

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

HAMILTON SANTOS XAVIER

ANÁLISE POR PERFILOMETRIA E TOMOGRAFIA DE
COERÊNCIA ÓPTICA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DO
DESGASTE DO ESMALTE BOVINO MICROABRASIONADO

VITÓRIA

2011

HAMILTON SANTOS XAVIER

**ANÁLISE POR PERFILOMETRIA E TOMOGRAFIA DE
COERÊNCIA ÓPTICA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DO
DESGASTE DO ESMALTE BOVINO MICROABRASIONADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do Grau de Mestre em Clínica Odontológica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Faria Sanglard

VITÓRIA

2011

X3i Xavier, Hamilton Santos.
Análise por perfilometria e tomografia de coerência óptica da rugosidade superficial e do desgaste do esmalte bovino microabrasionado / Hamilton Santos Xavier. – 2011.
124 f. : il.

Orientador: Luciana Faria Sanglard.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica.

1. Microabrasão do esmalte. 2. Desgaste dos dentes. 3. Tomografia de Coerência Óptica. 4. Propriedades de superfície. I. Sanglard, Luciana Faria. II. Universidade Federal do Espírito Santo. III. Título.

CDD – 617.695
CDU – 616.314-7

DEDICATÓRIA

À minha querida esposa Valéria, pelo companheirismo, amizade, amor, compreensão. Você e nossos filhos foram os principais responsáveis por eu ter assumido, nesta fase de minha vida, uma postura extremamente perseverante e acreditar, mais uma vez, que tudo é possível. Nós dois sabemos o que significou este trabalho.

Muito obrigado !



Aos meus “Grandes” filhos e amigos, Eduardo, Cláudio e Hamilton. Só quem os tem sabe o significado pleno da palavra família.

Amo vocês !

AGRADECIMENTO ESPECIAL

*À Professora Doutora **Luciana Faria Sanglard**, minha orientadora e amiga, muito obrigado por me ensinar a gostar da pesquisa, por disponibilizar de tantos dias, afastando-se de sua família - e aqui faço meus agradecimentos ao Marlon e D. Arlene -, trabalho e lazer, para acompanhar todas as etapas desta pesquisa, aqui em Vitória, nos laboratórios de Odontologia e Engenharia da UFES, e em São Paulo, na USP, nos laboratórios do IPEN. Você é um grande exemplo de orientadora e pesquisadora. Pessoas honestas e íntegras, como você, dignificam nosso meio acadêmico.*

Luciana, agradeço a Deus por tê-la conhecido.

Sinceramente, minha eterna gratidão!

Hamilton Xavier

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a DEUS por minha vida, saúde e família.

À minha mãe, Layr, luz constante em minha vida, ao fazer-me entender que a vida se resume ao amor ao próximo e a saber perdoar.

Ao meu pai, José Barnis, por minha formação como homem, cidadão e Pai.

Ao Doutor Antônio Carlos Barleta, médico veterinário do Ministério da Agricultura (ES), por sua disponibilidade e orientações na obtenção dos dentes bovinos.

Ao abatedouro Mafrical (Frigorífico Cariacica S.A., Cariacica, ES).

A PRPPG por apoiar financeiramente parte deste trabalho, facilitando as viagens à São Paulo.

À FAESA Campus II, por ceder o Laboratório de Microscopia para análise dos dentes.

Ao Professor Doutor Ângelo Gil Pezzino Rangel, por viabilizar parte desta pesquisa nos laboratórios da Engenharia Mecânica da UFES.

Ao Professor Doutor Flávio José da Silva do Departamento de Engenharia Mecânica da UFES, pela sua paciência e boa vontade nas orientações durante os testes de rugosidade, fundamentais no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Anderson Zanardi de Freitas, pela receptividade, orientações durante as análises Tomográficas e por abrir as portas dos laboratórios do Centro de Laser e Aplicações do IPEN (USP).

À Professora Doutora Selva Maria Gonçalves Guerra, Coordenadora deste Mestrado, parabenizando-a por sua coragem e determinação.

À Professora Doutora Karla Corrêa Barcelos Xavier pela amizade, pelos conselhos e sugestões na elaboração e correção deste trabalho.

À Professora Doutora Flávia Bittencourt Pazinato, pela atenção e orientações dadas na correção do trabalho.

À Professora Doutora Ana Maria Martins Gomes pela disponibilidade em auxiliar nos trâmites burocráticos pertinentes à orientação deste trabalho.

Ao meu amigo e Professor Sávio Domingues da Rocha Pereira pelo companheirismo e ajuda nas traduções.

Ao meu filho Hamilton Beiruth Xavier, Engenheiro Químico e aluno do Mestrado em Energia pelo PRPPG / UFES (CEUNES), pelas correções, traduções, formatações e orientações nos conteúdos da engenharia pertinentes a este trabalho.

Ao meu sobrinho e afilhado Aziz Xavier Beiruth, Engenheiro Civil, Bacharel em Ciências Contábeis e aluno do Mestrado em Controladoria e Contabilidade – PRPPG - FEA / USP, pela ajuda nas buscas de artigos e livros de engenharia junto a biblioteca da USP.

A todos os nossos Professores do Mestrado, o meu muito obrigado pelos ensinamentos e troca de experiências.

À Bibliotecária Marcela Caminoti Brunhara, por sua atenção e dedicação.

Ao Fabiano José Pereira de Oliveira pela análise estatística e valiosa contribuição.

À Professora Nina Rosa Zogbi pela correção do texto.

À Suellen Torres de Oliveira, minha colega e dupla nos intermináveis seminários.

Aos meus colegas de Mestrado, pelo convívio e aprendizado ao longo destes dois anos de Curso.

RESUMO

Os objetivos do estudo foram analisar por Perfilometria Digital 3D (P) a rugosidade superficial e o desgaste, e por Tomografia de Coerência Óptica (OCT) o desgaste do esmalte bovino microabrasionado. Para tanto, 18 dentes bovinos foram planificados, polidos e microabrasionados com Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes e Opalustre[®], sob ação das pontas aplicadoras Taça(T), Cônica(C) e Opal Cups[®](O), sendo 6 aplicações, intercaladas por lavagem (20seg) e secagem (20seg), de 10seg, sob 30g de carga, em baixa rotação (12.000rpm). As medidas de rugosidade superficial e desgaste foram realizadas antes e após a microabrasão. Observou-se diferença estatística na rugosidade superficial final entre as pontas, tanto para Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes (T=0,384 μ m; C=0,305 μ m; O=0,442 μ m, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$) quanto para Opalustre[®] (T=0,434 μ m; C=0,526 μ m; O=0,274 μ m; Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$). Na análise do desgaste, pelos dois equipamentos, observou-se que ambos os materiais associados à Taça (P: Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes=167,3000 μ m e Opalustre[®]=225,2000 μ m; OCT: Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes=163,6890 μ m e Opalustre[®]=208,6460 μ m) promoveram maiores valores de desgaste do que quando associados às outras pontas, Opal Cups[®] (P: Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes=78,1000 μ m e Opalustre[®]=95,5000 μ m; OCT: Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes=55,3310 μ m e Opalustre[®]=99,7115 μ m) e ponta Cônica (P: Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes=44,7000 μ m e Opalustre[®]=76,2000 μ m; OCT: Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes=42,3630 μ m e Opalustre[®]=69,1650 μ m, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$). Não houve diferença estatística na comparação dos grupos entre equipamentos (Mann-Whitney, $p > 0,05$). Concluiu-se que a rugosidade superficial variou conforme o tipo de ponta em ambos os materiais, sendo que Ácido fosfórico + Pedra-Pomes com ponta Cônica e Opalustre[®] com Opal Cups[®] promoveram menor rugosidade superficial; que o desgaste também variou conforme a ponta usada, igualmente para ambos os materiais, sendo a ponta Cônica a que promoveu o menor desgaste, confirmado pelos dois equipamentos, provando ser a técnica de Tomografia de Coerência Óptica um método de aferição de desgaste confiável.

Palavras-chave: Microabrasão do esmalte. Desgaste dos dentes. Tomografia de Coerência Óptica. Propriedades de superfície.

ABSTRACT

The objectives of this study in bovine enamel that had been microabraded were analyze superficial roughness and weariness using 3D Digital Profilometry (P) and weariness using Optical Coherence Tomography (OCT). In order to do so, 18 bovine teeth were flattened, polished and microabraded with Fosforic Acid + Pumice and Opalustre[®], applied with the different tips: Cup(T), Conical(C) and Opal Cups[®](O). There were 06 applications (10 seconds each) shifting washing (20 seconds) and drying (20 seconds) under 30 gram load in lower rotation (12,000 rpm). Superficial roughness and weariness measurements were taken before and after the microabrasion processes. It was noticed statistically difference in superficial roughness among tips as to Fosforic Acid + Pumice (T=0.384 μ m; C=0.305 μ m; O=0.442 μ m, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, p<0.05) as to Opalustre[®] (T=0.434 μ m; C=0.526 μ m; O=0.274 μ m; Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, p<0.05). In the weariness analysis using both devices it was noticed that both materials applied with Cup (P: Fosforic Acid + Pumice=167.300 μ m and Opalustre[®]=225.2000 μ m; OCT: Fosforic Acid + Pumice=163.6890 μ m and Opalustre[®]=208.6460 μ m) showed greater weariness values than the other tips associations, Opal Cups[®] (P: Fosforic Acid + Pumice=78.1000 μ m and Opalustre[®]=95.5000 μ m; OCT: Fosforic Acid + Pumice=55.3310 μ m and Opalustre[®]=99.7115 μ m) and conic tip (P: Fosforic Acid + Pumice=44.7000 μ m and Opalustre[®]=76.2000 μ m; OCT: Fosforic Acid + Pumice=42.3630 μ m and Opalustre[®]=69.1650 μ m, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, p<0.05). There was no statistic difference comparing groups between equipments (Mann-Whitney, p>0.05). It was concluded that superficial roughness changed according to the type of tip in both materials, Fosforic Acid + Pumice with Conic tip and Opalustre[®] with Opal Cups[®] showed the lower superficial roughness; weariness also changed according to the used tip, likewise for both materials, Conic tip showed the lower weariness, confirmed by both devices, proving that Optical Coherence Tomography is a reliable method to weariness measurement.

Keywords: Enamel microabrasion. Tooth wear. Tomography, Optical Coherence. Surface properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil real e efetivo.....	26
Figura 2: Percurso da ponta apalpadora sobre a superfície. λ_c – comprimento de amostragem (<i>cut-off</i>); l_v – percurso para calibragem (Inicial/Final); l_m – percurso de medição (mensuração); l_t – percurso total.	27
Figura 3: Região de atuação, resolução e profundidade, de técnicas de diagnóstico por imagem. A técnica de Microscopia Confocal apresenta alta resolução e baixa penetração; já o ultrassom baixa resolução e alta penetração. A técnica OCT atua numa região em que as técnicas mencionadas não podem atuar.	41
Figura 4: A imagem representa uma amostra da superfície polida da face vestibular de um incisivo inferior bovino usada no presente estudo, sendo: E- Esmalte dental, JAD- Junção Amelodentinária, D- Dentina, *- Ar, em análise realizada pela técnica OCT.....	42
Figura 5: Ilustração esquemática básica de um arranjo OCT, no qual o coração do sistema é um interferômetro de Michelson. A fonte luminosa ilumina os dois braços do interferômetro. A posição do espelho de referência determina a profundidade a ser “observada” na amostra, pelo tempo de vôo dos fótons. Junto ao detector, está ilustrada a formação de uma imagem OCT. A linha curva projeta o tamanho do braço de referência sobre o braço da amostra, e relaciona ambos com a imagem formada.	43
Figura 6: Sinal de OCT para uma região sadia do dente; a faixa cinza clara representa a região de ar antes da superfície da amostra; em cinza médio a região do esmalte do dente e em cinza escuro a representação da região correspondente á dentina.	44
Figura 7: (a) Obtenção dos dentes bovinos. (b) Limpeza dos dentes bovinos.....	47
Figura 8: Preparo dos espécimes. (a) Imagem lateral da coroa dental seccionada. (b) Amostra obtida a partir da superfície vestibular.	48
Figura 9: Preparo dos espécimes. (a) Fragmento estabilizado em cera.	49
Figura 10: Preparo dos espécimes. (a) Polimento. (b) Lavagem em ultrassom. (c) Espécime com matriz de aço.	50
Figura 11: Organograma da distribuição dos grupos de estudo.....	51

Figura 12: Materiais microabrasivos. (a) Condac 37 [®] e Pedra-Pomes [®] ,SSWhite. (b) Opalustre [®]	51
Figura 13: Pontas aplicadoras dos materiais microabrasivos. (a) Taça para Profilaxia Microdont. (b) Cone para Profilaxia Microdont (c) Opal Cups [®] Ultradent Products.	52
Figura 14: Equipamento usado para análise de rugosidade superficial. (a) Perfilômetro Taylor Hobson. (b) Software Mountains Map Universal [®] versão 3.1.9..	52
Figura 15: Análise no perfilômetro. (a) Ponta palpadora sobre os corpos de prova. (b) Área de leitura do perfilômetro.	53
Figura 16: Tela do <i>Software</i> : (a) Dados programados. (b) Leitura da área (simbolizada) pela ponta palpadora.	53
Figura 17: Imagens tridimensionais: (a) Imagem bruta tridimensional. (b) Imagem suavizada.	54
Figura 18:Selecionamento do filtro: (a) Filtro de rugosidade 0,25 mm. (b) Área para análise redimensionada.	54
Figura 19: Divisão da superfície de determinada amostra em 8 áreas, antes da microabrasão: (a) objetivando maior exatidão entre a análise inicial e final. (b) Área 1 selecionada, para ser mensurada.	55
Figura 20: Divisão da superfície da mesma amostra em 8 áreas, após a microabrasão: (a) objetivando maior exatidão entre a análise inicial e final.(b) Área 1 selecionada, para ser mensurada.	55
Figura 21: (a) Perfilometria com ponta palpadora. (b) Espaço percorrido sobre região central do espécime.	56
Figura 22: Gráfico com o traçado do perfil inicial (Li) e final (Lf) de uma amostra, com seus valores médios, respectivamente. L e R: Linhas de referência que calculam a média de altura entre matriz de aço e os pontos mensurados a cada 500 μ . Observação: Na leitura final (Lf) a linha de referência R está sobrepondo à linha de referência L	57
Figura 23: Sistema de OCT que foi utilizado no experimento OCP930SR (Thorlabs Inc.)	58
Figura 24: Tela do programa <i>Spectral Radar</i>	59
Figura 25: Mensuração (simbolizada) na OCT das alturas entre a borda da matriz de aço e a superfície do esmalte: (a) antes e após (b) a microabrasão, nas distâncias	

aproximadas de 500µm, 1000µm, 1500µm, 2000µm, 2500µm, em amostra onde foi usada a Taça de borracha.....	59
Figura 26: Procedimento microabrasivo.....	60
Figura 27: Determinação da rotação do micro-motor.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rugosidade Superficial Inicial e Final (S_a em μm) segundo o material Ácido Fosfórico e Pedra-Pomes e os 3 tipos de ponta.....	63
Tabela 2: Rugosidade Superficial Inicial e Final (S_a em μm) segundo o material Opalustre [®] e os 3 tipos de ponta.....	64
Tabela 3: Desgaste (μm) segundo o material Ácido Fosfórico e Pedra-Pomes e os 3 tipos de ponta, pelo Perfilômetro Digital 3D	65
Tabela 4: Desgaste (μm) considerando o material Opalustre [®] e os 3 tipos de ponta pelo Perfilômetro Digital 3D.....	66
Tabela 5: Desgaste (μm) segundo os materiais e tipos de ponta pelo Perfilômetro Digital 3D.....	67
Tabela 6: Desgaste (μm) segundo o material Ácido Fosfórico e Pedra-Pomes e os 3 tipos de ponta, em análise pela OCT	68
Tabela 7: Desgaste (μm) segundo o material Opalustre [®] e os 3 tipos de ponta, em análise pela OCT.....	69
Tabela 8: Desgaste (μm) segundo os materiais e tipos de pontas, em análise pela OCT.....	70
Tabela 9: Comparação do desgaste (μm) dos grupos segundo os aparelhos	71
Tabela 10: Dados comparativos de rugosidade superficial com ácido fosfórico	77
Tabela 11: Dados comparativos de rugosidade superficial com ácido clorídrico	78
Tabela 12: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico.....	79
Tabela 13: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico.....	80
Tabela 14: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico.....	81
Tabela 15: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico.....	82
Tabela 16: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico.....	82
Tabela 17: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico.....	83
Tabela 18: Dados comparativos de desgaste com ácido fosfórico.....	84
Tabela 19: Dados comparativos de desgaste com ácido fosfórico.....	84
Tabela 20: Dados comparativos de desgaste com ácido fosfórico.....	85

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de Variância

CAMI - *Coated Abrasives Manufacturers Institute* (Associação dos Fabricantes de Abrasivos Revestidos - EUA)

Cut-off - Ponto de corte (eliminação do comprimento de varredura)

et al. - e colaboradores (e outros – abreviatura de et alli)

DP – Desvio Padrão

FEPA – *Federacion Européene de Produits Abrasifs* (Federação Europeia de Fabricantes de Produtos Abrasivos)

in situ – em sítio, no local (no caso, a cavidade bucal)

in vitro – Experimento desenvolvido em laboratório

in vivo – Experimento desenvolvido em ambiente clínico ou em seres vivos

Ipen - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)

JIS – *Japanese Institut Standart* (Sistema Industrial Japonês)

MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura.

NBR – Norma Brasileira

OCT - *Optical Coherence Tomography* (Tomografia de Coerência Óptica)

PP – Pedra-Pomes

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

USP – Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Percentual ou porcentagem

® - Marca registrada

> - Maior

< - Menor

g - Grama

μm – Micrômetro

μm/s – Micrômetro por segundo

μm² – Micrômetro quadrado

°C – Grau expresso na Escala Celsius

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

h - Hora

HCl – Ácido Clorídrico

H₃PO₄ – Ácido Fosfórico

Hz - Hertz

lbf/pol² – **psi** - libra força por polegada quadrada

lm – Percurso de medição

lv – Percurso inicial e final

lt – Percurso total de apalpamento

LM – Linha Média

min – Minuto

ml – Mililitro

mm – Milímetro

mm² – Milímetro quadrado

mol - Unidade utilizada para descrever a quantidade de uma entidade. Um mol tem $6,022 \times 10^{23}$ entidades

Kgf – Quilograma força

N – Newton

nm – Nanômetro

n - Índice de refração

p (ou p-valor) – Nível de confiabilidade estatística (nível de significância ou probabilidade de significância)

pH – Potencial hidrogeniônico

Ra – Rugosidade média de um perfil ou desvio médio aritmético do perfil.

rpm – Rotação por minuto

s – Segundo

Sa –Rugosidade média relativa a uma área ou desvio do plano médio da rugosidade da superfície

λ – Comprimento de onda central da fonte luminosa

λ_c – “*cut-off*”, ou comprimento de amostragem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	ALTERAÇÕES DE COR.....	20
2.2	MICROABRASÃO	21
2.3	RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE	25
2.4	DESGASTE DE SUPERFÍCIE.....	33
2.5	PERFILÔMETRO DIGITAL 3D	39
2.6	TOMOGRAFIAS DE COERÊNCIA ÓPTICA.....	40
3	PROPOSIÇÃO	45
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.1	ASPECTOS ÉTICOS.....	46
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	46
4.3	PROCEDIMENTOS	46
4.4	DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL INICIAL E FINAL PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D.....	52
4.5	DETERMINAÇÃO DO PERFIL INICIAL E FINAL PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D.....	55
4.6	DETERMINAÇÃO DO PERFIL INICIAL E FINAL NO TOMÓGRAFO DE COERÊNCIA ÓPTICA.....	57
4.7	PROCEDIMENTO MICROABRASIVO	59
4.8	ANÁLISES DOS DADOS.....	61
5	RESULTADOS.....	62
5.1	AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D.....	62
5.2	AVALIAÇÃO DO DESGASTE PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D	64
5.3	AVALIAÇÃO DE DESGASTE PELA TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA.....	67
5.4	COMPARAÇÃO DO DESGASTE ENTRE APARELHOS (PERFILÔMETRO DIGITAL 3D X TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA).....	70
6	DISCUSSÃO	72

6.1	MICROABRASÃO	72
6.2	RUGOSIDADE SUPERFICIAL	75
6.3	DESGASTE	78
7	CONCLUSÕES	88
8	REFERÊNCIAS.....	89
	APÊNDICES	99
	ANEXOS	121

1 INTRODUÇÃO

O sorriso faz parte da estética facial, independente do sexo, idade ou classe social. Por isso, a população, cada vez mais, almeja um sorriso atraente. A estética dental é um fator em evidência na Odontologia, levando os pacientes a uma busca crescente pelo tratamento odontológico estético. Dentro desse contexto, dentes que apresentam manchas localizadas ou mesmo generalizadas alteram de forma significativa essa estética, que hoje se resume em imitar o natural, com dentes claros, bem alinhados e com forma definida (SUNDFELD; BRISO; MAURO, 2000).

Com a evolução da Odontologia, novos materiais e técnicas têm sido desenvolvidos e aprimorados, permitindo uma prática mais conservadora, além de proporcionar a estética tão exigida pelos pacientes. Em relação à solução das alterações de cor da superfície do esmalte dental, com remoção de manchas ou defeitos, a técnica da microabrasão é uma das opções disponíveis, com excelentes resultados. O objetivo é a recuperação da estética do dente, por meio do mínimo desgaste da superfície do esmalte (ANDRADE; GOMES, 2007; MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001).

A técnica de microabrasão do esmalte resulta na melhora significativa e permanente da aparência do dente, permite ao profissional controle da quantidade de esmalte removido, limitando-se a níveis estéticos e funcionais aceitáveis, além de ser tolerável pelo paciente (ARAÚJO et al., 2004), sem a necessidade de anestesia local. Simples, rápida, segura (AROUCA; ANDRADE; HIRATA, 2004) e de baixo custo, a microabrasão não causa danos à polpa, periodonto e estruturas orais e periorais (POURGHADIRI; LONGHURST; WATSON, 1998; CROLL, 1997). É uma técnica que atua sinergicamente, por meio de desgaste resultante da abrasão mecânica, provocada por um agente abrasivo, associado à erosão química, proporcionada pela penetração de um ácido na porção orgânica do esmalte (ZUANON et al., 2010). O resultado dessa técnica está diretamente relacionado à severidade, ao local e à profundidade da mancha (POURGHADIRI; LONGHURST; WATSON, 1998; DALZELL; HOWES; HUBLER, 1995).

Sendo assim, torna-se relevante desenvolver estudos que, ao testar determinado material microabrasivo e instrumentos relacionados à sua aplicação, possibilitem

mensurar a alteração de rugosidade superficial e o desgaste do esmalte, buscando sempre procedimentos cada vez mais conservadores.

Este trabalho, portanto, visa observar por meio de Perfilometria Digital 3D e Tomografia de Coerência Óptica a rugosidade superficial e o desgaste promovidos no esmalte bovino planificado, polido e microabrasionado com dois compostos abrasivos (Ácido fosfórico a 37% + Pedra-Pomes e Ácido Clorídrico a 6,6% + Carbetto de Silício) e três pontas aplicadoras de borracha (Taça, Cônica e Opal Cups[®]).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados temas sobre etiologia das alterações de cor, microabrasão, rugosidade de superfície, desgaste e métodos de mensuração destes aspectos tribológicos, como a Perfilometria Digital 3D e Tomografia de Coerência Óptica, o que proporcionará o entendimento das teorias relevantes ao trabalho.

2.1 ALTERAÇÕES DE COR

É importante o conhecimento dos tipos de alterações que podem ocorrer no dente e suas possíveis causas, pois o diagnóstico correto influencia na elaboração de adequado plano de tratamento. Segundo Machado, Telles e Silva (2001), vários fatores podem provocar manchas na estrutura dental e sua severidade está diretamente relacionada à fase de desenvolvimento e ao tempo durante o qual o agente etiológico atuou, modificando as suas características. Os dentes podem ser afetados por dois tipos de manchas: as causadas por fatores intrínsecos e as causadas por fatores extrínsecos.

2.1.1 Manchas causadas por fatores intrínsecos

Fatores sistêmicos, tais como: fatores genéticos, defeitos congênitos, falhas de metabolismo pré-natal, doenças infecciosas, distúrbios neurológicos, endocrinopatias, nefropatias, hepatopatias, deficiência nutricional e intoxicações em geral, podem ocasionar o surgimento de manchas que ocorrem durante a fase de formação dental e determinam maior ou menor comprometimento das estruturas dentais (MACHADO; TELLES; SILVA, 2001; VASCONCELOS et al., 2010).

Alguns exemplos seriam as pigmentações dentinárias causadas pela eritroblastose fetal ou pela porfiria, que torna os dentes decíduos e permanentes marrom-púrpura. Fissuras de lábio e palato, paralisias cerebrais, problemas renais e alergias graves

podem causar descolorações dentais devido a interferências na formação da matriz ou na calcificação do esmalte, resultando, com isso, em hipocalcificações ou hipoplasias, que também podem ser causadas por deficiências de vitamina A, D e C, cálcio e fósforo (SOUZA et al., 2009). Dentre as manchas de ocorrência sistêmica, as mais encontradas são as induzidas por tetraciclina e fluorose. Outros tipos são as provocadas por necrose pulpar e trauma, devido à pigmentação dentro dos túbulos dentinários (MACHADO; TELLES; SILVA, 2001).

