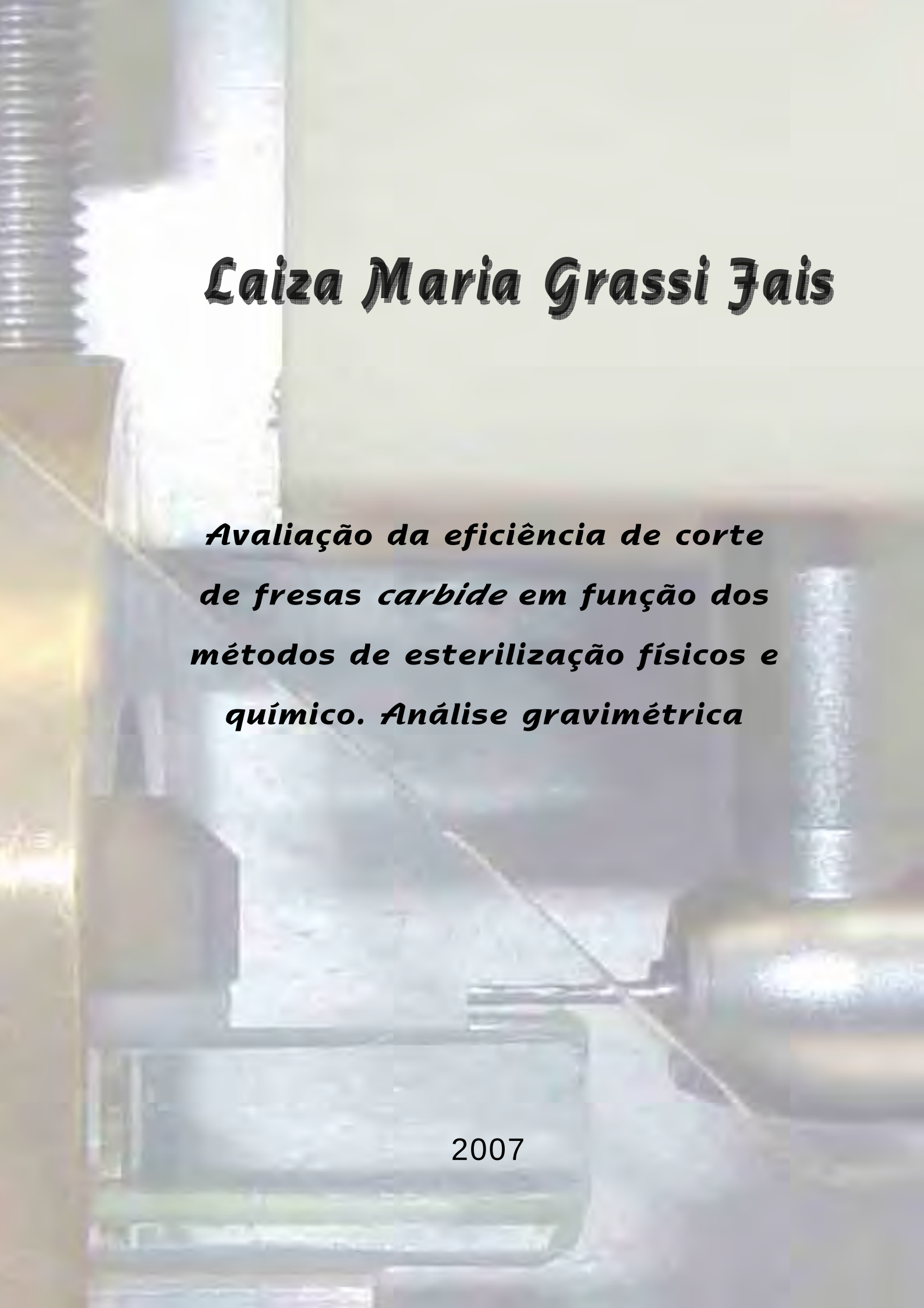




Laiza Maria Grassi Fais

***Avaliação da eficiência de corte
de fresas carbide em função dos
métodos de esterilização físicos e
químico. Análise gravimétrica***

2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA



Laiza Maria Grassi Fais

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CORTE DE FRESAS
CARBIDE EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE ESTERILIZAÇÃO
FÍSICOS E QUÍMICO. ANÁLISE GRAVIMÉTRICA**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação
em Reabilitação Oral – Área
de Prótese da Faculdade de
Odontologia de Araraquara,
da Universidade Estadual
Paulista, para a obtenção do
Título de Mestre em
Reabilitação Oral – Área de
Prótese.

Orientador

Prof. Dr. Gelson Luis Adabo

Co-orientadora

Profa. Dra. Lígia Antunes Pereira Pinelli

Araraquara
2007

Fais, Laiza Maria Grassi.

Avaliação da eficiência de corte de fresas *carbide* em função dos métodos de esterilização físicos e químico. Análise gravimétrica / Laiza Maria Grassi Fais. _ Araraquara : [s.n.], 2007.

145 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia.

Orientador : Prof. Dr. Gelson Luis Adabo

Co-orientadora: Profa. Dra. Lúgia Antunes Pereira Pinelli

1. Instrumentos odontológicos 2. Controle de infecções
3. Esterilização 4. Microondas I. Título.

Laiza Maria Grassi Fais

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CORTE DE FRESAS CARBIDE EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE ESTERILIZAÇÃO FÍSICOS E QUÍMICO. ANÁLISE GRAVIMÉTRICA

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientador: Profa. Dra. Lígia Antunes Pereira Pinelli

2º Examinador: Profa. Dra. Regina Helena Barbosa Tavares da Silva

3º Examinador: Profa. Dra. Daniela Atili Brandini

Araraquara, 28 de março de 2007.

Dados Curriculares

Laiza Maria Grassi Fais

NASCIMENTO: 19 de abril de 1982 – Araraquara –SP

FILIAÇÃO: Antonio Carlos Fais

Neuza Maria Grassi Fais

2000/2003 Curso de Graduação - Faculdade de Odontologia
de Araraquara - UNESP

2005/2007 Curso de Pós-Graduação em Reabilitação Oral –
Área Prótese, Nível de Mestrado, na Faculdade
de Odontologia de Araraquara – UNESP

Dedicatória

Em primeiro lugar, a **Deus**, pela força e coragem durante toda esta caminhada.

Em especial aos meus pais, **Antonio Carlos** e **Neuza**, a quem devo a vida e minha formação moral. Meu reconhecimento e gratidão pela paciência, compreensão e apoio constantes nesta jornada da vida.

À minha irmã, **Naiara**, pelo apoio e amizade.

Ao meu namorado, **Rodrigo**, pelo apoio, incentivo e dedicação durante todos esses anos.

Agradecimentos Especiais

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Gelson Luis Adabo**, pelas oportunidades concedidas a minha formação.

À minha Co-orientadora e amiga, **Profa. Dra Lígia Antunes Pereira Pinelli**, por ser uma pessoa disposta a oferecer estímulos e a percorrer novos caminhos, ouvir com interesse e ânimo todas as questões, dúvidas e problemas que surgiam. Por ser uma pessoa paciente e generosa com coragem de ousar trabalhar com novas idéias. Por sua amizade, principalmente. Pela alegria de trabalharmos juntas. Muito obrigada pelo aprendizado proporcionado, resultado de uma orientação competente, amiga e criativa.

Aos amigos de Turma do Mestrado **Alejandro, Caroline, Isabella, Juliê, Livia, Luciano e Paula** pelo apoio, amizade e companheirismo durante estes dois anos. **Juliê**, obrigada pelo incentivo desde o estágio de iniciação científica.

Aos professores da Disciplina de Prótese Parcial Fixa, **Regina Helena Barbosa Tavares da Silva e José**

Cláudio Martins Segalla, pelo apoio, amizade e exemplo de profissionalismo.

Ao Professor **Dalton Geraldo Guaglianoni**, não somente pela realização da análise estatística desta Dissertação, mas também por todos os ensinamentos proporcionados.

À **Rosa Araújo**, professora de inglês da escola Lacus, pela atenção, presteza e amizade.

Aos estagiários da Disciplina de Prótese Parcial Fixa, em especial à **Sabrina, Juliana Cabrini, Juliana Derceli e Pierre** pela companhia e amizade.

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Araraquara, representada pela Senhora Diretora **Profa. Dra. Rosemary Adriana Chiéríci Marcantonio** e pelo Senhor Vice-diretor **Prof. Dr. José Cláudio Martins Segalla** pela oportunidade da realização deste trabalho.

À Coordenação do Programa de Pós-graduação em Reabilitação Oral, área de Prótese, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, representado pelo **Prof. Dr. Gelson Luis Adabo**.

Ao Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese representado pelo **Prof. Dr. Carlos Aberto dos Santos Cruz**, chefe do departamento, e pela **Profa. Dra. Regina Helena Barbosa Tavares da Silva**, vice-chefe.

A todos os professores do Departamento de Materiais Odontológicos Prótese pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos Prótese, em especial à **Lúcia, Malú, Marta e Sílvia** pelo respeito e carinho.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação por serem sempre prestativos e simpáticos.

Aos funcionários da Biblioteca, em especial à **Ceres Maria Carvalho Galvão de Freitas e Maria Helena**, responsáveis pela revisão bibliográfica, pela ajuda e colaboração durante a elaboração de minha dissertação.

À **Maria Lúcia Montoro**, pela revisão gramatical de texto.

A todos os funcionários da Faculdade de Odontologia de Araraquara.

À CAPES, FAPESP e PROAP pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa.

Agradecer é admitir que houve um momento em que se precisou de alguém; é reconhecer que o homem

jamais poderá lograr para si o dom de ser auto-suficiente. Ninguém e nada cresce sozinho; sempre é preciso um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão, uma atitude de amor. A todos aqueles que, embora não estejam aqui citados, mas que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho, a mais profunda gratidão e respeito.

*“Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis.”*

Bertolt Brecht

Sumária

Resumo	12
Abstract	14
1 Introdução	16
2 Revisão da literatura	23
2.1 Controle de infecção	23
2.2 Uso das Microondas para o controle de infecção	34
2.3 Alterações e desempenho dos instrumentos cortantes rotatórios	47
3 Proposição	82
4 Material e método	83
5 Resultado	97
6 Discussão	103
7 Conclusão	119
8 Referências	120
9 Apêndices	133

Fais LMG. Avaliação da eficiência de corte de fresas *carbide* em função dos métodos de esterilização físicos e químico. Análise gravimétrica [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP. 2007.

Resumo

Este estudo avaliou o efeito de métodos de esterilização físicos e químico sobre a eficiência de corte de fresas *carbide*. Sessenta fresas da marca S.S. White foram utilizadas para o desgaste de vidro (30 mm X 30 mm X 10 mm) e divididas em cinco grupos experimentais em função do tratamento realizado: E₁ – esterilização em autoclave, E₂ – esterilização em estufa, E₃ – esterilização em forno de microondas, E₄ – esterilização em substância química e E₀ – ausência de esterilização (controle). Com o auxílio de um aparelho padronizador de desgaste, as fresas foram utilizadas para o desgaste do vidro em um total de 30 minutos divididos em doze períodos de 2,5 minutos. Após cada 2,5 minutos de uso, as fresas foram limpas com escova de nylon sob água corrente e secas com jatos de ar e, em seguida, submetidas aos seus respectivos tratamentos. A eficiência de corte das fresas foi determinada pela perda de

massa do vidro, que teve sua massa aferida antes e após cada período de desgaste. A soma (Σ) da quantidade de desgaste realizado por cada fresa após os 12 ciclos de uso foi calculada e utilizada para se determinar a eficiência de corte após 30 minutos de uso. Os valores da Σ foram submetidos à análise estatística pelos testes de Kruskal-Wallis e de Dunn. Diferenças estatisticamente significantes entre os grupos experimentais foram verificadas ($p < 0,05$). De acordo com os resultados, entre os métodos de esterilização avaliados, o uso do calor seco foi responsável pelo melhor desempenho das fresas, ao contrário da utilização de glutaraldeído, que foi considerado o pior método de esterilização.

Palavras-chave: Instrumentos odontológicos; controle de infecções; esterilização; microondas

Fais LMG. Evaluation of the cutting effectiveness of carbide burs sterilized by physical and chemical methods. Gravimetric analysis [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP. 2007.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of physical and chemical sterilization methods on the cutting effectiveness of carbide burs. Sixty S.S. White burs were used to cut glass plates (30 mm X 30 mm X 10 mm) and subjected to the following procedures: S_1 – sterilization by autoclave; S_2 – sterilization by dry heat; S_3 – sterilization by microwave irradiation; S_4 – sterilization by chemical substance and S_0 – no sterilization (control group). The burs were used to cut glass plates in a cutting machine for twelve 2.5-minute periods. After each period, the burs were cleaned with a nylon brush under running water, dried with air spray (40 seconds), and then subjected to their procedures respectively. The cutting effectiveness was calculated by the weight loss of the glass which was weighed before and after each 2.5-minute period. The sum (Σ) of the cutting amount performed by each bur after twelve cycles of use were calculated and used to

determine the cutting effectiveness after 30 minutes of use. The Σ values were statistically analyzed by Kruskal-Wallis's and Dunn's tests. Statistical differences among the experimental groups were observed ($p < .05$). According to the results, among the sterilization methods, the use of dry heat was responsible for the best carbide burs performance and, the use of glutaraldehyde was responsible for the worst burs performance.

Keywords: Dental instruments; infection control; sterilization; microwaves,

1 Introdução

Desde o início do século XIX, instrumentos rotatórios de vários tipos são utilizados na rotina diária do cirurgião-dentista com o objetivo de cortar ou abrasionar estruturas dentais⁷⁷. Durante muito tempo, fresas construídas em aço comum foram utilizadas. Tais instrumentos, contudo, eram girados com os dedos, dificultando o trabalho do profissional por proporcionarem um corte não efetivo. Com o aprimoramento das técnicas e o desenvolvimento de novos equipamentos, as fresas passaram a ser utilizadas em um motor dentário acionado com o pé ou com energia elétrica até que fosse desenvolvida, em 1957, a primeira turbina a ar ^{42,68}.

Simultaneamente à evolução dos equipamentos destinados ao desgaste da estrutura dental, surgiu no mercado a disponibilidade de uma série de fresas diferentes que viriam a substituir as fresas de aço comum uma vez que estas possuíam características indesejáveis, como, por exemplo, pequena durabilidade e eficiência de corte efêmera, além de causarem superaquecimento na estrutura dental, acarretando alterações pulpaes na maioria das vezes²⁴. A

introdução dos instrumentos diamantados juntamente com o aumento da velocidade de rotação (20.000 r.p.m. a 30.000 r.p.m.) aumentaram a eficiência de corte, facilitando os procedimentos operatórios realizados. Em 1947, foram desenvolvidas as fresas de aço inoxidável do tipo carbeto de tungstênio (fresas *carbide*), as quais representaram uma grande evolução para os procedimentos restauradores⁶⁷, destacando-se por apresentarem dureza duas vezes maior do que o do aço comum.

As fresas *carbide*, cujo desenho básico compreende uma ponta ativa com seis a oito lâminas de corte⁵⁶ e uma haste metálica, podem ser produzidas por dois processos distintos. O primeiro, mais antigo e mais utilizado, consiste na soldagem (elétrica ou com ligas metálicas) do carbeto/cobalto de tungstênio semi-acabado em uma haste de aço, sendo a parte ativa da fresa produzida por meio da pulverização sob pressão de carboneto seguida de sinterização em uma atmosfera não oxidante. O segundo método utiliza partículas de carbeto de tungstênio 100 vezes menores (0,05µm) em um sistema com pressão isostática sob calor, reduzindo porosidades e aumentando a resistência das fresas⁸².

Com relação à utilização, as fresas *carbide* são indicadas para realização de preparos dentais, remoção de restaurações e polimento dental^{23,31,39,48,63,69,70}, sendo indispensáveis na rotina do cirurgião-dentista. Por ser economicamente inviável torná-las descartáveis, são utilizadas diversas vezes e em diferentes pacientes, devendo ser completamente limpas e esterilizadas^{2,40,55,63} uma vez que estão sujeitas à contaminação por microrganismos presentes na saliva, no sangue e até mesmo nos resíduos de corte^{12,13,19,22,23,44,49,66,85}.

No passado, os cirurgiões-dentistas foram duramente criticados por bacteriologistas em função dos métodos precários utilizados para esterilização. Devido à falta de consenso sobre as alterações provocadas pelos métodos de esterilização e à divulgação de que o uso da estufa ou autoclave poderia acarretar fraturas, diminuição da eficiência e da durabilidade das fresas, muitos profissionais realizavam apenas sua desinfecção⁴⁶, comprometendo o controle de infecção cruzada^{2,3,29,40,46}.

Por esses motivos, foram desenvolvidos diferentes trabalhos sobre a necessidade do cumprimento de normas de biossegurança para a manutenção da cadeia

asséptica no consultório^{2,3,29,40,87} e sobre a busca por métodos de limpeza, desinfecção e esterilização que fossem eficazes sem que houvesse interferência na durabilidade dos instrumentos rotatórios^{3,6,9,13,15,23,46,54,57,60,65,74,75,80}.

Desta forma, o estudo da eficiência de corte, que é definida como a capacidade de remoção da máxima quantidade de tecido dentário com uma mínima quantidade de esforço, em um determinado tempo^{19,34}, visando a manutenção de um bom desempenho das fresas para a proteção do complexo dentino-pulpar, associado à necessidade do controle de infecção cruzada, tornou-se fundamental. Fatores como a procedência do instrumento^{26,65,78}, natureza do material a ser desgastado^{71,78}, o número de rotações por minuto^{53,71}, o torque exercido⁹, a forma da ponta ativa³⁴, a força aplicada pelo operador^{41,53,71} e os métodos de limpeza^{74,75}, desinfecção e esterilização^{9,26,57,65} são, freqüentemente, temas de pesquisas, por serem fatores que podem alterar as características dos instrumentos rotatórios^{8,20}.

No Brasil, de acordo com a Portaria nº 2626, que está em vigor desde 1998, todos os instrumentos utilizados no atendimento a pacientes devem ser submetidos a processos

de lavagem, enxágüe e esterilização, sendo recomendada, para as fresas, a esterilização em estufa ou autoclave ¹².

Por esterilização entende-se o processo de destruição de todas as formas de vida presentes num material^{2,12,40,76}, podendo ser dividida em duas categorias com base em sua natureza e ação sobre os microrganismos: processos físicos, representados pelo calor seco, radiação (luz ultravioleta, raios X, beta, gama) e vapor d'água sob pressão, ou processos químicos tais como óxido de etileno, peróxido de hidrogênio, gás plasma e soluções químicas²².

Em razão da ausência de um método de esterilização que satisfaça todas as exigências e também das limitações dos métodos mais utilizados (estufa, autoclave e substâncias químicas), tais como significativo tempo de espera, necessidade de equipamentos caros e até mesmo eventuais danos aos instrumentos^{9,11,23} e, mais recentemente, do advento da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, tem sido observada uma modernização dos métodos de esterilização, destacando-se o interesse pela utilização do forno de microondas^{5,14,57}.

O uso do forno de microondas vem sendo divulgado como um sistema rápido, econômico, com potencial

de agir sobre bactéria, vírus, esporos e fungos^{14,60,84}. O baixo custo, a rapidez e a simplicidade para processos de desinfecção e esterilização^{14,61} estimularam estudos em diferentes segmentos, como, por exemplo, esterilização de instrumentos e materiais odontológicos^{22,60,61,73}; lentes de contato¹⁶ e outros materiais médicos^{30,62}, além da descontaminação de alimentos^{10,17,38} e desinfecção de próteses dentárias confeccionadas em resina acrílica^{7,18,58,83}.

