-67891-3456
*these references must have some form of permanent reference such as a doi in order to be used in this form - otherwise, please reference as listed under "Website: single Author"
- Journal Article with DOI: SA Feierabend, J Matt & B Klaiber (2011) A Comparison of Conventional and New Rubber Dam Systems in Dental Practice. *Operative Dentistry* 36(3) 243-250, <http://dx.doi.org/10.2341/09-283-C>

Manuscript upload site