2.1.2 Manchas causadas por fatores extrínsecos

O consumo excessivo de medicamentos, bebidas e alimentos que possuem corantes artificiais na sua composição (chá, café, refrigerantes, etc.), provoca manchas na superfície do esmalte dental, sendo caracterizadas como de origem extrínseca. Os corantes são depositados no biofilme dental na forma de manchas escuras, de tonalidade marrom ou negra, localizadas no terço cervical das faces dentais, especialmente vestibular e lingual. Também se enquadram nessa categoria as manchas brancas decorrentes de lesões incipientes de cárie. Geralmente, essas lesões se localizam nas regiões onde há maior acúmulo de biofilme dental (MACHADO; TELLES; SILVA, 2001).

Para o tratamento das alterações de cor, desde que superficiais, a microabrasão é uma técnica quem vem sendo empregada com sucesso.

2.2 MICROABRASÃO

A microabrasão é o nome dado a uma técnica empregada na Odontologia para remoção de manchas da superfície do esmalte dental, cujo desgaste insignificante baseia-se na ação química, proporcionada pela penetração do ácido na parte orgânica do esmalte (RASTELLI; PEREIRA, 1998), com ácidos, como fosfórico (H_3PO_4) e clorídrico (HCl), em tempos e concentrações determinados, agindo sinergicamente com abrasivos, como Pedra-Pomes (PP) e carбето de silício, que

promovem suave abrasão mecânica, elevando o poder de desgaste desta mistura. Esta técnica pode ser empregada de forma mecânica, com instrumento rotatório tipo contra-ângulo, adaptado com pontas (ZUANON et al., 2010) ou manual, utilizando-se uma cunha de madeira apropriada (DALZELL; HOWES; HUBLER, 1995).

A técnica de microabrasão é indicada para a remoção de manchas opacas, defeitos multicoloridos, manchas marrons, alaranjadas ou amareladas, independente de sua etiologia, nas camadas mais superficiais do esmalte (SUNDFELD et al., 1995; CROLL, 1989). Para alterações mais profundas, o procedimento a ser realizado deve ser a restauração do elemento com materiais adesivos (SUNDFELD et al., 1995; RASTELLI; PEREIRA, 1998).

A origem da técnica da microabrasão do esmalte foi baseada em trabalhos realizados por Walter Kane (McCLOSKEY, 1984), nos idos de 1916 com a finalidade de remover as manchas causadas pela ingestão excessiva do flúor presente na água de abastecimento em Colorado Springs, EUA. Várias soluções ácidas foram testadas para a remoção destas manchas, conhecidas como "Colorado Brown Stain", ou esmalte mosqueado. A técnica era considerada por outros profissionais da região como radical e perigosa, pois consistia na aplicação de ácido clorídrico a 36% sobre as manchas, e o aquecimento direto do dente com a chama de uma lamparina para aumentar o poder de penetração do ácido através do esmalte e dentina. Posteriormente, a chama foi abandonada e passou-se a aplicar calor, por meio de instrumento metálico aquecido, por ser menos agressivo e perigoso. Apesar de ser um método efetivo, simples, e apresentar ótimos resultados estéticos, nunca recebeu a aceitação dos cirurgiões-dentistas da época, pelo receio do uso de substância bastante cáustica e por não ter sido publicado (MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001).

Croll e Cavanaugh (1986) elaboraram uma técnica que utilizava HCl a 18% misturado com pedra-pomes. Após o isolamento absoluto, aplicava-se essa pasta sobre a superfície dental, com espátula de madeira, usando firme pressão, por 5 segundos (s), e posterior lavagem. Esse procedimento era repetido até que se chegasse à coloração desejada. Em seguida, gel de fluoreto de sódio neutro 1,1% era aplicado por três minutos. Após a remoção do isolamento absoluto, usava-se uma pasta profilática fluoretada. Com a utilização de disco de óxido de alumínio

superfino para polimento em compósitos, devolvia-se o brilho natural do esmalte. Esta técnica foi empregada nos trabalhos de Paixão, Silva e Ohira (1992), Kilpatrick e Welbury (1993) e Rood e Davidson (1997).

Posteriormente ao desenvolvimento desta técnica com HCl (CROLL; CAVANAUGH, 1986) foi lançado, em 1989, o produto Prema Compound[®] (Premier Dental Products Company), composto de uma pasta de HCl a 10%, carbeto de silício mais sílica em gel, apresentando espátulas especiais para aplicação manual e mecânica com taças de borracha (MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001). Na técnica desse sistema, após isolamento absoluto e selamento da margem gengival com verniz copal, para evitar contato da gengiva com o composto ácido/abrasivo, o material é aplicado sobre a superfície dental, por meio de ponta de borracha abrasiva fornecida pelo fabricante, adaptada ao contra-ângulo em baixa rotação, por 20 a 30s. Em seguida, o composto deve ser levado ao dente e o procedimento repetido até a obtenção da coloração desejada. O isolamento absoluto deve ser removido, e as superfícies polidas com pasta profilática fluoretada. Logo após, aplica-se fluoreto de sódio neutro por quatro minutos.

Baseados no princípio de remoção de manchas por ação química com ácido e ação mecânica por abrasão com pedra-pomes, e devido ao elevado poder agressivo do HCl, Kamp (1989) e Mondelli e outros (1995) sugeriram a substituição do HCl a 18% pelo ácido fosfórico (H_3PO_4) a 37%, na forma de gel, associado à Pedra-Pomes de granulação extrafina, em proporções volumétricas iguais, formando uma pasta mais consistente.

Os resultados clínicos obtidos com esta técnica foram semelhantes aos casos em que havia sido utilizado o HCl, mostrando uma superfície lisa e polida (MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001).

Para a realização da técnica, após isolamento absoluto, a pasta deveria ser aplicada com o auxílio de um cone ou ponta de borracha abrasiva, girando em velocidade baixa, 500 rotações por minuto (rpm), durante 10s, devendo-se lavar a superfície logo após a aplicação. Para melhor visualização da eficiência da técnica, os autores recomendaram exame visual com a superfície dentária umedecida, pois o dente, seco e condicionado, muitas vezes mantém um resquício da mancha que não

precisa ser removido, se não estiver visível com a superfície úmida. Após a conclusão da microabrasão, realiza-se o acabamento com discos de granulometria extrafina e polimento do dente com pastas para resina composta, com o auxílio de taças de borracha, de modo a recuperar o brilho do esmalte. Como última etapa deste processo, deve-se efetuar a aplicação tópica de flúor neutro 2%, por quatro minutos, para estimular a remineralização (MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001).

Outra opção disponível no mercado desde 1998, que usa o HCl, é o produto Opalustre[®] (Ultradent Products, Inc. USA). Em concentração mais baixa (6,6%) que o Prema (10%), e associado a micropartículas de carbeto de silício, com tamanho médio de 87,3µm (SUNDFELD; CROLL; KILLIAN, 2002), tem se mostrado um produto satisfatório para a remoção de manchas superficiais do esmalte dental (SUNDFELD et al., 1999; SCHMIDLIN et al., 2003; PAIC et al., 2008). Em sua técnica, o fabricante recomenda que a superfície deve ser microabrasionada com pressão e baixa rotação, por até 60s por vez, lavando e avaliando os dentes, repetindo a aplicação, se necessário.

É consenso na literatura, que na técnica de microabrasão deve-se utilizar um sistema ideal (ARAUJO et al., 2004) que apresente um ácido em baixa concentração; um agente abrasivo de grande dureza; um gel solúvel em água, no qual o ácido e as partículas abrasivas possam ser suspensos de tal forma que facilite a aplicação da pasta, bem como sua remoção da estrutura dental; um método que fosse aplicado por meio de baixa rotação, sendo, dessa forma; seguro, fácil, rápido (MAINARDI, 1996), dispensando o uso de anestesia local (POURGHADIRI; LONGHURST; WATSON, 1998). As normas de biossegurança preconizam para o paciente proteção com óculos e babador e, para os profissionais envolvidos no procedimento, óculos, máscara e luvas, evitando, assim, danos aos mesmos (ARANHA; MITSUI; MARCHI, 2003).

Vários autores confirmaram clinicamente os resultados estéticos satisfatórios com o uso da técnica da microabrasão com o HCl a 18% (SOVIERO et al., 1997; MOURA; MENDES; MOURA, 2000), a 10% (VASCONCELOS; DUTRA; ALBUQUERQUE, 1999), ou 6,6% (SUNDFELD; CROLL; KILLIAN, 2002) e H₃PO₄ a 37% (MOURA; MENDES; MOURA, 2000), para tratamento da fluorose dental (SOVIERO et al.,

1997; VASCONCELOS; DUTRA; ALBUQUERQUE, 1999), bem como para o tratamento de manchas de outras etiologias, de maneira simples, conservativa e segura para a estrutura dental (MOURA; MENDES; MOURA, 2000). Outro dado relevante que favorece o uso da técnica é a redução da susceptibilidade do esmalte à colonização bacteriana (SEGURA et al., 1997). Além disso, os dentes submetidos à microabrasão têm apresentado uma superfície adamantina com considerável regularidade superficial, associada a uma lisura e brilho que se acentuam com o tempo. Este acontecimento pode ser explicado pela formação gradativa de uma camada superficial no esmalte, altamente compactada, mineralizada e polida, proporcionando à superfície dental uma textura vítrea. Esta camada torna-se uma porção intrínseca da camada externa do esmalte, substituindo a superfície natural, bem como a estrutura prismática normal (SUNDFELD et al., 1999; MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001). Sabe-se que estas alterações na superfície dental, apesar de serem discretas, interferem na adesão de biofilme dental (SEGURA et al., 1997) e de pigmentos alimentares (LEITÃO; HEGDAHL, 1981). Assim, faz-se necessário buscar técnicas microabrasivas que possibilitem a obtenção de menor rugosidade superficial e desgaste adequado e conservador.

2.3 RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

Dentro dos conceitos da Engenharia Mecânica, toda superfície, por mais perfeita que seja, apresenta irregularidades e tem em seu perfil três componentes básicos: forma, ondulação e rugosidade (WILLIAMS, 2005). Geralmente, os três existem simultaneamente, sobrepostos e, em muitas situações, é desejável examinar cada condição independentemente (OLIVEIRA; PALMA; SALES, 2007).

A forma, em geral, se origina de tensões residuais e de deformações de origens térmicas geradas a partir do processo de fabricação ou produção (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977).

A ondulação é o conjunto de irregularidades causadas por vibrações, trepidações ou deflexões, com origem nos ajustes de cada máquina individual, que atua sobre a

superfície, revelando imperfeições no estado das ferramentas de corte (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977).

A rugosidade é o conjunto das irregularidades causadas pelo processo de produção ou fabricação, tais como: usinagem, polimento e processos de modificação de superfície (ex.: microabrasão), que são as impressões deixadas pelo material ou equipamento envolvido no processo, isto é, pequenas saliências (picos) e reentrâncias (vales) que caracterizam uma superfície (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977). A rugosidade é uma propriedade importante, capaz de aumentar a área superficial, proporcionar retenção mecânica de materiais, como o biofilme dental, por exemplo, e mostrar a eficácia de procedimentos de acabamento e polimento. Assim, é fundamental, em estudos de rugosidade superficial, a adoção de critérios de análise adequados ao material e ao aparelho utilizado (LEITÃO; HEGDAHL, 1981).

A estas definições básicas de superfície é necessário adicionar os conceitos de perfil real e efetivo e de superfície real e efetiva (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977). O perfil (linha) e a superfície (área) reais são aqueles obtidos após a última etapa de tratamento da superfície, antes de serem analisados pelos instrumentos de mensuração, não sendo idealmente lisos e apresentando-se com rugosidade superficial em diferentes escalas (STRAIOTO et al., 2005). O perfil efetivo e a superfície efetiva são os resultados obtidos pelos instrumentos de medição que, por sua vez, não conseguem captar todas as características e irregularidades da superfície, ou seja, são aproximações da superfície real, conforme mostrado na Figura 1 (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977).

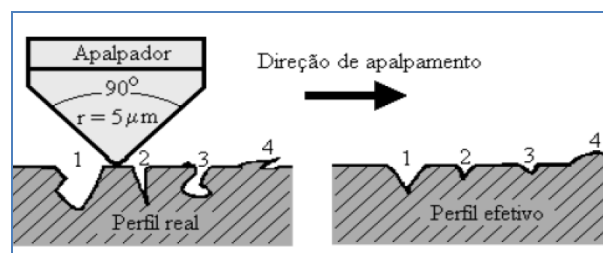


Figura 1: Perfil real e efetivo.
Fonte: Silva (2006, adaptado)

A rugosidade deve ser separada da ondulação e da forma, o que é realizado por meio da filtragem. O sinal de rugosidade apresenta altas frequências (pequenos comprimentos de onda) e as ondulações e demais erros de forma apresentam sinais com baixas frequências (altos comprimentos de ondas). Os perfilômetros utilizam, assim, filtros que deixam passar os sinais de alta frequência e eliminam os sinais de baixas frequências. Esta frequência pré-determinada é chamada de *cut-off*, ou comprimento de amostragem, que é um método, analógico ou computacional, de separar (filtrar) os comprimentos de onda, acima ou abaixo do comprimento de onda de *cut-off* selecionado, ou seja, um filtro de rugosidade, tendo um *cut-off* de 0,25mm, permitirá somente comprimentos de ondas abaixo de 0,25mm para serem analisados (WHITEHOUSE, 1994). Esse processo de filtragem é uma variável que influencia diretamente na obtenção dos parâmetros de rugosidade (WHITEHOUSE, 1994).

Conforme apresentado na Figura 2, que caracteriza o percurso da ponta apalpadora do perfilômetro durante a análise da rugosidade, os componentes envolvidos na mensuração são: λ_c - comprimento de amostragem, que deve ser igual a um quinto do percurso de mensuração, conforme Norma NBR ISO 4288 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), dos quais são calculados os parâmetros estatísticos de rugosidade; l_v -Inicial - comprimento para atingir a velocidade de mensuração.

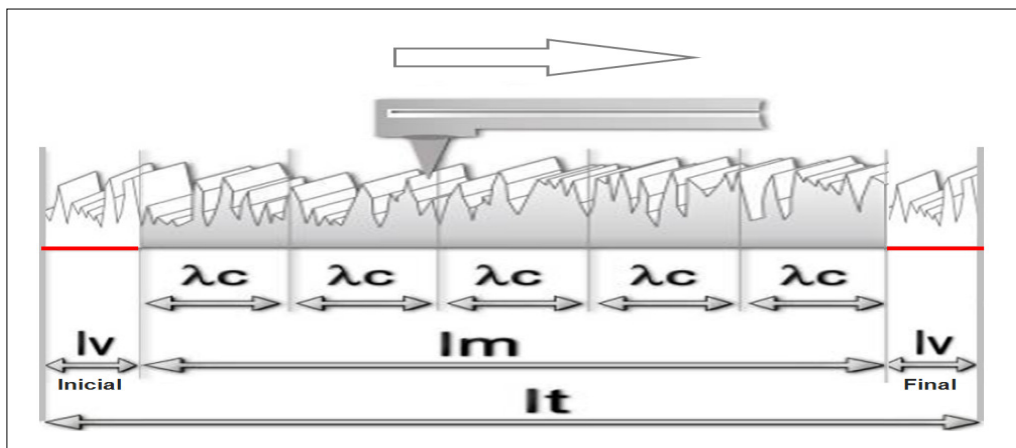


Figura 2: Percurso da ponta apalpadora sobre a superfície. λ_c – comprimento de amostragem (*cut-off*); l_v – percurso para calibragem (Inicial/Final); l_m – percurso de medição (mensuração); l_t – percurso total.

Fonte: Agra (2005, adaptado)

O trecho inicial não é utilizado na análise da rugosidade e tem a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas iniciais do sistema de mensuração e a centragem do perfil de rugosidade. É o momento inicial em que o equipamento vence a inércia, até atingir a velocidade de medição; lv -Final - comprimento para parada do apalpador ou trecho de frenagem. É a extensão final do trecho apalpado, projetado sobre a linha média e não utilizado na avaliação. O trecho final tem a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas finais do sistema de medição. Estas extremidades de coleta de dados (lv -Inicial e lv -Final) estão sujeitas a distorções, por isto são descartadas. Por esse motivo, aplica-se um filtro denominado Gaussiano, que descarta a metade do primeiro *cut-off* (ponto de corte) e a metade do último *cut-off*; lm - comprimento do percurso de medição. É a extensão do trecho útil do perfil de rugosidade, usado diretamente na avaliação, projetado sobre a linha média. Para se ter uma boa representatividade dos dados, o percurso de medição deve ser igual ou superior a cinco comprimentos de amostragem ($lm = 5 \lambda_c$); lt - comprimento total de medição. É o percurso total, apalpado pelo sistema de mensuração, ou seja, a soma dos percursos inicial, de mensuração e final. De acordo com Mummery (1992) e Whitehouse (1994), para que uma medida tenha validade estatística, a distância varrida pela agulha deve ser de, pelo menos, seis vezes o comprimento de corte do filtro ($lt = 6 \lambda_c$).

2.3.1 Parâmetros de rugosidade de superfície

A rugosidade é avaliada segundo as propriedades de um perfil bidimensional (2D). Essas duas dimensões, fisicamente representadas pela frequência e amplitude, são fundamentais para medição da rugosidade superficial (OLIVEIRA; PALMA; SALES, 2007). Na análise da rugosidade, vários parâmetros são usados para caracterizar a topografia da superfície, dentre eles, o mais utilizado para controle de qualidade em geral, a rugosidade média (R_a) (BHUSHAN, 1999; BHUSHAN, 2002; WILLIAMS, 2005; AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977).

A rugosidade média (R_a - *roughness average*) é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas, no comprimento de amostragem ou média aritmética do perfil (GADELMAWLA et al., 2002), expressa em micrômetro (μm) (HOLMBERG; MATTHEWS, 2009; AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977).

A rugosidade tridimensional (3D) também possui sua parametrização específica. Esses parâmetros são mensurados dentro de uma área delimitada e dentro desta os valores das medições são estimados estatisticamente a partir de desvio-padrão ou variância. Assim, o parâmetro S_a é baseado na média do desvio-padrão entre picos e vales em uma superfície.

Em uma análise 3D, os picos e vales contidos na superfície podem ser representados por cores: branco, vermelho e amarelo e mais as suas combinações, representam as elevações. O verde e o azul claro representam as regiões intermediárias. O azul escuro e o preto representam os vales (OLIVEIRA; PALMA; SALES, 2007).

Do ponto de vista da estatística, quanto mais independentes são os dados de amostragem melhor é a avaliação. Assim, a análise estatística da superfície topográfica 3D é de maior estabilidade, mais confiável e representativa que a 2D, uma vez que o grande volume de dados obtidos aumenta-lhes a independência. Esse fato é especialmente verdadeiro para superfícies aleatórias (*random surfaces*). Segundo Dong, Sullivan e Stout (1994), a análise de superfície 3D tem sido muito evidenciada pela indústria e centros acadêmicos, por representar melhor uma superfície. Para se referir aos parâmetros 2D usa-se a letra R, e para os 3D a letra S (*surface*), segundo Mummery (1992).

2.3.2 Rugosidade superficial do esmalte dental

Na Odontologia, a avaliação da rugosidade superficial vem sendo investigada ao longo dos anos (LEITÃO; HEGDAHL, 1981; MEIRELESS et al., 2009), assunto este relacionado preferivelmente aos materiais dentários (BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997), como cimentos de ionômero de vidro (RIOS, 2000), resinas

compostas (WILLEMS et al., 1991), superfícies tratadas com materiais clareadores (AZEVEDO, 2005) e cerâmicas (AGRA, 2005). Entretanto, a rugosidade superficial do esmalte dental tem sido pouco privilegiada pelas pesquisas laboratoriais (AZEVEDO, 2005; BASTOS, 2004) ou clínicas (AROUCA; ANDRADE; HIRATA, 2004; CROLL; CAVANAUGH, 1986), em especial quando associada à microabrasão (NAPOLEONE; ARAÚJO; DAMIÃO, 2001; TAGLIARI et al., 2003).

Bollen, Lambrechts e Quirynen (1997) observaram a rugosidade superficial de 9 superfícies (dente, amálgama, ouro, resina composta, resina acrílica, implante, ionômero de vidro, compômero e cerâmicas) como um meio para colonização de bactérias quando os valores de rugosidade no parâmetros Ra fossem superiores a $0,2\mu\text{m}$. Assim, pode-se sugerir que também para a estrutura dental é importante buscar valores de rugosidade semelhante ou inferior ao sugerido por este estudo, por meio de diferentes modalidades de tratamento (por exemplo, acabamento e/ou polimento) prevenindo a aderência e colonização da placa bacteriana.

A rugosidade de superfície, antes e após a microabrasão do esmalte dental, associada a diferentes métodos de polimento, foi objeto de estudo de Napoleone, Araújo e Damião (2001). Dentes humanos íntegros ($n=60$) foram divididos em dois grupos. O primeiro foi submetido à técnica com HCl a 18% e PP, e o segundo com HCl a 9% e PP. Foram realizadas 10 aplicações por 5s cada, com taça de borracha. Após a microabrasão, os grupos foram submetidos a três tipos de polimento: G1- disco de óxido de alumínio (Sof-Lex[®] 3M); G2 - pasta diamantada com Taça de borracha KG Sorensen e G3 -, pontas de silicone KG Sorensen 1 e 2, sendo reavaliados no rugosímetro. Observou-se que, após os polimentos, a média da rugosidade final no G1 manteve-se praticamente igual: Ra variou de $0,135\mu\text{m}$ a $0,136\mu\text{m}$ ($p\text{-valor} > 0,05$). O G2, com HCl a 9% a Ra foi de $0,140\mu\text{m}$; porém, na concentração 18%, a Ra foi de $0,157\mu\text{m}$, sendo menos favorável nesta concentração como mostra o APÊNDICE M. Entretanto, no G3, a concentração de 9% teve Ra maior ($0,140\mu\text{m}$), mas na concentração de 18% obteve os menores valores de Ra, chegando a $0,132\mu\text{m}$. Os autores concluíram que os três métodos de polimento empregados proporcionaram maior lisura de superfície, em comparação ao esmalte original. As técnicas de polimento promoveram alisamento semelhante para as duas concentrações ácidas, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os métodos de polimento ($p\text{-valor} > 0,05$).

Tagliari e outros (2003) avaliaram a rugosidade superficial do esmalte de dentes bovinos (n=18) submetidos a 5 técnicas microabrasivas; G1) HCl a 10% + PP; G2) HCl a 18% com PP; G3) H₃PO₄ a 37% com PP; G4) Prema Compound® e G5) Opalustre®. Foram 12 aplicações de 10s cada, com escova Robson, e carga entre 5-10g. Os fragmentos passaram pela análise de rugosidade, antes e após a microabrasão, e após o polimento com discos extrafinos Sof-Lex Pop-On® (3M) por 30s de aplicação, através de um rugosímetro Surftest 211® (Mitutoyo do Brasil), no sentido perpendicular às periquimáceas do esmalte. Constataram que antes da microabrasão observou-se: G1 = 0,83µm; G2 = 0,83µm; G3 = 0,89µm; G4 = 0,79µm e G5 = 0,75µm, após à microabrasão G1 = 0,76µm; G2 = 0,72µm; G3 = 0,87µm; G4 = 0,59µm e G5 = 0,62µm (APÊNDICE M), e após o polimento com G1 = 0,53µm; G2 = 0,66µm; G3 = 0,55µm; G4 = 0,48µm e G5 = 0,50µm. Concluíram que as técnicas de microabrasão testadas diminuíram a rugosidade superficial do esmalte (p-valor = 0,01); entretanto, não se observou diferença estatística entre os 5 grupos (p-valor = 0,51). Além disso, observaram que o polimento final diminuiu significativamente a rugosidade superficial do esmalte bovino (p-valor = 0,0001). Contudo, nos grupos Prema Compound® e Opalustre®, houve uma tendência de menor rugosidade superficial. Com isso, e a fim de estudar a possibilidade de eliminação do polimento final, acrescentou-se novo grupo de estudo (24 aplicações de 20s), observando-se redução da rugosidade superficial. Porém, esta tendência não foi confirmada, concluindo-se que o polimento deve ser mantido.

Meireless e outros (2009) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar e comparar a rugosidade da superfície (Sa) e a perda de esmalte, produzida por duas técnicas de microabrasão. Vinte incisivos bovinos foram selecionados e neles foi delimitada uma área para as técnicas de microabrasão. A rugosidade de superfície foi determinada antes e depois do tratamento, através de um perfilômetro digital (*Surfcorder SE 1200, KosakaLaboratory Co., Tokyo, Japan, cut-off 0,8mm*). As amostras foram divididas em dois grupos (n=10): HCl a 18% com PP e H₃PO₄ a 37% com PP. Os tratamentos ácidos foram aplicados por 5s, com uma espátula de madeira, num total de 10 aplicações. As amostras foram seccionadas no centro da área de desmineralização, no intuito de se obter secções de 80µm de espessura. O desgaste produzido pelas técnicas de microabrasão foi avaliado através da estereomicroscopia (40x). A maior profundidade (µm) e a área total de superfície

(μm^2) da desmineralização foram mensuradas através do *Software Image Tool* (Universidade de Ciências da Saúde do Texas, San Antonio, TX, USA). Além disso, três amostras de cada grupo foram submetidas à análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), em ampliações diferentes. Os resultados mostraram que a média de rugosidade da superfície (S_a) foi estatisticamente mais baixa no HCl do que no H_3PO_4 com PP (APÊNDICE M). Foi observada uma desmineralização mais profunda e uma área total de desmineralização mais ampla no HCl. Pela análise em MEV, o H_3PO_4 com PP apresentou um padrão de condicionamento seletivo, enquanto o HCl exibiu um padrão não-seletivo. Baseados nos resultados obtidos, os autores concluíram que a microabrasão com H_3PO_4 com PP produziu uma rugosidade superficial maior, porém, uma desmineralização menor do que a técnica de microabrasão com HCl com PP.