Nos fornos de microondas caseiros, cuja frequência normalmente é de 2.450MHz, as microondas são produzidas pela conversão da energia elétrica em ondas eletromagnéticas com aproximadamente 10 centímetros de comprimento ao passar por um tubo de magnetron. A seguir, essas microondas são canalizadas por um guia de ondas e transferidas por toda a cavidade no interior do forno⁸¹, sendo absorvidas, transmitidas ou refletidas pelo material sobre o qual incidem^{25,35,61}. Quando essas ondas eletromagnéticas são absorvidas, há uma interação com as moléculas do material, gerando calor. Esse aquecimento é promovido pela conversão de energia e não por condução de calor²⁸, sendo mais rápido e eficiente do que o produzido pelos métodos convencionais de esterilização^{36,58}, podendo representar um método alternativo de esterilização.

Diante das limitações apontadas ao uso da estufa, autoclave e substâncias químicas, com a queda de alguns empecilhos relacionados ao uso do forno de microondas, tais como o risco de danos ao magnetron por objetos metálicos e a existência de pontos frios e quentes em seu interior^{60,61} e devido à escassez de trabalhos controlados que avaliem a influência destes procedimentos sobre o desempenho fresas *carbide*, julgou-se de interesse avaliar se a eficiência de corte deste tipo de fresa pode ser alterada em função do método de esterilização utilizado.

2 Revisão da literatura

2.1 Controle de infecção

Medeiros et al.⁴⁷ (1990) realizaram uma avaliação laboratorial da eficácia da esterilização e/ou desinfecção de fresas de aço inoxidável. As fresas foram contaminadas com culturas de *Pseudomonas aureginosa* ou *Bacillus subtilis* e *Clostridium sporogenes* e submetidas aos seguintes procedimentos: imersão em solução de formaldeído 1% (10 minutos, 30 minutos ou 1 hora), imersão em solução de glutaraldeído 2% (10 minutos, 30 minutos ou 1 hora), armazenamento em recipiente metálico hermeticamente fechado contendo seis pastilhas de paraformaldeído (24 horas) ou aplicação de calor seco (estufa a 160°C durante 90 minutos). A seguir, os instrumentos foram inoculados em tubos de ensaio contendo meio de cultura e mantidos a 37°C, durante 96 horas, para avaliação da presença do crescimento dos microrganismos por meio da análise de turvação do meio. Os resultados obtidos indicaram a efetividade da esterilização das fresas quando se utilizou a estufa, o paraformaldeído e a imersão durante 10 horas em glutaraldeído 2% e formaldeído 1% e a presença de desinfecção após a imersão nessas

substâncias durante períodos inferiores a 30 minutos. Segundo os autores, desde que as orientações dos fabricantes sejam corretamente seguidas, todos os métodos testados são eficazes para a esterilização das fresas.

Hastreiter et al.³³ (1991) investigaram a eficácia dos métodos de esterilização utilizados em consultórios odontológicos. Quatrocentos e noventa e sete cirurgiões-dentistas receberam indicadores biológicos contendo *Bacillus stearothermophilus* e *Bacillus subtilis*, sendo orientados a efetuarem a esterilização dos instrumentos da mesma forma que a realizavam rotineiramente. Com relação aos métodos de esterilização utilizados, em 43% dos consultórios empregava-se a autoclave, em 47,5% o vapor químico, em 36% a estufa e em 0,5% o óxido de etileno. Em 381 consultórios, uma esterilização eficaz era realizada, o que foi demonstrado pela ausência de microrganismos após o plaqueamento do material biológico presente nos indicadores. Com relação à presença de microrganismos após a esterilização, 43% das falhas ocorreram quando foi utilizado o calor seco e apenas 16% quando da utilização da autoclave. Diante das constatações obtidas, os autores afirmaram que os operadores da esterilização são os maiores responsáveis pela ineficácia desse tipo de procedimento.

Miller⁴⁹, em 1993, discutiu todas as etapas exigidas para o controle de infecção em um consultório odontológico e destacou a importância da limpeza de instrumentos, equipamentos e superfícies, além de indicações específicas para cada método de esterilização disponível e das recomendações fornecidas pela American Dental Association e pelo Centers for Diseases Control and Prevention para o processamento e a esterilização de instrumentos e turbinas de alta rotação.

Samaranayake⁶⁴ (1993) reforçou a necessidade de o cirurgião-dentista estar atento às regras de controle de infecção cruzada. Uma revisão prática que disponibiliza regras universais de controle de infecção referentes à rotina de avaliação do paciente, às barreiras para proteção individual, à esterilização controlada dos instrumentos, à desinfecção de equipamentos e superfícies e a medidas apropriadas de descarte dos objetos perfurantes é apresentada pelo autor, que enfatiza a obrigação do profissional em manter o ambiente odontológico livre de infecções potenciais.

Devido ao amplo uso da esterilização por meio da autoclave, Savage e Walsh⁶⁶, em 1995, relataram os

principais aspectos referentes ao uso desse equipamento. Segundo os autores, o vapor úmido sob pressão é classificado como um método absoluto para a eliminação dos microrganismos presente nos instrumentos em qualquer área de assistência à saúde desde que procedimentos prévios à esterilização, tais como a limpeza e o empacotamento dos instrumentos, e revisões periódicas referentes ao correto funcionamento da autoclave sejam efetuados.

Tate et al.⁷³ (1995) compararam a eficácia da esterilização e da desinfecção em dois diferentes kits de instrumentos para acabamento e polimento de compósitos, utilizando substâncias químicas, autoclave, quimiclave e forno de microondas. Sistemas da marca Enhance e Mide-Identoflex foram utilizados clinicamente, coletados, levemente esfregados, enxaguados em água destilada e submetidos a um dos seguintes tratamentos experimentais: imersão em glutaraldeído, iodofórmio ou composto fenólico, durante 18 horas, em temperatura ambiente; esterilização em autoclave, durante 15 minutos, a 121°C; esterilização em quimiclave durante 30 minutos, a 132°C e 28 psi; ou irradiação em forno de microondas, durante 6 minutos, a 750 watts. Para a irradiação, cada instrumento foi colocado em tubos com tampa de rosca contendo 5 ml de água destilada, e posicionados

dentro de um béquero contendo 100 ml de água destilada no centro do forno de microondas. A análise microbiológica (turbidez do meio e plaqueamento) utilizada para averiguação do crescimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios demonstrou que o uso do iodofórmio ou do composto fenólico não promoveu sequer a desinfecção e que o emprego de glutaraldeído, da irradiação, da autoclave e da quimiclave foi efetivo para a esterilização dos instrumentos.

Em 1996, a American Dental Association² republicou orientações voltadas ao controle de infecção cruzada, expondo aos cirurgiões-dentistas a necessidade de procedimentos adequados de assepsia, tais como lavagem correta das mãos e uso apropriado de barreiras, além de enfatizar a importância da limpeza por meio da escovação ou do uso de ultra-som previamente à esterilização dos instrumentos.

Burkhart, Crawford¹³ (1997) enfatizaram a necessidade de limpeza dos instrumentos odontológicos previamente à esterilização ao avaliarem a efetividade de diferentes técnicas para a eliminação de resíduos. Utilizando microscopia eletrônica, foram analisadas associações referentes ao uso de ultra-som, imersão em água destilada e

enxágüe dos instrumentos. Foi observado que a limpeza com ultra-som é efetiva para a remoção dos resíduos, desde que a solução de imersão seja trocada após cada uso, sendo o enxágüe dos instrumentos extremamente importante. Segundo os autores, novos trabalhos referentes a procedimentos que visem à eliminação de resíduos deveriam ser realizados e divulgados aos profissionais da área odontológica, que, na maioria das vezes, não possuem qualquer tipo de treinamento para a realização da limpeza e da esterilização.

Molinari⁵² (1999) destacou os aspectos positivos referentes ao controle de infecção cruzada no ambiente odontológico. De acordo com o autor, a aplicação rotineira de precauções, tais como corretos procedimentos de assepsia, uso de luvas, máscaras, óculos de proteção e gorros, disponibilidade da utilização de equipamentos automáticos para a descontaminação e para a esterilização dos instrumentos, pode ser considerada uma revolução no controle de infecção, não havendo, no decorrer da história, um período no qual os cirurgiões-dentistas e os pacientes estivessem tão protegidos da possibilidade de infecções ocupacionais.

O conhecimento do cirurgião-dentista a respeito da esterilização e da desinfecção do instrumental

clínico foi avaliado por Zardetto et al.⁸⁷ em 1999. Cento e quarenta e um profissionais, alunos ou docentes responderam a um questionário que abordava temas relacionados à desinfecção química prévia à esterilização, desinfecção/esterilização de artigos semi-críticos, fresas e peças de alta e de baixa rotação. Os resultados da avaliação demonstraram que o conhecimento dos cirurgiões-dentistas é falho em vários aspectos, sendo alarmante o fato de a desinfecção e a esterilização dos instrumentos serem realizadas de forma incorreta.

No Brasil, o Ministério da Saúde¹² publica orientações a respeito do controle de infecção cruzada no ambiente odontológico. No ano de 2000, esse órgão governamental distribuiu um manual de condutas direcionado aos cirurgiões-dentistas, no qual determinava as obrigações do profissional para a correta realização dos procedimentos de assepsia, desinfecção e esterilização de materiais e instrumentos, evidenciando a condição atual do país em relação à disseminação da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida e demais doenças infecto-contagiosas.

Gordon et al.²⁹ (2001) analisaram os estudos voltados à investigação do conhecimento e das atitudes dos

membros da classe odontológica a respeito dos métodos de controle de infecção. Apesar de os cirurgiões-dentistas possuírem conhecimento sobre as doenças infecto-contagiosas e relatarem seguir as normas recomendadas para assepsia, desinfecção e esterilização, os autores destacaram a necessidade de cursos sobre o assunto, a precariedade das pesquisas na área e a ausência de controle dos órgãos governamentais com relação ao cumprimento das normas estabelecidas.

Um levantamento a respeito dos métodos de controle de infecção cruzada utilizados pelos cirurgiões-dentistas foi realizado por Machado, Kather⁴⁵ no ano de 2002. Participaram voluntariamente do estudo 75 cirurgiões-dentistas da cidade de Taubaté-SP, os quais responderam a um questionário com assuntos relacionados aos métodos de esterilização, desinfecção e barreiras técnicas de proteção direta e indireta. Foi averiguado que a maioria dos profissionais utiliza a estufa (45%), seguida da autoclave (23%) e de substâncias químicas (16%) para a esterilização do instrumental, sendo a utilização de luvas e de gorros, respectivamente, os métodos de proteção direta mais e menos usados. Os autores destacaram, com preocupação, o fato de as barreiras de proteção indireta serem pouco utilizadas,

principalmente no que se refere à desinfecção de moldes, modelos e próteses. Por meio das respostas obtidas, esse estudo demonstrou que, apesar da preocupação evidente dos cirurgiões-dentistas com a contaminação, as barreiras de proteção são ignoradas em razão de fatores econômicos e da falta de costume.

Nesse mesmo ano, Miller⁵⁰ descreveu os processos de esterilização e as recomendações referentes ao armazenamento e à manutenção da esterilidade dos instrumentos até o atendimento ao paciente. Segundo o autor, os principais métodos utilizados para esterilização em Odontologia são o vapor sob pressão (autoclave), o calor seco (estufa) e o vapor químico insaturado (quimiclave). Para uma esterilização eficiente, deve-se optar por embalagens apropriadas e seguir as orientações concernentes à relação tempo/temperatura de cada equipamento. A esterilização em vapor sob pressão deixa as embalagens úmidas e, por esse motivo, não devem ser removidas antes da completa secagem, para evitar que rasguem ou que microrganismos sejam transportados para dentro da embalagem úmida pela água. Depois da esterilização, os instrumentos estéreis devem ser estocados até o momento de seu uso em local seco e arejado. Instrumentos não embalados devem ser usados imediatamente.

Outro fator destacado refere-se à importância do monitoramento da efetividade da esterilização, o qual deve ser efetuado, periodicamente, por meio de testes com esporos ou tintas termo-sensíveis posicionados no interior das embalagens.

Considerando a importância das etapas prévias à esterilização e a possibilidade de algumas delas serem negligenciadas, Miller⁵¹ (2002) descreveu e justificou a sequência de procedimentos indicados para uma esterilização eficaz. De acordo com o autor, existem sete etapas que devem ser realizadas corretamente: (1) imersão inicial dos instrumentos por um período inferior a 3 horas (para evitar a corrosão) em soluções desinfectantes, (2) limpeza realizada pelo uso do ultra-som, soluções detergentes ou escovação manual, a qual promove a remoção de resíduos que possam proteger os microrganismos dos agentes esterilizantes; (3) enxágüe; (4) secagem; (5) imersão em agentes anticorrosivos (como por exemplo, o nitrato de sódio); (6) nova secagem pois, caso os instrumentos fossem submetidos à esterilização estando úmidos, a possibilidade de corrosão aumentaria e (7) acondicionamento correto e específico de acordo com o método de esterilização selecionado. Segundo o autor, a realização

desses procedimentos é capaz de manter a segurança da equipe odontológica e do paciente durante o tratamento.

No ano de 2004, Kohn et al.⁴⁰ publicaram a revisão mais atual referente às normas para o controle de infecções estabelecidas pelo Centers for Diseases Control and Prevention e pela American Dental Association. Nesse artigo, foram apresentadas discussões sobre várias diretrizes federais e recomendações pertinentes à odontologia, indicando-se as razões científicas para cada método, processo ou produto recomendado. De acordo com os autores, a adoção das normas publicadas resulta no fortalecimento da obtenção de uma prática dental segura.

Whitworth et al.⁸⁵ (2004) avaliaram a eficiência de seis técnicas de limpeza - escovação manual (sob água e ao ar), uso de agentes enzimáticos (Gigasept e Alkazyme) e uso de equipamentos desinfectantes (Medisafe HSC-032 e Miele G 7830 TD) em fresas diamantadas, fresas de aço carbono e fresas *carbide*. Para a comparação entre os métodos de limpeza, as fresas estéreis foram contaminadas com *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus sanguis* + saliva humana, *Streptococcus sanguis* + sangue ou com *Streptococcus sanguis* + saliva humana + sangue, e em

seguida, foram submetidas aos seus respectivos métodos de limpeza e esterilizadas em autoclave (3,5 minutos a 134°C). Os autores realizaram a contagem das unidades formadoras de colônia, identificando várias espécies potencialmente patogênicas. O uso da autoclave sem a realização de limpeza prévia não foi suficiente para a esterilização das fresas diamantadas e de aço de carbono, tendo a escovação manual em água mostrado-se mais eficaz que ao ar. Entre os métodos comparados, equipamentos desinfectantes foram os mais efetivos, sendo eleitos pelos autores como a escolha ideal para uma limpeza pré-esterilização satisfatória.

2.2 Uso das Microondas para o controle de infecção

Diante do interesse cada vez maior dos cientistas pelos princípios básicos da irradiação por microondas e da variedade de estudos sobre esse tipo de energia em diversas áreas, Goldlith²⁸ (1966) apresentou uma revisão crítica a respeito dos mecanismos de funcionamento, da evolução dos fornos e dos progressos obtidos com o uso dessa fonte de energia. O autor listou as áreas em que resultados promissores foram obtidos (processamento de alimentos, destruição de vírus, desidratação de vegetais),

destacando a possibilidade de uso dessa fonte de energia para procedimentos de esterilização.

O mecanismo de ação letal sobre os microrganismos irradiados por microondas foi analisado por Vela, Wu⁷⁹ em 1979. Utilizando um aparelho que simulava um forno de microondas e permitia uma regulação da quantidade de energia liberada (1,5 Kw), cepas de bactérias, fungos e esporos no estado seco ou em ambiente aquoso (diferentes quantidades de água) foram irradiadas pelas microondas (2.450 MHz) e tiveram sua temperatura aferida imediatamente após a exposição, sendo submetidas ao plaqueamento para determinação do número de unidades formadoras de colônias. Por meio de comparações das taxas de inativação microbiana com as diferentes quantidades de água e temperaturas atingidas, foi demonstrado que, em meio aquoso, a temperatura da amostra e a inativação das bactérias depende da quantidade de radiação distribuída no interior do forno de microondas e, também, que o aumento de temperatura da amostra depende da quantidade de água presente no microrganismo. Todos os microrganismos no estado seco falharam em absorver energia suficiente para promover a inativação mesmo após longos períodos de irradiação. Os autores concluíram que o efeito letal

das microondas parece ser térmico e que, se existe um efeito não-térmico, ele não é bactericida.

Hume, Makinson³⁵ (1978) examinaram a efetividade da esterilização de instrumentos por meio da irradiação por microondas e do uso de óleos lubrificantes bactericidas. O uso do forno de microondas foi avaliado mediante a análise da presença ou não de microrganismos após a irradiação de tiras de papel contaminadas com *Bacillus stearothermophilus*, de peças de mão, fresas *carbide*, escovas de profilaxia, escarificadores endodônticos e alicates ortodônticos contaminados com *Staphylococcus aureus* ou *Herpes simplex*. As tiras de papel e os instrumentos contaminados por esporos foram irradiados por períodos de 1, 4, 8, 16 e 64 minutos, e aqueles contaminados por bactérias e vírus foram submetidos a um, 3,5 e 12 minutos de exposição às microondas. Além disso, óleos lubrificantes foram aplicados em meios de cultura e incubados, por 24 horas, a 37°C. Com exceção da irradiação das peças de mão durante 12 minutos, nenhuma inativação dos microrganismos foi obtida. Entre os óleos lubrificantes, apenas o Kavo All-Air não apresentou efeito bacteriostático. Por meio da metodologia aplicada, os autores concluíram que o uso do forno de microondas doméstico não é útil para a esterilização, havendo a possibilidade de a

superfície metálica dos instrumentos proteger os microrganismos das microondas, e enfatizaram que resultados diferentes poderiam ser obtidos caso os instrumentos irradiados estivessem em meio aquoso ao invés de estarem secos.

No ano de 1985, Rohrer, Bulard⁶¹ investigaram a possibilidade de uso da esterilização por microondas nos consultórios dentários. Turbinas de alta rotação, fresas *carbide* e diamantadas, instrumentos metálicos manuais e próteses de resina acrílica foram contaminados com diversas bactérias, fungos e vírus e submetidos à irradiação em forno de microondas (720 watts) variando-se o período de exposição (30 segundos, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 e 15 minutos) com a presença ou não de um dispositivo que permitia a rotação tridimensional dos materiais irradiados. Devido à reflexão das microondas promovida pelos objetos metálicos, durante a execução dos procedimentos um béquer contendo 150 ml de água foi mantido no interior do forno, o qual agiu como material absorvente e protegeu o magnetron da formação de um arco de energia. Após análise microbiológica, verificaram a inativação de todos os microrganismos quando foi associado o uso do dispositivo rotacional e um período de exposição igual a 15 minutos. Para os autores, o uso do forno de microondas,

mediante a realização de pequenas adaptações, mostrou-se simples, rápido e não-destrutivo e eficaz para a esterilização em odontologia.

Em 1987, Jeng et al.³⁶ avaliaram a possibilidade de desenvolvimento de um ciclo de esterilização em baixa temperatura, por meio de irradiação por microondas de esporos secos, e a possível existência de efeitos não-térmicos responsáveis pela morte dos microrganismos. Ampolas contaminadas com *Bacillus subtilis* foram irradiadas em forno de microondas (4 kW) com potência controlada automaticamente por um sistema computadorizado externo, ou mantidas em um forno elétrico de calor seco com temperatura controlada. Um par de ampolas foi exposto simultaneamente e, com o uso de um sistema computadorizado, a potência das microondas foi ajustada para que a ampola no interior do forno de microondas aquecesse na mesma proporção que a ampola no interior do forno convencional. Em seguida, o plaqueamento dos microrganismos foi realizado, e os resultados foram comparados em função do número de microrganismos viáveis. As temperaturas alcançadas durante os experimentos foram 107°C, 117°C, 130°C e 137°C, havendo uma diferença menor que 2°C entre as duas fontes de calor, sendo verificado baixo grau de letalidade com as temperaturas abaixo de 117°C. Não

houve diferença significativa entre o aquecimento convencional e por microondas na inativação dos esporos em todas as temperaturas estudadas. Segundo os autores, efeitos não-térmicos não são significantes no processo de esterilização a seco por microondas.

Rosaspina et al.⁶² (1994) compararam a efetividade da irradiação por microondas em lâminas de bisturi e placas de vidro com os métodos físicos de esterilização mais empregados. Lâminas de bisturi de aço inoxidável e placas de vidro contaminadas com *Mycobacterium bovis* foram irradiadas em forno de microondas (600 watts, 2.450 MHz, durante 4 minutos), esterilizadas em estufa (140°C durante 2 horas) ou em autoclave (121°C durante 20 minutos), sendo posteriormente transferidas para meios de cultura, para análise microbiológica e para análise em microscópio eletrônico de varredura. Em nenhum dos métodos testados, com exceção de um grupo controle, no qual se realizou apenas a contaminação, foi observada a presença de crescimento microbiológico. Com relação à análise microscópica, as alterações morfológicas dos esporos submetidos à irradiação mostraram-se mais intensivas e consistentes.

A inativação de esporos de *Clostridium sporogenes* após a irradiação por microondas foi avaliada por Welt et al.⁸⁴ (1994). Três diferentes técnicas foram utilizadas por esses pesquisadores. Na primeira técnica, um guia de ondas projetado pelos autores foi utilizado para a irradiação de suspensões contendo os microrganismos. Esse aparelho possibilitava a aferição da temperatura das amostras por meio de um fio de fibra óptica, sendo realizado, posteriormente, um aquecimento convencional até as mesmas temperaturas atingidas durante a irradiação para a comparação com um grupo controle. A segunda e a terceira técnicas delineadas visavam avaliar a inativação dos microrganismos após a irradiação com alta potência sob temperaturas subletais (abaixo de 40°C). Assim, na segunda e terceira técnicas, simultaneamente à irradiação, as suspensões eram esfriadas continuamente pelo contato direto com uma serpentina de cobre ou de policarbonato. Nenhuma diferença de inativação foi obtida após a comparação entre a primeira técnica e o aquecimento convencional. Durante a segunda técnica, tanto os microrganismos irradiados como os não submetidos à exposição às microondas foram inativados, o que, segundo os autores, ocorreu em função da toxicidade dos íons de cobre. Durante a terceira técnica, nenhuma inativação foi obtida. De

acordo com os resultados obtidos, os autores concluíram que os efeitos responsáveis pela inativação dos microrganismos irradiados não podem ser distinguidos daqueles observados durante o aquecimento convencional.

Em 1995, Polyzois et al.⁵⁸ avaliaram o efeito de dois métodos de desinfecção (glutaraldeído e microondas) sobre a estabilidade dimensional, a dureza, a resistência à flexão e o módulo de elasticidade de uma resina acrílica termopolimerizável. Foram confeccionados 60 corpos-de-prova de resina acrílica Paladon, os quais foram submetidos à desinfecção ao serem imersos em glutaraldeído 2% durante uma (Grupo A₁) ou 12 horas (Grupo A₂) ou ao serem irradiados em microondas a 500 watts por 3 minutos (Grupo B₁) ou 15 minutos (Grupo B₂). Como controle, 10 corpos-de-prova foram imersos em água por uma ou 12 horas. As alterações lineares foram avaliadas utilizando um paquímetro digital para aferição das dimensões dos corpos-de-prova. A resistência à flexão e o módulo de elasticidade foram obtidos com a realização de um teste de resistência em três pontos, e a dureza superficial mediante a leitura em microdurômetro com carga de 500g durante 15 segundos. Todos os corpos-de-prova exibiram alterações lineares de -0,005% a 0,03%, com menores valores no Grupo B₁. Os corpos-de-prova do Grupo A₁ tiveram a maior

resistência à flexão, que variou entre 91,29 MPa e 100,63 MPa. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada entre os módulos de elasticidade dos diferentes grupos experimentais. Os corpos-de-prova submetidos à desinfecção em microondas durante 3 minutos exibiram a maior dureza superficial. Os autores concluíram que todos os métodos testados podem ser utilizados com segurança para desinfecção de resinas acrílicas, sendo a irradiação por microondas uma alternativa segura e vantajosa.

Atmaca et al.⁴ (1996) investigaram o efeito da irradiação por microondas sobre as características reprodutivas de cepas bacterianas. Suspensões de 1 ml e de 5 ml de *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas acidovorans*, *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermis* foram submetidas à irradiação por microondas durante períodos de 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25 e 30 segundos, com 2.450 MHz e 550 watts. Um grupo controle negativo foi composto por suspensões não submetidas à irradiação. Suspensões bacterianas submetidas ao aquecimento convencional (16, 20, 25 e 30 segundos) formaram um grupo controle positivo. Após o plaqueamento das suspensões, realizaram a contagem das unidades formadoras de colônia e a comparação entre os grupos experimentais. Os resultados

indicaram que o efeito da irradiação foi diferente em relação ao aquecimento convencional e que a quantidade de água presente no meio influenciou a absorção da energia gerada pelas microondas.

Fini, Breccia²⁵ (1999) revisaram o mecanismo de ação das microondas em função das diferentes reações químicas por elas proporcionadas. De acordo com os autores, a ação desse tipo de onda sobre diferentes sistemas químicos permanece em debate, não havendo um consenso a respeito de seus efeitos térmicos, relacionados à transferência de calor dos meios reagentes ou solventes, ou não-térmicos, que estariam relacionados à absorção das microondas e a seus efeitos sobre as moléculas. Entretanto, apesar de esses fatores permanecerem obscuros, vantagens relacionadas ao aquecimento rápido e à interação com diferentes materiais motivam a utilização desse tipo de energia.

Em 2003, Banik et al.⁵ realizaram uma revisão de literatura com o intuito de investigar os bioefeitos das microondas. De acordo com os autores, desde o século XVIII, os cientistas estudam o mecanismo pelo qual as microondas podem afetar organismos vivos. Apesar da comprovação da eficiência do uso das microondas para esterilização, os fatores

que levam à destruição dos microrganismos permanecem incógnitos, havendo escassez de teorias relativas aos efeitos biológicos desse tipo de onda. Sabe-se que a presença de água é fundamental para a eliminação dos microrganismos, e que, na sua ausência, períodos mais longos são necessários para a destruição dos mesmos. De acordo com os autores, foi comprovado recentemente que as microondas afetam o DNA dos microrganismos, causando sua fragmentação ao romperem as ligações covalentes.

A efetividade da esterilização de fresas odontológicas por microondas também foi avaliada por Farias²² no ano de 2003. Oitenta e uma fresas diamantadas foram contaminadas com suspensões bacterianas mistas contendo *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Actinomyces viscosus*, *Enterococcus faecalis* e *Bacillus subtilis* e submetidas a diferentes tratamentos: (1) limpeza com escova de aço, acondicionamento em placas de Petri com 40 ml e irradiação durante 1, 2 ou 3 minutos; (2) ausência de limpeza, acondicionamento em folha de poliéster e embalagem para esterilização em autoclave e irradiação durante 2, 4, 5, 6 ou 8 minutos ou (3) limpeza com escova de aço, acondicionamento em folha de poliéster e embalagem para esterilização em

autoclave e irradiação durante 2, 4, 5, 6 ou 8 minutos. Após a irradiação, as fresas foram incubadas em meio de cultura realizando-se análise microbiológica referente à presença ou não de crescimento dos microrganismos, a qual revelou a esterilização dos instrumentos quando irradiados a partir de 1 minuto para o tratamento 1, e após 6 minutos para o tratamento 3. De acordo com o autor, a irradiação em forno de microondas pode ser um método simples, rápido e eficaz para a esterilização de fresas.

O baixo custo e a rapidez da esterilização por microondas incentivaram Celandroni et al.¹⁴ (2004) a avaliarem o efeito da irradiação por microondas em esporos de *Bacillus subtilis*. Com o objetivo de compararem a efetividade de destruição e os efeitos causados nesses microrganismos, os autores analisaram o número de unidades formadoras de colônias, as alterações celulares (microscopia eletrônica de varredura) e a quantidade de dipicolinato de cálcio após a irradiação e o aquecimento convencional. Tubos de ensaio contendo suspensões microbianas foram irradiados em um guia de ondas desenvolvido pelos autores e que possibilitava o controle de temperatura das amostras e a distribuição de energia (750 watts e 2,45 GHz) durante 2, 4, 6, 10, 14 ou 20 minutos ou mantidos em água fervente durante esses mesmos

períodos (aquecimento convencional). Os resultados foram comparados com os de um grupo controle, no qual não foi realizado nenhum dos tratamentos descritos. Após a irradiação, o número de unidades formadoras de colônia foi semelhante àquele registrado nos mesmos períodos de aquecimento convencional, ocorrendo a inativação dos microrganismos após o período de 20 minutos. Com relação à quantidade de dipicolinato de cálcio, observaram 78,8% de liberação após o aquecimento convencional e apenas 42,8% após a irradiação. Microscopicamente, os córtices celulares dos esporos submetidos ao aquecimento convencional mostraram-se 10 vezes mais largos enquanto os dos irradiados não apresentaram alterações. Com os resultados obtidos, os autores afirmaram que a inativação dos microrganismos após a irradiação foi tão efetiva quanto após o aquecimento convencional, induzindo, porém, alterações estruturais e moleculares que diferem das propiciadas apenas pelo aumento de temperatura.

2.3 Alterações e desempenho dos instrumentos cortantes rotatórios

O estudo do desempenho de instrumentos cortantes rotatórios teve início no ano de 1955, quando Henry, Peyton³⁴ compararam a relação existente entre o design, a eficiência de corte e a durabilidade de fresas de aço e fresas *carbide* nº 557 e nº 37 fornecidas por diferentes fabricantes. O design das fresas foi analisado em microscópio eletrônico de varredura, sendo observados os seguintes aspetos: número de lâminas de corte, ângulo formado entre as lâminas, ângulo formado entre as lâminas de corte e o material a ser desgastado (substrato) e ângulo formado entre as lâminas e o centro de rotação da fresa. Para a avaliação das outras duas propriedades, as fresas foram utilizadas para o desgaste de diferentes materiais (plástico sintético - eficiência de corte e bronze - durabilidade) sob força constante (500g), sendo a mensuração de ambas determinada pela relação entre a variação de peso (antes e após os desgastes - análise gravimétrica) e o tempo de uso da fresa. Os resultados referentes ao design das fresas indicaram grandes variações em função do tipo (*carbide* ou aço comum), da marca comercial e até mesmo entre as fresas do mesmo tipo e do mesmo fabricante. Com relação à eficiência e à durabilidade,

verificaram que os instrumentos com ângulo negativo entre as lâminas e o centro de rotação da fresa apresentaram menor poder de corte, porém maior durabilidade. De acordo com os autores, o design das fresas, apesar de não ser o único fator, pode exercer influência sobre a eficiência de corte e a durabilidade dos instrumentos, sendo necessária a realização de mais estudos nessa área.

Hartley et al.³² (1957) pesquisaram o desempenho dos instrumentos cortantes rotatórios ao investigarem comparativamente a eficiência de corte de fresas diamantadas em função do substrato de desgaste (lâminas de vidro, Pyrex e esmalte dental) e da velocidade de rotação da turbina de alta rotação (3.000 r.p.m, 5.000 r.p.m., 10.000 r.p.m. ou 15.000 r.p.m.). O substrato e as fresas/turbina de alta rotação foram posicionados em um aparelho que realizava a movimentação do substrato em direção à fresa possibilitando a realização de desgastes contínuos sob força controlada. Diferentes tempos de desgaste e forças foram empregados para cada substrato: 25 minutos/400g para as lâminas de vidro e Pyrex e 20 minutos/200g para o esmalte dental. Para a quantificação da eficiência de corte, o substrato era levado a uma balança de precisão antes e após cada 1 minuto de desgaste, sendo determinada uma relação entre a variação de

peso (análise gravimétrica) o tempo de uso da fresa. Os resultados obtidos indicaram que, independentemente da velocidade de rotação utilizada, a eficiência de corte das fresas não diminuiu quando foi realizado o desgaste do esmalte dental, porém foi anulada após 15 minutos de desgaste em Pyrex. Todas as fresas fraturaram após 5 minutos de uso em lâminas de vidro. Uma relação proporcional entre o aumento da velocidade de rotação e o aumento da quantidade de desgaste foi verificada. Nenhuma correlação entre o uso do dente e o uso do vidro foi determinada. Segundo os autores, apesar de o vidro acelerar a deterioração das fresas, não reproduzindo condições clínicas, seu uso como substrato de desgaste pode ser interessante por apresentar a mesma dureza em toda a superfície.

Em 1969, Berman⁸ descreveu os fatores que influenciam a eficiência de corte dos instrumentos rotatórios: número de rotações por minuto, torque, sistema de presa da fresa à turbina de alta rotação ou ao contra-ângulo, resistência friccional, tipo de fresa e limpeza do instrumento. Nesse estudo, o autor disponibilizou um método para aumentar a eficiência do instrumento no intuito de remover um volume máximo de tecido dentário com a menor quantidade de força utilizada e no menor tempo clínico possível em função de cada

um dos fatores discutidos, enfatizando a necessidade de padronização das fresas pelos fabricantes.

Eames, Nale²¹, em 1973, estudaram a eficácia dos instrumentos cortantes rotatórios ao compararem a eficiência de corte e a durabilidade de fresas carbide nº 557 e nº 57 de nove fabricantes diferentes. Os autores desenvolveram um equipamento específico para a realização de desgastes, o qual possibilitava a manutenção em 150g da força de corte exercida pela fresa sobre o substrato (molar humano recém-extraído ou lâmina de vidro). Os desgastes foram realizados de maneira intermitente, com intervalos de 0,5 segundos, a 300.00 r.p.m., 30 libras de pressão do ar e refrigeração com água. A eficiência de corte da fresa foi determinada pelo tempo gasto para a confecção de uma canaleta com 2mm de profundidade, e sua durabilidade pela quantidade de desgaste em milímetros realizada até o momento em que a fresa não cortasse mais o substrato. No vidro, as fresas nº 557 mostraram maior eficiência de corte e durabilidade, sendo as das marcas Densco e Premier aquelas com melhor performance. Entre as fresas nº 57, as fabricadas pela Premier e S.S. White forneceram melhores resultados, sendo mais eficientes e duráveis ao desgastarem dente

humano. Os autores concluíram que existe uma grande variação na qualidade das fresas *carbide*.

Nesse mesmo ano, Reisbick, Bunshah⁵⁹ investigaram a durabilidade e o padrão de desgaste causado em fresas *carbide* de diferentes configurações (nº 4, nº 34 e nº 700) e fabricantes. Cada instrumento foi utilizado para o corte de espessuras predeterminadas de blocos de aço num total de dez vezes (10 ciclos de uso), sendo fotografado em microscópio eletrônico de varredura antes e após cada ciclo. Para controlar a força de corte exercida pela fresa (113 gramas), os autores desenvolveram um equipamento específico que também possibilitou o registro do número de rotações realizadas pelas fresas e o tempo gasto para o desgaste do aço durante cada ciclo (variável utilizada para comparar a eficiência de corte/durabilidade da fresa). Apesar de serem observadas diferenças significantes em função da marca comercial e do design das fresas, os autores verificaram que os instrumentos testados apresentaram diminuição da eficiência de corte à qual foi associada a fratura do material de confecção e ao arredondamento das lâminas de corte devido à presença de deformações plásticas.

As alterações morfológicas presentes em fresas *carbide* após sua esterilização e desinfecção foram tema de um estudo realizado por McLundie⁴⁶ em 1974. As fresas foram submetidas a 30 ciclos de esterilização em estufa (160°C/1 hora ou 180°C/30 minutos) ou autoclave (134°C/34 minutos ou 134°C/20 minutos) ou desinfectadas pela imersão em água fervente (30 minutos) ou imersão durante períodos de 24 horas, 10 dias e 5 semanas em diferentes substâncias (álcool isopropílico, nitrato de sódio, formalina, solução alcoólica de clorexidina, brometo de amônia, álcool etílico, solução de Milton e peróxido de hidrogênio 1%). Todas as fresas foram fotografadas em microscópio eletrônico de varredura, tendo suas características comparadas em função dos diferentes tratamentos realizados e entre dois grupos controle - em um deles, as fresas não recebiam nenhum procedimento e, no outro, era realizado o armazenamento a vácuo das fresas para eliminação de qualquer dúvida sobre a possibilidade de ocorrer oxidação pelo ar. Adicionalmente, foi realizada a análise de espectrometria das substâncias químicas para determinar a quantidade de cobalto removida das fresas após a desinfecção. O emprego da estufa propiciou pequenas alterações nas lâminas de corte da fresas, e aquelas esterilizadas em autoclave apresentaram pequena deterioração

diferentemente das fresas imersas em soluções desinfectantes, que apresentaram diferentes níveis de corrosão e oxidação com perdas variáveis da quantidade de cobalto. Diante das evidências obtidas, os autores desaconselharam o uso de substâncias químicas e revelaram a necessidade de estudos que avaliem o efeito dos diferentes métodos de esterilização sobre as propriedades mecânicas das fresas *carbide*.

No ano de 1975, a American Dental Association¹ revisou a Especificação nº 23 para fresas de aço e fresas *carbide*. Nessa publicação, foram incluídas as exigências referentes às dimensões e aos limites de concentricidade para a fabricação das fresas e também determinações para a realização de testes que avaliem a durabilidade, a eficiência de corte e a resistência de união ponta ativa/haste desses tipos de fresas.

Lloyd et al.⁴² (1978) realizaram testes referentes à influência de diversos métodos de refrigeração sobre a eficiência de corte de fresas e sobre a capacidade de controle da temperatura da estrutura dental desgastada. Foram feitas comparações entre quatro técnicas de refrigeração: ar constante, spray ar-água, jato de água, jato de água aplicado diretamente no centro da fresa. Utilizando um equipamento

desenvolvido por eles e que possibilitava a manutenção da força de desgaste controlada em 70g, os autores desgastaram segundos e terceiros molares com fresas *carbide* nº558 acopladas em turbinas de alta rotação (pressão de ar de 30 psi) durante 15 a 20 segundos, quando realizavam refrigeração sem água, ou durante 6 a 10 segundos, quando a água era utilizada. A eficiência de corte foi analisada pela relação entre o tempo utilizado para o desgaste e a variação de peso (antes e após o desgaste) dos dentes (análise gravimétrica), e as alterações de temperatura foram mensuradas por um termômetro acoplado ao equipamento. Pelos resultados obtidos, os autores verificaram que a refrigeração com água foi responsável pelas menores variações de temperatura, além de favorecer a manutenção da eficiência de corte das fresas.

Pines, Schulman⁵⁶ (1979) realizaram uma pesquisa in vivo com o intuito de caracterizar o desempenho de fresas *carbide* utilizadas no desgaste de materiais restauradores e de tecidos dentários. Trinta e nove fresas foram utilizadas no desgaste de esmalte dentário durante o preparo de restaurações classe I e II em molares e pré-molares, para procedimentos de corte em amálgama ou em resina composta. Para o controle dos procedimentos, um único operador realizou os desgastes utilizando a mesma turbina de

alta rotação com pressão de 30psi e refrigeração por spray de água. Duas variáveis foram comparadas: a percepção do operador em relação à perda de corte da fresa e a presença de alterações nas lâminas de corte, julgada pela análise em microscopia eletrônica de varredura. Todas as fresas apresentaram arredondamento das lâminas de corte, porém foi atribuído um pior desempenho para aquelas utilizadas em resina composta devido à maior adesão do material, que se funde e se mantém entre as lâminas de corte. De acordo com os autores, os fabricantes devem confeccionar fresas com design específico de acordo com suas indicações e com o material a ser desgastado.