Fragoso e outros (2011) propuseram estudo *in vitro* para avaliar o efeito da microabrasão e diferentes polimentos sobre a rugosidade superficial do esmalte dental bovino e o efeito da imersão em saliva artificial, após 24h e 7 dias, sobre a microdureza do esmalte dental bovino. Para isso, foram utilizados 144 blocos de esmalte bovino (6x 6mm) que constituíram os grupos: GI - H_3PO_4 a 37% e PP (n=48), GII - Opalustre[®] Ultradent (n=48), GIII - Whiteness RM[®] FGM (n=48). Os três grupos foram divididos em três subgrupos, de acordo com os seguintes polimentos: a) pasta diamantada; b) pasta profilática fluoretada e c) sem polimento (controle). Foram realizados ensaios de rugosidade com o Mitutoyo SurfTest 211[®] com três leituras em cada espécime, nos seguintes tempos: 1) inicial (antes da realização da microabrasão e polimento) e final (após a microabrasão com e sem polimento). O resultados mostraram que os produtos utilizados para microabrasão não proporcionaram rugosidade superficial diferente entre si (0,290 μm); todos os sistemas microabrasivos seguidos de polimento apresentaram maior lisura superficial, quando comparados aos grupos sem polimento (GI=0,440 μm ; GII=0,340 μm ; GIII=0,370 μm) conforme APÊNDICE M. Concluiu-se que a microabrasão, proporcionou menor lisura de superfície no esmalte dental, que não houve diferença entre as pastas profiláticas, que o polimento promoveu maior dureza e melhor lisura superficial e que a imersão em saliva não interferiu na dureza.

2.4 DESGASTE DE SUPERFÍCIE

Define-se desgaste como a perda progressiva de material da superfície de um corpo sólido, decorrente do contato e do movimento relativo deste com outro corpo sólido, líquido ou gasoso. (MATHEW et al., 2009). Deve-se salientar que os estudos sobre desgaste são relativamente recentes e pertinentes à tribologia, conteúdo ligado à engenharias (STOETERAU, 2004). O termo tribologia se refere à “Ciência e tecnologia da interação entre superfícies sólidas com movimento relativo (ZHANG; BRISCOE, 2004), e aos estudos dos fenômenos de atrito (fricção entre dois corpos) e desgaste” (HOLMBERG; MATTHEWS, 2009). Atualmente, é considerada como uma das linhas principais de pesquisa da Ciência e Engenharia dos Materiais (WILLIAMS, 2005; RIBEIRO et al., 2004; RADI et al., 2007; MATHEW et al., 2009; CATELAN; GUEDES; SANTOS, 2010).

O termo que recentemente vem sendo empregado na área biomédica é a biotribologia, que se define como ramo específico relacionado à área biológica da tribologia (MATHEW et al., 2009; CATELAN; GUEDES; SANTOS, 2010).

Dentro do presente estudo será focado o desgaste por abrasão e por degradação química por serem inerentes à técnica de microabrasão. No primeiro, quando partículas duras e abrasivas são introduzidas entre as superfícies deslizantes, desgastando-as (STOETERAU, 2004; MARINESCU et al., 2004; STACHOWIAK; BATCHELOR, 2005; BHUSHAN, 1999; BHUSHAN, 2002; WILLIAMS, 2005; RADI et al., 2007; MATHEW et al., 2009). No segundo, ocorrem interações químicas, por meios corrosivos líquidos ou gasosos, que produzem uma intercamada na superfície, que depois é removida (RADI et al., 2007; MARINESCU et al., 2004; BHUSHAN, 1999).

O primeiro estágio do desgaste por erosão química é o ataque corrosivo da superfície. O segundo passo no processo de desgaste corrosivo consiste na retirada do filme de produto da reação, como resultado do deslizamento entre as superfícies do sistema (STACHOWIAK; BATCHELOR, 2005). Quando isso ocorre, a superfície “nua” é novamente exposta e o ataque corrosivo continua. O processo de erosão química pode ocorrer simultaneamente às condições de desgaste por abrasão. Se o

produto desta erosão é duro e abrasivo, partículas provenientes do processo corrosivo que possam existir entre as superfícies em contato acelerarão o desgaste abrasivo (STOETERAU, 2004).

A resistência ao desgaste é considerada parte de um sistema tribológico, sendo influenciada por vários parâmetros, dentre eles: os tipos de abrasivos, as propriedades dos materiais envolvidos, da geometria do contato, da pressão de contato, da rugosidade da superfície, da velocidade de deslizamento, da temperatura, das características do projeto e as condições operacionais do equipamento de desgaste (RIBEIRO et al., 2004; STACHOWIAK; BATCHELOR, 2005; KAWAKAME; BRESSAN, 2006).

2.4.1 Desgaste do esmalte dental promovido pela microabrasão

A literatura tem abordado o desgaste dental associado à microabrasão (KENDELL, 1989; SUNDFELD et al., 1990; TONG et al., 1993; MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999; PAIC et al., 2008; ZUANON et al., 2010). Este foco tem sido dado a diferentes ácidos, em diferentes concentrações e, ainda, inúmeras outras variáveis têm sido testadas para observar a consequência desta técnica na superfície dental e seu prognóstico.

Kendell (1989), avaliou a perda de esmalte em dentes humanos promovida microabrasão com HCl a 18% associado a PP pelo emprego manual. Foram realizadas 5 aplicações de 5s cada, do composto microabrasivo, constatando-se um desgaste médio de 46 μ m (com variação de 36 a 62 μ m) como mostra o APÊNDICE N, nos 2/3 incisais da face vestibular de incisivos centrais superiores. Para uma aplicação de 5s houve um desgaste médio de 12 μ m (com variação de 7 a 22 μ m). Para o autor, a remoção desta quantidade de esmalte, nesta região, pode ser confortavelmente tolerada, mas esta mesma quantia removida no 1/3 cervical poderia causar sensibilidade dentinária.

Wagonner e outros (1989) constataram que o desgaste de esmalte humano após a microabrasão com HCl a 18% mais PP foi de 12 μ m na primeira aplicação (manual) e

de 26 μ m em cada aplicação subsequente. O responsável pela menor perda de estrutura na primeira aplicação seria o mais alto conteúdo mineral da superfície externa do esmalte, o que o tornaria mais resistente à dissolução ácida. Segundo os autores, uma série de 10 aplicações de 5s cada removeu 246 μ m, ou seja, aproximadamente 25% do esmalte da superfície vestibular de um incisivo permanente (APÊNDICE N).

Sundfeld e outros (1990) analisaram clínica e histologicamente a remoção de manchas brancas no esmalte dental de 60 pacientes, com faixa etária entre 12 e 20 anos, aplicando HCl a 18%, associado à PP, nas quais foram feitas até 15 aplicações de 5s cada. Após serem lavados, secos, receberam aplicação de fluoreto de sódio a 2% por 3min. Os dentes foram polidos com discos Sof-Lex[®] super fino (cor azul claro) e receberam novamente fluoreto de sódio a 2%, por 5min. Todo o procedimento foi realizado em uma única sessão. Com o propósito de verificar a quantidade de esmalte removida pela técnica acima descrita, realizou-se um estudo laboratorial paralelo ao estudo clínico. Para tanto, utilizaram dentes anteriores e posteriores extraídos. Após o emprego da técnica ora descrita, os dentes foram seccionados a uma espessura de 200 micrômetros (μ m) e examinados ao microscópio óptico, onde se procedeu à leitura da quantidade de esmalte desgastado, cuja média foi de 140 μ m (APÊNDICE N). Os resultados foram satisfatórios e, segundo os autores, a perda de esmalte foi mínima em relação à quantidade de esmalte remanescente.

Tong e outros (1993) observaram o desgaste em 18 pré-molares e 06 incisivos extraídos por indicação ortodôntica. Os dentes receberam: tratamento com HCl a 18% associado a PP (grupos 1 e 2) HCl sem PP (grupo 3), H₃PO₄ a 37% por 30s (grupo 4), peróxido de hidrogênio a 30% por 30min sob luz (grupo 5) e H₃PO₄ a 37% por 30s, associado ao peróxido de hidrogênio a 30% por 30min sob luz branqueadora (grupo 6). Os espécimes do grupo 1 receberam 10 aplicações de 5s, grupo 2 vinte aplicações de 5s, grupo 3 recebeu 100s em uma única aplicação. Os resultados indicaram perda de 160 μ m para o grupo 1; 360 μ m para grupo 2; 100 μ m para grupo 3 (APÊNDICE N); 5,7 μ m para grupo 4 (APÊNDICE O); o grupo 5 não foi mensurado e grupo 6 5,3 μ m. A espessura de esmalte no 1/3 médio da face vestibular de incisivos gira em torno de 2,5mm. Assim, esta perda foi considerada bastante pequena.

Dalzell, Howes e Hubler (1995) realizaram a microabrasão em 27 pré-molares de pacientes entre 9 e 12 anos, com HCl a 18% com PP, com duração de 5, 10 e 20s, em 5, 10 e 15 aplicações, sob carga de 10, 20 e 30g, com auxílio de espátula plástica e avaliaram a quantidade de esmalte ($213\mu\text{m}$ para 50s e 30g) perdido durante sucessivas aplicações da pasta (APÊNDICE N). A quantidade de esmalte perdida aumentou significativamente com o aumento em cada variável separadamente. O maior desgaste ocorreu, entretanto, quando duas ou mais variáveis aumentaram ao mesmo tempo.

Mendes, Mondelli e Freitas (1999), apresentaram avaliação da quantidade de desgaste por meio de microscopia óptica e da textura superficial com o auxílio de rugosímetro e, também, a morfologia superficial através de MEV após a microabrasão de esmalte humano. Cinco produtos foram usados: Grupo 1 - HCl 18%; Grupo 2 - HCl 18% com PP; Grupo 3 - Prema Compound[®]; Grupo 4 - H_3PO_4 a 37% e Grupo 5 - H_3PO_4 a 37% com PP (APÊNDICE O), com 3 subgrupos de aplicações (5, 10 e 15 aplicações). Após o tratamento, os espécimes foram polidos com discos Sof-Lex[®]. Observou-se diferença estatística significativa entre os materiais e números de aplicações, sendo que a pasta de HCl a 18% + PP provocou o maior desgaste, seguido, em ordem decrescente, pelos grupos 1, 5, 4 e 3, após 15 aplicações. Os resultados sugeriram bom desempenho dos compostos abrasivos, porém a técnica de microabrasão empregando H_3PO_4 com PP em 5 aplicações parece ser a opção mais adequada, devido às características favoráveis e menos agressivas deste composto.

Schmidlin e outros (2003) pesquisaram 16 molares humanos, divididos em dois grupos de 8 dentes. Um grupo controle foi tratado com pasta abrasiva para profilaxia, e outro grupo com Opalustre[®], sendo uma aplicação de 20s, com carga de 200g. A perda dental foi significativamente maior para o grupo de microabrasão ($134,8\mu\text{m}$ - APÊNDICE N) comparada com o grupo de pasta abrasiva ($4,5\mu\text{m}$).

Alves e outros (2004) avaliaram *in vitro* a quantidade de esmalte removido após o emprego da técnica de microabrasão, empregando o H_3PO_4 a 37% associado à PP de granulometria fina e o produto Prema Compound[®], pela técnica manual. Após a microabrasão, os dentes foram seccionados e lixados até a espessura de $100\mu\text{m}$ e analisados em microscópio óptico de luz polarizada, momento em que foram

realizadas as mensurações, em micrômetros. A quantidade de esmalte desgastado com o emprego do Prema Compound[®] em 2 e 4min foi de 12 μ m e 22 μ m, respectivamente; do H₃PO₄ com PP no mesmo tempo foi de 23 μ m e 42 μ m, respectivamente. Concluíram que a microabrasão com H₃PO₄ com PP (APÊNDICE O) foi capaz de promover maior desgaste da superfície do esmalte do que o produto Prema Compound[®], nos tempos analisados.

Paic e outros (2008) realizaram a microabrasão usando PP (controle), Prema Compound[®] e Opalustre[®] em incisivos superiores humanos (n=30). A técnica foi realizada em baixa rotação (300 rpm), com taça de borracha (Opal Cups[®] Ultradent), por 40s e força de aplicação de 100g. As perdas calculadas foram de 7,9 μ m (PP), 29,7 μ m (Prema Compound[®]) e 53,1 μ m (Opalustre[®]), como mostra o APÊNDICE N. Concluíram que a microabrasão mostrou um considerável potencial abrasivo, causando alterações micromorfológicas de superfície.

Zuanon e outros (2010) investigaram o desgaste da superfície vestibular de molares permanentes humanos (n=10), após a realização da técnica de microabrasão com pasta abrasiva composta de H₃PO₄ a 35% com PP na proporção de 1:1, com o auxílio de espátula plástica (GE) ou taça de borracha (GT), em baixa rotação. Os espécimes foram avaliados em lupa estereoscópica acoplada a um programa de computador. Pôde-se observar desgaste de 21,20% (GE) e 22,75% (GT), não ocorrendo diferença estatística entre eles. Conclui-se que houve desgaste de todos os grupos experimentais, independente da utilização de espátula plástica ou taça de borracha. A média de desgaste para o grupo GE foi de 304,74 μ m, e para o grupo GT foi de 338,35 μ m (APÊNDICE O).

Por conseguinte, a técnica de microabrasão tem demonstrado eficácia na obtenção de um padrão estético saudável. Entretanto, em alguns casos, após sua realização, alguns dentes podem adquirir uma coloração mais escura ou amarelada, por apresentarem uma microrredução mais acentuada da superfície do esmalte dental, deixando-a mais delgada e, assim, transparecendo com maior evidência a dentina, que apresenta uma tonalidade de cor mais amarelada, exigindo atenção do profissional, no momento do procedimento, evitando desgaste excessivo (SUNDFELD et al., 1999; VASCONCELOS; DUTRA; ALBUQUERQUE, 1999).

Vários são os métodos usados para a realização das medidas de rugosidade superficial e análise de desgaste da superfície microabrasionada. Dentre eles estão: Microscópio Eletrônico de Varredura (PATTERSON et al., 1992), Microscópio de Força Atômica (BERNARDES FILHO; ASSIS; PESSOA, 1998), capacidade de polarização e reflexão de luz (ALVES et al., 2004), Rugosímetro por contato (NAPOLEONE; ARAÚJO; DAMIÃO, 2001), perfilômetro digital (OLIVEIRA et al., 2006). Entretanto, especial atenção será dada ao perfilômetro digital 3D, por meio do qual é possível obter, além das características da rugosidade superficial, o perfil de desgaste (perfilometria) da superfície, bem como ao Tomógrafo de Coerência Óptica, objetos deste estudo.

2.5 PERFILÔMETRO DIGITAL 3D

Os Perfilômetros Digitais são equipamentos que fornecem características topográficas das superfícies. São equipados com dois sistemas de leitura, por contato ou leitura sem contato (SAITO; LOVADINO; KROLL, 2000). No método por contato, uma ponta de diamante sintético é deslizada sobre a superfície e o seu deslocamento é convertido em um gráfico bidimensional (2D), que representa seu perfil. A imagem tridimensional, na verdade, é um grande número de perfis calculado ao longo da área ou superfície selecionada, gerando uma imagem em 3D, que são dados obtidos e registrados como uma distribuição de alturas (picos e vales). Estes equipamentos possuem *softwares* específicos, que permitem a visualização topográfica das superfícies em imagens 3D, fornecem parâmetros matemáticos para identificar as propriedades superficiais das amostras (rugosidade superficial), possibilitam imagens do perfil (perfilometria) em áreas preestabelecidas e não somente por meio de medidas lineares. A maioria dos rugosímetros usados em estudos de materiais dentários são aqueles com pontas de diamante, baseados em medidas lineares, usando o parâmetro Ra. Por serem amplamente usados, permitem comparação entre os estudos (SAITO; LOVADINO; KROLL, 2000; GADELMALA et al., 2002).

Vários parâmetros de rugosidade podem ser obtidos por meio do equipamento. Gadelmala e outros (2002) citam 59 parâmetros, sendo que cada um deles indica uma propriedade em particular da superfície. Os parâmetros de amplitude são os mais importantes para medir características topográficas. Eles fornecem características verticais das irregularidades da superfície. Dentre estes, o parâmetro Ra é o universalmente usado em controle de qualidade. É definido como a média dos desvios absolutos das irregularidades da superfície. Esse parâmetro fornece boa descrição geral das variações de altura das irregularidades, embora não seja tão sensível a pequenas mudanças no perfil (GADELMALA et al., 2002).

2.6 TOMOGRAFIAS DE COERÊNCIA ÓPTICA

A Tomografia de Coerência Óptica (*Optical Coherence Tomography-OCT*) é uma técnica de diagnóstico que produz imagens de um corte transversal, com alta resolução espacial, de microestruturas internas de meios espalhadores e, em especial, de tecidos vivos (HUANG et al., 1991). Suas primeiras aplicações em Medicina foram divulgadas há uma década (FERCHER et al., 2003), mas seus fundamentos recaem em trabalhos anteriores sobre interferometria com luz branca, e na reflectometria óptica (YOUNGQUIST; CARR; DAVIES, 1987). A técnica OCT tem capacidade de realizar imagens microscópicas (CLIVAZ et al., 1992), explorando a curta coerência temporal, em profundidades de até 2cm nos tecidos transparentes como, por exemplo, o olho humano (FERCHER; MENGEDOHT; WERNER, 1988). Na pele e em outros tecidos altamente espalhadores, a técnica de OCT permite construir imagens de pequenos vasos sanguíneos e outras estruturas, numa faixa de 1-2mm abaixo da superfície (PAN et al., 1996), ou seja, a vantagem do método é permitir a análise não invasiva de microestruturas internas de tecidos, tanto *in vitro* (FREITAS et al., 2006; COLSTON et al., 1998) como *in vivo* (FUJIMOTO et al., 1995; OTIS et al., 2000), produzindo imagens em tempo real (KATO, 2010). A profundidade de análise depende da interação entre a luz e o tecido analisado. Em geral, utiliza-se comprimentos de onda na região do infravermelho (HEE et al., 1993).

Esta teoria já estava, em parte, desenvolvida por Albert Abraham Michelson pelo estudo da interferometria de luz branca, há, aproximadamente, um século. Na Saúde, esta tecnologia vem sendo absorvida em várias áreas, como Oftalmologia, Odontologia, Dermatologia e Cardiologia (FREITAS et al., 2006; MELO et al., 2005; KATO, 2010).

A técnica OCT vem a preencher uma lacuna deixada por outras técnicas de diagnóstico por imagem. Na Figura 3 estão apresentados os limites de resolução vs profundidade para diversas técnicas tomográficas.

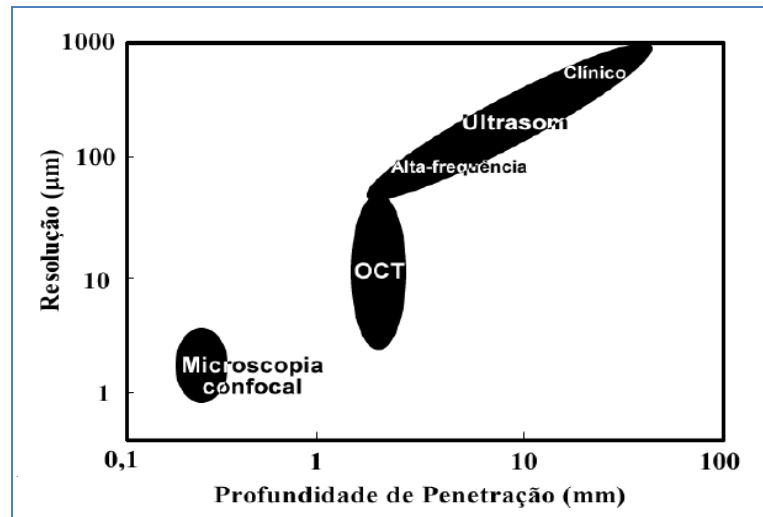


Figura 3: Região de atuação, resolução e profundidade, de técnicas de diagnóstico por imagem. A técnica de Microscopia Confocal apresenta alta resolução e baixa penetração; já o ultrassom baixa resolução e alta penetração. A técnica OCT atua numa região em que as técnicas mencionadas não podem atuar.

Fonte: Raele (2009).

O número de pesquisas acadêmicas relacionadas à técnica de OCT vem aumentando expressivamente nos últimos anos, apontando para um crescente interesse científico, especialmente a partir de 2004 (RAELE, 2009). O maior foco concentra-se na Oftalmologia, entretanto, a tecnologia também logo foi absorvida em outras áreas da saúde, como a Odontologia (FREITAS et al., 2006; MELO et al., 2005). O Brasil apresenta números de publicações relacionadas à OCT semelhantes à maioria dos países desenvolvidos, indicando que nesta linha de pesquisa o País se encontra competitivo e atualizado.

O mapeamento tomográfico destas imagens se dá no sentido de propagação do feixe de luz. No caso da Figura 4, o feixe de luz atingiu a amostra de cima para baixo, mapeando através de cores facilitando a interpretação das imagens onde, cores mais claras correspondem a áreas de alto índice de espalhamento ou refletividade, enquanto as cores escuras representam áreas de baixa refletividade (RAELE, 2009).

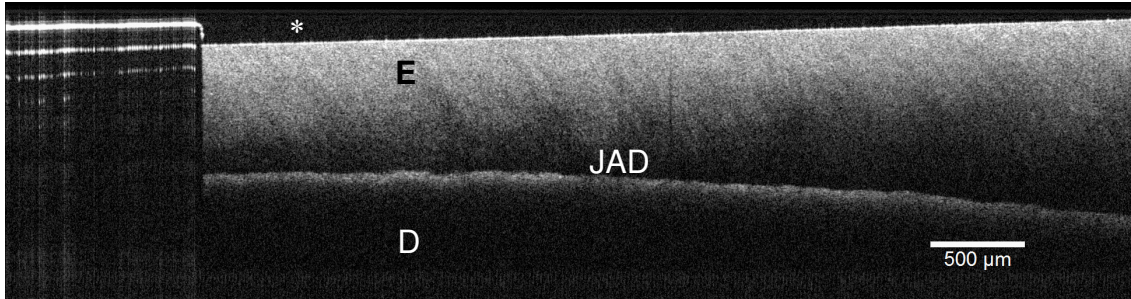


Figura 4: A imagem representa uma amostra da superfície polida da face vestibular de um incisivo inferior bovino usada no presente estudo, sendo: **E**- Esmalte dental, **JAD**- Junção Amelodentinária, **D**- Dentina, *- Ar, em análise realizada pela técnica OCT.

Na técnica de OCT a luz proveniente da fonte óptica é dividida em dois feixes, um conduzido até o espelho de referência e o outro, até a amostra (Figura 5). A combinação da radiação retro-refletida, oriunda do braço de referência, com a radiação retro-espalhada pelo objeto em estudo, forma padrões de interferência no detector e gera os sinais para OCT's no domínio do tempo. Os sinais provenientes de diferentes profundidades na amostra são gerados pela movimentação do espelho de referência, no sentido longitudinal. Com base na posição em que se observa a interferência e no comprimento do braço de referência, determina-se o caminho óptico do braço da amostra. Desta forma, a luz detectada contém informações sobre a localização espacial das estruturas, dentro do material analisado (FREITAS et al., 2006). Para determinar a real profundidade do tecido analisado é necessário dividir o valor de profundidade óptica medido, pelo índice de refração (n) da estrutura (no caso do esmalte $n = 1,48$) (KATO, 2009).

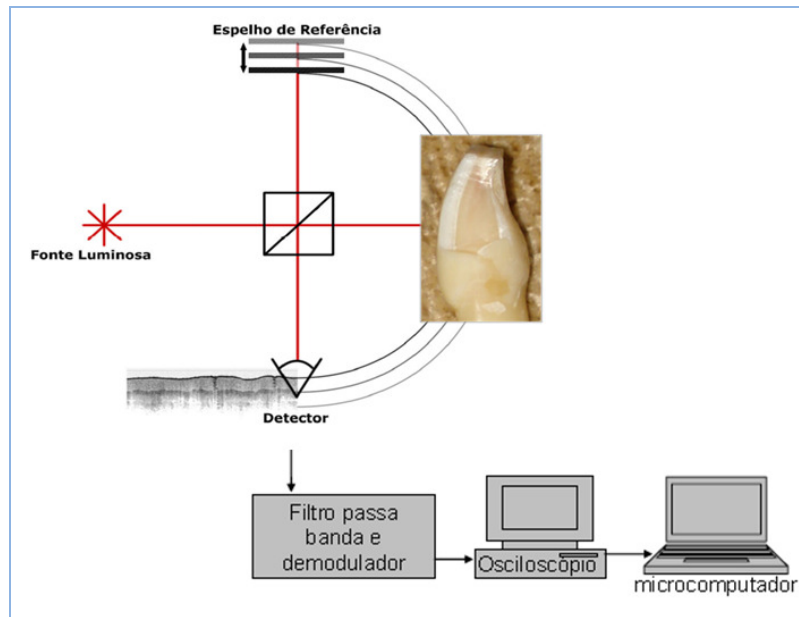


Figura 5: Ilustração esquemática básica de um arranjo OCT, no qual o coração do sistema é um interferômetro de Michelson. A fonte luminosa ilumina os dois braços do interferômetro. A posição do espelho de referência determina a profundidade a ser “observada” na amostra, pelo tempo de vôo dos fótons. Junto ao detector, está ilustrada a formação de uma imagem OCT. A linha curva projeta o tamanho do braço de referência sobre o braço da amostra, e relaciona ambos com a imagem formada.