Luebke et al.⁴⁴ (1980) conduziram uma pesquisa sobre a eficiência de corte de fresas *carbide* com o intuito de determinarem o tempo médio de uso desses instrumentos. Trinta fresas fornecidas por diferentes fabricantes (Kerr, S.S. White e Densco) foram utilizadas para o desgaste de molares humanos recém-extraídos no tempo total de 30 minutos, sendo avaliadas tanto quantitativa, pela diferença de peso antes e após os desgastes (análise gravimétrica), como qualitativamente, ao serem fotografadas em microscópio eletrônico de varredura. Foram realizados 30 desgastes na região do sulco central dos molares, com duração

de 1 minuto cada, utilizando turbina de alta rotação com 240.000 r.p.m. e força de corte igual a 70g. Os resultados obtidos indicaram que a eficiência de corte diminuiu em função do tempo de uso, havendo diferenças significantes entre as diferentes marcas comerciais, porém a análise microscópica das fresas não revelou a presença de deterioração das lâminas de corte.

As alterações morfológicas presentes nas fresas *carbide* após o uso foram apresentadas por Fichman et al.²⁴ em 1981. Trinta fresas *carbide* de dez diferentes formas e características foram utilizadas no desgaste de estrutura dental e de amálgama por um período de 1 ou de 5 minutos. Após o desgaste, as fresas foram limpas em ultra-som e avaliadas em microscópio eletrônico de varredura. Foi observado que as fresas com pontas ativas de tamanho reduzido (esféricas nº 2 e tronco-cônicas invertidas nº 35) apresentaram alterações visíveis tanto na ponta quanto na lâmina devido à concentração de forças, diferentemente das fresas de dimensões maiores (cilíndricas lisas nº 56; tronco-cônicas nº 701), nas quais foram visíveis somente pequenas alterações. De acordo com os autores, mesmo as fresas novas fotografadas apenas para comparações possuíam aspecto poroso e irregularidades inerentes ao processo de fabricação, sendo as alterações

notadas após 5 minutos de uso, insignificantes no que diz respeito à perda de corte e inutilização da fresa.

Nesse mesmo ano, Vaz et al.⁷⁸ avaliaram a eficiência de corte de instrumentos rotatórios diamantados utilizando diferentes substratos (dente e vidro). Fresas de três marcas comerciais, duas importadas e uma nacional, foram utilizadas para a realização de desgastes sob força controlada (50g). Para a comparação entre as marcas comerciais e em função dos diferentes substratos, a eficiência de corte foi determinada pelo método de “perda de massa” (análise gravimétrica) efetuando-se, portanto, a aferição de massa dos substratos antes e após períodos predeterminados de desgaste. Os resultados demonstraram que as perdas da eficiência de corte foram diferentes entre as marcas comerciais, não sendo, porém, verificada diferença entre as velocidades de perda da eficiência para o desgaste de dente ou de vidro.

King et al.³⁹, em 1982, avaliaram a eficiência de corte de fresas *carbide* visando aperfeiçoar procedimentos de desgaste em resinas compostas. Os volumes de resina desgastados pelas fresas durante a realização de dois corte lineares (fator empregado para determinação da eficiência de

corte) foram comparados em relação ao tipo de refrigeração utilizado (ar ou spray ar/água) e à manutenção constante da força (110 g) ou da velocidade de desgaste (0,21 mm/seg). Após análise dos resultados, verificaram uma eficiência de corte superior e prolongada quando foi utilizada refrigeração apenas por ar, independentemente da manutenção da força ou da velocidade de corte. Entretanto, os autores ressaltaram o risco de aquecimento dental pela refrigeração apenas por ar, sugerindo a realização de movimentos intermitentes e com força suave como forma de minimizar esse risco.

Para otimizar o uso dos instrumentos cortantes rotatórios e predizer a vida útil dos mesmos, em 1985, Fontana et al.²⁶ avaliaram comparativamente a eficiência de corte de fresas *carbide* e diamantadas em função do tempo de uso. Seis fresas *carbide* nº 57 (Maillefer e S.S.White) e seis fresas diamantadas (K.G. Sorensen e Intensiv) foram usadas para o desgaste de esmalte dental humano, num tempo total de 34 minutos, mediante a realização de cortes intermitentes com força controlada (100-150g) em um aparelho desenvolvido pelos autores. Para a quantificação da eficiência de corte, os autores utilizaram o método de perda de massa (análise gravimétrica), realizando antes e após cada 20 segundos de desgaste a aferição da massa do esmalte dental. Os resultados

indicaram diferença na eficiência de corte entre os diferentes instrumentos rotatórios, sendo as fresas diamantadas mais eficientes do que as fresas *carbide* devido ao design e ao mecanismo de ação durante o uso. Nenhuma diminuição da eficiência de corte, independentemente do tipo de fresa utilizada, foi averiguada após 32 minutos.

As alterações da eficiência de corte de fresas *carbide* previamente tratadas com substâncias anticorrosivas e esterilizadas em autoclave foram pesquisadas por Johnson et al.³⁷ em 1987. Quarenta e duas fresas *carbide* nº57 foram imersas em uma das quatro substâncias anticorrosivas testadas, esterilizadas e utilizadas para o desgaste de blocos de hidroxiapatita. A comparação da eficiência de corte das fresas foi efetuada mediante a mensuração do tempo gasto por cada uma delas para desgastar 5mm de hidroxiapatita utilizando procedimentos de corte no sentido horizontal e com força constante igual a 10g. Os resultados obtidos indicaram uma redução de aproximadamente 64% do desempenho das fresas quando apenas a esterilização era realizada. A utilização das substâncias anticorrosivas revelou menores taxas de diminuição da eficiência de corte, sendo a solução de nitrato de sódio 2% indicada pelos autores em função da relação custo-benefício.

Bapna, Mueller⁶ (1988) determinaram o potencial de corrosão eletroquímico de fresas de aço *carbide* e fresas de aço inoxidável causado pela utilização de substâncias desinfectantes e esterilizantes ao realizarem uma análise de polarização anódica e por microscopia eletrônica de varredura. As fresas foram divididas em grupos experimentais de acordo com a marca comercial (Kerr no. 363 ou Brasseler no. 172) e com a substância utilizada (Sporicidin, Sterall, Glutarex, Omni II e Omnicide), permanecendo imersas em suas respectivas soluções de acordo com as recomendações dos fabricantes. Com o uso de um potenciômetro, no período em que as fresas permaneciam imersas, registravam a ocorrência de trocas iônicas nas superfícies das fresas, e, em seguida, uma análise visual quantitativa em microscópio eletrônico. As substâncias avaliadas promoveram o desenvolvimento do processo corrosivo em todos os instrumentos rotatórios utilizados, sendo a interface de união ponta ativa/haste das fresas *carbide*, a região de predominância da corrosão em função da formação de uma ligação galvânica macroscópica entre as diferentes partes das fresas.

Patterson, McLundie⁵⁴ (1988) avaliaram o efeito da limpeza com ultra-som e da esterilização em autoclave sobre as alterações morfológicas de fresas *carbide*,

do tipo FG, de duas marcas comerciais (Grupo A- Dentisply e Grupo B- Jet Brand). De acordo com o tratamento realizado, as fresas foram divididas em três subgrupos: limpeza em ultra-som (solução de ácido fosfórico 5% durante 5 minutos), esterilização em autoclave (134⁰C durante 3-5 minutos a 32 psi) e limpeza em ultra-som + esterilização em autoclave, sendo realizado um total de 40 ciclos em cada um deles. As alterações foram avaliadas após o 1º e 40º ciclos utilizando microscopia eletrônica de varredura. As fresas do Grupo A mostraram apenas um ligeiro escurecimento após os 40 ciclos, independentemente do tratamento realizado. Já as fresas do Grupo B apresentaram sinais de corrosão visíveis a olho nu logo após o primeiro ciclo nos subgrupos que utilizavam o ultra-som. Tais alterações foram confirmadas ao verificarem, por meio do microscópio eletrônico de varredura, o comprometimento seletivo na área de interface ponta ativa/haste de aço. De acordo com os autores, a diferença significativa entre os comportamentos das fresas dessas duas marcas comerciais pode ser atribuída ao material de composição, que deve ser melhor investigado. Os autores concluíram que, independentemente dos resultados obtidos, os instrumentos cortantes rotatórios devem ser submetidos à limpeza e à esterilização obrigatoriamente e que, para

minimizar os danos potenciais pode-se restringir a utilização de soluções ácidas para imersão em ultra-som.

Visando avaliar o efeito de diferentes métodos de esterilização sobre os instrumentos rotatórios, Cooley et al.¹⁵ (1990) determinaram a resistência à fratura e a eficiência de corte de fresas indicadas para o preparo de pinos dentinários. Tais instrumentos foram submetidos a quatro métodos de esterilização: quimiclave (20 minutos, 20psi e 270°F), autoclave (2º minutos, 15psi e 250°F), estufa (1 hora a 123°C), ou glutaraldeído 2% (10 horas, temperatura ambiente), num total de dez ciclos, sendo comparadas as alterações morfológicas (microscopia eletrônica), a eficiência de corte (tempo gasto para a realização do preparo para um pino intradentinário antes e após a esterilização) e a resistência à fratura da região de união ponta ativa/haste metálica. As fresas submetidas à esterilização em autoclave foram as que apresentaram maiores alterações morfológicas, com deterioração das lâminas de corte, e também o pior desempenho durante o uso. Com relação à resistência à fratura, nenhum método de esterilização afetou tal propriedade de maneira significativa. Diante dos resultados obtidos, os autores sugeriram que a diminuição da eficiência de corte das

fresas levadas à autoclave estava relacionada ao acúmulo de resíduos e à corrosão das mesmas.

Visando predizer o desempenho clínico das fresas *carbide*, Wilweding, Aiello⁸⁶ (1990) compararam a eficiência de corte de fresas de diferentes fabricantes após o uso em blocos de cerâmica Macor. Trezentas e trinta fresas de seis diferentes fabricantes foram empregadas para o desgaste da cerâmica num período de 5 minutos cada. Todo o experimento foi realizado utilizando a mesma turbina de alta rotação, que era lubrificada antes do início de cada desgaste, havendo um controle da pressão de ar (34 psi) e da força aplicada sobre a cerâmica (40g). A eficiência de corte das fresas foi calculada em função da profundidade do corte e do tempo utilizado para o desgaste (mm/min). Entre as seis marcas comerciais avaliadas, uma apresentou eficiência de corte extremamente superior, sendo observada alta variação entre o desempenho dos instrumentos, mesmo quando eram manufaturados pelo mesmo fabricante. De acordo com os autores, a eficiência de corte foi diminuída de maneira gradativa no decorrer do uso, e mais estudos na área deveriam ser realizados.

Com o objetivo de avaliar a deterioração de fresas utilizadas para o desgaste de cerâmicas odontológicas, Tanaka et al.⁷¹ (1991) analisaram as alterações morfológicas, a eficiência de corte e a velocidade de fresas *carbide* durante procedimentos de desgaste em oito tipos de cerâmica e em dentina bovina. As fresas efetuaram quatro ciclos de desgaste com duração de 5 segundos em um dos substratos, variando a força aplicada em 80, 60, 40 ou 20 gramas. Para a comparação da eficiência de corte, o volume de substrato desgastado (massa de um molde da região dividida pela densidade do material de moldagem) foi calculado. A velocidade de rotação das fresas foi fornecida por um sensor posicionado na cabeça de turbina de alta rotação, que estava conectado a um contador eletrônico que registrava os valores a cada 0,1 segundos. As alterações morfológicas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura. De acordo com os resultados, observou-se que maiores pressões de corte induziram maior diminuição na velocidade de rotação e um aumento na eficiência de corte, sendo essa tendência diferente em função da dureza do substrato desgastado. Quando dentina bovina ou cerâmicas à base de mica foram desgastadas, a velocidade de corte mostrou-se moderadamente reduzida, a eficiência de corte permaneceu alta e a deterioração da fresa foi pequena,

efeitos opostos aos verificados durante o desgaste das cerâmicas à base de alumina e silício. De acordo com os autores, o uso de dentes bovinos em testes que avaliam a durabilidade e a eficiência de fresas *carbide* deve ser interpretado com cautela devido às diferenças de dureza, sendo sua substituição por cerâmicas à base de mica uma das possibilidades disponíveis.

A indução de corrosão nos instrumentos cortantes rotatórios por causa do uso de substâncias químicas motivou Lopes et al.⁴³ (1992) a investigarem o efeito da imersão em hipoclorito de sódio sobre as fresas de aço inoxidável do tipo Gates-Glidden. Fresas de diferentes fabricantes foram imersas durante 5, 10, 20 ou 30 minutos em solução de hipoclorito de sódio com concentrações de 4% a 6% e avaliadas de maneira quantitativa ao terem seu peso mensurado em balança de precisão e também qualitativamente mediante análise em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados obtidos indicaram que a resistência à corrosão das fresas Gates Glidden, quando imersas em solução de hipoclorito de sódio, variou de acordo com a marca comercial uma vez que a presença ou não de corrosão está relacionada à composição química, à microestrutura, ao acabamento superficial e à natureza da solução utilizada.

O efeito da esterilização por microondas sobre fresas odontológicas foi tema de um estudo realizado por Rizzo⁶⁰ em 1993. Diversas fresas diamantadas tiveram suas características morfológicas avaliadas pela análise em estereomicroscópios (aumento de 40 vezes) antes e após 3 minutos de irradiação em forno de microondas num total de 15 vezes. A avaliação microscópica das fresas não revelou a presença de alterações referentes ao brilho e à suavidade da superfície de aço, à integridade ou à perda da cromatura interposta entre os diamantes, além de à resistência ao deslocamento dos cristais, fatores que poderiam interferir na eficiência de corte do instrumento. Para o autor, esse método de esterilização, no que diz respeito à manutenção da qualidade do instrumento, pode ser empregado como método alternativo para fresas diamantadas.

Com o objetivo de avaliar os danos causados nos instrumentos de corte após a esterilização/desinfecção, Araújo, Fantinato³ (1994) estudaram o efeito da utilização da estufa e de substâncias antimicrobianas sobre as características morfológicas de fresas diamantadas. Simulando um preparo de classe II, 30 fresas KG Sorensen nº 1093 foram utilizadas para o desgaste de dentes humanos durante períodos controlados. Após o uso, as fresas foram avaliadas

em lupa estereoscópica, num aumento de 25X, e submetidas aos seus respectivos métodos de esterilização ou desinfecção: ação da estufa a 137°C por uma hora, imersão em Calbenium por 30 minutos, imersão em Cidex por 10 horas ou imersão em Glutasept por 6 horas, e novamente avaliadas na lupa. Escores de 10 a 0, sendo a nota máxima atribuída às fresas com menores alterações, foram utilizados para a comparação entre os grupos experimentais. Os autores verificaram que nenhum dos processos de esterilização ou desinfecção utilizados promoveu alterações nas fresas testadas, sendo os danos observados, relacionados ao uso da fresa.

Ohmoto et al.⁵³ (1994), realizaram um estudo para avaliar as características de diferentes técnicas de desgaste de estrutura dental quanto à direção do desgaste, à velocidade de rotação da fresa e à força aplicada, relacionando-as com a eficiência de corte de fresas *carbide*. Dentina bovina foi desgastada por fresas *carbide* acopladas a uma turbina de alta rotação, sendo monitoradas, simultaneamente, a velocidade de rotação da fresa e a força aplicada pela turbina. Quatro técnicas foram avaliadas: corte contínuo vertical (fresa perpendicular ao dente) ou horizontal (fresa paralela ao dente) durante 5 segundos e corte intermitente durante 10 segundos, vertical ou horizontal. A

eficiência de corte da fresa foi avaliada de maneira indireta pelo volume de corte (peso do molde da região desgastada dividido pela densidade do material de moldagem) dividido pelo tempo total de contato da fresa com a estrutura dental. Os resultados mostraram uma relação inversamente proporcional entre a velocidade da fresa e a força de corte, sendo esta última maior durante a realização do corte vertical (independente de ser contínuo ou intermitente), provavelmente devido a uma concentração de esforços na extremidade da mesma. Já a eficiência de corte mostrou-se superior durante o corte horizontal intermitente. Os autores concluíram que o corte intermitente deve ser selecionado devido a maior eficiência na remoção de estrutura dental uma vez que permitir que o spray de água permaneça em contato com a fresa promovendo a remoção imediata de resíduos de corte.

Em uma revisão de literatura realizada no ano de 1995 e referente à análise da eficiência de corte de instrumentos cortantes rotatórios, Dyson, Darvell²⁰ destacaram que diferentes metodologias têm sido aplicadas e que métodos apropriados de avaliação, tanto da caneta de alta rotação como de fresas, são necessários para pesquisas. Durante a análise dos artigos, os autores verificaram que características relacionadas ao operador, à caneta de alta/baixa rotação, ao

instrumento rotatório, à refrigeração utilizada e ao substrato desgastado influenciam o comportamento de corte, comprometendo a relevância clínica dos estudos. Observaram ainda, que muitas pesquisas possuem defeitos severos ao utilizarem metodologias sob condições arbitrárias, o que pode ser um reflexo da ausência de padrões definidos por comitês internacionais de pesquisas. Materiais homogêneos com relevância identificável para substituição do esmalte e da dentina, maiores informações sobre o ciclo de uso clínico e sua influência sobre o comportamento de corte, um melhor entendimento sobre o impacto da velocidade e da força na caneta utilizada bem como dos líquidos refrigerantes são, segundo os autores, fatores que necessitam ser definidos para que progressos significantes sejam obtidos no desenvolvimento de um protocolo para avaliação do corte de instrumentos rotatórios.

O pequeno número de estudos que avaliam a velocidade de rotação de fresas e a força de corte exercida na turbina de alta rotação, fatores que podem influenciar a condição pós-operatória, motivou Liao et al.⁴¹ (1995) a analisarem a eficiência de corte de fresas diamantadas mediante a mensuração da velocidade de rotação e da força aplicada pelo cirurgião-dentista durante a realização de

desgastes em esmalte e dentina de incisivos bovinos. Inicialmente, os dentes foram embutidos em blocos de resina acrílica, posicionando-se o longo eixo paralelamente ao solo, para, em seguida, serem acoplados em um equipamento composto por sensores de carga e por um sensor magnético fixo na turbina de alta rotação (para o registro da velocidade de rotação). Três técnicas de corte foram utilizadas – desgaste contínuo com força moderada (DCFM), desgaste intermitente com força moderada (DIFM) e desgaste intermitente com força suave (DIFS) – tanto na direção horizontal como vertical, num total de 10 segundos cada. Os valores de eficiência de corte foram obtidos com a divisão do volume de estrutura dental desgastada (peso do molde da região desgastada dividido pela densidade do material de moldagem utilizado) pelo tempo real total de corte (contato da fresa com o dente durante o desgaste). Verificaram que, quando realizado o desgaste intermitente, há uma pequena variação da velocidade de rotação e da força utilizada, caracterizando-se ciclos periódicos de desgaste compreendidos por períodos de corte (diminuição da velocidade e aumento da força) e períodos de descanso (aumento da velocidade e diminuição da força). Os valores da força máxima exercida variaram de 35g (desgaste horizontal intermitente com força suave em dentina) até 105g (desgaste

vertical intermitente com força moderada em esmalte). Valores de força 30% a 40% maiores foram verificados durante os desgastes na direção vertical. Comparando-se as três técnicas de corte, forças máximas similares foram exercidas durante o DCFM e durante o DIFM, as quais tenderam a ser superiores ao DIFS. O tempo real de corte, independentemente da direção, foi constante e igual a 10 segundos para o DCFM, 0,4 segundos para o DIFM e 0,25 segundos para o DIFS. O DIFM foi responsável pela maior eficiência de corte, sendo o DIFS responsável pelos menores valores. Maior eficiência de corte é obtida com o desgaste na direção horizontal. Os autores concluíram que o desgaste horizontal intermitente com leve força produz melhores resultados, sendo a utilização de uma força leve indicada para acabamentos e ajustes finais nos preparos.

Erros de concentricidade resultantes do processo de fabricação de fresas *carbide* podem acarretar diversos problemas, tais como profundidades de corte irregulares, vibração excessiva e danos ao substrato de corte. Sendo assim, Watson, Cook⁸² (1995) avaliaram o grau de concentricidade de fresas *carbide* confeccionadas por diferentes técnicas e o efeito da inexatidão desses instrumentos cortantes rotatórios sobre o esmalte dental.

Foram avaliadas 30 fresas *carbide* nº57 de 6 fabricantes diferentes, sendo 5 fresas de corpo único e 25 produzidas pela soldagem da ponta ativa em uma haste de aço. Utilizando um microscópio de varredura que possibilitava a filmagem das fresas, e com estas rotacionando em baixa velocidade, os autores determinaram, pela diferença média entre os raios de rotação de cada lâmina de corte, o grau de concentricidade das fresas. Uma análise microscópica dinâmica (filmagem) da interação entre a fresa e a superfície dental foi feita durante a realização de desgastes em esmalte dental de incisivos centrais, que estavam posicionados em um equipamento desenvolvido pelos autores, o que possibilitava a manutenção da direção de desgaste (horizontal) e o controle da velocidade de rotação em 120.000 r.p.m. Maiores variações na concentricidade das lâminas de corte foram verificadas nas fresas *carbide* fabricadas pela soldagem entre a ponta ativa e a haste. Essas alterações foram responsáveis por uma ação mais agressiva que produziu cortes irregulares e maior quantidade de trincas no esmalte.

Diante da publicação de estudos que avaliavam a eficiência de corte de fresas utilizando substratos de desgaste com diferentes espessuras e durezas superficiais, Freire, Freitas²⁷ (1996) investigaram o desempenho de diversas

fresas diamantadas submetidas a procedimentos de corte em lâminas de vidro. Os instrumentos foram acoplados a uma turbina de alta rotação (260.000 r.p.m., pressão de ar igual a 30 libras) e utilizados para o corte de sulcos com 5 mm de profundidade num total de 12 vezes. A eficiência de corte, determinada pelo tempo gasto para a confecção de cada sulco, apresentou diminuição progressiva em relação ao tempo de uso, havendo diferenças entre os comportamentos das fresas fornecidas por diferentes fabricantes. De acordo com os autores, pesquisas nesta área são dificultadas pela falta de parâmetros e normas que possibilitem a padronização e a comparação de resultados.

Tate et al.⁷² (1996) realizaram um estudo comparativo do desempenho de dois sistemas de acabamento e polimento antes e após três ciclos de esterilização em microondas ou autoclave. Foram confeccionados 30 discos de resina composta, com 6mm de diâmetro e 3mm de espessura, para cada marca comercial utilizada (TPH e Z100), os quais foram randomicamente divididos em 3 grupos de 10, referentes à esterilização em microondas (exposição dos discos de resina acomodados em tubos de vidro vedados contendo 5ml de água destilada posicionados dentro de um béquer com 100ml de água destilada a uma frequência de 750 watts, durante 6

minutos), à autoclave (121⁰C durante 15 minutos) ou sem esterilização (controle), e dois subgrupos de 5 em função do sistema utilizado (Enhance Finishing e Polishing System ou Min-Identoflex Polishers). Após a confecção e três ciclos de esterilização, cada disco de resina recebia o acabamento/polimento com o sistema correspondente ao seu grupo experimental, de acordo com as recomendações do fabricante, num período de 30 segundos, tendo, em seguida, sua rugosidade avaliada em um perfilômetro. Adicionalmente, após a terceira avaliação da rugosidade, os discos de resina recebiam acabamento com discos de óxido de alumínio extra-fino e eram levados ao perfilômetro novamente. A rugosidade dos discos de TPH não variou quando o sistema Min-Identoflex foi utilizado, porém foi maior após a esterilização do sistema Enhance em microondas. Nos discos confeccionados com resina Z100, superfícies mais lisas foram conseguidas após a esterilização em microondas, independentemente do sistema de acabamento/polimento utilizado. Valores equivalentes de rugosidade foram obtidos após a utilização de Sof-Lex quando dois sistemas de acabamento/polimento utilizados foram comparados com o grupo controle. Diante dos resultados obtidos, os autores concluíram que os dois sistemas testados

podem ser esterilizados em autoclave ou microondas pelo menos três vezes sem que suas performances sejam afetadas.

A influência dos métodos de esterilização sobre a efetividade de instrumentos cortantes rotatórios foi pesquisada por Santana⁶⁵ em 2000. Fresas diamantadas cilíndricas de duas marcas comerciais foram utilizadas para a realização de desgastes, sob força controlada, em esmalte dental humano durante 72 minutos, sendo realizada a esterilização (calor seco ou vapor sob pressão) após cada 12 minutos (seis ciclos de desgaste e cinco ciclos de esterilização). A determinação da eficiência de desgaste das fresas foi obtida de maneira indireta por meio da aferição de massa dos dentes antes e após cada dois minutos de uso (análise gravimétrica). Pelos resultados obtidos, o autor verificou que as fresas perderam a eficiência de desgaste ao longo do tempo, não havendo alterações em decorrência dos métodos de esterilização utilizados.

Watanabe et al.⁸¹ (2000) investigaram o efeito de diferentes soluções iônicas na inativação de microrganismos após a irradiação por microondas. Tubos de ensaio com suspensões microbianas (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*) adicionadas de diferentes

concentrações de NaCl, KCl ou sacarose foram colocados individualmente em Erlenmeyer contendo água e irradiados a 2.450MHZ e 500 watts durante diferentes tempos experimentais. A temperatura das suspensões microbianas foi determinada com o auxílio de um termômetro digital. Os resultados evidenciaram que os microrganismos avaliados foram inativados após 50 segundos de irradiação e que o aumento da morte microbiana foi proporcional ao aumento de temperatura do meio e ao aumento das concentrações de NaCl e KCl.

Ferreira et al.²³ (2000/2001) compararam o efeito de métodos de esterilização e desinfecção associados ou não ao uso de lubrificantes com relação à corrosão dos instrumentos cortantes rotatórios. Fresas de aço carbono e de aço *carbide* foram submetidas à limpeza por lavagem com Endozime ou desincrustante, lubrificadas com Premix Slip, nitrato de sódio 1% ou Sekudrill e esterilizadas (autoclave ou estufa) ou desinfectadas (imersão em formaldeído 1% ou glutaraldeído 2%), num total de quatro processamentos com intervalos médios de 24 a 48 horas. Para averiguar a presença de corrosão, as fresas foram fotografadas em lupa estereoscópica com aumento de 20 a 30 vezes, sendo realizadas comparações com fresas submetidas apenas a

lavagem com Endozime. Todas as fresas apresentaram corrosão, tendo este fenômeno um aumento progressivo a cada reprocessamento. Os resultados demonstraram que o processo mais confiável para as fresas testadas foi a esterilização em estufa. Segundo os autores, o uso da autoclave deve ser associado ao emprego de agentes anticorrosivos: Sekudrill para as fresas de aço *carbide* e nitrato de sódio 1% para as fabricadas em aço carbono.

Em 2002, Tavares da Silva et al.⁷⁴ avaliaram o efeito de métodos químicos de desinfecção, após limpeza com ultra-som, sobre a eficiência de corte de fresas diamantadas de diferentes marcas comerciais. Esses instrumentos foram utilizados para o desgaste de esmalte dental humano sob força controlada (50g a 80 g) durante 2.400 segundos. Antes e após cada 30 segundos de desgaste, os dentes foram levados à balança de precisão para a averiguação da quantidade de desgaste realizada (análise gravimétrica) e, após cada 300 segundos, as fresas foram submetidas à limpeza com ultra-som e desinfetadas pelo método selecionado (glutaraldeído 2%, derivado de amônia 0,2% ou nenhuma desinfecção). Diferenças estatisticamente significantes foram obtidas em função da marca comercial e do tempo de uso. Os agentes de desinfecção não causaram alteração na eficiência de corte das

fresas diamantadas, havendo diminuição da quantidade de desgaste ao longo do uso.

Nesse mesmo ano, Tavares da Silva et al.⁷⁵ estudaram o efeito de um método de limpeza e diferentes métodos químicos de desinfecção sobre a eficiência de corte de fresas diamantadas de diversas marcas comerciais. Os diferentes tratamentos experimentais equivaliam à realização de limpeza com escova de aço seguida da desinfecção por glutaraldeído 2%, derivado de amônia 0,2% ou nenhuma desinfecção. Para a determinação da eficiência de corte, as fresas foram utilizadas para o desgaste em esmalte dental sob força controlada (50g a 80g) durante 1.200 segundos, sendo averiguada a quantidade de desgaste realizada após cada 30 segundos (análise gravimétrica), e realizados os diferentes tratamentos após cada 300 segundos de uso da fresa. Apesar de diferenças entre as marcas comerciais, os autores observaram que a eficiência de corte foi reduzida com o tempo de uso e que os métodos de desinfecção prolongaram essa eficiência.

Bianchi et al.⁹ (2003) avaliaram a influência dos processos de esterilização sobre os aspectos microscópicos de instrumentos cortantes rotatórios. Fresas

diamantadas foram usadas para o desgaste de substratos vítreos e tiveram sua eficiência de corte e as alterações microscópicas (análise em microscópio eletrônico de varredura) avaliadas antes e após três ciclos de esterilização (autoclave, estufa, glutaraldeído 2%). Para que a eficiência de corte das fresas fosse mensurada, os autores utilizaram uma máquina retificadora em que ambos, turbina de alta rotação e substrato, eram posicionados e mediram o número de vezes que a fresa desgastava o vidro até o momento em que o poder de corte do instrumento diminuísse a ponto de travar a turbina de alta rotação por causa do aumento excessivo do torque exercido. Após a comparação entre os dados da eficiência de corte e as características microscópicas, verificaram que a esterilização por calor seco promoveu as menores alterações nas fresas diamantadas, tanto em relação à eficiência de corte quanto em relação às alterações microscópicas, diferentemente do uso da autoclave e da substância química, que comprometeram o desempenho das fresas ao induzirem processos de corrosão.

Pita⁵⁷ (2005) comparou a eficiência de corte e a presença de alterações morfológicas nas fresas *carbide* em função do tempo de uso e da utilização de diferentes métodos de esterilização. Fresas *carbide* fabricadas pela Komet e pela S.S. White foram utilizadas para o desgaste de esmalte dental

bovino durante um total de 60 minutos. Antes e após cada dois minutos de desgaste, os dentes foram submetidos à pesagem, sendo determinada a quantidade de esmalte removida e, indiretamente, a eficiência de corte das fresas (análise gravimétrica). A cada 12 minutos de uso, os instrumentos cortantes rotatórios eram submetidos à esterilização em autoclave (121° C a 103 kPa durante 30 minutos), estufa (170°C durante 1 hora) ou microondas (6 minutos de irradiação estando as fresas envoltas por folhas de poliéster com 2 gotas de água ou 1 minuto de irradiação com as fresas posicionadas em placas de Petri com 40ml de água destilada) e fotografados em lupa estereoscópica. Pela análise dos resultados, o autor observou que, independentemente da realização ou não da esterilização, após 60 minutos de uso, as fresas perderam aproximadamente 50% da eficiência de corte e que apesar de haver diferença entre as marcas comerciais das fresas utilizadas, a esterilização em estufa foi melhor em relação aos demais métodos testados.

No ano de 2006, Viana et al.⁸⁰ investigaram a influência dos métodos de esterilização mais utilizados em Odontologia sobre as propriedades mecânicas de instrumentos rotatórios. O comportamento mecânico e a resistência à fadiga de fresas endodônticas de NiTi foram comparados em função

da realização ou não de cinco ciclos de esterilização em estufa ou em autoclave. A microdureza (Vickers) da haste das fresas foi determinada após cada ciclo de esterilização, e a resistência à fadiga foi avaliada em função da tensão necessária para a quebra dos instrumentos. De acordo com os resultados obtidos, nenhuma alteração foi verificada em nenhum dos dois parâmetros avaliados. Segundo os autores, as mudanças induzidas nas propriedades mecânicas de fresas de NiTi por cinco ciclos de esterilização foram insignificantes, sendo o uso da estufa ou autoclave procedimentos seguros.

3 Proposição

Avaliar o efeito de métodos de esterilização físicos – estufa, autoclave, irradiação em forno de microondas doméstico - e químico (glutaraldeído 2%) - sobre a eficiência de corte de fresas *carbide*.

4 Material e método

4.1 Materiais

4.1.1 Béquer de vidro fabricado por Satélite, Araraquara, São Paulo, Brasil.

4.1.2 Embalagem plástica para esterilização em autoclave marca Sispack, Sispack Medical Ltda., São Paulo, SP, Brasil.

4.1.3 Frasco reagente graduado com tampa de rosca da marca Schott, Sispack UK Ltd., Stafford, Inglaterra.

4.1.4 Fresas de aço inoxidável do tipo com carbeto de tungstênio (*carbide*) nº57, S.S. White Burs Inc., Lakewood, NJ, EUA.

4.1.5 Recipientes plásticos de poliestireno com altura igual a 35,5mm, 36,7mm de diâmetro e capacidade para 15ml, Injeplast, São Paulo, SP, Brasil.

4.1.6 Solução de glutaraldeído da marca Glutaron II, Rioquímica, São José do Rio Preto, SP, Brasil.

4.1.7 Vidros laminados com dimensões iguais a 30mm X 30mm X 10mm, Cebrace Cia Brasileira de Cristal, Jacareí, SP, Brasil.

4.2 Aparelhos e Instrumentos

4.2.1 Aparelho padronizador de desgaste idealizado pelo “Grupo de Pesquisas em Prótese Parcial Fixa e Sobre Implantes”.

4.2.2 Autoclave modelo HA, Sercon, Indústria e Comércio de Aparelhos Médicos Hospitalares Ltda., Mogi das Cruzes, SP, Brasil.

4.2.3 Balança eletrônica de precisão modelo Sartorius BL-210S, Sartorius AG, Göttingen, Alemanha.

4.2.4 Broqueiro para esterilização em estufa com capacidade para 15 fresas, fabricado por KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil.

- 4.2.5** Cronômetro modelo HS-6-4DF, Casio Computer Co., Ltda., Tóquio, Japão.
- 4.2.6** Estufa Olidef, CZ Ind. e Comércio de Aparelhos Hospitalares, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- 4.2.7** Forno de microondas modelo doméstico, com dupla emissão de ondas e dimensões internas iguais a 330 mm de altura, 600 mm de largura e 477 mm de profundidade, Brastemp Sensor Crisp 38, BMC 38^a, Multibrás Ltda., Manaus, AM, Brasil.
- 4.2.8** Lupa estereoscópica modelo Citoval, Carl Zeiss, Jena, Alemanha.
- 4.2.9** Pinça clínica da marca Duflex, S.S. White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 4.2.10** Seladora SelaPack, Modelo SM 25 plus, Sispack Medical Ltda., São Paulo, SP, Brasil.
- 4.2.11** Termômetro para estufa modelo L- 190/05, Inconterm®, Canela, RS, Brasil

4.2.12 Turbina de alta rotação com pressão de ar de 2,2 bar e 350.000 r.p.m., modelo 605 Extratorque, Kavo do Brasil Indústria e Comércio Ltda, Joinville, SC, Brasil.

4.3 Método

4.3.1 Corpos-de-prova e composição dos grupos experimentais

Como corpos-de-prova foram utilizadas 60 fresas *carbide* nº 57 cilíndrico-lisas, de extremidade plana, com seis lâminas de corte. Esses instrumentos rotatórios foram inicialmente analisados em lupa estereoscópica com um aumento de 10X no intuito de eliminar aqueles com qualquer defeito de fabricação. Após essa análise, as fresas foram acondicionadas em recipientes plásticos devidamente numerados e divididas, aleatoriamente, em cinco grupos experimentais em função do método de esterilização a que foram submetidas (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição dos grupos experimentais e seus respectivos procedimentos para esterilização

Grupos	Natureza da esterilização	Método de esterilização	Procedimentos
E ₁	Processo físico – vapor sob pressão	Autoclave	1,5Kgf/cm ² , 127°C
E ₂	Processo físico – calor seco	Estufa	170°C por 1 hora
E ₃	Processo físico – irradiação	Forno de microondas doméstico	608,52 watts por 5 minutos
E ₄	Processo químico – substância química	Glutaraldeído	Imersão por 10 horas
E ₀	Controle	Nenhum	Nenhum

4.3.2 Análise gravimétrica

Para que fosse avaliada a influência dos métodos de esterilização sobre a eficiência de corte das fresas *carbide*, estas foram submetidas a um teste gravimétrico^{26,32,42,44,57,65,74,75,78} que, de maneira indireta, quantificou seus desempenhos, utilizando-se como substrato de desgaste o vidro^{1,9,21,27,32,78}, que tinha sua massa aferida antes e após cada ciclo de desgaste.

Para a comparação entre os grupos experimentais, mensurou-se a diferença entre a pesagem inicial e a final, e, pela perda de massa do vidro, estimou-se a eficiência de corte da fresa *carbide* e a influência do método de esterilização sobre essa eficiência.

Cada corpo-de-prova foi submetido a 30 minutos de desgaste, sendo esse tempo dividido em períodos de 2,5 minutos cada, equivalentes a 1 ciclo de desgaste, perfazendo, portanto, 12 ciclos.

Após cada ciclo de desgaste, com exceção do último, as fresas foram submetidas aos procedimentos de esterilização correspondentes aos grupos a que pertenciam, num total de 11 ciclos de esterilização.

Visando a padronização dos desgastes, foi desenvolvido um aparelho especificamente idealizado e construído com base na linha de pesquisa do “Grupo de Pesquisas em Prótese Parcial Fixa e Sobre Implantes”, denominado aparelho padronizador de desgaste - APD (Figura 1).

O aparelho é constituído por duas plataformas, uma horizontal, que pode ser movimentada, por meio de manivelas, para a direita ou esquerda (manivela A),

para cima ou para baixo (manivela B), e para a frente ou para trás (manivela C), e outra plataforma, vertical, com uma célula de carga acoplada internamente, responsável pelo controle da força^{21,26,39,41,42,44,59,65,69,74,75,86} exercida sobre o substrato em 0,68N^{42,44} com movimentos para baixo e para cima, possibilitando a realização dos desgastes.

O aparelho também possui um equipo acoplado possibilitando o acionamento e o funcionamento da turbina de alta-rotação com refrigeração por meio de jatos de spray de água sem a interferência do pesquisador, além de um temporizador que controlava, em minutos, a duração dos desgastes.

Com o auxílio de uma prensa em U, o substrato de desgaste foi mantido sobre a plataforma horizontal. A turbina de alta rotação foi fixada à plataforma vertical de forma que a fresa permanecesse paralela ao substrato. A cada toque da fresa no substrato de desgaste, a plataforma horizontal se movimentava automaticamente 0,02mm para cima.

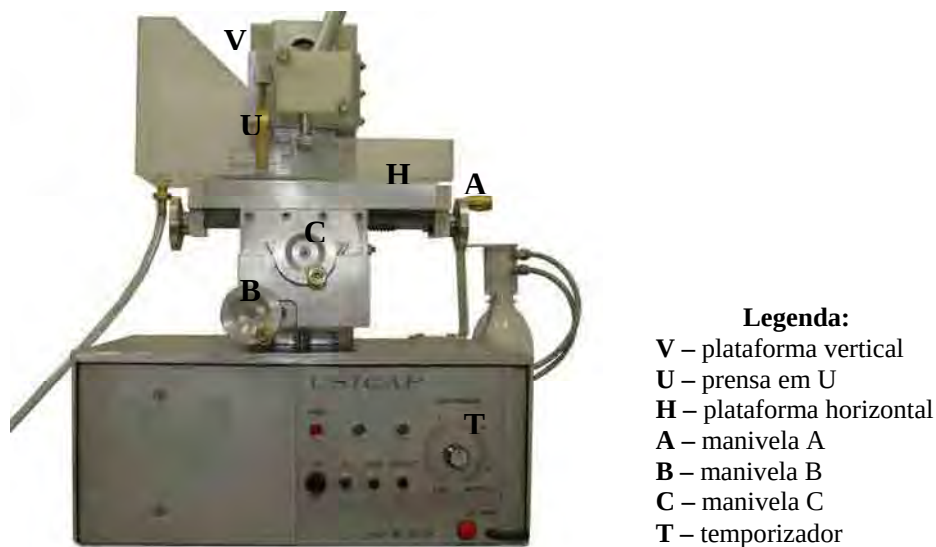


FIGURA 1 - Aparelho padronizador de desgaste – APD.