Fonte: Adaptado de Freitas et al. (2006) e Raele (2009).

Freitas e outros (2006) afirmaram que a profundidade de penetração da Tomografia de Coerência Óptica pode alcançar a junção esmalte-dentina dependendo fundamentalmente do comprimento de onda utilizado no laser do sistema. Concluíram que, apesar de não se saber ainda qual é o melhor comprimento de onda a ser utilizado no sistema OCT, permite-se, assim, uma boa penetração nos tecidos com boa qualidade de imagem. Podem-se ver, na Figura 6, dois picos dividindo a varredura em três regiões. A primeira, em cinza claro, correspondendo ao ar antes da superfície do dente ($n=1$); entre os dois picos, em cinza média, está o esmalte ($n=1,48$) e, após o segundo pico, em cinza escuro, está a dentina.

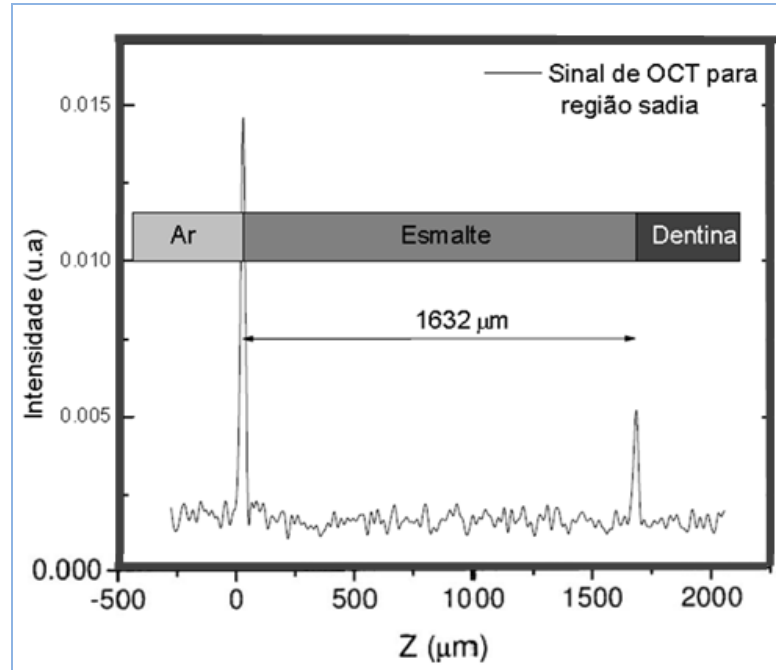


Figura 6: Sinal de OCT para uma região sadia do dente; a faixa cinza clara representa a região de ar antes da superfície da amostra; em cinza médio a região do esmalte do dente e em cinza escuro a representação da região correspondente á dentina. Fonte: Freitas et al.(2006).

O desgaste e a alteração de rugosidade superficial do esmalte, promovido pela técnica da microabrasão podem ser influenciados por inúmeras variáveis, que não têm sido completamente controladas na maioria dos estudos analisados. O método empregado, ou seja, mecânico ou manual, o intervalo de tempo de aplicação, número de aplicações, velocidade de rotação do contra-ângulo, pressão aplicada pelo método, tipo e concentração do ácido utilizado e o tipo, tamanho, forma e rigidez das partículas do agente abrasivo podem contribuir para aumentar ou reduzir a profundidade de desgaste e a rugosidade superficial do esmalte (DALZELL; HOWES; HUBLER, 1995; SUNDFELD et al., 1995; MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999; WAGGONER et al., 1989).

Sendo assim, torna-se relevante desenvolver estudos que, ao testar determinados materiais, sejam delineados de modo a controlar a maioria destes e de outros fatores, como os instrumentos de aplicação das pastas abrasivas, bem como possam testar e confirmar os dados fornecidos por diferentes métodos de mensuração do desgaste e rugosidade superficial.

3 PROPOSIÇÃO

- 1 Analisar por Perfilometria Digital 3D a rugosidade superficial e o desgaste do esmalte bovino microabrasionado com diferentes materiais (Ácido Fosfórico associado à Pedra-Pomes e Opalustre[®]) e pontas aplicadoras (Taça, Cônica e Opal Cups[®]).
- 2 Analisar por Tomografia de Coerência Óptica o desgaste do esmalte bovino microabrasionado com diferentes materiais (Ácido Fosfórico associado à Pedra-Pomes e Opalustre[®]) e pontas aplicadoras (Taça, Cônica e Opal Cups[®]).
- 3 Comparar as análises de desgaste entre equipamentos, segundo os materiais e pontas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

O presente estudo foi desenvolvido após apreciação do Comitê de Ética na Utilização de Animais (CEUA) do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo (CCS-UFES), conforme ANEXO A.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Este estudo *in vitro* foi desenvolvido considerando um substrato (esmalte bovino), dois compostos abrasivos (Ácido fosfórico a 37% com Pedra-Pomes e Oplastre[®]) para tratamento da superfície e três pontas aplicadoras (Taça de borracha, Ponta Cônica e Opal Cups[®]), comumente indicadas para uso na técnica da microabrasão. Análises quantitativas da rugosidade superficial e do desgaste em esmalte bovino, causados pela referida técnica, foram realizadas por meio de ensaios de rugosimetria e de perfilometria, em Perfilômetro Digital 3D, e de perfilometria, em Tomógrafo de Coerência Óptica (OCT).

4.3 PROCEDIMENTOS

4.3.1 Obtenção dos dentes bovinos

Incisivos centrais inferiores hígidos erupcionados (n=18) de boi da raça Nelore, com idade entre 48 a 60 meses, foram extraídos após o sacrifício dos animais para consumo, no abatedouro Mafrical (Frigorífico Cariacica S.A., Cariacica, ES) - Figura 7a. Após a extração, os dentes foram acondicionados em cuba de plástico, contendo solução de timol 1% (ANTONINI et al., 2007; ZAGO et al., 2008), (ANEXO B) e mantidos sob refrigeração (ROMANO et al., 2004), até o início do experimento, a fim

de prevenir a desidratação e inibir eventual atividade bacteriana (XAVIER et al., 2009).

4.3.2 Limpeza dos dentes bovinos

Com o objetivo de remover resíduos de tecido gengival que estivessem aderidos à superfície dentária, os dentes foram limpos conforme o protocolo de biossegurança estabelecido pela ISO TR11405-2003 (*Internacional Organization for Standardization*). Para tanto, após o uso de instrumentos manuais (curetas periodontais, lâmina de bisturi, espátula Lecron) e jato de bicarbonato, foi realizado banho ultrassônico na Lavadora Ultra-Sônica Digital (SoniClean 6[®] Sanders Medical, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil), em detergente enzimático, por 15min (Figura 7b). Após a limpeza dos dentes, as raízes foram seccionadas e eliminadas. Em seguida, as coroas foram novamente armazenadas em solução de timol 1%, trocada a cada sete dias (ROMANO et al., 2004), até o início do experimento. Todo este procedimento foi mantido sob refrigeração.

Estes procedimentos foram realizados por um único operador, com o uso de equipamento de proteção individual (máscaras, gorro, avental e luvas descartáveis,) segundo normas de biossegurança.

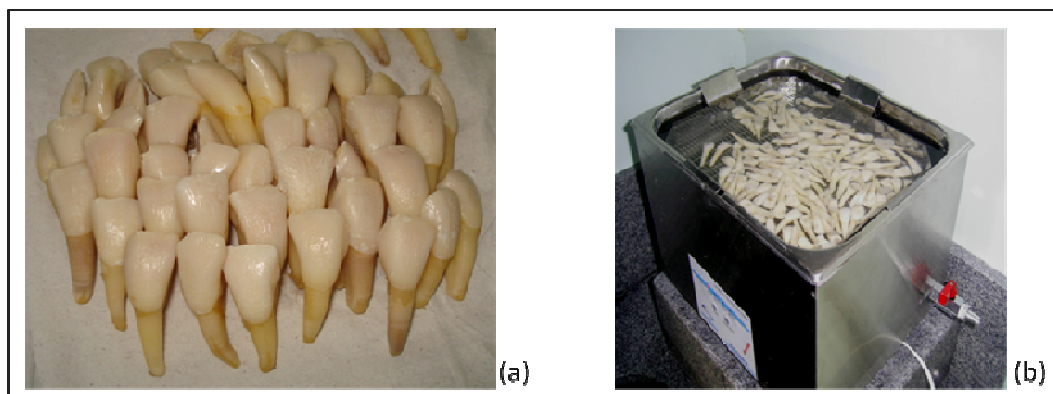


Figura 7: (a) Obtenção dos dentes bovinos. (b) Limpeza dos dentes bovinos.

4.3.3 Seleção dos dentes bovinos e preparo dos espécimes

Dezoito dentes foram selecionados, após exame visual, com auxílio de lupa (DMI® 10X, São Paulo, SP, Brasil), sob iluminação artificial, após secagem com seringa tríplice por 20s, para possibilitar a seleção de elementos dentais intactos, sem trincas ou fraturas (APÊNDICE A).

O centro geométrico da superfície vestibular da coroa foi traçado com o intuito de direcionar o posterior lixamento dessa face. Com o auxílio de disco diamantado sólido, de dupla face, com corte externo e interno (nº 7020, KG Sorensen®, São Paulo, SP, Brasil), as faces lingual, mesial, distal e bordo-incisal foram removidas, preservando-se uma área de aproximadamente 6 x 7 milímetros (Figura 8a e 8b).

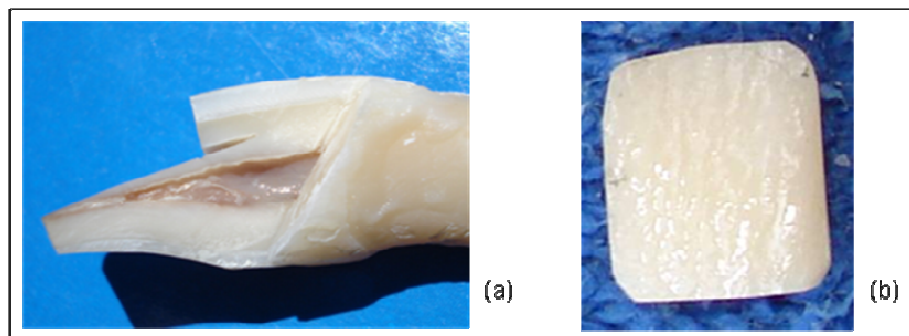


Figura 8: Preparo dos espécimes. (a) Imagem lateral da coroa dental seccionada. (b) Amostra obtida a partir da superfície vestibular.

Em seguida, os fragmentos resultantes foram estabilizados pela face vestibular, com auxílio de palitos de madeira e cera utilidade nº 7, e incluídos em resina acrílica autopolimerizável (Clássico Jet®, São Paulo, SP, Brasil), dentro de um tubo de acrílico de 11,5 mm de diâmetro ($\frac{9}{20}$ de polegada) - Figuras 9a e 9b. A inclusão foi realizada sobre uma base de alumínio (3 x 25 x 80 mm), onde estava adaptada uma cabeça de parafuso pentagonal, para possibilitar a reprodução do posicionamento dos espécimes durante as leituras para obtenção dos valores de desgaste, na OCT.

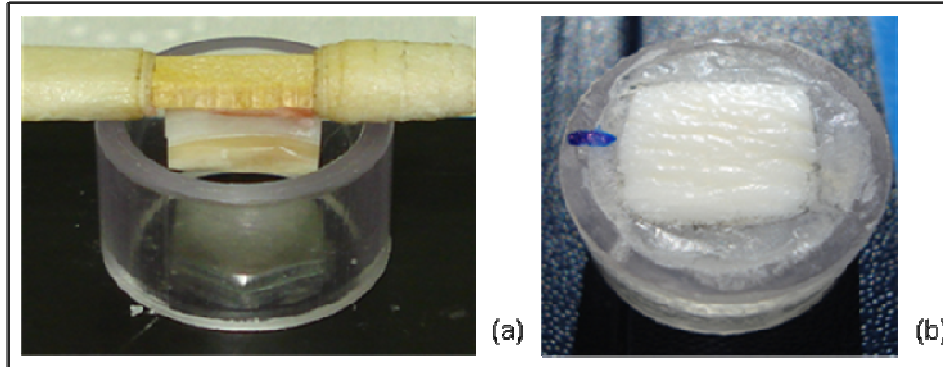


Figura 9: Preparo dos espécimes. (a) Fragmento estabilizado em cera. (b) Embutimento do espécime em resina acrílica.

O procedimento de planificação da superfície vestibular dos espécimes foi realizado com politriz (Metalprisma[®], Erios, São Paulo, SP, Brasil), em baixa velocidade, 300rpm, sob carga padrão de 120g, durante 3min para cada grana de lixa (AZEVEDO, 2005) - Figura 10a. Este equipamento apresenta um sistema capaz de realizar o polimento de 6 espécimes simultaneamente. Para dar estabilidade durante a planificação, os espécimes foram encaixados no centro de um disco de alumínio, e este na politriz, uma vez que o diâmetro do tubo de acrílico (11,5mm de diâmetro) era menor que aquele disponível para adaptação na politriz (30mm de diâmetro) (APÊNDICE B).

As lixas usadas foram as da Norton[®] (Ribeirão Preto, SP, Brasil), em ordem decrescente, pelo tamanho do grão em micrômetro (μm): #400 (23,6 μm), #500 (19,7 μm), #600 (16 μm), #1200 (12,5 μm), #1500 (10,6 μm), #2000 (8,5 μm) e #2500 (6,6 μm), sob refrigeração constante. Nas lixas 400, 500 e 600 o grão é de óxido de alumínio e pertence à classificação CAMI (Associação dos fabricantes de Abrasivos Revestidos-EUA) e nas lixas 1200, 1500, 2000 e 2500 o grão é de carbeto de silício e pertence à classificação JIS - Sistema Industrial Japonês (NORTON, 2003) conforme ANEXO C. Para cada seis corpos-de-prova levados à politriz foi utilizado um jogo de sete lixas, conforme supra descrito. A intenção deste procedimento foi obter os espécimes menos irregulares, com o mínimo de riscos e mais paralelos possível, objetivando uma superfície vítrea sem expor dentina.

Finalmente, para impedir que os grãos remanescentes interferissem na leitura da rugosidade superficial, os espécimes foram lavados (Lavadora Ultra-Sônica Digital SoniClean 6[®], Sanders Medical, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil.) com água

destilada, por 10min (AZEVEDO, 2005) Este banho em ultrassom repetiu-se, também, após a microabrasão (Figura 10b).

Matrizes de aço inox (Fava Metalúrgica, São Paulo, SP, Brasil) com 0,05mm (50 μ m) de espessura foram recortadas e coladas com adesivo instantâneo universal (Super Bonder[®] Flex Gel, Loctite, São Paulo, SP, Brasil), nos espécimes (Figura 10c). As matrizes tiveram como objetivo servir de referência para a medição de desgaste das superfícies microabrasionadas no Perfilômetro Digital 3D e na OCT.



Figura 10: Preparo dos espécimes. (a) Polimento. (b) Lavagem em ultrassom. (c) Espécime com matriz de aço.

O preparo dos espécimes foi realizado no Laboratório de Ensaios Mecânicos do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

4.3.4 Distribuição dos grupos de estudo

Posteriormente ao preparo, os espécimes foram divididos, aleatoriamente, em 6 grupos (n = 3; **AT**, **AC**, **AO**, **OT**, **OC**, **OO**) de acordo com as variáveis a serem testadas (Figura 11), sendo:

Materiais microabrasivos (Figuras 12a e 12b):

- a) **A**: Ácido fosfórico a 37% (Condac 37[®], Dentcare Ltda, FGM Produtos Odontológicos Ltda, Joinville, SC, Brasil, lote 240909, fab.:24/09/2009) com Pedra-Pomes Extra-Fina, SS White Artigos Dentários Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, lote 0060709, fab.: 21/07/2009 (Figura 12a). Proporção de 1:1, tendo como base de medida a mesma concavidade do pote dappen, obtendo-se consistência cremosa.

- b) **O**: Opalustre® (Ácido Clorídrico a 6,6% com Carboneto de Silício (Opalustre® Ultradent Products, Inc. South Jordan, Utah, USA, lote B3TM5, fab.:11/2008 (Figura 12b).

Pontas aplicadoras do material microabrasivo (Figuras 13a, 13b e 13c):

- a) **T**: Taça de Borracha (Taça para Profilaxia, Microdont Micro Usinagem de Precisão Ltda, São Paulo, SP, Brasil, lote 03/09, fab.:03/2009 (Figura 13a).
- b) **C**: Ponta Cônica (Cone para Profilaxia, Microdont Micro Usinagem de Precisão Ltda, São Paulo, SP, Brasil, lote 07/09, fab.:07/2009 (Figura 13b);
- c) **O**: Ponta do Sistema Opalustre® (Opal Cups® Ultradent Products, Inc. South Jordan, Utah, USA, lote B3NPB, fab.:11/2008 (Figura 13c);

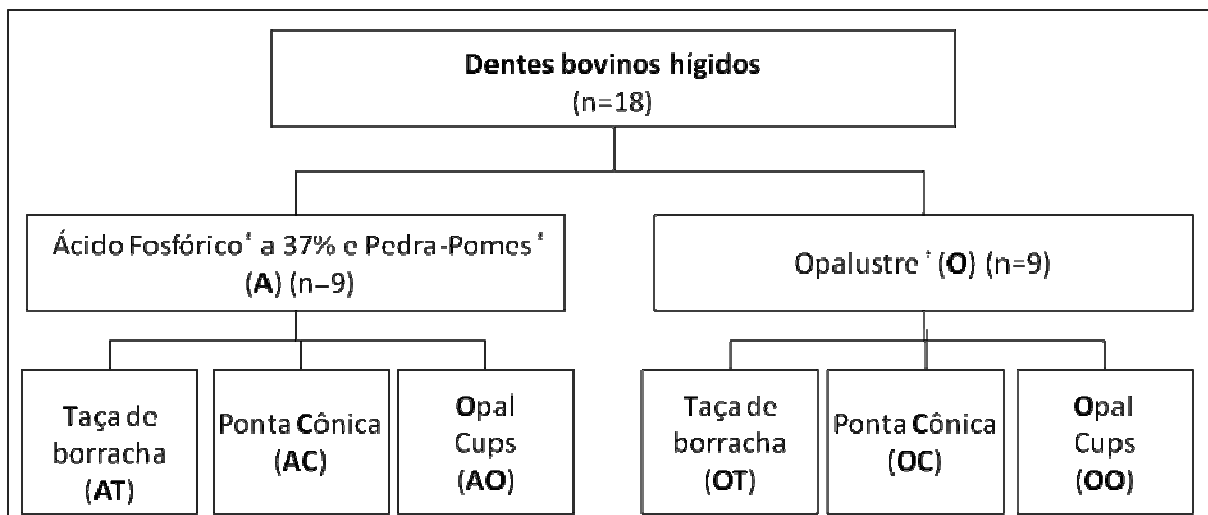


Figura 11: Organograma da distribuição dos grupos de estudo.

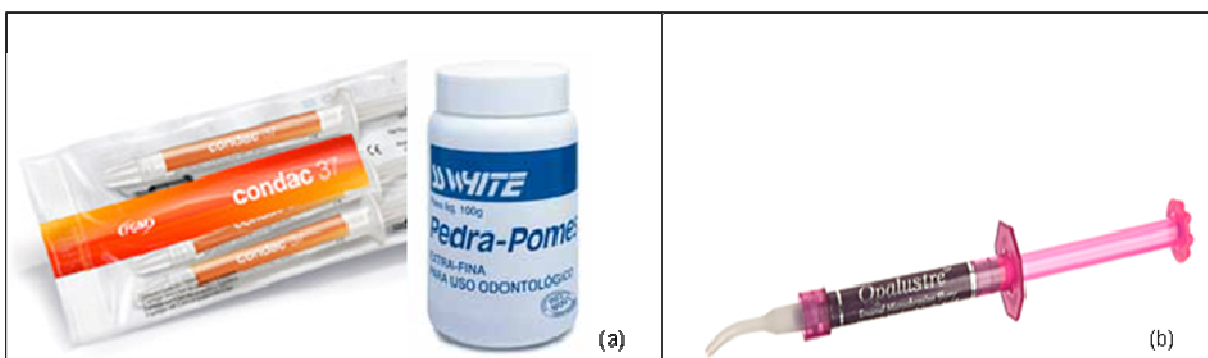


Figura 12: Materiais microabrasivos. (a) Condac 37® e Pedra-Pomes®, SSWHITE. (b) Opalustre®.



Figura 13: Pontas aplicadoras dos materiais microabrasivos. (a) Taça para Profilaxia Microdont. (b) Cone para Profilaxia Microdont (c) Opal Cups[®] Ultradent Products.

4.4 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL INICIAL E FINAL PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D

Previamente e após a realização da técnica da microabrasão (descrita a seguir no item 4.7), a rugosidade superficial foi avaliada em todos os espécimes, no Laboratório do Centro Tecnológico do Curso de Engenharia Mecânica da UFES. O Perfilômetro Digital 3D (Figura 14a) usado nas análises foi o da marca Taylor Hobson, série Talysurf CLI 1000[®] (Taylor Hobson do Brasil, São Paulo, SP Brasil), juntamente com um *software* (Figura 14b) específico (*Mountains Map Universal*[®] 3.1.9).

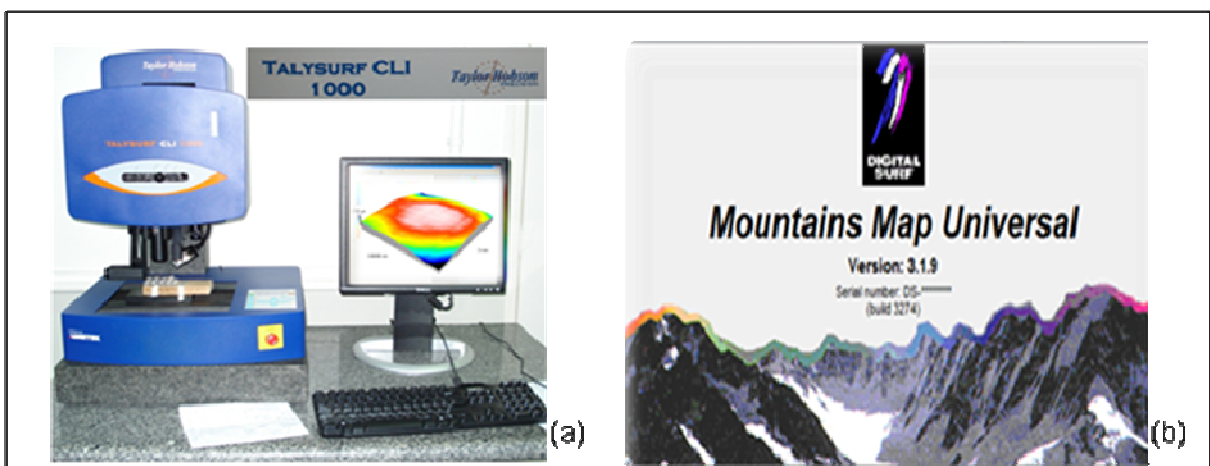


Figura 14: Equipamento usado para análise de rugosidade superficial. (a) Perfilômetro Taylor Hobson. (b) Software Mountains Map Universal[®] versão 3.1.9.

Este aparelho, utilizado para medir quantitativamente a rugosidade superficial, apresenta ponta ativa de diamante, com secção transversal de 0,002mm de raio, tem capacidade de alta resolução (0,01 μ m) para assegurar precisão das medições, além de fornecer imagens em 3D.

Cada espécime teve uma área total de aproximadamente 3 x 3mm (9mm²), analisada pelo equipamento, antes e após a microabrasão, partindo de um ponto localizado na parte superior esquerda, demarcado com caneta hidrocor (QUAGLIATTO, 2009), imediatamente após a matriz metálica (Figuras 15a e 15b).

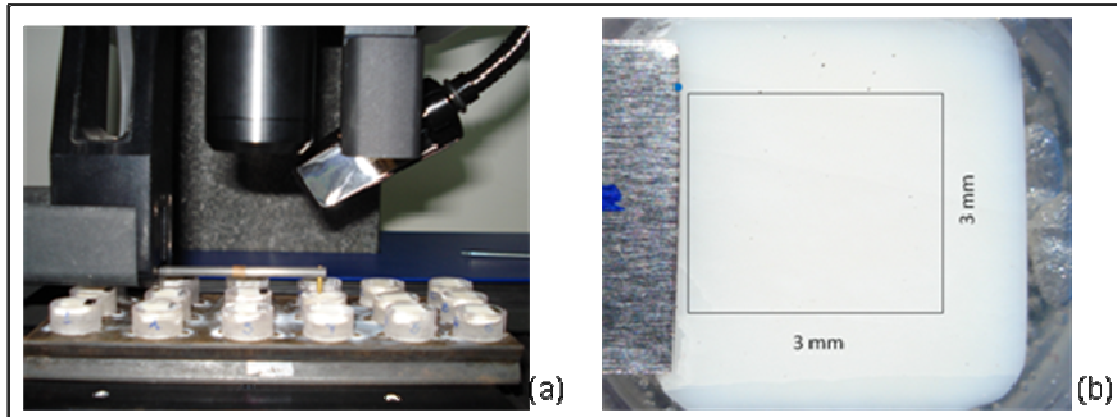


Figura 15: Análise no perfilômetro. (a) Ponta palpadora sobre os corpos de prova. (b) Área de leitura do perfilômetro.

Em cada área foram realizadas 201 leituras, com intervalos de 15µm entre as linhas (cada linha equivale à uma leitura), a uma velocidade de 500µm/s, totalizando um tempo de leitura de 48min e 52s por amostra (Figuras 16a e 16b).