Para a realização de cada ciclo de desgaste, o vidro foi, inicialmente, levado à balança eletrônica de precisão para aferição de sua massa em gramas (pesagem inicial), sendo, em seguida, fixado à prensa em U do APD.

A fresa *carbide* foi colocada na turbina de alta rotação, mantendo-se paralela ao substrato de desgaste. Nesse momento, o botão de ajuste do aparelho era pressionado para que, por meio da movimentação da manivela A, a fresa *carbide* fosse posicionada sobre o vidro fazendo com que somente sua ponta ativa, em toda a sua extensão, mantivesse contato com o vidro durante o desgaste. Da mesma maneira, a manivela B foi movimentada para permitir um contato inicial mínimo da fresa com o vidro (Figura 2).



FIGURA 2 – Posicionamento inicial da fresa em relação ao substrato de desgaste.

Após a seleção do tempo (2,5 minutos) no temporizador, o aparelho era ligado, acionando automaticamente a turbina de alta-rotação. A fresa, então, era aplicada no vidro realizando o desgaste com movimentos intermitentes^{41,53,57,65,74,75} sob refrigeração com spray de água^{41,42,44,53,65}. Durante o período de 2,5 minutos, houve o toque da fresa com o vidro 87 vezes, com força constante de 0,68N^{42,44}, e, a cada toque, o substrato de desgaste era elevado em 0,02mm.

Após o tempo de desgaste, o vidro era removido do APD e seco com jatos de ar e toalha de papel durante 40 segundos para, em seguida, ser levado novamente

à balança (pesagem final). A fresa *carbide* era limpa com escova de nylon durante 40 segundos em água corrente e seca para ser submetida ao método de esterilização conforme o grupo experimental. Esses procedimentos foram repetidos até completar 30 minutos de desgaste, totalizando 12 ciclos de desgaste e 11 ciclos de esterilização por fresa.

4.3.3 Procedimentos para esterilização

Esterilização em autoclave

Para a esterilização pelo vapor sob pressão (Grupo E₁), as fresas foram colocadas e seladas, individualmente, em envelopes para esterilização cortados nas dimensões de 55mmX100mm e levadas à autoclave, onde permaneceram por 15 minutos a uma pressão de 1,5Kgf/cm², correspondente à temperatura de 127°C^{2,12,15,66}, e por mais 15 minutos para secagem, realizada automaticamente.

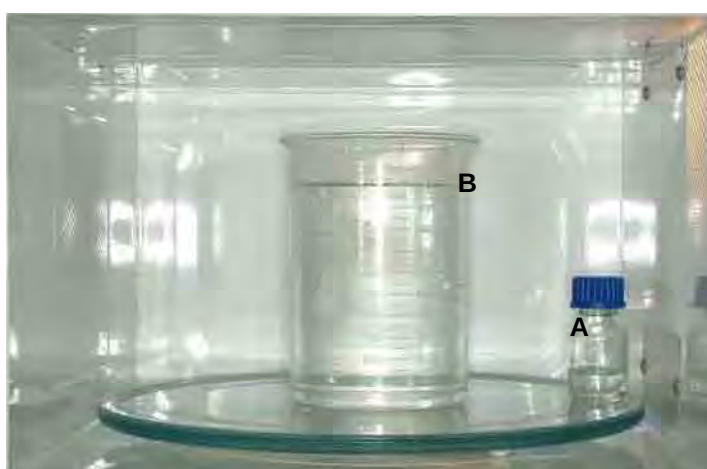
Esterilização em estufa

As fresas do Grupo E₂, submetidas à esterilização por meio do calor seco, foram dispostas em um broqueiro de alumínio, sendo o conjunto levado à estufa à temperatura ambiente. Os corpos-de-prova foram esterilizados por 1 hora, a $170\pm 1^{\circ}\text{C}$, a partir do momento em que a estufa atingia essa temperatura, que era controlada por um termômetro posicionado no teto da estufa. Em seguida, a estufa foi desligada, aguardando-se o seu resfriamento natural até a temperatura ambiente^{12,57,63}.

Esterilização em forno de microondas doméstico

Inicialmente, foram colocados 10ml de água destilada em um frasco de reagente graduado, com tampa de rosca, juntamente com uma fresa do Grupo E₃, estando o frasco devidamente identificado. Em seguida, o conjunto foi colocado na posição lateral direita da cavidade do forno de microondas junto com um béquer de vidro contendo 1.000 ml de água posicionado no centro do prato giratório (Figura 3), reduzindo-se a possibilidade de formação de um arco de energia e, conseqüentemente, de um superaquecimento do magnetron^{22,57,60,61}. O forno de microondas foi, então, acionado

na potência 9, que equivale a uma irradiação de 608,52 watts, durante 5 minutos, aguardando-se o resfriamento natural até a temperatura ambiente. Foi esterilizada somente uma fresa *carbide* por vez, sendo trocada a água do interior do béquer a cada nova esterilização*.



Legenda:

A – Frasco reagente com tampa de rosca

B – Béquer de vidro

FIGURA 3 – Vista do interior da cavidade do forno de microondas.

Esterilização em substância química

Para a esterilização química, as fresas *carbide* do Grupo E₄ foram individualmente depositadas no interior de um recipiente plástico contendo 10ml de glutaraldeído preparado de acordo com as recomendações do

* A metodologia aplicada para a esterilização em forno de microondas foi definida em estudos prévios realizados pelo Grupo de Pesquisas em Prótese Parcial Fixa e Sobre Implantes como capaz de esterilizar fresas *carbide*.

fabricante (mistura de 2g de glutaraldeído com 100ml de fosfato trissódico), permanecendo imersas nessa solução por 10 horas^{6,15,87}. Após esse período, as fresas foram lavadas em água corrente e secas com jatos de ar por 40 segundos.

Ausência de esterilização (grupo controle)

No Grupo controle (Grupo E₀), as fresas *carbide* foram submetidas apenas ao processo de limpeza com escova de nylon e água, sem qualquer método de esterilização.

4.4 Planejamento experimental

Para a realização deste estudo, considerou-se como variável a eficiência de corte de fresas *carbide* mediante o desgaste de vidro, estabelecendo-se como tratamentos a esterilização em autoclave, em estufa, em forno de microondas, em glutaraldeído e ausência de esterilização.

O número de corpos-de-prova necessário para a execução deste experimento foi calculado com base nos resultados obtidos em estudo piloto, no qual se definiu como adequado a realização de 12 repetições para cada condição

experimental (60 corpos-de-prova). Durante a execução da prova piloto, foi verificado que a eficiência de corte das fresas do Grupo controle diminuiu em 50% após a realização de 12 ciclos de desgaste, demonstrando a necessidade de descarte das mesmas⁵⁷. Sendo assim, foi estabelecido o número de ciclos de uso (12) e de esterilização (11).

Os valores da eficiência de corte obtidos foram organizados em tabelas, criando-se um banco de dados no software Microsoft Office Excel 2003, e submetidos ao teste de normalidade para se averiguar a distribuição dos dados amostrais e definir o teste estatístico mais apropriado ao nível de significância de 5%.

5 Resultada

As médias da quantidade de desgaste em gramas, para todos os grupos experimentais referentes às alterações da eficiência de corte no decorrer dos 12 ciclos de uso e 11 ciclos de esterilização são apresentadas no Gráfico 1.

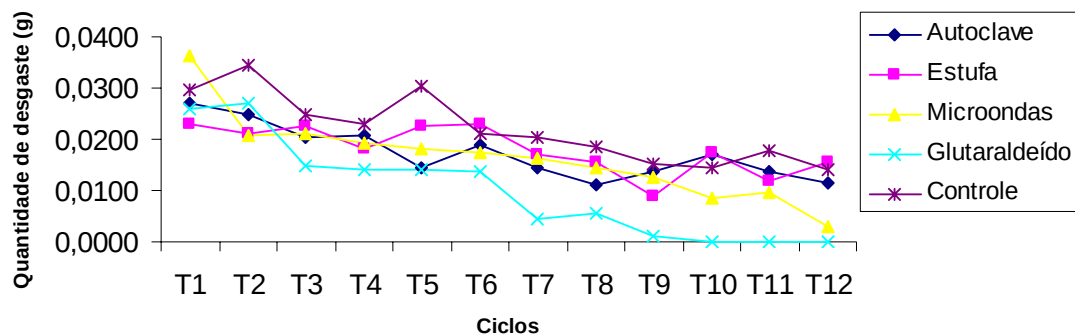


GRÁFICO 1 – Médias da quantidade de desgaste, em gramas, em função dos ciclos de uso e de esterilização de acordo com os grupos experimentais.

Como pode ser verificado no Gráfico 1, as fresas de todos os grupos experimentais apresentaram redução da eficiência de corte. Nos Grupos E₁, E₂ e E₀, foi observada a presença de picos de desgastes intercalados com períodos de

diminuição da quantidade de vidro desgastada, ou seja, um comportamento decrescente não uniforme das fresas *carbide*, diferentemente do padrão de desgaste apresentado pelas fresas dos Grupos E₃ e E₄, nos quais a diminuição da eficiência de corte ocorreu gradualmente.

Para a comparação da eficiência de corte entre os cinco grupos experimentais, foi calculada a soma (Σ) da quantidade de desgaste, em gramas, para cada uma das sessenta fresas em todos os tempos, representativas da eficiência de corte após o tempo total de desgaste (30 minutos), apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Soma da quantidade de desgaste, em gramas, em função dos grupos experimentais

Repetições	Autoclave	Estufa	Microondas	Glutaraldeído	Controle
	Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_0
1	0,2207	0,2620	0,1779	0,1252	0,2440
2	0,2387	0,2328	0,1409	0,1948	0,2302
3	0,2016	0,1886	0,2133	0,1238	0,2635
4	0,2113	0,2202	0,2084	0,0881	0,2520
5	0,1619	0,0261	0,1862	0,1100	0,2408
6	0,1896	0,2331	0,1918	0,0873	0,2349
7	0,1935	0,2355	0,1918	0,1230	0,2577
8	0,2099	0,2547	0,1795	0,1684	0,3453
9	0,2356	0,2289	0,1990	0,1154	0,2704
10	0,2064	0,2410	0,2246	0,1912	0,2418
11	0,2362	0,2330	0,2771	0,0479	0,3266
12	0,1865	0,2445	0,1851	0,0684	0,2628
Média geral	0,2077	0,2167	0,1980	0,1203	0,2642

Os dados obtidos não se ajustaram às pressuposições para a utilização da ANOVA. Desta forma, para análise dos resultados foi aplicada a análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis e para testar as comparações múltiplas utilizou-se o teste de Dunn (Tabela 3, Tabelas A13 e

A14 do Apêndice), ambos com nível de significância igual a 5%.

Os resultados obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis indicaram diferença entre os grupos experimentais ($p < 0,05$), rejeitando-se então a hipótese de que a esterilização não afeta a eficiência de corte das fresas *carbide* testadas. Os resultados referentes às comparações entre os diferentes métodos de esterilização são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Postos médios e as respectivas diferenças encontradas pela análise de variância de Kruskal-Wallis e pelo teste de Dunn

Grupos	Postos Médios
E ₀ - Controle	51,08 ^a
E ₂ - Estufa	37,63 ^{ab}
E ₁ - Autoclave	29,50 ^b
E ₃ – Microondas	24,88 ^{bc}
E ₄ - Glutaraldeído	9,42 ^c

Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais.

A análise da Tabela 3 indica que as fresas *carbide* esterilizadas em autoclave, as que foram irradiadas e aquelas imersas em substância química, quando comparadas

com as fresas do Grupo controle, apresentaram significativa diminuição da eficiência de corte.

Apesar de os valores obtidos nos Grupos E_1 (autoclave) e E_3 (microondas) serem estatisticamente iguais aos do Grupo E_2 (estufa), eles foram inferiores aos valores do grupo controle; as fresas esterilizadas em microondas tiveram eficiência de corte semelhante à das fresas submetidas à esterilização química.

Durante a execução da metodologia, 15 fresas *carbide* fraturaram: uma fresa pertencente ao Grupo E_1 , 2 fresas do Grupo E_3 e 12 fresas do Grupo E_4 , no qual nenhuma fresa resistiu a mais de 8 ciclos de esterilização.

Este estudo não foi capaz de identificar diferenças estatisticamente significantes entre os métodos físicos de esterilização. Entretanto, pode-se supor que as fresas esterilizadas em calor seco foram as que tiveram melhor desempenho por serem submetidas à esterilização no único método físico estatisticamente igual ao Grupo Controle (E_0). Comportamentos diferentes em relação ao Grupo Controle foram apresentados pelos demais métodos físicos, visto que ambos, Grupo E_1 (autoclave) e Grupo E_3 (microondas), foram estatisticamente diferentes do grupo controle. Com relação ao

desempenho das fresas esterilizadas pela irradiação pode-se supor que tais instrumentos apresentaram o menor desempenho entre os métodos físicos por possuírem um comportamento estatisticamente semelhante aos das fresas do Grupo E₄ (glutaraldeído), que por sua vez, tiveram a pior influência sobre a eficiência de corte das fresas, uma vez que todas elas fraturaram. Desta forma, a esterilização em autoclave que não se diferenciou da esterilização em estufa e nem da esterilização em forno de microondas pode ser considerada um método físico intermediário em relação ao desempenho das fresas.

Os dados originais referentes à quantidade de vidro desgastada por cada corpo-de-prova durante a execução da metodologia constam das Tabelas de A1 a A12 do Apêndice.

6 Discussão

Todos os membros de uma equipe dental têm obrigação moral e ética de oferecer tratamento aos pacientes e realizá-lo em um ambiente livre de infecções potenciais^{40,64}. Segundo Johnson et al.³⁷ pequenos instrumentos pontiagudos são os principais responsáveis pela infecção cruzada por fornecerem maior risco de ferimentos percutâneos ao operador e à equipe. Normas para o controle de infecção foram elaboradas há anos, sendo constantemente aperfeiçoadas. Suas diretrizes estão amplamente disponíveis aos profissionais da área de saúde apesar de sua implantação requerer maior controle e fiscalização por parte dos órgãos governamentais²⁹.

O Ministério da Saúde¹⁰, a American Dental Association² e o Centers for Diseases Control⁴⁰ determinam o uso de procedimentos para o controle de infecção cruzada, recomendando que todos os instrumentos que penetrem nos tecidos ou que tenham contato com membranas mucosas e fluídos orais sejam esterilizados entre os atendimentos de cada paciente.

Entretanto, instrumentos delicados de corte, tais como as fresas *carbide*, freqüentemente geram dúvidas aos cirurgiões-dentistas quanto à segurança do método utilizado e à ausência de danos estruturais nas fresas quando se realiza a esterilização. Esses profissionais muitas vezes associam o uso do calor à perda de corte dos instrumentos e, com isso, usam apenas a desinfecção química³.

Apesar de a maioria dos cirurgiões-dentistas relatar que esterilizam os instrumentos cortantes rotatórios, Zardetto et al.⁸⁷ publicaram dados alarmantes. Embora o método mais utilizado para esterilização de fresas seja a estufa, seguido pelo uso do glutaraldeído 2% e da autoclave, aproximadamente 18% dos profissionais não sabe qual a temperatura e o tempo corretos para a esterilização com calor seco, além de 25% deles interromperem um ciclo de esterilização já iniciado. Outro fator de destaque refere-se ao tempo de imersão para a esterilização dos materiais em glutaraldeído, uma vez que mais de 30% dos profissionais utilizam períodos inferiores a 30 minutos quando o recomendado para a esterilização é de 10 horas.

Dessa forma, este estudo avaliou a influência de três métodos físicos e de um método químico sobre a

eficiência de corte de fresas *carbide*. Como observado no Gráfico 1, independentemente da realização ou não da esterilização, as fresas apresentam reduções na eficiência de corte no decorrer do tempo. Esse mesmo Gráfico mostrou uma oscilação muito grande de comportamento das fresas em função da quantidade de vidro desgastada entre um tempo e outro, o que levou a realização de uma análise comparativa entre os grupos experimentais baseada na soma da quantidade de desgaste realizada por cada fresa no decorrer dos 12 ciclos de uso. Resultados diferentes foram obtidos em função dos Grupos experimentais, o que significa que o processo utilizado por cada método de esterilização possui características específicas, e que devem ser conhecidas por atuarem de diferentes maneiras sobre as fresas.

Neste estudo, o uso da estufa foi considerado o melhor método de esterilização para as fresas *carbide* por ser o único grupo cujos resultados foram estatisticamente iguais aos do Grupo controle (E_0). Tais resultados corroboram os obtidos por Pita⁵⁷ e são justificados pelo fato de a esterilização ocorrer em um ambiente seco, que preserva a integridade do instrumental⁴⁵ não causando corrosão⁹ nas lâminas de corte das fresas⁵¹.

A esterilização com o uso do calor seco (estufa) ocorre em consequência da desidratação dos microrganismos quando expostos ao ar quente. Essa desidratação sobrevém do aquecimento fornecido por dois tipos de ciclos, um longo, com temperatura de 160°C por 2 horas, ou um curto, equivalente a 170°C por uma hora^{9,12}. Esse método é recomendado para a esterilização de artigos críticos que não devem ser submetidos à ação de vapor úmido, tais como os instrumentos de corte ou de pontas que podem ser oxidados pelo vapor²³, sendo o primeiro procedimento de escolha recomendado pelo fabricante das fresas testadas neste estudo⁶³.

Apesar das vantagens de não causar corrosão e esterilizar vários instrumentos ao mesmo tempo, mantendo-os secos⁴⁹, a efetividade da esterilização pelo calor seco pode ser comprometida por depender dos operadores³³, pelo fato do processo demandar maior tempo de espera e não agir sobre líquidos^{9,80}. Sabe-se que a morte dos microrganismos, mesmo os esporos, ocorre segundos após a temperatura de esterilização recomendada ser atingida, porém é necessário um tempo extra para que a temperatura haja sobre todas as superfícies dos instrumentos⁴⁹, sendo inadmissível que o profissional interrompa um ciclo de esterilização iniciado. Além

disso, outra desvantagem relacionada ao seu uso pode ser atribuída ao fato de a distribuição e de a penetração do calor dentro da estufa não ocorrerem de maneira uniforme^{9,80}.

Já o uso da autoclave é um método rápido e seguro que emprega calor úmido em altas temperaturas na forma de vapor saturado sob pressão⁸⁷. Seu efeito letal decorre da ação conjugada da temperatura e da umidade, a qual possibilita a penetração nos materiais porosos e a coagulação das proteínas dos microrganismos²³. Esse método é considerado “absoluto” por ser claramente superior ao uso de estufa e de substâncias químicas em função do poder de penetração do calor, da ampla variedade de materiais sobre os quais pode agir, além de ser menos sensível à falha humana, dificultando interrupções no ciclo de esterilização uma vez que o aparelho é previamente programado^{9,33,49}.

Apesar de sua incontestável eficiência, a utilização da autoclave também apresenta limitações, que estão relacionadas à indução de corrosão em instrumentos de aço comum^{44,49,51} e de aço inoxidável^{15,37,43,57,80}. Alguns equipamentos também apresentam a desvantagem de não possuírem ciclos pré-programados que efetuem a secagem dos instrumentos⁵⁰.