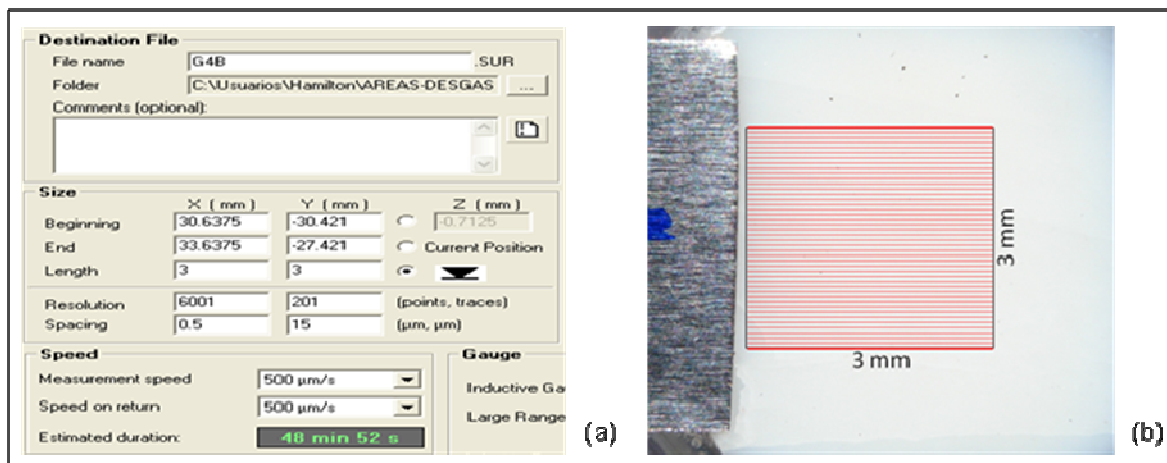


Figura 16: Tela do Software: (a) Dados programados. (b) Leitura da área (simbolizada) pela ponta palpadora.

Em seguida, os dados capturados foram processados pelo *software* e representados por meio de imagens tridimensionais (recurso disponível no programa; além da possibilidade de caracterização desta superfície quanto à forma, ondulação e cálculo de diversos parâmetros e tipos de gráficos, usando valores de *cut-off* de 0,25mm (STRAIOTO et al., 2005; BASTOS, 2004; LEITÃO; HEGDAHL, 1981; WILLEMS et

al., 1991). Inicialmente, estas imagens são caracterizadas como dados brutos que se referem à associação da rugosidade com a forma e a ondulação (Figura 17a). Em seguida, foi aplicado um filtro Gaussiano, usado para suavização de imagens digitais, obtendo, de forma separada, a rugosidade (Figura 17b). O filtro Gaussiano, aqui utilizado, descarta metade do primeiro *cut-off* e metade do último *cut-off*.

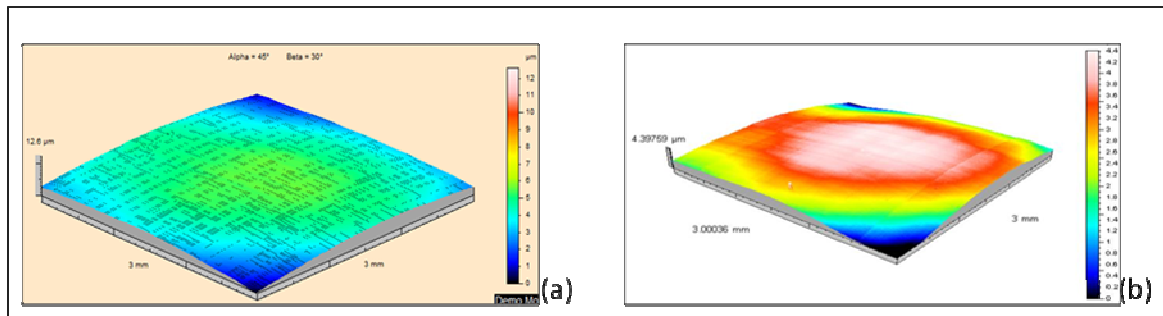


Figura 17: Imagens tridimensionais: (a) Imagem bruta tridimensional. (b) Imagem suavizada.

Na sequência, foi selecionado um filtro de rugosidade com um *cut-off* de 0,25mm (Figura 18a), o que automaticamente redimensionou a área de análise para 2,75mm x 2,75mm ($7,56\text{mm}^2 = 7.560\mu\text{m}^2$), obtendo-se um comprimento total de medição igual a onze *cut-off's* $l_t = 11\lambda_c$ (Figura 18b). Com o objetivo de obter maior exatidão na comparação inicial e final, esta superfície foi dividida em oito áreas de 2,75 x 0,321 mm ($0,882\text{mm}^2 = 882\mu\text{m}^2$) - cada área é formada por 21 linhas (21 leituras).

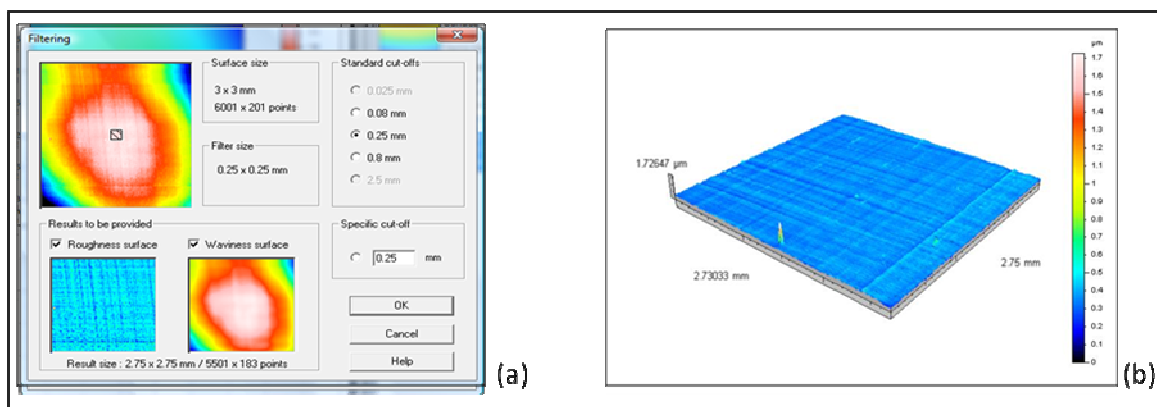


Figura 18: Selecionamento do filtro: (a) Filtro de rugosidade 0,25 mm. (b) Área para análise redimensionada.

Com isso, para cada amostra foram obtidas 08 médias da rugosidade superficial (S_a). Deste modo, registraram-se 24 médias da rugosidade superficial por grupo,

totalizando 288 médias da rugosidade superficial (Sa) em todo o experimento (144 SaI e 144 SaF), o que corresponde a 6.048 leituras (288 áreas x 21 linhas). Esse procedimento foi realizado em todos os corpos-de-prova, antes (Figura 19 a APÊNDICE C) e após (Figura 20 e APÊNDICE Ca) a microabrasão, permitindo, assim, realizar uma análise comparativa entre as superfícies das amostras estudadas no presente trabalho.

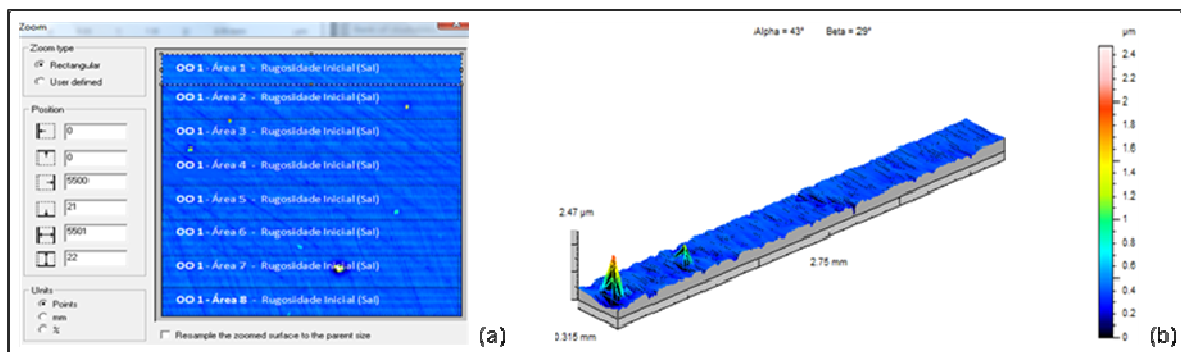


Figura 19: Divisão da superfície de determinada amostra em 8 áreas, antes da microabrasão: (a) objetivando maior exatidão entre a análise inicial e final. (b) Área 1 selecionada, para ser mensurada.

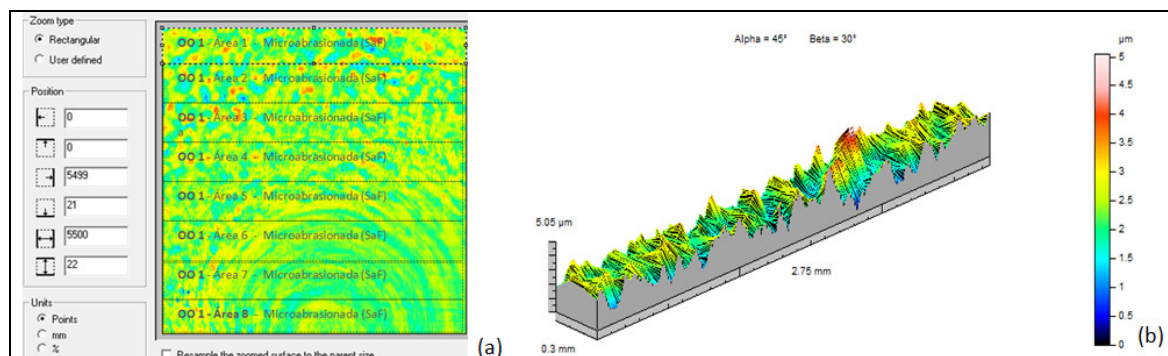


Figura 20: Divisão da superfície da mesma amostra em 8 áreas, após a microabrasão: (a) objetivando maior exatidão entre a análise inicial e final. (b) Área 1 selecionada, para ser mensurada.

4.5 DETERMINAÇÃO DO PERFIL INICIAL E FINAL PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D

Para obtenção de valores de desgaste promovido pela técnica da microabrasão, todos os espécimes também foram analisados antes e após a realização da técnica da microabrasão, com obtenção do perfil inicial e final.

A análise do perfil das superfícies polidas (perfilometria inicial) foi realizada com auxílio da ponta palpadora do Perfilômetro Digital 3D Talysurf CLI 1000[®] (Taylor Hobson do Brasil, São Paulo, SP, Brasil) que, partindo de um ponto previamente marcado sobre a matriz de aço inox, percorreu 6mm sobre a região central do espécime (Figuras 21a e 21b). Ao término de cada leitura o *software* do equipamento (Mountains Map Universal[®] 3.1.9) forneceu um gráfico com o traçado do perfil de cada amostra. As alturas entre a matriz de aço e a superfície do esmalte foram mensuradas em cinco pontos do perfil, ou seja, nas distâncias aproximadas de 500 μ m, 1000 μ m, 1500 μ m, 2000 μ m e 2500 μ m, a partir da borda da matriz de aço, o que corresponde, aproximadamente, à metade do diâmetro das pontas aplicadoras, sobre a superfície do espécime. Esta metodologia padronizou a mensuração de cinco pontos no perfil de cada amostra (Figura 22 e APÊNDICE D). Com isto, foram 90 pontos mensurados antes do desgaste, e 90 após a microabrasão, totalizando 180 tomadas em todo o experimento com o Perfilômetro Digital 3D.

Da mesma maneira, a análise do perfil após a realização da técnica da microabrasão foi realizada, a fim de possibilitar a avaliação quantitativa do desgaste promovido pela técnica, pela subtração do valor final pelo inicial.

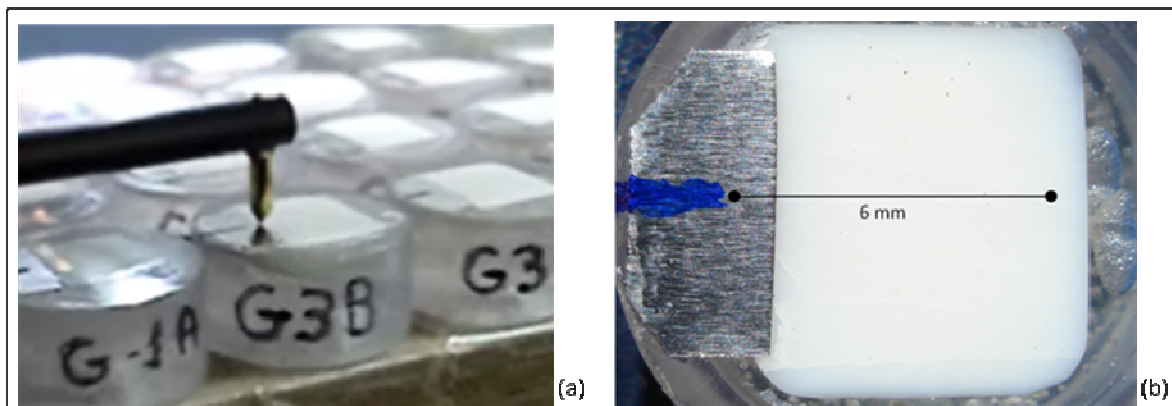


Figura 21: (a) Perfilometria com ponta palpadora. (b) Espaço percorrido sobre região central do espécime.

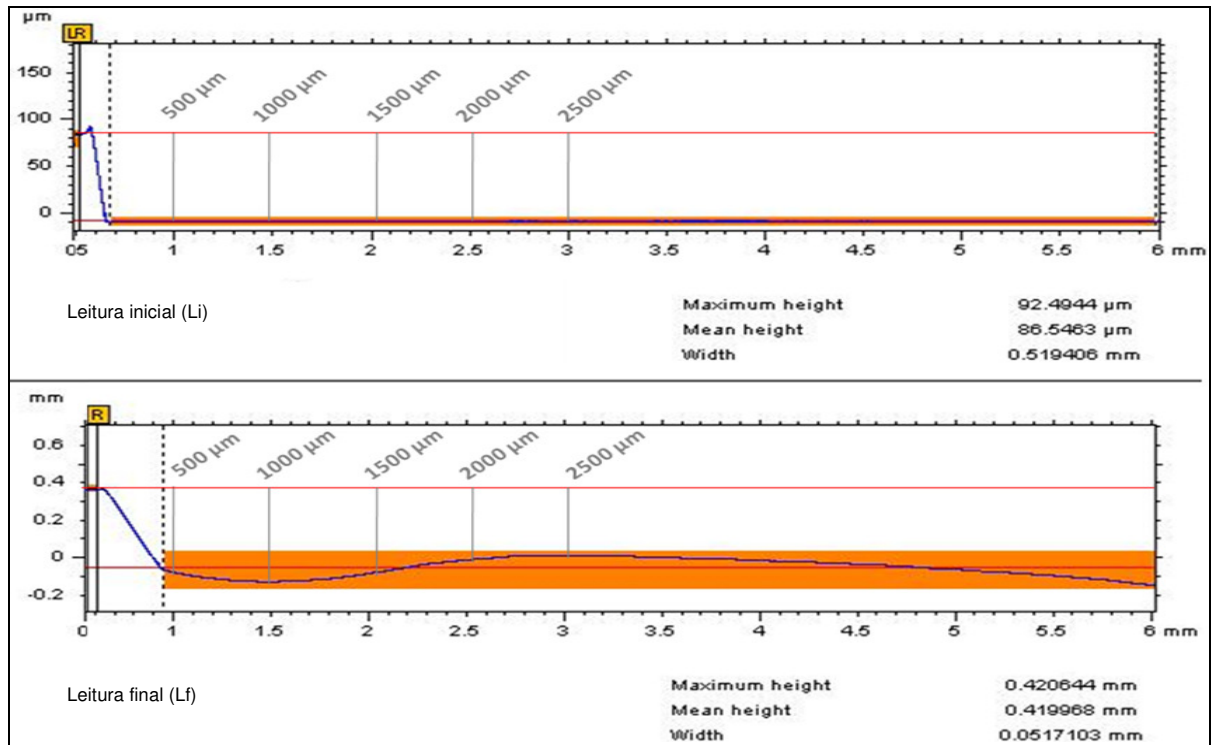


Figura 22: Gráfico com o traçado do perfil inicial (Li) e final (Lf) de uma amostra, com seus valores médios, respectivamente. L e R: Linhas de referência que calculam a média de altura entre matriz de aço e os pontos mensurados a cada 500 μ . Observação: Na leitura final (Lf) a linha de referência R está sobrepondo à linha de referência L

4.6 DETERMINAÇÃO DO PERFIL INICIAL E FINAL NO TOMÓGRAFO DE COERÊNCIA ÓPTICA

A Tomografia de Coerência Óptica também foi realizada antes e após a técnica da microabrasão, em cada amostra. Utilizou-se um sistema de OCT (OCP930SR, Thorlabs) que utiliza um LED superluminescente, operando em 930nm, potência de 2 mW e com resolução, no ar, lateral e longitudinal de 6,2 μ m, capaz de apresentar até 8 imagens por segundo. O sistema dispõe de uma ponta de prova em fibra óptica, capaz de alcançar as amostras facilmente, sem a necessidade de contato entre a ponta de prova e estas (Figura 23). As leituras obtidas com auxílio do *software* Spectral Radar Scan[®] 2.4.12 (Figura 24) foram realizadas nos Laboratórios do Centro de Lasers e Aplicações (CLA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo, SP, Brasil (Ipen-Cnen/USP) (APÊNDICE E).



Figura 23: Sistema de OCT que foi utilizado no experimento OCP930SR (Thorlabs Inc.)

As alturas entre a borda da matriz de aço e a superfície do esmalte foram mensuradas, nas distâncias aproximadas de $500\mu\text{m}$, $1000\mu\text{m}$, $1500\mu\text{m}$, $2000\mu\text{m}$, $2500\mu\text{m}$, ao longo do perfil. As análises das imagens geradas pelo sistema de OCT, foram realizadas por meio de *software* desenvolvido pelo Prof. Dr. Anderson Zanardi de Freitas (IPEN), o que permitiu a seleção das regiões de interesse, por meio da escolha de parâmetros como a profundidade máxima a ser analisada, camada a partir da superfície e porção do sinal abaixo da superfície a serem desprezados, em função de uma porcentagem de atenuação do sinal. Portanto, observa-se a padronização de mensuração em pontos equidistantes no perfil, tanto no Perfilômetro Digital 3D, quanto na OCT, conforme APÊNDICE F.

A avaliação quantitativa do desgaste promovido pela microabrasão, mensurada pela OCT e analisada pelo *software*, foi obtida pela subtração do valor de perfil final pelo inicial, mostrado na Figura 25. Do mesmo modo, a metodologia usada para mensurar perfil no Perfilômetro Digital 3D, foi usada para avaliar o desgaste pela OCT, aferindo também 180 pontos.

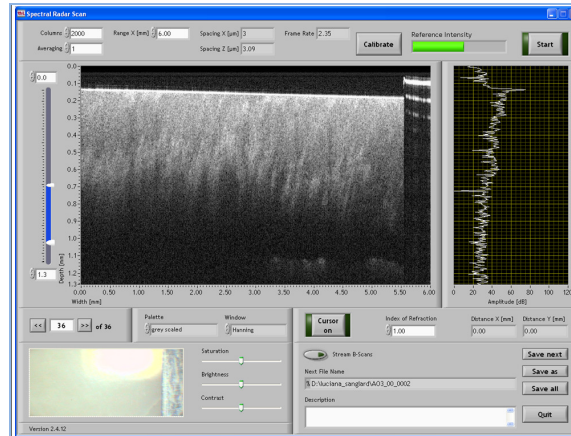


Figura 24: Tela do programa *Spectral Radar Scan*[®] 2.4.12 utilizado no experimento.

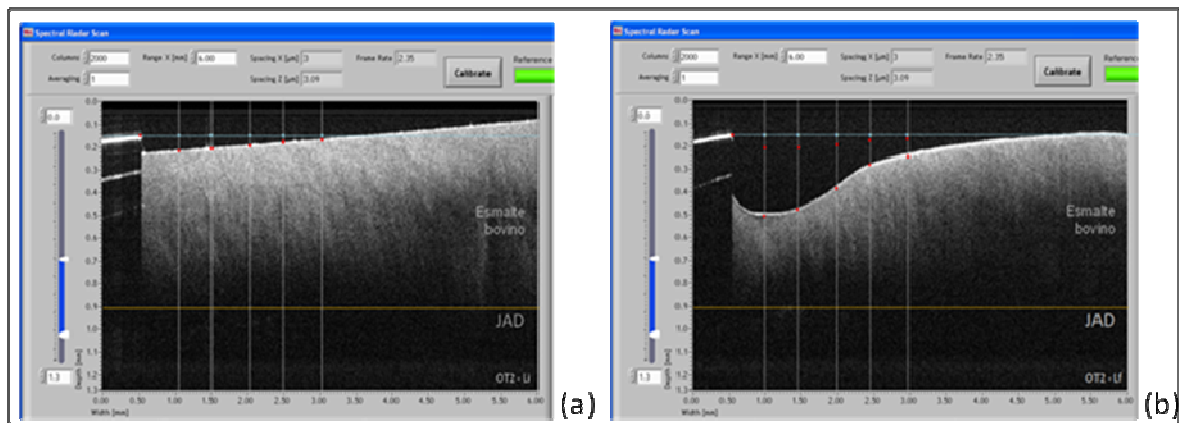


Figura 25: Mensuração (simbolizada) na OCT das alturas entre a borda da matriz de aço e a superfície do esmalte: (a) antes e após (b) a microabrasão, nas distâncias aproximadas de 500 μ m, 1000 μ m, 1500 μ m, 2000 μ m, 2500 μ m, em amostra onde foi usada a Taça de borracha.

4.7 PROCEDIMENTO MICROABRASIVO

Os espécimes foram estabilizados em dispositivo (Figura 26) construído especificamente para este fim (SANGLARD et al., 2008), sendo constituído por coluna de água e película de látex, com a finalidade de padronizar a carga durante o procedimento microabrasivo pela técnica mecânica (uso de micro motor/contra-ângulo e ponta aplicadora).



Figura 26: Procedimento microabrasivo.
Coluna de água identificada com seta.

Posteriormente à estabilização do espécime, os materiais microabrasivos foram aplicados por seis vezes com as pontas aplicadoras anteriormente citadas (item 4.3.4), adaptadas em contra-ângulo, sob velocidade de rotação (12.000rpm), carga (30g – aproximadamente 0,3N (Dalzell, 1995) e tempo (10s) controlados. Utilizou-se uma ponta aplicadora por amostra. Buscou-se manter um ângulo aproximado de 90° do longo eixo da Taça de borracha e da Opal Cups® com a superfície da amostra. A ponta Cônica, devido a sua geometria, foi mantida em posição aproximadamente paralela à superfície da amostra. Após cada aplicação, a superfície foi lavada por 20s, com spray de ar/água e seca pelo mesmo tempo, simulando o procedimento clínico.

4.7.1 Padronização da rotação do micro-motor

Com o auxílio de um Osciloscópio Digital, instrumento eletrônico de medida, útil para mostrar sinais periódicos, da marca Tektronix TDS 3032B, pôde-se verificar a frequência de giro do micro-motor. Para isso, foi utilizado um feixe de *laser* que incidia sobre um disco de papel previamente perfurado. Assim, cada vez que o feixe de *laser* passava pelo orifício, o *display* do osciloscópio indicava a frequência em Hertz (Hz), conforme Figura 27. Sabe-se que um Hz é igual a um ciclo por segundo e que são necessários 200 Hz para se ter 12.000 rpm (STOEHR et al., 2006; EVANS, 2005).

A frequência mais próxima de 200 Hz foi de 199.1 Hz. Para converter a unidade de Hz para rpm, multiplicou-se o valor obtido por 60s, obtendo-se 11.946 rpm (aproximadamente 12.000rpm), o que corresponde a uma pressão na entrada do micro-motor de 39 libra força por polegada quadrada (lbf/pol.²).

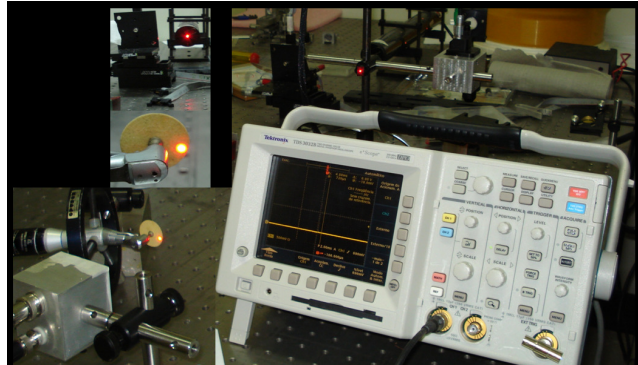


Figura 27: Determinação da rotação do micro-motor.

4.8 ANÁLISES DOS DADOS

Os dados capturados pelas leituras dos equipamentos e processados pelos respectivos *softwares*, que, fazendo uso dos valores obtidos, foram representados por meio de imagens bidimensionais e tridimensionais. Contudo, as imagens geradas pelos programas empregados neste experimento, apesar de serem sugestivas em determinar as características de cada superfície não podem ser utilizadas de forma conclusiva. Por isso, é necessário que os valores sejam extraídos das imagens, a partir do cálculo dos parâmetros solicitados, os quais permitirão a avaliação numérica das superfícies, procedimentos estes também realizados pelos *softwares* utilizados. Deste modo, após obtenção dos dados e tabulação, com auxílio do *Software Excel da Microsoft*[®] versão 2007, procedeu-se a análise estatística, usando-se o *software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, International Business Machines Corp., Armonk, New York, EUA)* versão 15 de aplicação analítica e estatística.

5 RESULTADOS

Após a obtenção e tabulação dos dados, procedeu-se a análise estatística, utilizando o *software* SPSS versão 15 *for Windows*, que compreendeu resultados descritivos, testes de Wilcoxon, de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney. Serão apresentados resultados referentes às análises de rugosidade superficial pelo perfilômetro digital 3D para todos os grupos do estudo. Em seguida, os resultados de desgaste obtidos após leitura das amostras pelo Perfilômetro Digital 3D e pelo Tomógrafo de Coerência Óptica. Por último, serão apresentados resultados comparativos dos dois métodos de mensuração de desgaste.

5.1 AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D

5.1.1 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise da rugosidade superficial segundo o material H_3PO_4 com PP e os 3 tipos de ponta

A análise das medianas dos grupos tratados com o material microabrasivo ácido fosfórico (H_3PO_4) com Pedra-pomes (PP) mostrou que para as três pontas houve diferença estatística significativa entre a rugosidade superficial inicial (SaI - AT = 0,023 μ m; AO = 0,026 μ m e AC = 0,026 μ m) e rugosidade superficial final (SaF - AT = 0,384 μ m; AO = 0,442 μ m; AC = 0,305 μ m; Wilcoxon, $p < 0,05$). Os maiores valores de rugosidade superficial foram promovidos pela Opal Cups[®], seguidos por Taça de borracha e ponta Cônica, que mostrou maior lisura superficial (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$), como mostra a Tabela 1 e Gráfico 1 do APÊNDICE I.

Tabela 1: Rugosidade Superficial Inicial e Final (Sa em μm) segundo o material Ácido Fosfórico e Pedra-Pomes e os 3 tipos de ponta

Material	Ponta	Sa Inicial (μm)			Sa Final (μm)			Valor de p*
		Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP	
Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes	Taça de borracha (AT)	0,023 ^{Aa}	0,024	0,004	0,384 ^{Ba}	0,412	0,077	0,000
	Ponta Cônica (AC)	0,026 ^{Aa}	0,028	0,008	0,305 ^{Bb}	0,340	0,070	0,000
	Opal Cups [®] (AO)	0,026 ^{Aa}	0,027	0,004	0,442 ^{Bc}	0,471	0,092	0,000

Letras maiúsculas diferentes entre colunas mostram diferença estatística significativa (*Wilcoxon, $p < 0,05$)

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, $p < 0,05$)

5.1.2 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise da rugosidade superficial segundo o material Opalustre[®] e os 3 tipos de ponta

A análise das medianas dos grupos tratados com o material microabrasivo Opalustre[®] mostrou que para as 3 pontas houve diferença estatística significativa entre a rugosidade superficial inicial (SaI - OT = $0,030\mu\text{m}$, OO = $0,033\mu\text{m}$; OC = $0,039\mu\text{m}$) e rugosidade superficial final (SaF - OC = $0,526\mu\text{m}$; OT = $0,434\mu\text{m}$; OO = $0,274\mu\text{m}$; Wilcoxon $p < 0,05$). Os maiores valores foram promovidos pela ponta Cônica, seguidos da Taça de borracha e da Opal Cups[®] que mostrou maior lisura superficial (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$), como mostra a Tabela 2 e Gráfico 2 do APÊNDICE I.

Tabela 2: Rugosidade Superficial Inicial e Final (Sa em μm) segundo o material Opalustre[®] e os 3 tipos de ponta

Material	Ponta	Sa Inicial (μm)			Sa Final (μm)			Valor de p*
		Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP	
Opalustre [®]	Taça de borracha (OT)	0,030 ^{Aa}	0,038	0,017	0,434 ^{Ba}	0,463	0,079	0,000
	Ponta Cônica (OC)	0,039 ^{Aa}	0,035	0,013	0,526 ^{Bb}	0,531	0,059	0,000
	Opal Cups [®] (OO)	0,033 ^{Aa}	0,038	0,019	0,274 ^{Bc}	0,295	0,094	0,000

Letras maiúsculas diferentes entre colunas mostram diferença estatística significativa (*Wilcoxon, $p < 0,05$).

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, $p < 0,05$).

Para observar o comportamento da rugosidade superficial (Sa) de todas as medições realizadas, foram utilizados gráficos "Box-Plot". Estes gráficos mostram o centro, a dispersão, a distribuição dos dados e a presença ou não de outliers (APÊNDICE P).

5.2 AVALIAÇÃO DO DESGASTE PELO PERFILÔMETRO DIGITAL 3D

5.2.1 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise do desgaste segundo o material H_3PO_4 com PP e os 3 tipos de ponta

Na análise das medianas dos grupos tratados com ácido fosfórico (H_3PO_4) com Pedra-pomes (PP) e os três tipos de ponta, observou-se que houve diferença estatística significativa entre as pontas sendo que os maiores valores de desgaste foram promovidos pela Taça seguidos de Opal Cups[®] e ponta Cônica (AT = 167,3000 μm ; AC = 44,7000 μm e AO = 78,1000 μm ; Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$), como mostra a Tabela 3 e Gráfico 1 do APÊNDICE J.

Tabela 3: Desgaste (μm) segundo o material Ácido Fosfórico e Pedra-Pomes e os 3 tipos de ponta, pelo Perfilômetro Digital 3D

Aparelho	Material	Ponta	n	Valores descritivos (μm)		
				Mediana	Média	DP
Perfilômetro Digital 3D	Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes	Taça de borracha (AT)	15	167,3000 ^a	176,4467	45,3314
		Ponta Cônica (AC)	15	44,7000 ^b	54,0467	21,8320
		Opal Cups [®] (AO)	15	78,1000 ^c	86,3067	35,4136

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, $p < 0,05$)

5.2.2 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise do desgaste segundo o material Opalustre[®] e os 3 tipos de ponta

Na análise das medianas dos grupos tratados com o Opalustre[®] e os três tipos de ponta, observou-se que houve diferença estatística significativa entre as pontas, sendo que os maiores valores de desgaste foram promovidos pela Taça seguidos de Opal Cups[®] e ponta Cônica (OT = 225,2000 μm ; OC = 76,2000 μm ; OO = 95,5000 μm , Kruskal-Wallis, Mann-Whitney $p < 0,05$), como mostra a Tabela 4 e Gráfico 2 do APÊNDICE J.

Tabela 4: Desgaste (μm) considerando o material Opalustre[®] e os 3 tipos de ponta pelo Perfilômetro Digital 3D

Aparelho	Material	Ponta	n	Valores descritivos (μm)		
				Mediana	Média	DP
Perfilômetro Digital 3D	Opalustre [®]	Taça de borracha (OT)	15	225,2000 ^a	224,2400	101,0766
		Ponta Cônica (OC)	12	76,2000 ^b	78,7083	20,2961
		Opal Cups [®] (OO)	15	95,5000 ^c	96,5533	34,5540

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, $p < 0,05$)

5.2.3 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise do desgaste segundo os materiais e os tipos de ponta

Na análise das medianas observou-se que houve diferença estatística significativa entre grupos, sendo que a Taça de borracha, independente dos materiais promoveu maiores valores de desgaste (OT = 225,2000 μm e AT = 167,3000 μm) que as demais pontas aplicadoras (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p < 0,05$). Constatou-se que AO (78,1000 μm), OC (76,2000 μm) e OO (95,5000 μm) não foram diferentes estatisticamente entre si (Mann-Whitney, $p > 0,05$). Observou-se, ainda, que AC mostrou o menor valor de desgaste (AC = 44,7000 μm), conforme Tabela 5 e Gráfico 3 do APÊNDICE J.

Tabela 5: Desgaste (μm) segundo os materiais e tipos de ponta pelo Perfilômetro Digital 3D

Aparelho	Material	Pontas	n	Valores descritivos (μm)			Valor de p*
				Mediana	Média	DP	
Perfilômetro Digital 3D	Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes	Taça de borracha (AT)	15	167,3000 ^a	176,4467	45,3314	0,000
		Ponta Cônica (AC)	15	44,7000 ^c	54,0467	21,8320	
		Opal Cups [®] (AO)	15	78,1000 ^b	86,3067	35,4136	
	Opalustre [®]	Taça de borracha (OT)	15	225,2000 ^a	224,2400	101,0766	
		Ponta Cônica (OC)	12	76,2000 ^b	78,7083	20,2961	
		Opal Cups [®] (OO)	15	95,5000 ^b	96,5533	34,5540	

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis* e Mann-Whitney, $p < 0,05$).

5.3 AVALIAÇÃO DE DESGASTE PELA TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA

5.3.1 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise do desgaste segundo o material H_3PO_4 com PP e os 3 tipos de ponta, pela OCT

Na análise das medianas referentes ao desgaste obtido com o uso das pontas aplicadoras e o material ácido fosfórico (H_3PO_4) com Pedra-pomes (PP) pela OCT, observou-se que houve diferença estatística significativa no desgaste obtido entre as pontas (AT = 163,6890 μm ; AC = 42,3630 μm e AO = 55,3310 μm Kruskal-Wallis $p < 0,05$), sendo que os maiores valores foram promovidos por AT (Mann-Whitney $p < 0,05$), como mostra a Tabela 6 e Gráfico 1 do APÊNDICE K.

Tabela 6: Desgaste (μm) segundo o material Ácido Fosfórico e Pedra-Pomes e os 3 tipos de ponta, em análise pela OCT

Aparelho	Material	Ponta	n	Valores descritivos (μm)			Valor de p*
				Mediana	Média	DP	
OCT	Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes	Taça de borracha (AT)	15	163,6890 ^a	178,6935	43,0951	0,000
		Ponta Cônica (AC)	15	42,3630 ^b	51,5850	22,1115	
		Opal Cups [®] (AO)	15	55,3310 ^c	66,2151	23,2090	

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis* e Mann-Whitney, $p < 0,05$).

5.3.2 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise do desgaste segundo o material Opalustre[®] e os 3 tipos de ponta, pela OCT

Na análise das medianas referentes ao desgaste obtido com o uso pontas aplicadoras e Opalustre[®] pela OCT, observou-se que houve diferença estatística significativa entre as pontas (OT = 208,6460 μm ; OC = 69,1650 μm ; OO = 99,7115 μm Kruskal-Wallis $p < 0,05$), sendo que os maiores valores de desgaste foram promovidos por OT (Mann-Whitney $p < 0,05$), como mostra a Tabela 7 e Gráfico 2 do APÊNDICE K.

Tabela 7: Desgaste (μm) segundo o material Opalustre[®] e os 3 tipos de ponta, em análise pela OCT

Aparelho	Material	Ponta	n	Valores descritivos (μm)			Valor de p*
				Mediana	Média	DP	
OCT	Opalustre [®]	Taça de borracha (OT)	15	208,6460 ^a	222,7091	81,5884	0,000
		Ponta Cônica (OC)	13	69,1650 ^b	61,0730	22,5574	
		Opal Cups [®] (OO)	12	99,7115 ^c	97,3101	34,5497	

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis* e Mann-Whitney, $p < 0,05$).

5.3.3 Resultados descritivos e testes estatísticos para análise do desgaste segundo os materiais e os tipos de ponta, pela OCT

Na análise das medianas observou-se que houve diferença estatística significativa entre grupos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), sendo que a Taça de borracha, independente dos materiais (Mann-Whitney, $p > 0,05$), promoveu maiores valores de desgaste (OT= 208,6460 μm e AT= 163,6890 μm) que as demais pontas aplicadoras (Mann-Whitney, $p < 0,05$), conforme Tabela 8 e Gráfico 3 do APÊNDICE K.

Tabela 8: Desgaste (μm) segundo os materiais e tipos de pontas, em análise pela OCT

Aparelho	Material	Pontas	n	Valores descritivos (μm)			Valor de p
				Mediana	Média	DP	
OCT	Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes	Taça de borracha (AT)	15	163,6890 ^a	178,6935	43,0951	0,000
		Ponta Cônica (AC)	15	42,3630 ^b	51,5850	22,1115	
		Opal Cups [®] (AO)	15	55,3310 ^c	66,2151	23,2090	
	Opalustre [®]	Taça de borracha (OT)	15	208,6460 ^a	222,7091	81,5884	
		Ponta Cônica (OC)	13	69,1650 ^{b,c}	61,0730	22,5574	
		Opal Cups [®] (OO)	12	99,7115 ^d	97,3101	34,5497	

Letras minúsculas diferentes entre linhas indicam diferença estatística significativa (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

5.4 COMPARAÇÃO DO DESGASTE ENTRE APARELHOS (PERFILÔMETRO DIGITAL 3D X TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA)

5.4.1 Resultados descritivos e testes estatísticos para comparação dos valores de desgaste dos grupos entre os aparelhos

Após análise estatística das medianas não foi detectada diferença significativa no desgaste avaliado pelos dois aparelhos, segundo os materiais e pontas testados, conforme mostra Tabela 9 e Gráfico 1 do APÊNDICE L.

Tabela 9: Comparação do desgaste (μm) dos grupos segundo os aparelhos

Material	Pontas	Medianas (μm)		Valor de p
		OCT	Perfilômetro Digital 3D	
Ácido Fosfórico + Pedra-Pomes	Taça de borracha (AT)	163,6890 ^A	167,3000 ^A	0,917
	Ponta Cônica (AC)	42,3630 ^A	44,7000 ^A	0,694
	Opal Cups [®] (AO)	55,3310 ^A	78,1000 ^A	0,078
Opalustre [®]	Taça de borracha (OT)	208,6460 ^A	225,2000 ^A	0,917
	Ponta Cônica (OC)	69,1650 ^A	76,2000 ^A	0,064
	Opal Cups [®] (OO)	99,7115 ^A	95,5000 ^A	0,770

Letras maiúsculas semelhantes entre colunas indicam semelhança estatística (Mann-Whitney, $p > 0,05$).

Para observar o comportamento do desgaste de todas as medições realizadas, foram utilizados gráficos “Box-Plot”. Estes gráficos mostram o centro, a dispersão, a distribuição dos dados e a presença ou não de *outliers*. Eles são excelentes para comparação de dois ou mais conjunto de dados (APÊNDICE Q).

6 DISCUSSÃO

6.1 MICROABRASÃO

A técnica da microabrasão, apesar de estar disponível no meio odontológico há muitos anos, como uma técnica reconhecidamente efetiva na remoção de manchas, ainda concentra muitos questionamentos, não respondidos pelas pesquisas que, em sua maioria, não conseguiram controlar tantas variáveis que influenciam os resultados.

Para o desenvolvimento do presente estudo buscou-se controlar a maioria dessas variáveis, em relação ao preparo dos espécimes e à técnica da microabrasão.

Para a preparação dos espécimes optou-se por dentes bovinos, em virtude da dificuldade de obtenção de dentes humanos hígidos que não tivessem sido submetidos a nenhum tratamento químico ou térmico prévios. Além da facilidade na aquisição, os dentes bovinos apresentam menor variabilidade na composição e na curvatura de superfície, e maior área de esmalte (MELLBERG, 1992, FONSECA et al., 2008; QUEIROZ et al., 2008; PAES LEME et al., 2003; ZERO, 1995) que o esmalte humano. Isso facilita a preparação de espécimes planos para as análises pela OCT, em especial, no caso dos incisivos, que foram os dentes usados e que também têm sido preferencialmente usados em outros estudos (CAMPOS; CAMPOS; VITRAL, 2008; POSADA et al., 2006; ROMANO et al., 2004; RUSE et al., 1990). Uma vez que os animais são sacrificados aproximadamente na mesma idade, pode-se controlar a faixa etária dos dentes e seu tempo de armazenamento (RUSE et al., 1990). A estrutura cristalina formada no esmalte humano e no bovino apresenta semelhanças morfológicas (EDMUNDS; WHITTAKER; GREEN, 1988; SANCHES et al., 2009) e histológicas (NAKAMICHI; IWAKU; FUSAYAMA, 1983; CAMPOS; CAMPOS; VITRAL, 2008), o que possibilita a comparação entre eles (TEN CATE; MUNDORFF-SHRESTHA, 1995; SCHEMEHORN; WOOD; ROBERTS, 1994, ROMANO et al., 2004).

Na etapa de planificação dos espécimes foi de fundamental importância o conhecimento com relação às lixas empregadas na politriz. Durante este

procedimento, a numeração, bem como o fabricante da lixa devem ser os mesmos, preservando o mesmo padrão de qualidade de cada empresa, como foi empregado neste experimento. Quando em um experimento é citado o uso de uma lixa 1200, por exemplo, faz-se necessário indicar a classificação empregada (CAMI, JIS ou FEPA), pois esta lixa pode representar um grão de 6,5 μ m, 12,5 μ m ou 15,3 μ m, respectivamente, podendo interferir significativamente na rugosidade inicial dos espécimes e na comparação entre pesquisas.

Quanto à técnica microabrasiva, foram controladas, dentre outras variáveis, o número de aplicações (seis aplicações) e o tempo de aplicação e remoção do material (10 e 20s, respectivamente). O fabricante do Opalustre[®] (*Ultradent Products, Inc. South Jordan, Utah, USA*) recomenda o tempo de até 60s para aplicação do produto. Na literatura, pode-se observar seu uso por 60s ininterruptos, sem intervalos para lavagem e secagem (SUNDFELD; CROLL; KILLIAN, 2002; AROUCA; ANDRADE; HIRATA, 2004), por 20s ininterruptos (SCHMIDLIN et al., 2003) e, ainda, por 10s em 24 aplicações, intercaladas por lavagens e secagens da superfície (TAGLIARI et al., 2003). No presente experimento, optou-se por fazer 6 aplicações de 10s, para ambos materiais, totalizando 60s. Em uma situação clínica, isso possibilitaria a visualização do grau de remoção das manchas a cada aplicação do material microabrasivo (MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001). Além desses aspectos, optou-se pelo método de aplicação mecânico (TONG et al., 1993; MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999; SCHMIDLIN et al., 2003), por ser mais reproduzível e clinicamente mais rápido; sendo também controlados, a rotação do micro-motor (12.000rpm), a carga atuante sobre os espécimes (30g) e o uso das pontas aplicadoras, que não foram reutilizadas. Importante salientar que as falhas no controle de qualidade durante a fabricação das pontas foram observadas e que possivelmente interfiram no resultado final da técnica, uma vez que irregularidades nas extremidades das pontas ativas, tal como, diferentes espessuras nas bordas das borrachas que alteram a rigidez das mesmas foram detectadas no mesmo lote de fabricação, (APÊNDICE G).

Para que fosse possível comparar os equipamentos, buscou-se padronizar a distância a ser mensurada, a partir da borda da matriz metálica fixada nos espécimes, e com intervalos aproximados de 500 μ m, tanto no Perfilômetro Digital 3D quanto no Tomógrafo.

Cabe esclarecer que a diferença ocorrida no número de dados lidos do grupo OC em análise no PD (Tabelas 4, 5) referem-se aos pontos de mensuração na distância de 1500, 2000 e 2500µm de uma amostra deste grupo, após a microabrasão, cujos valores expressaram-se negativamente, apontando para alguma interferência na superfície da amostra ou durante a leitura. Mediante este fato, optou-se por desprezar estas 3 medidas e não os demais dados da amostra. Em análise pela OCT, ocorreu o mesmo com os pontos de mensuração na distância de 2000 e 2500µm da mesma amostra do referido grupo (OC3), cujos valores também foram negativos, sugerindo que realmente parte desta amostra estaria comprometida.

Em análise pela OCT, com o grupo OO (Tabelas 7, 8), também pôde ser observado a mesma limitação durante a medida, onde optou-se por desprezar os valores negativos, ocorridos nas distâncias de 1500, 2000 e 2500µm. Provavelmente o traçado do perfil na OCT tenha sido um pouco diferente do traçado de perfil do PD, acusando em um equipamento e no outro não. Do mesmo modo, a amostra não foi descartada, mas os 3 pontos de medida, por isto n=12.

Apesar do ácido clorídrico a 18% ter sido preconizado pela literatura (CROLL; CAVANAUGH, 1986; PAIXÃO; SILVA; OHIRA, 1992; KILPATRICK; WELBURY, 1993; ROOD; DAVIDSON, 1997), apresenta como desvantagens ser de alta concentração, promover maior desgaste da estrutura dental e trazer maior risco de acidentes para operador e paciente (MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999; TAGLIARI et al., 2003). Devido a essas considerações, aos resultados clínicos já constados do Opalustre® (SUNDFELD; CROLL; KILLIAN, 2002), à facilidade de acesso e de apresentação comercial (kit com seringas e bicos aplicadores descartáveis) optou-se por este ácido mais fraco na realização do estudo, bem como do ácido fosfórico a 37%, que também apresenta como vantagem não provocar sensibilidade pós-operatória (MONDELLI et al., 1995), diminuindo os efeitos indesejáveis aos tecidos bucais (MONDELLI; SOUZA JÚNIOR; CARVALHO, 2001), ser menos agressivo, menos volátil (MONDELLI et al., 1995), de baixo custo e fácil acesso e uso (MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999).

A interação das diferentes variáveis, tais como o tipo e concentração do ácido; número e tempo de aplicações; uso ou não de instrumento mecânico e sua rotação; carga aplicada sobre a superfície; o tipo, tamanho, forma e rigidez das partículas do

agente abrasivo (DALZELL; HOWES; HUBLER, 1995; SUNDFELD et al., 1995; MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999; WAGGONER et al., 1989) e, por último, o tipo de equipamento usado e sua eficácia na mensuração da perda de esmalte após a microabrasão podem interferir na rugosidade superficial e no desgaste.

6.2 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A rugosidade é uma propriedade de superfície importante que pode aumentar a área superficial e proporcionar retenção mecânica de materiais, como ocorre com o biofilme dental, ocasionando seu acúmulo nos dentes. Na Odontologia encontra-se relacionada, especialmente, à eficácia de procedimento de acabamento e polimento. Muitos métodos foram empregados para caracterizar a superfície, de acordo com a sua rugosidade, porém o mais aceito é o que determina o perfil ao longo de uma linha na superfície do material, usando um traçado mecânico e expressando a rugosidade pelas ondulações deste perfil (LEITÃO; HEGDAHL, 1981).

O perfilômetro permite leituras de diferentes parâmetros de rugosidade, sendo que o R_a é o mais empregado na Odontologia (CHU; FRANKEL; SMALES, 2000; PATTERSON et al., 1992; WARD; TATE; POWERS, 1995; SCURRIA; POWERS, 1994). Por isso, foi escolhido neste estudo, de modo a facilitar a comparação com estudos anteriores.

Frequentemente, a topografia de superfície é descrita por perfis bidimensionais (2D), que na maioria dos trabalhos o R_a refere-se a um perfil ou à média de dois a três perfis (TAGLIARI et al., 2003; MEIRELES et al., 2009; FRAGOSO et al., 2011). Entretanto, Hutchings (1992) e Whitehead e outros (1999) defenderam que perfilômetros digitais de análise de superfície em 3D possibilitam estudos de área, podendo executar leituras de dezenas de perfis de uma mesma superfície (APÊNDICE Cb), possibilitando a obtenção de dados com pouquíssimas nanodistorções. Com base nesses estudos, foi utilizado o Perfilômetro Digital 3D, onde se realizaram 168 perfis por espécime.

Na análise da rugosidade superficial pelo Perfilômetro Digital 3D pôde-se observar que a técnica de microabrasão promoveu aumento da rugosidade superficial, independente do tipo de ponta, uma vez que houve diferença estatística entre a rugosidade superficial inicial (SaI) e após a microabrasão (SaF), tanto para o material H_3PO_4 com PP como para o Opalustre[®]. Este aumento da rugosidade se justifica pela metodologia aqui empregada, uma vez que os espécimes foram previamente planificados e polidos na politriz, passando por uma sequência de sete lixas, obtendo-se uma superfície vítrea. Diferentemente dos resultados encontrados por Napoleone, Araújo e Damião (2001), Tagliari e outros (2003), Meireless e outros (2009) e Fragoso e outros (2011), que mantiveram a superfície inicial do esmalte dental íntegra, resultando em uma maior lisura superficial após a microabrasão.

A ponta Cônica, associada ao Ácido fosfórico com PP ($Sa=0,305$) e a Opal Cups[®] associada ao Opalustre[®] ($Sa=0,274$) foram as associações mais favoráveis na obtenção de lisura superficial. Não foram observados, na literatura, trabalhos de pesquisa que usassem a ponta Cônica, o que possibilitaria comparações. Isso indica a necessidade de novos estudos, a fim de reafirmarem os resultados aqui encontrados, que, de certo modo, sinalizam que em se tratando de ácido fosfórico e PP a associação à ponta Cônica é a de aplicação clínica com melhores resultados.

Nos resultados com o composto ácido fosfórico a 37% e Pedra-Pomes, Fragoso e outros (2011), usando tempo de 100s, encontraram uma rugosidade de $Ra=0,440\mu m$, numericamente, maior que o encontrado neste estudo ($Sa=0,305\mu m$), talvez pelo maior tempo de aplicação e tipo de ponta empregada, ressaltando-se que o autor não mensurou a carga empregada. Outros autores que trabalharam com rugosidade após o uso do mesmo ácido foram Tagliari e outros (2003), que após 120s de aplicação do produto encontraram $Ra=0,870\mu m$, ou seja um alto valor observado assim como Meireless e outros (2009) que registrou um valor de $Ra=1,400\mu m$, contudo, as pontas aplicadoras foram a escova Robson e espátula de madeira, respectivamente, diferente das aqui utilizadas (Tabela 10). No presente estudo, a rugosidade obtida com a ponta Opal Cups[®] foi a menor obtida, comparada com os demais resultados.