Corroborando dados publicados por outros pesquisadores^{37, 57}, foi verificado neste estudo que o uso da autoclave influenciou negativamente a eficiência de corte das fresas *carbide*. Segundo Johnson et al.³⁷, esse método causa a corrosão de instrumentos cortantes de aço ou de carbono em função do potencial eletroquímico de corrosão, um fenômeno de ocorrência comum em itens metálicos que entram em contato com a água e que pode ser acentuado quando se utiliza a autoclave ou qualquer outro procedimento que envolva água e calor⁵¹.

A corrosão, definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, é gerada por ação química ou eletroquímica do meio ambiente. Trata-se de um processo espontâneo e indesejável que intensifica alterações macro e microestruturais acarretando desgaste, variação de composição, redução da resistência mecânica e do tempo de vida útil, sendo as ligas metálicas mais sujeitas a esse fenômeno que os metais puros^{23,43}. Para a confecção dos instrumentos cortantes rotatórios, são utilizadas várias ligas metálicas diferentes, tais como aço *carbide*, aço carbono, aço inoxidável, tungstênio e níquel-titânio entre outros. As fresas *carbide* utilizadas neste experimento possuem a ponta ativa produzida por um produto sofisticado de metalurgia composto

pela associação de finas partículas de carbeto de tungstênio aglutinadas com uma matriz metálica de cobalto^{46,59} além de outros metais. Mais especificamente, essa porção da fresa é composta por 86,05% de tungstênio, 8,63% de cobalto, 2,69% de carbono, 2,11% de ferro, 0,98% de cromo e 0,46% de alumínio⁵⁷. Após sua confecção, por meio de um processo de soldagem, a ponta ativa da fresa é unida a uma haste metálica confeccionada de aço inoxidável.

Apesar da presença de corrosão nas fresas ser um problema associado à esterilização dos instrumentos, especialmente quando substâncias químicas são utilizadas⁹, o que pode inutilizá-las^{23,37,57}, outros motivos podem influenciar o desempenho de corte das fresas. Segundo Berman⁸, a diminuição da área de contato das lâminas de corte com o substrato é o principal fator determinante da quantidade de desgaste efetuada pela fresa. Entretanto, também são evidenciados na literatura^{34, 57} fatores tais como fraturas das lâminas de corte causadas pela quantidade de carbono e cobalto presentes⁵⁹ e pela dureza do metal^{44,54,71}, perda do fio de corte⁵⁶, design³⁴, composição metalográfica da ponta ativa⁵⁷, processo de manufatura e controle de qualidade.

No passado, os cirurgiões-dentistas verificaram que as fresas *carbide* submetidas à esterilização física por meio da estufa e da autoclave fraturavam após curto período de uso, fato este que motivou a utilização de substâncias químicas para a esterilização^{3,46}.

As substâncias para imersão disponíveis como métodos químicos de esterilização capazes de destruir bactérias, fungos, vírus e esporos são à base de iodo, compostos fenólicos, compostos de cloro ou glutaraldeídos^{3,9,23}. Esse processo de eliminação dos microrganismos é considerado apropriado para a esterilização de materiais sensíveis ao calor^{9,66}, porém apresenta eficácia discutível^{3,45,47,61,72,73} por demandar longos períodos de imersão, pelo fato dos materiais não permanecerem estéreis, uma vez que são esterilizados fora de embalagens⁹, além de requerer um maior número de cuidados e de possuir toxicidade e potencial carcinogênico^{3,9,73}.

Nas recomendações apresentadas nos rótulos da maioria dos produtos à base de glutaraldeído 2% (substância química utilizada neste estudo), os fabricantes ressaltam que é necessário um período de 10 horas de imersão

em recipiente plástico fechado com tampa para que haja esterilização completa^{9,12,87}.

As substâncias indicadas para a esterilização química contêm ingredientes ativos, tais como o glutaraldeído, os quais são agentes potencialmente corrosivos. A corrosão promovida pelo uso dessas substâncias pode comprometer o desempenho das fresas por possuir um efeito microscópico referente ao ataque aos componentes que compõem a fresa e que irá influenciar a eficiência de corte da mesma, além do efeito macroscópico relativo à formação de uma corrente galvânica entre as diferentes partes das fresas (a haste comporta-se como elemento catódico, a área de solda e a ponta ativa como componentes anódicos), o qual promove o enfraquecimento da região de união da haste com a ponta ativa⁶.

Infelizmente, no Brasil, auditorias sobre a realização dos procedimentos de controle de infecção cruzada, tais como os recomendados para a esterilização dos materiais e instrumentos, não são comuns, existindo apenas dados obtidos por meio de entrevistas ou questionários, nos quais se destaca a utilização errônea de substâncias químicas para esterilização. Muitos profissionais realizam a imersão por

períodos inferiores a 30 minutos, não havendo sequer a desinfecção dos instrumentos nesse tempo^{3,23,87}.

Neste estudo, o uso do glutaraldeído foi responsável pelo maior comprometimento do desempenho das fresas *carbide*, visto que apresentou os menores valores de Σ e o menor posto médio além de causar a quebra precoce de todas as fresas do grupo. A deterioração das fresas *carbide* submetidas à esterilização química pôde ser comprovada neste estudo, uma vez que tais instrumentos apresentaram alterações na região de solda visíveis a olho nu, fraturando, na grande maioria das vezes, nessa região, antes mesmo de perderem a eficiência de corte de maneira acentuada. Segundo McLundie⁴⁶, as fresas submetidas à imersão em substâncias químicas podem apresentar diferentes níveis de decomposição do metal, sem que haja, no entanto, um comprometimento significativo das lâminas de corte.

Um outro método de esterilização físico, a irradiação por microondas, tem sido pesquisado em diferentes áreas. As microondas são ondas eletromagnéticas com comprimento menor em relação às ondas radioelétricas, são produzidas pela conversão de energia elétrica em um tubo chamado magnetron, sendo, em seguida, transferidas por um

guia de ondas em todo o interior da cavidade do forno de microondas⁸¹, podendo ser absorvidas, transmitidas ou refletidas pelo material sobre o qual incidem^{25,61}.

Apesar de o mecanismo responsável pela morte dos microrganismos ainda não ter sido elucidado, o efeito letal das microondas já foi comprovado^{4,5,14,79,81}. Enquanto alguns autores afirmam que a morte dos microrganismos irradiados é resultante do aquecimento dos objetos irradiados ou do meio no qual se encontram, sendo um efeito térmico^{36,79,81}, outros, acreditam haver demais efeitos responsáveis por alterações e pela morte celular^{4,14,62}.

O aquecimento promovido pelas microondas, que difere do mecanismo tradicional de condução do calor que ocorre na estufa e na autoclave, provém da vibração molecular^{25,28,35,81}. Essas ondas eletromagnéticas causam uma movimentação das moléculas com cargas assimétricas, tais como proteínas, gorduras e água, por causa da alteração da corrente elétrica. Durante a movimentação, ocorre uma fricção intermolecular que produzirá aumento de temperatura e possíveis alterações nas moléculas afetadas^{25,35,62}.

Esse aquecimento é considerado tão ou até mesmo mais letal aos esporos quanto o aquecimento

convencional^{62,84}; entretanto, segundo alguns autores, a inibição dos microrganismos dependerá da quantidade de água presente^{35,36,79} por estar relacionada a energia absorvida pelo meio em que os microrganismos se encontram.

A diminuição da eficiência de corte das fresas esterilizadas por microondas observada neste estudo pode ser explicada pelos mesmos fatores que causam alterações quando o vapor sob pressão é utilizado, visto que o metal foi submetido ao aumento de temperatura em um ambiente aquoso. A necessidade de as fresas estarem imersas em água explica-se pelo fato do metal ser composto de moléculas apolares³⁵ que refletem as microondas ao invés de absorvê-las, o que acarreta um comprometimento da absorção de energia²⁵, do aquecimento e, conseqüentemente, da eliminação dos microrganismos. Além disso, a água atua como meio absorvente protetor de eventuais danos ao magnetron devido à formação de um arco de energia⁶¹.

Tal como avaliado neste estudo, outros autores também investigaram os efeitos da esterilização por microondas em instrumentos odontológicos ao analisarem o efeito da irradiação sobre o desempenho de taças de borracha

e discos de silício⁷², sobre as características morfológicas^{57,60} e a eficiência de corte de fresas⁵⁷.

Pita⁵⁷ também verificou uma diminuição da eficiência do corte de fresas *carbide* esterilizadas em forno de microondas observando, adicionalmente, a presença de corrosão nas lâminas de corte daquelas fabricadas pela S.S. White. Entretanto, a ausência de alterações superficiais em fresas diamantadas⁶⁰ e um melhor desempenho dos instrumentos indicados para o polimento de restaurações de resina composta⁷² após a irradiação encontram-se relatados na literatura.

Embora tenha sido verificada uma igualdade estatística dos resultados obtidos pelas fresas esterilizadas por microondas, em autoclave e em estufa, a irradiação pode ser considerada o método físico responsável pelo pior desempenho das fresas por fornecer valores semelhantes aos do uso de glutaraldeído 2%, o pior método testado neste estudo. Talvez, essa semelhança estatística entre microondas e glutaraldeído possa ser explicada pela ausência de um ciclo de secagem tal como ocorre na autoclave.

Segundo Dyson, Darvell²⁰, métodos apropriados para avaliar a habilidade de corte de instrumentos

rotatórios são necessários para pesquisas. Ainda que diversos autores tenham analisado diferentes parâmetros relacionados à tal habilidade, a ausência de procedimentos padronizados faz com que os resultados das pesquisas não possam ser aplicados em condições clínicas diretamente, além de dificultarem eventuais comparações.

Neste estudo, a eficiência de corte das fresas após a esterilização por diferentes métodos foi avaliada de maneira indireta pela quantidade de vidro desgastada utilizando-se um aparelho que permitiu a padronização de diversos fatores, como, por exemplo, a força de desgaste exercida, a velocidade de rotação da turbina e a refrigeração, uma vez que tais variáveis, quando não controladas, dificultam a avaliação específica da influência da esterilização sobre as fresas.

Com o mesmo intuito, optou-se pela utilização do vidro como substrato, o qual é recomendado pela American Dental Association¹ como um dos materiais utilizados para testes de durabilidade e eficiência de corte de fresas *carbide*. Esse material destaca-se por apresentar a mesma dureza em toda a sua superfície, diferentemente do dente humano ou do dente bovino já utilizados em outras pesquisas, mas não reflete

condições observadas durante a performance clínica das fresas³².

Apesar de o vidro afetar acentuadamente a eficiência de corte das fresas, acelerando o processo de perda dessa eficiência, o padrão de desgaste do vidro (Gráfico 1) mostrou-se cíclico, sendo semelhante ao citado por Pita⁵⁷ durante o desgaste de dentes bovinos, ou seja, durante o uso, independentemente do material a ser desgastado, as lâminas de corte sofrem microfraturas que contribuem para um aumento da área total de contato e maior eficiência da fresa, mas, quando esses danos se intensificam, a eficiência de corte diminui novamente, e esse processo se repete até que a fresa sofra acentuada diminuição do seu potencial de corte.

Embora tenha sido utilizada uma máquina que permitiu a padronização dos procedimentos de desgaste associada a um substrato que possuía a mesma dureza em toda a sua superfície, os dados obtidos apresentaram uma distribuição não paramétrica desde o primeiro ciclo de uso quando os mesmos procedimentos foram realizados em todas as fresas. Desta forma, esta ausência de normalidade pode ser atribuída à deficiência no controle de qualidade das fresas.

Essas variações também foram observadas quando outros tipos de fresas foram testados por demais pesquisadores^{21,34,86}.

Considerando-se todos os métodos de esterilização avaliados neste estudo, a esterilização química com glutaraldeído pode ser contra-indicada uma vez que foi responsável pela quebra precoce de todas as fresas do Grupo. A esterilização de fresas *carbide* em microondas pode ser indicada para situações emergenciais como, por exemplo, quando durante um atendimento a fresa é contaminada acidentalmente, uma vez que tal método possui vantagens, como menor tempo para a esterilização, facilidade técnica e menores gastos.

7 Conclusão

Diante da metodologia empregada e com as limitações deste estudo experimental in vitro pode-se concluir que:

- a esterilização por calor seco (estufa) não afetou a eficiência de corte das fresas *carbide*;

- a esterilização química pela utilização de glutaraldeído 2% foi o método responsável pelo pior desempenho das fresas *carbide*;

- apesar de não apresentar os melhores resultados, a utilização da autoclave deve ser indicada para a esterilização de fresas *carbide*.

*8 Referências**

1. American Dental Association. Council on Dental Materials and Devices. Revised American Dental Association Specification nº 23 for dental excavating burs. J Am Dent Assoc. 1975; 90: 459-68.
2. American Dental Association. Council on Scientific Affairs and American Dental Association Council on Dental Practice. Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. J Am Dent Assoc. 1996; 127: 672-80.
3. Araújo MAM, Fantinato V. Esterilização e desinfecção de instrumento rotatório. Avaliação de alterações. Rev Bras Odontol. 1994; 51 (4): 2-6.
4. Atmaca S, Akdag Z, Dasdag S, Celik S. Effect of microwaves on survival of some bacterial strains. Acta Microbiol Immunol Hung. 1996; 43: 371-8.
5. Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffects of microwave – a brief review. Bioresour Technol. 2003; 87: 155-9.

* De acordo com o estilo Vancouver. Disponível no site: http://www.nlm.gov/bsd/uniform_requirements.html

6. Bapna MS, Mueller HJ. Corrosion of dental burs in sterilizing and disinfecting solutions. J Prosthet Dent. 1988; 59: 503-11.
7. Baysan A, Whiley R, Wright PS. Use of microwave energy to disinfect a long-term soft lining material contaminated with *Candida albicans* or *Staphylococcus aureus*. J Prosthet Dent. 1998; 79:650-8.
8. Berman MH. Cutting efficiency in complete coverage preparation. J Am Dent Assoc. 1969; 79: 1160-7.
9. Bianchi EC, Silva EJ, Cezar FAG, Aguiar PR, Bianchi ARR, Freitas CA, et al. Aspectos microscópicos da influência dos processos de esterilização em pontas diamantadas. Mater Res. 2003; 6: 203-10.
10. Bilbrough J. Food sterilization by microwave radiation. Non-ioniz Radiat. 1969; 2: 70-2.
11. Border BG, Rice-Spearman L. Microwaves in the laboratory: effective descontamination. Clin Lab Sci. 1999; 12: 156-60.
12. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas da Saúde. Coordenação Nacional de DST e AIDS. Controle de infecções e a prática odontológica em tempos de AIDS: manual de condutas. Brasília: Ministério da Saúde; 2000.

13. Burkhart NW, Crawford J. Critical steps in instrument cleaning: removing debris after sonication. J Am Dent Assoc. 1997; 128: 456-62.
14. Celandroni F, Longo I, Tosoratti N, Gianessi F, Ghelardi E, Salvetti S, et al. Effect of microwave radiation on *Bacillus subtilis* spores. J Appl Microbiol. 2004; 97:1220-7.
15. Cooley RL, Marshall TD, Young JM, Huddleston AM. Effect of sterilization on the strength and cutting efficiency of twist drills. Quintessence Int. 1990; 21: 919-23.
16. Crabbe A, Thompson P. Effects of microwave irradiation on the parameters of hydrogels contact lenses. Optom Vis Sci. 2001; 78: 610-5.
17. Culkin KA, Fungi DIC. Destruction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in microwave cooked-soups. J Milk Food Technol. 1975; 38: 8-15.
18. Dixon DL, Breeding LC, Faler TA. Microwave disinfection of denture base materials colonized with *Candida albicans*. J Prosthet Dent. 1999; 81: 207-14.
19. Doerr RE. Principles associated with the use of highsPEEDS rotatory instruments. Dent Clin North Am. 1967; 11: 22-5.

20. Dyson JR, Darvell BW. The present status of dental rotary cutting performance. *Aust Dent J*. 1995; 40: 50-60.
21. Eames WB, Nale JL. A comparison of cutting efficiency of air-driven fissure burs. *J Am Dent Assoc*. 1973; 86: 412-5.
22. Farias RJM. Esterilização de pontas diamantadas através da energia por microondas [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP. 2003.
23. Ferreira EL, Ferraz GA, Padilha JC, Ruthes S. Avaliação do efeito dos processos de esterilização e desinfecção em brocas de aço carbono e aço de carboneto de tungstênio associados ou não ao uso de lubrificante. *Rev ABO Nac*. 2000/2001; 8: 375-81.
24. Fichman DM, Curti AC, Kiyohara PK, Collesi JPP. Alterações morfológicas observadas em brocas devidas ao desgaste de estrutura dental e ao polimento de amálgama. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 1981; 35: 354-60.
25. Fini A, Breccia A. Chemistry by microwaves. *Pure Appl Chem*. 1999; 71: 573-9.

26. Fontana UF, Dinelli W, Gabrielli F, Fontana RHBTS, Angelier LMDF. Estudo comparativo da eficiência de instrumentos rotatórios de carboneto de tungstênio e diamante. Análise gravimétrica. Efeito de tempo e procedência do instrumento. Rev Assoc Paul Cir Dent 1985; 39: 54-63.
27. Freire CBRC, Freitas CA, Francisconi PAS. Avaliação do desempenho de pontas diamantadas. Rev Fac Odontol Bauru. 1996; 4: 17-23.
28. Goldblith SA. Basic principles of microwaves and recent developments. Adv Food Res. 1966; 15: 277-301.
29. Gordon BL, Burke FJT, Bagg J, Marlborough HS, McHugh ES. Systematic review of adherence to infection control guidelines in dentistry. J Dent. 2001; 29: 509-16.
30. Graziano KU, Silva A, Bianchi ERF. Esterilização de material médico-cirúrgico utilizando o forno de microondas. Rev Esc Enf. 1987; 21: 293-4.
31. Gupta R, Tewari S. Effect of rotary instrumentation on composite bond strength with simulated pulpal pressure. Oper Dent. 2006; 31: 188-96.
32. Hartley JL, Hudson DC, Sweeney WT, Dickon G. Methods for evaluation of rotating diamond-abrasive dental instruments. J Am Dent Assoc. 1957; 54: 637-44.

33. Hastreiter RJ, Molinari JA, Falken MC, Roesch MH, Gleason MJ, Merchant VA. Effectiveness of dental office instrument sterilization procedures. J Am Dent Assoc. 1991; 122:51-6.
34. Henry EE, Peyton FA. The relationship between design and cutting efficiency of dental burs. J Dent Res. 1955; 33: 281-92.
35. Hume WR, Makinson OF. Sterilizing dental instruments: evaluation of lubricating oils and microwave radiation. Oper Dent. 1978; 3:93-6.
36. Jeng DK, Kaczmarek KA, Woodworth AG, Balasky G. Mechanism of microwave sterilization in the dry state. Appl Environ Microbiol. 1987; 53:2133-7.
37. Johnson GK, Perry FU, Pelleu GB. Effect of four anticorrosive dips on the cutting efficiency of dental carbide burs. J Am Dent Assoc. 1987; 114: 648-50.
38. Kindle G, Busse A, Kampa D, Meyer-Konig U, Daschner FD. Killing activity of microwaves in milk. J Hosp Infect. 1996; 33: 273-8.
39. King DR, Reitz CD, King AC. Cutting efficiency of carbide burs on two composite resins. J Can Dent Assoc. 1982; 48: 263-5.

40. Kohn WG, Harte JA, Malvitz DM, Collins SA, Cleveland JL, Eklund KJ. Guidelines for infection control in dental health care settings – 2003. J Am Dent Assoc. 2004; 135: 33-47.
41. Liao WM, Taira M, Ohmoto K, Shintani H, Yamaki M. Studies on dental high-speed cutting. J Oral Rehabil. 1995; 22: 67-72.
42. Lloyd BA, Rich JA, Brown WS. Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high-speed dental drills. J Dent Res. 1978; 57: 675-84.
43. Lopes HP, Elias CN, Costa-Filho AS. Avaliação da corrosão e brocas gates-glidden. Rev Bras Odontol. 1992; 49 (2):32-5.
44. Luebke NH, Chan KC, Bramson JB. The cutting effectiveness of carbide fissure burs on teeth. J Prosthet Dent. 1980; 43: 42-5.
45. Machado GL, Kather JM. Estudo do controle da infecção cruzada utilizada pelos cirurgiões dentistas de Taubaté. Rev Bioc. 2002; 8: 1-8.
46. McLundie AC. The effects of various methods of sterilization and disinfection on tungsten – carbide burs. Br Dent J. 1974; 137: 49-55.