Tabela 10: Dados comparativos de rugosidade superficial com ácido fosfórico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Carga (grama)	Rugosidade Superficial (μm)
Xavier 2011	37	PP	60	Opal Cups®	30	0,305
Tagliari <i>et al.</i> , 2003	37	PP	120	Escova Robson	5 a 10	0,870
Meireless <i>et al.</i> , 2009	37	PP	50	Espátula Madeira	–	1,400
Fragoso <i>et al.</i> , 2011	37	PP	100	Escova Robson	–	0,440

PP – Pedra Pomes

Em se tratando do kit do Opalustre®, Fragoso e outros (2011), usando tempo de 100s, encontraram um de $R_a=0,340\mu\text{m}$, numericamente, um pouco maior que o encontrado neste estudo ($S_a=0,274\mu\text{m}$), talvez pelo maior tempo de aplicação, ressaltando-se que o autor não mensurou a carga empregada, apesar de o estudo ter sido realizado por único operador. Outros autores que trabalharam com rugosidade após o uso do Opalustre® foram Tagliari e outros (2003), que após 120s de aplicação do produto encontraram $R_a=0,620\mu\text{m}$, ou seja, maior que todos os valores observados neste estudo. Contudo, a ponta aplicadora foi uma escova Robson, diferente das aqui utilizadas, bem como Napoleone e outros (2001), que usaram tempo de 50s, Taça de borracha e HCl a 9% associado a PP, obtendo $R_a=0,140\mu\text{m}$ (Tabela 11). No presente estudo, a rugosidade obtida com a mesma ponta e ácido clorídrico em menor concentração foi igual a $0,434\mu\text{m}$. Sugere-se que estes maiores valores foram ocasionados pela dureza do abrasivo e maior tempo de aplicação.

Tabela 11: Dados comparativos de rugosidade superficial com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Carga (grama)	Rugosidade Superficial (μm)
Xavier, 2011	6,6	SiC	60	Opal Cups®	30	0,274
Fragoso <i>et al.</i> , 2011	6,6	SiC	100	Opal Cups®	–	0,340
Tagliari <i>et al.</i> , 2003	6,6	SiC	120	Escova Robson	5 a 10	0,620
Napoleone <i>et al.</i> , 2001	9	PP	50	Taça de Borracha	–	0,140

SiC – Carbetto de Silício; PP – Pedra Pomes

Como as pesquisas envolvendo rugosidade de superfície e microabrasão são muito restritas e divergentes em relação aos métodos usados (MEIRELESS *et al.*, 2009; NAPOLEONE; ARAÚJO; DAMIÃO, 2001), além de inexistentes, quando o assunto é comparação entre pontas aplicadoras, a discussão com as outras associações de materiais e pontas ficaram limitadas. De qualquer modo, pôde ser constatados que diferentes pontas aplicadoras promoveram características de superfície diferentes com os respectivos materiais empregados.

6.3 DESGASTE

A perda de esmalte observada, neste estudo, com o uso do HCl, também foi confirmada por Kendell (1989), Wagonner e outros (1989), Sundfeld e outros (1990), Tong e outros (1993), Dalzell e outros (1999), Schmidlin (2003) e Paic (2008). Apesar disso, devido às peculiaridades de cada estudo, os valores de desgaste encontrados diferem expressivamente. Mesmo no presente estudo foram observados valores de 69 a 225 μm , dependendo do tipo de ponta, ácido e equipamento de leitura usado, reforçando a importância das variáveis atuantes no delineamento do estudo. Cabe explicar que a discussão foi construída comparando os resultados dos

autores aos valores que mais se aproximaram aos aqui encontrados, independente das pontas aplicadoras usadas, mesmo porque a literatura não possibilita essa comparação, tendo em vista a originalidade deste trabalho.

Kendell (1989) encontrou desgastes de 46 μ m após 5 aplicações de 5s, enquanto no presente estudo, os menores valores de desgaste com o HCl (69 a 76,20 μ m), foram observados com o uso da ponta cônica. Deste modo, em ambos os estudos verificou-se desgaste da superfície de esmalte, com o mesmo tipo de ácido. Entretanto, o método, o tempo de aplicação, o tipo de abrasivo e a concentração nos dois estudos foram diferentes. Kendell (1989) utilizou o método manual, aplicando o ácido com cotonete por 25s, abrasivo Pedra-Pomes e ácido, na concentração de 18%, enquanto neste estudo utilizou-se o método mecânico, por 60s, abrasivo carbeto de silício e ácido, na concentração de 6,6%. Além disso, se forem comparados os resultados de Kendell (1989) aos encontrados com as outras pontas aplicadoras, diferenças ainda maiores serão observadas. Os maiores valores de desgaste encontrados neste estudo possivelmente sejam atribuídos ao método mecânico, ao maior tempo de aplicação (60s) e ao tipo de abrasivo usado, de maior tamanho e dureza (Tabela 12).

Tabela 12: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μ m)
Xavier 2011	6,6	SiC	60	Ponta Cônica	Mecânico	30	69 a 76,20
Kendell 1989	18	PP	25	Cotonete	Manual	—	46

μ m – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Novamente, o método, o tempo de aplicação, o tipo de abrasivo e a concentração do ácido usados neste estudo, foram diferentes daqueles usados nos estudos de Wagonner e outros (1989), que usaram o método manual, com espátula de madeira, abrasivo Pedra-Pomes e ácido na concentração de 18% por 50s. Ao serem analisados os resultados de Wagonner e outros (1989), com 246 μ m, com os obtidos nesta pesquisa, quando do uso da Taça de borracha (208 a 225,20 μ m), constatou-se

que os valores de desgaste, apesar de aproximados, foram pouco menores, conforme Tabela 13. Possivelmente, a concentração do ácido foi a variável determinante para os maiores valores de desgaste encontrados por Wagonner e outros (1989). Deste modo, pode-se observar a dificuldade de obter conclusões sobre os melhores procedimentos a serem usados na técnica da microabrasão, a partir da comparação de estudos, quando são analisados os resultados de Kendell (1989) e Wagonner e outros (1989), por exemplo, nos quais os autores usaram a mesma concentração de HCl, com o método manual, e obtiveram resultados bem diferentes, possivelmente pela ação do produto pelo dobro do tempo no estudo de Wagonner e outros (1989) e, também, pela diferença das pontas aplicadoras usadas.

Tabela 13: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	6,6	SiC	60	Taça Borracha	Mecân.	30	208 a 225,20
Wagonner et al., 1989	18	PP	50	Espátula Madeira	Manual	—	246

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

O desgaste de esmalte deparado com o uso do HCl adjunto da ponta Opal Cups[®] achegam aos resultados de Sundfeld e outros (1990) uma vez que os autores encontraram 140 μm enquanto neste estudo observaram-se valores de 95,50 a 99,7 μm . Em ambos os estudos ficou ratificada a perda de esmalte, com o emprego do mesmo tipo de ácido. Todavia, mais uma vez, o método, o tempo de aplicação, o tipo de abrasivo e a concentração nas duas investigações foram diferentes. Sundfeld e outros (1990) usaram o método manual, com o tempo de 75s, abrasivo Pedra-Pomes e ácido na concentração de 18%, enquanto este estudo empregou as mesmas variáveis supracitadas. Analisando os resultados do estudo de Sundfeld e outros (1990) (140 μm) com os aqui obtidos (95,50 μm a 99,7 μm), notou-se que, no segundo, os valores de desgaste foram mais uma vez menores. Do mesmo modo que no estudo de Wagonner e outros (1989), possivelmente a concentração do ácido tenha sido a variável decisiva para os maiores valores de desgaste encontrados por

Sundfeld e outros (1990). Outro aspecto que pode interferir nesses valores é a carga aplicada sobre a superfície, que a maioria dos trabalhos não informa ou não consegue controlar, especialmente quando se trabalha com a técnica manual (Tabela 14).

Tabela 14: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	6,6	SiC	60	Opal Cups®	Mecân.	30	95,5 a 99,7
Sundfeld <i>et al.</i> , 1990	18	PP	75	Espátula Madeira	Manual	–	140

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Tong e outros (1993) encontraram $100\mu\text{m}$ de desgaste do esmalte após uso do HCl a 18% pelo mesmo método de aplicação (mecânico com Taça de borracha), usado no presente estudo, que mostrou valores de desgaste variando de 208 a $225\mu\text{m}$. Em contrapartida, o tempo de aplicação (100s ininterruptos) e a concentração do ácido nos dois estudos foram diferentes (Tabela 15). Pode-se inferir que apesar da concentração do ácido usado por Tong e outros (1993) ter sido maior, o menor valor de desgaste encontrado possa ser devido ao fato de a aplicação do produto ter sido realizada sem interrupção, para lavagem, secagem e reaplicação, o que reduz o poder de erosão do ácido (RADI et al., 2007).

Tabela 15: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	6,6	SiC	60	Taça Borracha	Mecân.	30	208 a 225
Tong et al., 1993	18	PP	100 ininterruptos	Taça Borracha	Mecân.	–	100

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

No presente estudo, a quantidade de esmalte perdida com o uso do HCl associado à Taça de borracha (208,64 a 225,20 μm) aproxima-se aos resultados de Dalzell e outros (1995), uma vez que esses autores encontraram 213 μm , após utilizarem o método manual, com o tempo de 50s, abrasivo Pedra-Pomes, ácido na concentração de 18% e carga de 30g. Em ambos os estudos verificou-se desgaste da superfície de esmalte, com o mesmo tipo de ácido. Observou-se que, aqui, os valores de desgaste foram pouco maiores, possivelmente atribuídos ao método mecânico, maior tempo de aplicação (60s) e o tipo de abrasivo empregado (Tabela 16).

Tabela 16: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	6,6	SiC	60	Taça Borracha	Mecânico	30	208 a 225,20
Dalzell 1995	18	PP	50	Espátula Plástica	Manual	30	213

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Schmidlin e outros (2003) com o Opalustre[®] mostraram desgaste de 134,80 μm , usando método mecânico por 20s ininterruptos, com carga de 200g, Paic e outros (2008) obtiveram 53,1 μm de desgaste com o mesmo método, porém com 40s e carga de 100g, enquanto neste estudo o grupo Opalustre[®] com Opal Cups[®] (OO) mostrou desgaste de 95,50 a 99,7 μm , com tempo de 60s e carga de 30g. Os

maiores valores encontrados por Schmidlin e outros (2003) foram observados, provavelmente, devido à carga aplicada (200g), podendo-se inferir que esta variável exerce grande influencia nos resultados, comparada como tempo empregado (Tabela 17).

Tabela 17: Dados comparativos de desgaste com ácido clorídrico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste PD 3D / OCT (μm)
Xavier 2011	6,6	SiC	60	Opal Cups®	Mecânico	30	95,50 a 99,70
Schmidlin <i>et al.</i> , 2003	6,6	SiC	20 ininterruptos	Opal Cups®	Mecânico	200	134,80
Paic <i>et al.</i> , 2008	6,6	SiC	40	Opal Cups®	Mecânico	100	53,1

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Quando o ácido fosfórico foi utilizado, os valores de desgaste encontrados neste estudo, associado à ponta aplicadora Taça de borracha (163, 68 a 167,30 μm), não corroboram os resultados de Mendes e outros (1999) que encontraram 142,87 μm de perda de esmalte, utilizando a ponta aplicadora cilindro circular do kit Prema Compound®. Deste modo, em ambos os estudos, constatou-se perda de estrutura da superfície de esmalte, com o mesmo método (mecânico), tipo de ácido, concentração, porém as pontas aplicadoras com rigidez diferentes e tempo de aplicação nos dois estudos foram distintas. Acredita-se também que o uso ininterrupto do ácido, usado por Mendes e outros (1999) cause a redução da sua eficácia, justificando o menor desgaste encontrado (Tabela 18)

Tabela 18: Dados comparativos de desgaste com ácido fosfórico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	37	PP	60	Taça Borracha	Mecânico	30	163,86 a 167,3
Mendes <i>et al.</i> , 1999	37	PP	100	Kit Prema [®]	Mecânico	30	142,87

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Alves e outros (2004) que avaliaram *in vitro* a quantidade de esmalte removida após a microabrasão, empregando o H_3PO_4 a 37%, associado à PP de granulometria fina, pela técnica manual, por 240s, encontraram perda de esmalte de $42\mu\text{m}$. Como pôde ser observado, o resultado encontrado por este autor não diferem dos verificados no presente trabalho, com os mesmos ácidos e abrasivos considerando os diversos tipos de pontas, tempo de aplicação e método de aplicação (Tabela 19).

Tabela 19: Dados comparativos de desgaste com ácido fosfórico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	37	PP	60	Ponta Cônica	Mecânico	30	42,3 a 44,7
Alves <i>et al.</i> , 2004	37	PP	240	Espátula Plástica	Manual	–	42

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Considerando tempo de 200s, carga de 30g, sob baixa rotação com uso de Taça de borracha, os resultados de Zuanon e outros (2010) diferiram desta pesquisa, ao mostrar perda de esmalte de $338,35\mu\text{m}$, com o H_3PO_4 a 37% com PP, contra os ($163,68$ a $167,00\mu\text{m}$) encontrados no grupo AT deste estudo. Embora a técnica, carga, ponta aplicadora, ácido e concentração tenham sido semelhantes, os resultados de Zuanon e outros (2010) foram bem superiores aos aqui encontrados.

Possivelmente, o tempo empregado por estes autores foi a principal determinante para valores tão distintos (Tabela 20).

Tabela 20: Dados comparativos de desgaste com ácido fosfórico

Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundos)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste OCT / PD 3D (μm)
Xavier 2011	37	PP	60	Taça Borracha	Mecânico	30	163,86 a 167,3
Zuanon <i>et al.</i> , 2010	37	PP	200	Taça Borracha	Mecânico	30	338,35

μm – Micrômetro ; PP – Pedra Pomes; PD 3D – Perfilômetro Digital 3D; OCT – Tomografia de Coerência Óptica

Para Wong e Winter (2002) estudos laboratoriais têm demonstrado que a técnica de microabrasão remove os primeiros 100 μm a 200 μm da superfície dental, com eliminação da mancha e exposição do esmalte sadio. Entretanto, Mendes, Mondelli e Freitas (1999) consideraram que a remoção de 100 μm é suficiente para eliminar manchas mais superficiais do esmalte, sem alterar a forma do dente. Diante do exposto, dos seis grupos avaliados neste estudo o do Opalustre[®] com Taça de borracha (OT) foi o único que excedeu o limite de 200 (208,64 a 225,20), estabelecido por Wong e Winter (2002). Já o grupo H₃PO₄ com PP e Taça de borracha (AT) ficou acima do limite de manchas superficiais, classificado por Mendes, Mondelli e Freitas (1999) (163,68 a 167,30 μm), enquanto os demais grupos ficaram abaixo de 100 μm . Diante desses estudos laboratoriais, e considerando as particularidades da metodologia empregada, somente o grupo Opalustre, associado à Taça de borracha estaria contra-indicado para a remoção de manchas, ao se avaliar o aspecto desgaste.

Durante a realização da técnica de microabrasão, tanto nas pesquisas (MATOS; TURBINO; MATSON, 1998; MENDES; MONDELLI; FREITAS, 1999; ZUANON *et al.*, 2010) como nos casos clínicos (TONG *et al.*, 1993; MONDELLI *et al.*, 1995; POURGHADIRI; LONGHURST; WATSON, 1998; BEZERRA; CARNEIRO; TOLEDO, 1993) observou-se que a mistura H₃PO₄ com PP é mais facilmente aplicada que os

outros materiais, por ocorrer menor escoamento durante o movimento de rotação das pontas empregadas, devido a sua consistência mais densa. O mesmo foi observado neste experimento.

A decisão pelo uso da aplicação mecânica foi tomada ao se considerar indícios clínicos de ação mais rápida, além da possibilidade de padronização. Por esta técnica mantém-se a velocidade de rotação das pontas aplicadoras pelo controle da pressão do ar na entrada do micro-motor, além do controle da carga exercida sobre os espécimes, através de dispositivo com coluna d'água e o posicionamento das pontas taça e Opal Cups® perpendiculares à superfície das amostras e da ponta cônica paralela a estas mesmas superfícies.

Quanto aos desgastes promovidos pelas pontas Cônicas, comparados com as demais pontas aplicadoras, observou-se que a geometria dessas pontas propicia menor superfície de contato com os espécimes. Logo, partindo do princípio de que o esmalte foi microabrasionado, respeitando-se a mesma área (9mm^2), tempo (10s), carga (30g) e rotação (12.000rpm), e as leituras foram padronizadas (5 pontos por perfil) e equidistantes ($500\mu\text{m}$), sugere-se que esta seja a justificativa para a menor perda do esmalte dental pela referida ponta aplicadora (APÊNDICE H).

Diante do exposto, verifica-se que a diversidade de técnicas e a falta de padronização entre os estudos fazem com que exista uma dificuldade de comparação entre os dados referentes à quantidade de desgaste. No entanto, segundo a literatura, pôde-se verificar que este desgaste é maior quanto maior for a carga exercida (DALZELL; HOWES; HUBLER, 1995). Além disso, destaca-se que quanto maior a concentração do ácido maior será a quantidade de esmalte perdido (SCHMIDLIN et al., 2003; PAIC et al., 2008).

6.3.1 Tomografia de coerência óptica (OCT)

No Brasil, poucos grupos de pesquisa assumiram a OCT como tema central de pesquisa. Em 2009 existiam dois grupos estabelecidos, um em Recife, na

Universidade Federal de Pernambuco, e outro grupo em São Paulo, no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), onde parte desta pesquisa foi realizada.

A técnica de OCT, ao contrário do ultrassom, não necessita de contato direto com o tecido a ser analisado, preservando o espécime. Devido à alta resolução de imagem é possível realizar diagnóstico em tecidos, obtendo informações morfológicas da área analisada.

A técnica de OCT permite construir imagens para auxiliar a detecção de desgastes dentais, lesão precoce de cárie, áreas desmineralizadas, identificação de fraturas dentais, nível de inserção periodontal, nível de perda óssea e doenças periodontais (FUJIMOTO et al., 1995; OTIS et al., 2000; FREITAS et al., 2006). A possibilidade de detecção de desgaste dental pode ser confirmada, como relatam os resultados do presente estudo.

A metodologia de preparação dos espécimes para as análises por OCT adotada teve o objetivo de padronizar as medidas. Os espécimes foram planificados em suas bases e fixados em outra base metálica com um parafuso pentagonal, a fim de promover uma boa fixação das mesmas, e isso permitiu que o ângulo de incidência da luz fosse mantido em 90°. Desta forma, foi possível evitar que as diferenças na morfologia de superfície e no ângulo de incidência interferissem na refletividade e na profundidade de penetração da luz.

Não ocorreu diferença estatística significativa na análise de desgaste entre equipamentos, segundo os materiais e pontas. Assim, as mensurações realizadas pelo Perfilômetro digital 3D confirmaram as obtidas na OCT, indicando que ambos os métodos foram eficazes neste tipo de análise.

A técnica de OCT provou ser um método de aferição de desgaste em esmalte microabrasionado confiável, tornando-se uma alternativa aos métodos de mensuração por contato, possibilitando a obtenção de resultados fidedignos.

7 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que:

1. A rugosidade superficial do esmalte dental bovino microabrasionado com Ácido fosfórico e Pedra-Pomes variou dependendo do tipo de ponta, sendo em ordem decrescente de valores a associação com Opal Cups[®], Taça de borracha e Ponta Cônica, ou seja, esta última promoveu menor rugosidade superficial. Do mesmo modo, com o Opalustre[®] a rugosidade superficial também variou dependendo do tipo de ponta, sendo em ordem decrescente de valores a associação com Taça de borracha, Ponta Cônica e Opal Cups[®], onde esta última promoveu menor rugosidade superficial.
2. O desgaste do esmalte dental bovino microabrasionado também variou igualmente em ambos materiais conforme a ponta usada, sendo em ordem decrescente de valores Taça de borracha, Opal Cups[®] e Ponta Cônica, o que foi confirmado pelos dois equipamentos, Perfilômetro Digital 3D e Tomógrafo de Coerência Óptica.
3. A técnica de OCT provou ser um método de aferição de desgaste confiável.

8 REFERÊNCIAS

- 1 AGOSTINHO, O. L.; RODRIGUES, A. C. S.; LIRANI, J. **Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- 2 AGRA, C. M. **Avaliação quantitativa e qualitativa de duas cerâmicas frente a diferentes tratamentos de superfície**. 2005, 135 f. Tese (Doutorado em Odontologia, área de Dentística) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- 3 ALVES, J. et al. Avaliação microscópica do desgaste superficial do esmalte dental. Efeito da aplicação de diferentes pastas microabrasivas. **JBD: Revista Ibero-Americana de Odontologia Estética & Dentística Operatória**, Curitiba, v. 3, n. 10, p. 142-153, abr./jun. 2004.
- 4 ANDRADE, F. B.; GOMES, M. J. Microabrasão: um recurso para a recuperação da estética dental. **Odontologia Clínico Científica**, Recife, v. 6, n. 1, p. 19-25, jan./mar. 2007.
- 5 ANTONINI, B. et al. Efeito da escovação com dentifrícios clareadores na rugosidade superficial do esmalte e da dentina. **Revista de Odontologia da UNESP**, Marília, v. 36, n. 2, p. 121-126, abr./jun. 2007.
- 6 ARANHA, A. C. C.; MITSUI, F. H. O.; MARCHI, G. M. Facetas diretas em resina composta pós-microabrasão – Relato de caso clínico. **Jornal Brasileiro de Dentística & Estética**, Curitiba, v. 2, n. 5, p. 72-78, jan./mar. 2003.
- 7 ARAÚJO, M. A. M. et al. **Estética para o clínico geral**. São Paulo: Artes Médicas, 2004.
- 8 AROUCA, S. E.; ANDRADE, M. F.; HIRATA, R. Microabrasão do esmalte dental e clareamento dentinário como opção estética conservadora. **JBD: Revista Ibero-Americana de Odontologia Estética & Dentística Operatória**, Curitiba, v. 3, n. 9, p. 41-48, jan./mar. 2004.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 4288**: Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade. Rio de Janeiro, 2008.
- 10 AZEVEDO, J. F. D. G. **Avaliação do desgaste e da rugosidade superficial do esmalte**. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2005.
- 11 BASTOS, F. S. **Avaliação da textura superficial e comportamento ao desgaste do esmalte dentário**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

- 12 BERNARDES FILHO, R.; ASSIS, O. B. G.; PESSOA, J. D. C. Relação entre parâmetros de rugosidade obtidos por microscopia de força atômica e por microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 3-7, jul. 1998.
- 13 BEZERRA, A. C. B.; CARNEIRO, L. R.; TOLEDO, O. A. Remoção de Manchas do Esmalte: descrição de um caso clínico. **ROBRAC: Revista Odontológica do Brasil Central**, Goiânia, v. 3, n. 8, p. 15-17, set. 1993.
- 14 BHUSHAN, B. **Principles and applications of tribology**. New York: J. Wiley, 1999.
- 15 BHUSHAN, B. **Introduction to tribology**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- 16 BOLLEN, C. M.; LAMBRECHTS, P.; QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. **Dental Materials**, Washington, v. 13, n. 4, p. 258-269, jul. 1997.
- 17 CAMPOS, M. I. C.; CAMPOS, C. N.; VITRAL, R. W. F. O uso de dentes bovinos em pesquisas odontológicas: uma revisão da literatura. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 127-132, jan./abr. 2008.
- 18 CATELAN, A.; GUEDES, A. P. A.; SANTOS, P. H. (Org.). Erosão dental e suas implicações sobre a saúde bucal. **RFO UPF: Revista da Faculdade de Odontologia Universidade de Passo Fundo**, Passo Fundo, v. 15, n. 1, p. 83-86, jan./abr. 2010.
- 19 CHU, F. C.; FRANKEL, N.; SMALES, R. J. Surface roughness and flexural strength of self-glazed, polished, and reglazed In-Ceram/Vitadur Alpha porcelain laminates. **The International Journal of Prosthodontics**, Lombard, v. 13, n. 1, p. 66-71, jan./fev. 2000.
- 20 CLIVAZ, X. et al. High-resolution reflectometry in biological tissues. **Optics Letters**, New York, v. 17, n. 1, p. 4-6, jan. 1992.
- 21 COLSTON, B. W. et al. Dental OCT. **Optics Express**, Washington, v. 3, n. 6, p. 230-238, set. 1998.
- 22 CROLL, T. P. Enamel microabrasion: the technique. **Quintessence International**, Berlin, v. 20, n. 6, p. 395-400, jun. 1989.
- 23 CROLL, T. P. Enamel microabrasion: observations after 10 years. **Journal of the American Dental Association**, Chicago, v. 128 (suppl.), p. 45S-50S, abr. 1997.