47. Medeiros PJ, Tinoco E, Uzeda M. Avaliação de quatro métodos para esterilização de instrumentos de Odontologia. *Rev Bras Odontol.* 1990; 47: 30-2.
48. Meller C, Nourallah AW, Heyduck C, Steffen H, Splieth CH. Chemo-mechanical dentine caries removal with Carisolv using a rotating brush. *Eur J Paediatr Dent.* 2006; 7: 73-6.
49. Miller CH. Cleaning, sterilization and disinfection: basics of microbial killing for infection control. *J Am Dent.* 1993; 124: 48-56.
50. Miller CH. Instrument sterilization and beyond. *Am J Dent.* 2002; 15: 137-8.
51. Miller CH. Tips on preparing instruments for sterilization. *Am J Dent.* 2002; 15: 66.
52. Molinari J. Dental infection control at the year 2000: accomplishment recognized. *J Am Dent Assoc.* 1999; 130:1291-8.
53. Ohmoto K, Taira M, Shintani H, Yamaki M. Studies on dental high-speed cutting with carbide burs used on bovine dentin. *J Prosthet Dent.* 1994; 71: 319-23.
54. Patterson CJW, McLundie AC. The effect of ultrasonic cleaning and autoclaving on tungsten carbide burs. *Br Dent J.* 1988; 164: 113-5.

55. Pileggi-Vinha P, Pécora JD. Comparação da eficácia de três técnicas de limpeza de brocas odontológicas. Rev Bras Odontol. 1994; 51: 18-23.
56. Pines M, Schulman A. Characterization of wear of tungsten carbide burs. J Am Dent Assoc. 1979; 99:831-3.
57. Pita APG. Efeito do método de esterilização e do tempo de uso sobre a eficiência de corte de fresas *carbide* [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP. 2005.
58. Polyzois GL, Zissis AJ, Yannikakis SA. The effect of glutaraldehyde and microwave disinfection on some properties of acrylic denture resin. Int J Prosthodont. 1995; 8: 150-4.
59. Reisbick MH, Bunshah RF. Wear characteristics of burs. J Dent Res. 1973; 52: 1138-46.
60. Rizzo R. Gli effetti della sterilizzazione con microonde sulle frese diamantate. Minerva Stomatol. 1993; 42: 93-6.
61. Rohrer M, Bulard R. Microwave sterilization. J Am Dent Assoc. 1985; 110: 194-8.
62. Rosaspina S, Salvatorelli G, Anzanel D. The bactericidal effect of microwaves on mycobacterium bovis dried on scalpel blades. J Hosp Infect. 1994; 26: 45-50.

63. S.S.White Artigos Dentários Ltda. Bula para o uso de brocas carbide. 2007 [citado em 2007 Jan 05]. Disponível em: <http://www.sswwhite.com.br>.
64. Samaranayake L. Rules of infection control. *Int Dent J*. 1993; 43:578-84.
65. Santana IL. Estudo comparativo da eficiência de desgaste de pontas diamantadas em função do tipo de esterilização, tempo de utilização e procedência do instrumento [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2000.
66. Savage NW, Walsh LJ. The use of autoclaves in the dental surgery. *Aust Dent J*. 1995; 40: 197-200.
67. Schuchard A, Watkins EC. Cutting effectiveness of tungsten carbide burs and diamond points at ultrahigh rotational speeds. *J Prosthet Dent*. 1967; 18: 58-65.
68. Semmelman JO, Kulp PR, Kurlansik L. Cutting studies at air-turbine speeds. *J Dent Res*. 1961; 40: 404-10.
69. Siegel SC, Von Fraunhofer JA. Comparison of sectioning rates among carbide and diamond burs using three casting alloys. *J Prosthodont*. 1999; 8: 240-4.
70. Siegel SC, Von Fraunhofer JA. Dental burs – what bur for which application? A survey of dental schools. *J Prosthodont*. 1999; 8: 258-63.

71. Tanaka N, Taira M, Wakasa K, Shintani H, Yamaki M. Cutting effectiveness and wear of carbide burs on eight machinable ceramics and bovine dentin. *Dent Mater.* 1991; 7:247-53.
72. Tate WH, Goldschmidt MC, Powers JM. Performance of composite finishing and polishing instruments after sterilization. *Am J Dent.* 1996; 9: 61-4.
73. Tate WH, Goldschmidt MC, Ward MT, Grant RL. Disinfection and sterilization of composite polishing instruments. *Am J Dent.* 1995; 8: 270-2.
74. Tavares da Silva RHB, Pimenta FB, Pita APG. Pontas diamantadas: eficiência de corte após limpeza. *RGO.* 2002; 50: 225-30.
75. Tavares da Silva RHB, Miranda AF, Pimenta FB, Pita APG, Pinelli LAP. Efeito da desinfecção química sobre a eficiência de corte de pontas diamantadas. *Rev Odontol UNESP.* 2002; 31: 259-68.
76. Teixeira M, Santos MV. Responsabilidade no controle de infecção. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 1999; 53: 177-89.
77. Van de Waa CD, Falls S. High Speed rotary instruments in operative dentistry: review of the literature. *J Am Dent Assoc.* 1956; 53: 298-304.

78. Vaz JC, Steagall L, Issao M. Eficiência de instrumentos de diamante no desgaste do esmalte de dentes humanos e vidro. Ensaio preliminar com instrumentos nacionais e estrangeiros. Rev Assoc Paul Cir Dent. 1981; 35: 82-91.
79. Vela GR, Wu JF. Mechanism of lethal action of 2.450 MHz radiation on microorganism. Appl Environ Microbiol. 1979; 37: 550-3.
80. Viana AC, Gonzalez BM, Buono VT, Bahia MG. Influence of sterilization on mechanical properties and fatigue resistance of nickel-titanium rotary endodontic instruments. Int Endod J. 2006; 39:709-15.
81. Watanabe K, Kakita Y, Kashige N, Miake F, Tsukiji T. Effect of ionic strength on the inactivation of microorganisms by microwave irradiation. Lett Appl Microbiol. 2000; 31: 52-6.
82. Watson TF, Cook RJ. The influence of bur blade concentricity on high-speed tooth-cutting interactions: a video-rate confocal microscopic study. J Dent Res. 1995; 74: 1749-55.
83. Webb BC, Thomas CJ, Harty DW, Willcox MD. Effectiveness of two methods of denture sterilization. J Oral Rehabil. 1998; 25: 416-23.

84. Welt BA, Tong CH, Rossen JL, Lund DB. Effect of microwave radiation on inactivation of *Clostridium sporogenes*. Appl Environ Microbiol 1994; 60:482-8.
85. Whitworth CL, Martin MV, Gallagher M, Worthington HV. A comparison of decontamination methods used for dental burs. Br Dent J. 2004; 197: 635-40.
86. Wilwerding T, Aiello A. Comparative efficiency testing 330 carbide dental burs utilizing Macor substrate. Pediatr Dent. 1990; 12: 170-1.
87. Zardetto CGC, Guaré RO, Ciamponi AL. Biossegurança: conhecimento do cirurgião-dentista sobre esterilização do instrumental clínico. RPG Rev Pós Grad. 1999; 6: 238-44.

9 Apêndices

Tabela A1 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais referentes ao primeiro ciclo de desgaste

Repetições	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₀
1	0,0235	0,0273	0,0183	0,0279	0,0307
2	0,0332	0,0226	0,0216	0,0215	0,0220
3	0,0213	0,0241	0,0231	0,0214	0,0184
4	0,0198	0,0153	0,0256	0,0350	0,0272
5	0,0264	0,0210	0,0392	0,0271	0,0323
6	0,0280	0,0199	0,0234	0,0222	0,0333
7	0,0258	0,0230	0,0346	0,0298	0,0334
8	0,0317	0,0264	0,0345	0,0191	0,0287
9	0,0246	0,0247	0,0229	0,0252	0,0423
10	0,0363	0,0251	0,0378	0,0258	0,0272
11	0,0259	0,0203	0,1249	0,0216	0,0337
12	0,0281	0,0239	0,0298	0,0351	0,0276
Soma Σ	0,3246	0,2736	0,4357	0,3117	0,3568

Tabela A2 - Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 2 ciclos de desgaste e 1 ciclo de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0248	0,0260	0,0225	0,0306	0,0121
2	0,0178	0,0213	0,0114	0,0270	0,0078
3	0,0279	0,0278	0,0162	0,0292	0,0265
4	0,0233	0,0229	0,0213	0,0314	0,0411
5	0,0202	0,0051	0,0176	0,0294	0,0404
6	0,0304	0,0185	0,0224	0,0372	0,0349
7	0,0239	0,0180	0,0345	0,0300	0,0272
8	0,0269	0,0254	0,0213	0,0261	0,1274
9	0,0305	0,0277	0,0288	0,0181	0,0281
10	0,0242	0,0292	0,0219	0,0139	0,0297
11	0,0262	0,0174	0,0133	0,0193	0,0195
12	0,0205	0,0159	0,0178	0,0333	0,0207
Soma Σ	0,2966	0,2552	0,249	0,3255	0,4154

Tabela A3 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 3 ciclos de desgaste e 2 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₀
1	0,0216	0,0301	0,0139	0,0077	0,0219
2	0,0123	0,0289	0,0173	0,0196	0,0189
3	0,0116	0,0317	0,0190	0,0081	0,0176
4	0,0309	0,0281	0,0273	0,0217	0,0277
5	0,0106	0,0000	0,0206	0,0156	0,0362
6	0,0203	0,0248	0,0259	0,0203	0,0190
7	0,0215	0,0196	0,0143	0,0150	0,0247
8	0,0277	0,0268	0,0174	0,0199	0,0270
9	0,0267	0,0204	0,0238	0,0218	0,0176
10	0,0163	0,0210	0,0249	0,0195	0,0215
11	0,0203	0,0173	0,0189	0,0070	0,0305
12	0,0247	0,0237	0,0315	0,0000	0,0331
Soma Σ	0,2445	0,2724	0,2548	0,1762	0,2957

Tabela A4 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 4 ciclos de desgaste e 3 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₀
1	0,0284	0,0208	0,0108	0,0138	0,0202
2	0,0170	0,0250	0,0113	0,0255	0,0257
3	0,0213	0,0132	0,0218	0,0175	0,0243
4	0,0121	0,0154	0,0281	0,0000	0,0190
5	0,0231	0,0000	0,0136	0,0163	0,0154
6	0,0286	0,0204	0,0164	0,0076	0,0225
7	0,0170	0,0190	0,0254	0,0246	0,0298
8	0,0202	0,0208	0,0226	0,0190	0,0242
9	0,0209	0,0159	0,0205	0,0254	0,0297
10	0,0187	0,0134	0,0221	0,0212	0,0211
11	0,0273	0,0277	0,0205	0,0000	0,0235
12	0,0151	0,0266	0,0171	0,0000	0,0211
Soma Σ	0,2497	0,2182	0,2302	0,1709	0,2765

Tabela A5 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 5 ciclos de desgaste e 4 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0139	0,0332	0,0326	0,0114	0,0246
2	0,0259	0,0213	0,0216	0,0285	0,0265
3	0,0113	0,0238	0,0253	0,0150	0,0306
4	0,0103	0,0210	0,0182	0,0000	0,0129
5	0,0130	0,0000	0,0209	0,0216	0,0230
6	0,0196	0,0270	0,0120	0,0000	0,0234
7	0,0090	0,0207	0,0169	0,0236	0,0279
8	0,0140	0,0264	0,0118	0,0154	0,0228
9	0,0184	0,0244	0,0116	0,0178	0,0279
10	0,0206	0,0237	0,0114	0,0354	0,0254
11	0,0103	0,0220	0,0234	0,0000	0,0831
12	0,0075	0,0273	0,0143	0,0000	0,0350
Soma Σ	0,1738	0,2708	0,22	0,1687	0,3631

Tabela A6 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 6 ciclos de desgaste e 5 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0134	0,0242	0,0223	0,0181	0,0128
2	0,0225	0,0322	0,0139	0,0229	0,0105
3	0,0309	0,0214	0,0212	0,0228	0,0178
4	0,0180	0,0242	0,0281	0,0000	0,0253
5	0,0136	0,0000	0,0250	0,0000	0,0142
6	0,0118	0,0222	0,0108	0,0000	0,0248
7	0,0228	0,0327	0,0133	0,0000	0,0199
8	0,0214	0,0236	0,0120	0,0166	0,0259
9	0,0197	0,0219	0,0141	0,0071	0,0181
10	0,0115	0,0229	0,0235	0,0754	0,0328
11	0,0251	0,0319	0,0170	0,0000	0,0298
12	0,0148	0,0167	0,0098	0,0000	0,0200
Soma Σ	0,2255	0,2739	0,211	0,1629	0,2519

Tabela A7 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 7 ciclos de desgaste e 6 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0153	0,0129	0,0147	0,0157	0,0215
2	0,0106	0,0148	0,0071	0,0166	0,0238
3	0,0097	0,0129	0,0161	0,0098	0,0284
4	0,0107	0,0225	0,0201	0,0000	0,0210
5	0,0101	0,0000	0,0157	0,0000	0,0179
6	0,0081	0,0203	0,0157	0,0000	0,0129
7	0,0106	0,0283	0,0154	0,0000	0,0264
8	0,0180	0,0171	0,0101	0,0123	0,0117
9	0,0261	0,0192	0,0206	0,0000	0,0248
10	0,0165	0,0174	0,0247	0,0000	0,0153
11	0,0213	0,0140	0,0179	0,0000	0,0197
12	0,0182	0,0256	0,0177	0,0000	0,0224
Soma Σ	0,1752	0,205	0,1958	0,0544	0,2458

Tabela A8 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 8 ciclos de desgaste e 7 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0155	0,0023	0,0102	0,0000	0,0203
2	0,0027	0,0084	0,0108	0,0215	0,0132
3	0,0148	0,0132	0,0224	0,0000	0,0205
4	0,0227	0,0264	0,0097	0,0000	0,0188
5	0,0078	0,0000	0,0111	0,0000	0,0160
6	0,0099	0,0202	0,0160	0,0000	0,0192
7	0,0122	0,0198	0,0171	0,0000	0,0178
8	0,0039	0,0271	0,0128	0,0400	0,0230
9	0,0071	0,0199	0,0154	0,0000	0,0154
10	0,0118	0,0119	0,0187	0,0000	0,0093
11	0,0106	0,0198	0,0172	0,0000	0,0210
12	0,0123	0,0186	0,0141	0,0000	0,0270
Soma Σ	0,1313	0,1876	0,1755	0,0615	0,2215

Tabela A9 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 9 ciclos de desgaste e 8 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0209	0,0198	0,0139	0,0000	0,0219
2	0,0111	0,0015	0,0098	0,0117	0,0263
3	0,0197	0,0092	0,0299	0,0000	0,0258
4	0,0120	0,0019	0,0099	0,0000	0,0204
5	0,0102	0,0000	0,0072	0,0000	0,0090
6	0,0083	0,0031	0,0111	0,0000	0,0090
7	0,0141	0,0030	0,0081	0,0000	0,0073
8	0,0105	0,0175	0,0107	0,0000	0,0098
9	0,0136	0,0087	0,0174	0,0000	0,0194
10	0,0117	0,0128	0,0086	0,0000	0,0072
11	0,0220	0,0135	0,0122	0,0000	0,0151
12	0,0121	0,0139	0,0127	0,0000	0,0123
Soma Σ	0,1662	0,1049	0,1515	0,0117	0,1835

Tabela A10 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 10 ciclos de desgaste e 9 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0147	0,0180	0,0075	0,0000	0,0183
2	0,0409	0,0217	0,0073	0,0000	0,0128
3	0,0094	0,0113	0,0064	0,0000	0,0248
4	0,0068	0,0135	0,0055	0,0000	0,0258
5	0,0127	0,0000	0,0051	0,0000	0,0065
6	0,0071	0,0231	0,0096	0,0000	0,0133
7	0,0117	0,0214	0,0049	0,0000	0,0129
8	0,0143	0,0129	0,0148	0,0000	0,0080
9	0,0258	0,0231	0,0069	0,0000	0,0106
10	0,0197	0,0242	0,0159	0,0000	0,0153
11	0,0261	0,0189	0,0040	0,0000	0,0144
12	0,0164	0,0188	0,0130	0,0000	0,0112
Soma Σ	0,2056	0,2069	0,1009	0	0,1739

Tabela A11 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 11 ciclos de desgaste e 10 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0132	0,0226	0,0088	0,0000	0,0130
2	0,0264	0,0062	0,0067	0,0000	0,0199
3	0,0144	0,0000	0,0101	0,0000	0,0168
4	0,0319	0,0136	0,0118	0,0000	0,0056
5	0,0037	0,0000	0,0065	0,0000	0,0205
6	0,0079	0,0132	0,0225	0,0000	0,0166
7	0,0153	0,0109	0,0064	0,0000	0,0149
8	0,0109	0,0185	0,0081	0,0000	0,0251
9	0,0110	0,0077	0,0122	0,0000	0,0158
10	0,0096	0,0222	0,0071	0,0000	0,0185
11	0,0098	0,0185	0,0078	0,0000	0,0241
12	0,0086	0,0102	0,0073	0,0000	0,0241
Soma Σ	0,1627	0,1436	0,1153	0	0,2149

Tabela A12 – Valores de desgaste, em gramas, dos diferentes grupos experimentais após 12 ciclos de desgaste e 11 ciclos de esterilização

Repetições	Grupo E₁	Grupo E₂	Grupo E₃	Grupo E₄	Grupo E₀
1	0,0155	0,0248	0,0024	0,0000	0,0267
2	0,0183	0,0289	0,0021	0,0000	0,0228
3	0,0093	0,0000	0,0018	0,0000	0,0120
4	0,0128	0,0154	0,0028	0,0000	0,0072
5	0,0105	0,0000	0,0037	0,0000	0,0094
6	0,0096	0,0204	0,0060	0,0000	0,0060
7	0,0096	0,0191	0,0009	0,0000	0,0155
8	0,0104	0,0122	0,0034	0,0000	0,0117
9	0,0112	0,0153	0,0048	0,0000	0,0207
10	0,0095	0,0172	0,0080	0,0000	0,0185
11	0,0113	0,0117	0,0000	0,0000	0,0122
12	0,0082	0,0233	0,0000	0,0000	0,0083
Soma Σ	0,1362	0,1883	0,0359	0	0,171

Tabela A13 – Valores referentes aos ranks e postos médios fornecidos pelo teste de Kruskal-Wallis para cada grupo experimental

Grupos	Ranks	Postos Médios
E ₁	354,00	29,50
E ₂	451,50	37,63
E ₃	298,50	24,88
E ₄	113,00	9,42
E ₀	613,00	51,08

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado – 37,45

p < 0,05

Tabela A14 – Diferenças dos postos médios/z calculado referentes ao teste de Kruskal-Wallis

	Grupo E ₁	Grupo E ₂	Grupo E ₃	Grupo E ₄
Grupo E₂	8,13/1,14			
Grupo E₃	4,63/0,65	12,75/1,79		
Grupo E₄	20,08/2,82	28,21/3,96*	15,46/2,17	
Grupo E₀	21,58/3,03*	13,46/1,89	26,21/3,68*	41,67/5,84*

z crítico = 2,87

* p < 0,05

Autorizo a reprodução deste trabalho.

Araraquara, 28 de março de 2007.

LAIZA MARIA GRASSI FAIS