- 24 CROLL, T.P.; CAVANAUGH, R. R. Enamel color modification by controlled hydrochloric acid-pumice abrasion. II. Further examples. **Quintessence International**, Berlin, v. 17, n. 3, p.157-64, mar. 1986.
- 25 DALZELL, D. P.; HOWES, R. I.; HUBLER, P. M. Microabrasion: effect of time, number of applications, and pressure on enamel loss. **Pediatric Dentistry**, Chicago, v. 17, n. 3, p. 207-11, maio/jun. 1995.
- 26 DONG, W. P.; SULLIVAN, P. J.; STOUT, K. J. Comprehensive study of parameters for characterising three- dimensional surface topography: III: Parameters for characterising amplitude and some functional properties. **Wear**, Lausanne, v. 178, n. 1/2, p. 29-43, nov. 1994.
- 27 EDMUNDS, D. H.; WHITTAKER, D. K.; GREEN, R. M. Suitability of human, bovine, equine, and ovine tooth enamel for studies of artificial bacterial carious lesions. **Caries Research**, Basel, v. 22, n. 6, p. 327-36, nov. 1988.
- 28 EVANS, J. B. **Vibration control for a 25 mw steam-turbine Generator installation near academic teaching and research laboratories**. Trabalho apresentado no Twelfth International Congress on Sound and Vibration, Lisbon, 2005. Disponível em: < http://www.jeacoustics.com/library/pdf/FP0729_Evans.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2009.
- 29 FERCHER, A. F. et al. Optical coherence tomography: principles and applications. **Reports on Progress in Physics**, Bristol, v. 66, n. 2, p. 239-303, jan. 2003.
- 30 FERCHER, A. F.; MENGEDOHT, K.; WERNER, W. Eye-length measurement by interferometry with partially coherent light. **Optics Letters**, New York, v. 13, n. 3, p. 186-188, mar. 1988.
- 31 FONSECA, R. B. et al. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. **Archives of Oral Biology**, Oxford, v. 53, n. 11, p. 1023-1029, nov. 2008.
- 32 FRAGOSO, L. S. M. et al. Evaluation of physical properties of enamel after microabrasion, polishing, and storage in artificial saliva. **Biomedical Materials**, Bristol, v. 6, n. 3, p. 035001, abr. 2011.
- 33 FREITAS, A. Z. et al. Imaging carious human dental tissue with optical coherence tomography. **Journal of Applied Physics**, Reston, v. 99, n. 2, p. 024906-024906-6, jan. 2006.
- 34 FUJIMOTO, J. G. et al. Optical biopsy and imaging using optical coherence tomography. **Nature Medicine**, New York, v. 1, n. 9, p. 970-972, set. 1995.
- 35 GADELMAWLA, E. S. et al. Roughness parameters. **Journal of Materials Processing Technology**, Amsterdam, v. 123, n. 1, p. 133-145, abr. 2002.
- 36 HEE, M. R. et al. Femtosecond transillumination optical coherence tomography. **Optics Letters**, New York, v. 18, n. 12, p. 950-952, jun. 1993.

- 37 HOLMBERG, K.; MATTHEWS, A. **Coatings tribology**: properties, mechanisms, techniques, and applications in surface engineering. 2. ed. Amsterdam, NE: Elsevier, 2009.
- 38 HUANG, D. et al. Optical coherence tomography. **Science**, Washington, v. 254, n. 5035, p. 1178-1181, nov. 1991.
- 39 HUTCHINGS, I. M. **Tribology**: friction and wear of engineering materials. Oxford: Butterworth Heinemann, 1992.
- 40 KAMP, A. A. Removal of white spot lesions by controlled acid-pumice abrasion. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 23, n. 10, p. 690-693, out. 1989.
- 41 KATO, I. T. Alterations in enamel remineralization *in vitro* induced by blue light. **Laser Physics**, Moscow, v. 20, n. 6, p.1-6, maio, 2010.
- 42 KAWAKAME, M.; BRESSAN, J. D. Study of wear in self-lubricating composites for application in seals of electric motors. **Journal of Materials Processing Technology**, Amsterdam, v. 179, n. 1/3, p. 74-80, out. 2006.
- 43 KENDELL, R. L. Hydrochloric acid removal of brown fluorosis stains: clinical and scanning electron micrographic observations. **Quintessence International**, Berlin, v. 20, n. 11, p. 837-839, nov. 1989.
- 44 KILPATRICK, N. M.; WELBURY, R. R. Hydrochloric acid/pumice microabrasion technique for the removal of enamel pigmentation. **Dental Update**, Guildford, v. 20, n. 3, p. 105-107, abr. 1993.
- 45 LEITÃO, J.; HEGDAHL, T. On the measuring of roughness. **Acta Odontologica Scandinavica**, Oslo, v. 39, n. 6, p. 379-384, dez. 1981.
- 46 MACHADO, M. A. A.; TELLES, P. D. S.; SILVA, S. M. B. Diagnóstico de manchas do esmalte. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**, São Paulo, v. 55, n. 3, p. 206-209, maio/jun. 2001.
- 47 MAINARDI, A. P. R.; LAZZAROTTI, F. R. Técnica de erosão/abrasão de esmalte em paciente pediátrico. **Revista da Associação Brasileira de Odontologia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 93-98, abr./maio,1996.
- 48 MARINESCU, I. D. et al. **Tribology of abrasive machining processes**. Norwich, NY: William Andrew Pub., 2004.
- 49 MATHEW, M. T. et al. Significance of tribocorrosion in biomedical applications: overview and current status. **Advances in Tribology**, New York, v. 2009, p. 1-12, out. 2009.
- 50 MATOS, A. B.; TURBINO, M. L.; MATSON, E. Efeito das técnicas de microabrasão no esmalte: estudo em microscopia eletrônica de varredura.

- Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo**, Bauru, v. 12, n. 2, p. 105-111, abr./jun. 1998.
- 51 McCLOSKEY, R. J. A technique for removal of fluorosis stains. **Journal of American Dental Association**, Chicago, v. 109, n. 7, p. 63-64, jul. 1984.
- 52 MEIRELESS, S. S. et al. Surface roughness and enamel loss with two microabrasion techniques. **Journal of Contemporary Dental Practice**, Cincinnati, v. 10, n. 1, p. 58-65, jan. 2009.
- 53 MELLBERG, J. R. Hard-tissue substrates for evaluation of cariogenic and anti-cariogenic activity in situ. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 71 (Spec Iss), p. 913-919, abr. 1992.
- 54 MELO, L. S. A. et al. **Analysis of tooth/restoration interface, at the dental enamel, by using Optical Coherence Tomography**. Pôster apresentado na 22nd Annual "Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica" meeting, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://eprints.ictp.it/94/01/sbpqo_poster_2005.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2011.
- 55 MENDES, R. F.; MONDELLI, J.; FREITAS, C. A. Avaliação da quantidade de desgaste do esmalte dentário submetido à microabrasão. **Revista da Faculdade de Odontologia de Bauru**, Bauru, v. 7, n. 1/2, p. 35-40, jan./jun. 1999.
- 56 MONDELLI, J. et al. Microabrasão com ácido fosfórico. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 3, p. 20-22, maio/jun. 1995.
- 57 MONDELLI, R. F. L.; SOUZA JÚNIOR, M. H. S.; CARVALHO, R. M. **Odontologia estética: fundamentos e aplicações clínicas**. São Paulo: Santos, 2001.
- 58 MOURA, L. F. A. D.; MENDES, S. N. C.; MOURA, W. L. Microabrasão do esmalte - avaliação clínica. **JBC: Jornal Brasileiro de Clínica Odontológica Integrada**, Curitiba, v. 4, n. 21, p. 83-88, maio/jun. 2000.
- 59 MUMMERY, L. Y. **Surface Texture Analysis – The Handbook**. 1. ed. West Germany: Hommelwerke GmbH, 1992.
- 60 NAKAMICHI, I.; IWAKU, M.; FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 62, n. 10, p. 1076-1081, out. 1983.
- 61 NAPOLEONE, C. P.; ARAÚJO, M. A. M.; DAMIÃO, A. J. Avaliação da rugosidade do esmalte dentário após microabrasão seguida de diferentes métodos de polimento. **JBC: Jornal Brasileiro de Clínica & Estética em Odontologia**, Curitiba, v. 5, n. 25, p. 61-64, jan./fev. 2001.
- 62 NORTON. Diferentes padrões podem causar confusões. **Informativo Técnico: engenharia de aplicação**, n. 5, maio, 2003. Disponível em:

- <<http://www.fenacabrasivos.com.br/pdf/ITN005PADROESDEGRANULOMETRIA.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2009.
- 63 OLIVEIRA, S. R. et al. Características tridimensionais da topografia superficial de abutments de titânio. **Innovations Implant Journal: biomaterials and esthetics**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 8-13, maio, 2006.
- 64 OLIVEIRA, C. J.; PALMA, E. S.; SALES, W. F. Sensibilidade na análise de forma em função da quantidade de harmônicas por revolução. In: COBEF- Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 4, 2007, Estância de São Pedro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.grima.ufsc.br/cobef4/files/091006255.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2010.
- 65 OTIS, L. L. et al. Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry. **Journal American Dental Association**, Chicago, n. 131, v. 4, p. 511-514, abr. 2000.
- 66 PAES LEME, A. F. et al. Effect of fluoridated dentifrice and acidulated phosphate fluoride application on early artificial carious lesions. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 16, n. 2, p. 91-95, abr. 2003.
- 67 PAIC, M. et al. Effects of microabrasion on substance loss, surface roughness, and colorimetric changes on enamel *in vitro*. **Quintessence International**, Berlin, v. 39, n. 6, p. 517-522, jun. 2008.
- 68 PAIXÃO, R. F.; SILVA, R. H. H.; OHIRA, M. Comparação entre duas técnicas para remoção de manchas provocadas pela fluorose dentária. **Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo**, Bauru, v. 6, n. 3/4, p. 157-62, jul./dez. 1992.
- 69 PAN, Y. et al. Optical coherence-gated imaging of biological tissues. **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics**, New York, v. 2, n. 4, p. 1029-1034, dez. 1996.
- 70 PATTERSON, C. J. et al. Efficacy of a porcelain refinishing system in restoring surface finish after grinding with fine and extra-fine diamond burs. **The Journal of prosthetic dentistry**, Saint Louis, v. 68, n. 3, p. 402-406, set. 1992.
- 71 POSADA, M. C. et al. Dientes de bovino como sustituto de dientes humanos para su uso en la Odontologia. Revision de literatura. **CES Odontologia**, Medellin, v. 19, n. 1, p. 63-68, jul. 2006.
- 72 POURGHADIRI, M.; LONGHURST, P.; WATSON, T. F. Uma nova técnica para a remoção controlada do esmalte manchado: medição da perda de esmalte. **British Dental Journal**, London, v. 184, n. 5, p. 228, mar. 1998.
- 73 QUAGLIATTO, P. S. **Efeito de diferentes géis clareadores na rugosidade, topografia e permeabilidade do esmalte bovino**. Trabalho apresentado no XVIII Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Dentística – GBPD, 2009, Foz do Iguaçu. Disponível em: <

- <http://www.gbpd.com.br/Arquivos/18encontro /FMmH2CuF.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- 74 QUEIROZ, C. S. et al. pH-cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel de- and remineralization. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v.19, n.1, p. 21-27, jan. 2008.
- 75 RADI, P. A. et al. Tribologia: conceitos e aplicações. ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 13., ENCITA, 13., 2007, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2007.
- 76 RAELE, M. P. **Desenvolvimento de um sistema de tomografia por coerência óptica no domínio de Fourier sensível à polarização e sua utilização na determinação das matrizes de Mueller**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- 77 RASTELLI, A. N. S.; PEREIRA, S. K. Microabrasão: uma possibilidade estética e conservadora. **Revista Paulista de Odontologia**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 8-10, jul./ago. 1998.
- 78 RIBEIRO, R. P. et al. Aplicação de bases conceituais de tribologia no beneficiamento de granitos ornamentais. **Revista Minerva**, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 45-50, jul./dez. 2004.
- 79 RIOS, D. **Avaliação do desgaste e rugosidade superficial de materiais utilizados para selante, submetidos a teste de escovação com dois diferentes dentifrícios**. 2000. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, Bauru, 2000.
- 80 ROOD, H. D.; DAVIDSON, L. E. The aesthetic management of severe dental fluorosis in the young patient. **Dental Update**, Guildford, v. 24, n. 10, p. 408-411, dez. 1997.
- 81 ROMANO, F. L. et al. Análise *in vitro* da resistência ao cisalhamento de braquetes metálicos colados em incisivos bovinos e humanos. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, Maringá, v. 9, n. 6, p.63-69, nov./dez. 2004.
- 82 RUSE, N. D. et al. Preliminary surface analysis of etched, bleached, and normal bovine enamel. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 69, n. 9, p. 1610-1613, set. 1990.
- 83 SAITO, S. K.; LOVADINO, J. R.; KROLL, L. B. Rugosidade e pigmentação superficial de materiais iônicos. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 351-356, out./dez. 2000.
- 84 SANCHES, R. P. et al. AFM characterization of bovine enamel and dentine after acid-etching. **Micron**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 502-506, jun. 2009.

- 85 SANGLARD, L. F. et al. Análise por tomografia por coerência óptica do desgaste ocorrido no esmalte de dentes decíduos submetidos à microabrasão. **Brazilian Oral Research**, São Paulo, v. 22 (suppl. 1), p. 315, 2008. (Proceedings of the 25th SBPqO Annual Meeting).
- 86 SCHEMEHORN, B. R.; WOOD, G. D.; ROBERTS, J. A. An *in-vitro* Remin/Demin model showing a fluoride dose response, **Journal of Dental Research**, Washington, v. 73 (suppl. 1), p. 241, mar. 1994. (Abstract 1117).
- 87 SCHMIDLIN, P. R. et al. Histological, morphological, profilometric and optical changes of human tooth enamel after microabrasion. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 16 (Special Issue), p. 4A-8A, set. 2003.
- 88 SCURRIA, M. S.; POWERS, J. M. Surface roughness of two polished ceramic materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, St. Louis, v. 71, n. 2, p. 174-177, fev. 1994.
- 89 SEGURA, A. et al. Effect of enamel microabrasion on bacterial colonization. **American journal of dentistry**, San Antonio, v. 10, n. 6, p. 272-274, dez. 1997.
- 90 SILVA, F. P. **O uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos**. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, área de Ciência e Tecnologia dos Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.
- 91 SOUZA, J. B. et al. **Hipoplasia do esmalte: tratamento restaurador estético**. **ROBRAC: Revista Odontológica do Brasil Central**, Goiânia, v. 18, n. 47, p. 14-19, 2009.
- 92 SOVIERO, V. M. et al. Microabrasão do esmalte como tratamento estético da fluorose dentária. **JBC: Jornal Brasileiro de Odontologia Clínica**, Curitiba, v. 1, n. 5, p. 57-60, set./out. 1997.
- 93 STACHOWIAK, G. W.; BATCHELOR, A. W. **Engineering tribology**. 3rd ed. Amsterdam; Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
- 94 STOEHR, H. et al. Diode laser with 1 Hz linewidth. **Optics Letters**, New York, v. 31, n. 6, p. 736-738, mar. 2006.
- 95 STOETERAU, R. L. **Tribologia: EMC 5315**. 2004. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/19271358/StoeterauTribologia>>. Acesso em: 08 out. 2010.
- 96 STRAIOTO, F. G., et al. Avaliação da topografia de superfície do esmalte dentário humano erupcionado em função da idade. In: POSMEC - SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, 15.,

- 2005, Uberlândia. **Anais eletrônico...** Disponível em: < <http://www.posgrad.mecanica.ufu.br/posmec/15/pdf/POSMEC054.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2010.
- 97 SUNDFELD, R. H. et al. Remoção de manchas no esmalte dental: estudo clínico e microscópico. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, p. 29-34, maio/jun. 1990.
- 98 SUNDFELD, R. H. et al. Novas considerações clínicas sobre microabrasão do esmalte dental: efeitos de técnicas e tempos de análise. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 3, p. 30-36, maio/jun. 1995.
- 99 SUNDFELD, R. H. et al. Recuperação do sorriso II – Efeitos das técnicas da microabrasão e do clareamento dental. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 6, p. 311-318, nov./dez. 1999.
- 100 SUNDFELD, R. H.; BRISO, A. L. F.; MAURO, S. J. Recuperação do sorriso IV – Clareamento externo de dentes traumatizados. **JBC: Jornal Brasileiro de Clínica & Estética em Odontologia**, Curitiba, v. 4, n. 21, p. 29-35, maio/jun. 2000.
- 101 SUNDFELD, R.H.; CROLL, T.P.; KILLIAN, C.M. Recuperação do sorriso – A comprovação da eficiência e versatilidade da técnica da microabrasão do esmalte dental. **JBD: Jornal Brasileiro de Dentística & Estética**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 77-86, jan./mar. 2002.
- 102 TAGLIARI, D. et al. Análise da rugosidade do esmalte bovino submetido à microabrasão com diferentes materiais. **JBD: Revista Ibero-Americana de Odontologia Estética & Dentística Operatória**, Curitiba, v. 2, n. 8, p. 337-346, out./dez. 2003.
- 103 TEN CATE, J. M.; MUNDORFF-SHRESTHA, S. A. Working Group Report 1: Laboratory Models for Caries (*in Vitro* and Animal Models). **Advances in Dental Research**, Washington, v. 9, n. 3, p. 332-334, nov. 1995.
- 104 TONG, L. S. M. et al. The effects of etching, micro-abrasion, and bleaching on surface enamel. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 72, n. 1, p. 67-71, jan. 1993.
- 105 VASCONCELOS, A. L. M. et al. Fluorose dentária: etiologia e uma opção de tratamento. **Revista Dental Press de Estética**, Maringá, v. 7, n. 3, p. 118-126, jul./set. 2010.
- 106 VASCONCELOS, W. A.; DUTRA, R. A.; ALBUQUERQUE, R. C. Microabrasão do esmalte dental para remoção de manchas por fluorose. **Revista do CROMG**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 06-10, maio/ago. 1999.
- 107 WAGGONER, W. F. et al. Microabrasion of human enamel *in vitro* using hydrochloric acid and pumice. **Pediatric Dentistry**, Chicago, v. 11, n. 4, p. 319-323, dez. 1989.

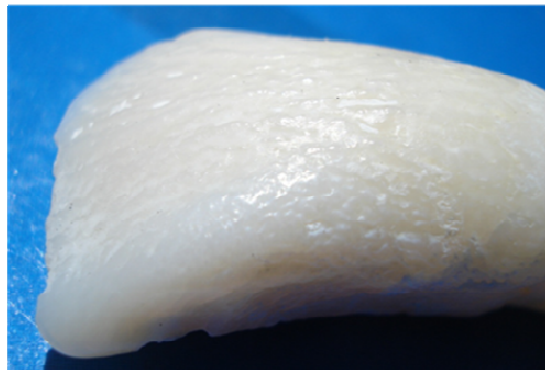
- 108 WARD, M. T.; TATE, W. H.; POWERS, J. M. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. **Operative Dentistry**, Seattle, v. 20, n. 3, p. 106-110, maio/jun. 1995.
- 109 WHITEHEAD, S. A. et al. Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. **Dental Materials**, Washington, v. 15, n. 2, p. 79-86, mar. 1999.
- 110 WHITEHOUSE, D. J. **Handbook of surface metrology**. Bristol: Institute of Physics, 1994.
- 111 WILLEMS, G. et al. The surface roughness of enamel-to-enamel contact areas compared with the intrinsic roughness of dental resin composites. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 70, n. 9, p. 1299-1305, set. 1991.
- 112 WILLIAMS, J. A. **Engineering tribology**. Oxford: Oxford University, 2005.
- 113 WONG, F. S. L.; WINTER, G. B. Effectiveness of microabrasion technique for improvement of dental aesthetics. **British Dental Journal**, London, v. 193, n. 3, p. 155-158, ago. 2002.
- 114 XAVIER, R. C. A. P. et al. Avaliação da rugosidade do esmalte de dentes bovinos clareados com e sem ativação por laser. **Revista Sul-Brasileira de Odontologia**, Joinville, v. 6, n. 1, p. 30-33, mar. 2009.
- 115 YOUNGQUIST, R. C.; CARR, S.; DAVIES, D. E. N. Optical coherence-domain reflectometry: a new optical evaluation technique. **Optics Letters**, New York, v. 12, n. 3, p. 158-160, mar. 1987.
- 116 ZAGO, C. E. et al. **Efeito da microabrasão associada ao clareamento sobre a microestrutura do esmalte e da dentina de dentes bovinos**. São Paulo: Faculdade de Odontologia Araraquara/Unesp, 2008. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_08949604663.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2010.
- 117 ZERO, D. T. In situ caries models. **Advances in Dental Research**, Washington, v. 9, n. 3, p. 214-230, nov. 1995.
- 118 ZHANG, Si-Wei; BRISCOE, B. J. (Ed.). **Tribology of elastomers**. Amsterdam: Elsevier, 2004.
- 119 ZUANON, A. C. C. et al. Desgaste superficial do esmalte dental após microabrasão *in vitro*. **Revista de Odontologia da UNESP**, Araraquara, v. 39, n. 4, p. 207-211, jul./ago. 2010.

APÊNDICES

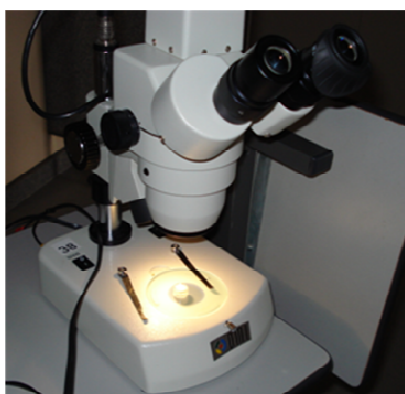
APÊNDICE A – Seleção dos dentes bovinos



Dentes com defeitos-fraturas



Dente higido



Auxílio de lupa (DMI®) 10x

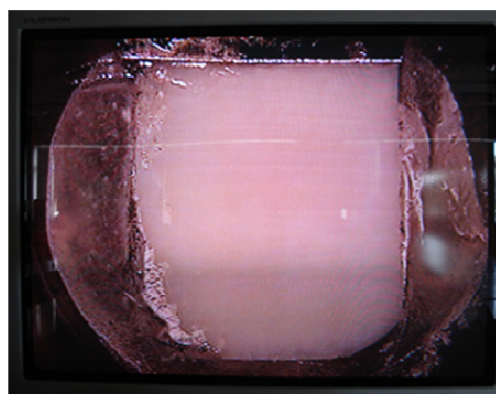
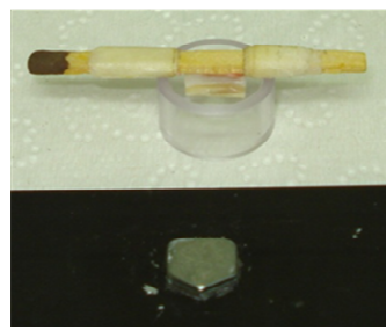


Imagem no monitor 29 polegadas

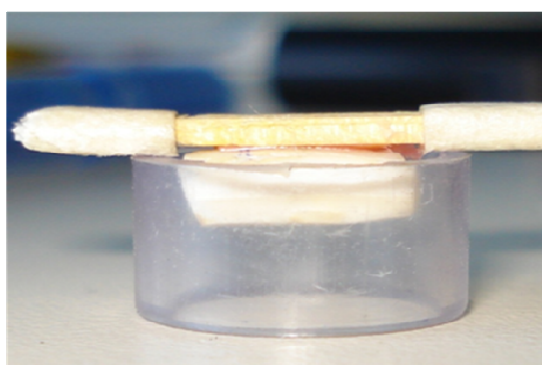
APÊNDICE B – Seleção dos dentes



Remoção das faces proximais e lingual



Parafuso pentagonal (para OCT)



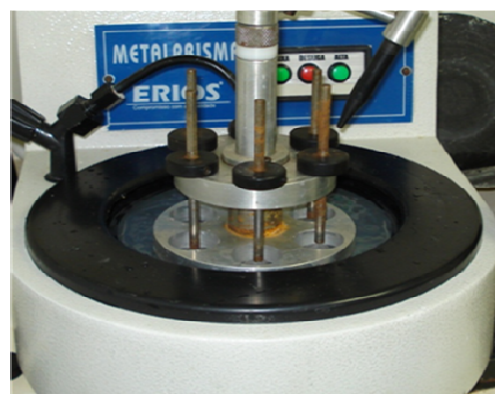
Tubo de acrílico com 11,5 mm de diâmetro



Disco de alumínio para poliriz



Corpo de prova adaptado no disco de alumínio



Poliriz em baixa velocidade (300rpm)

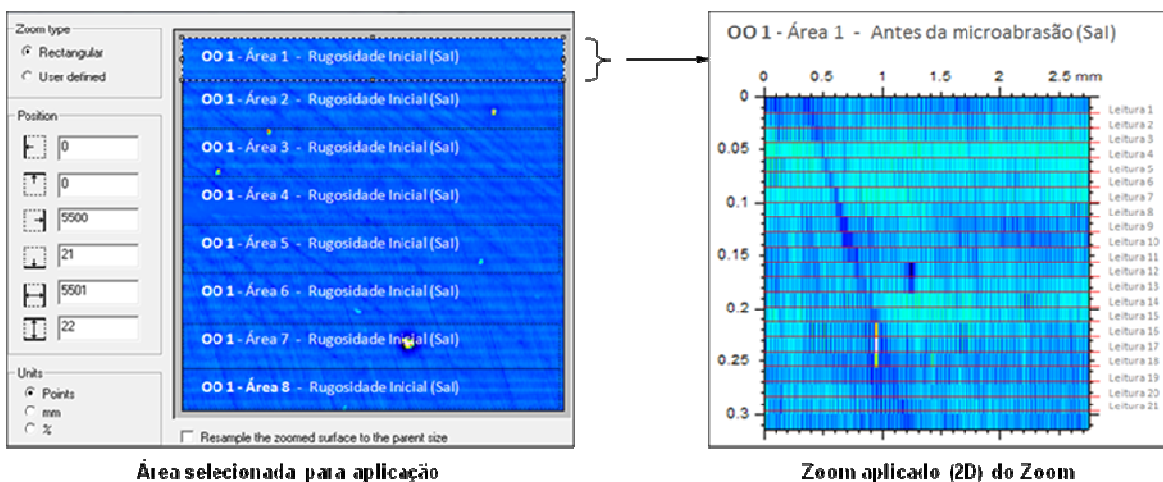


Corpos de prova polidos



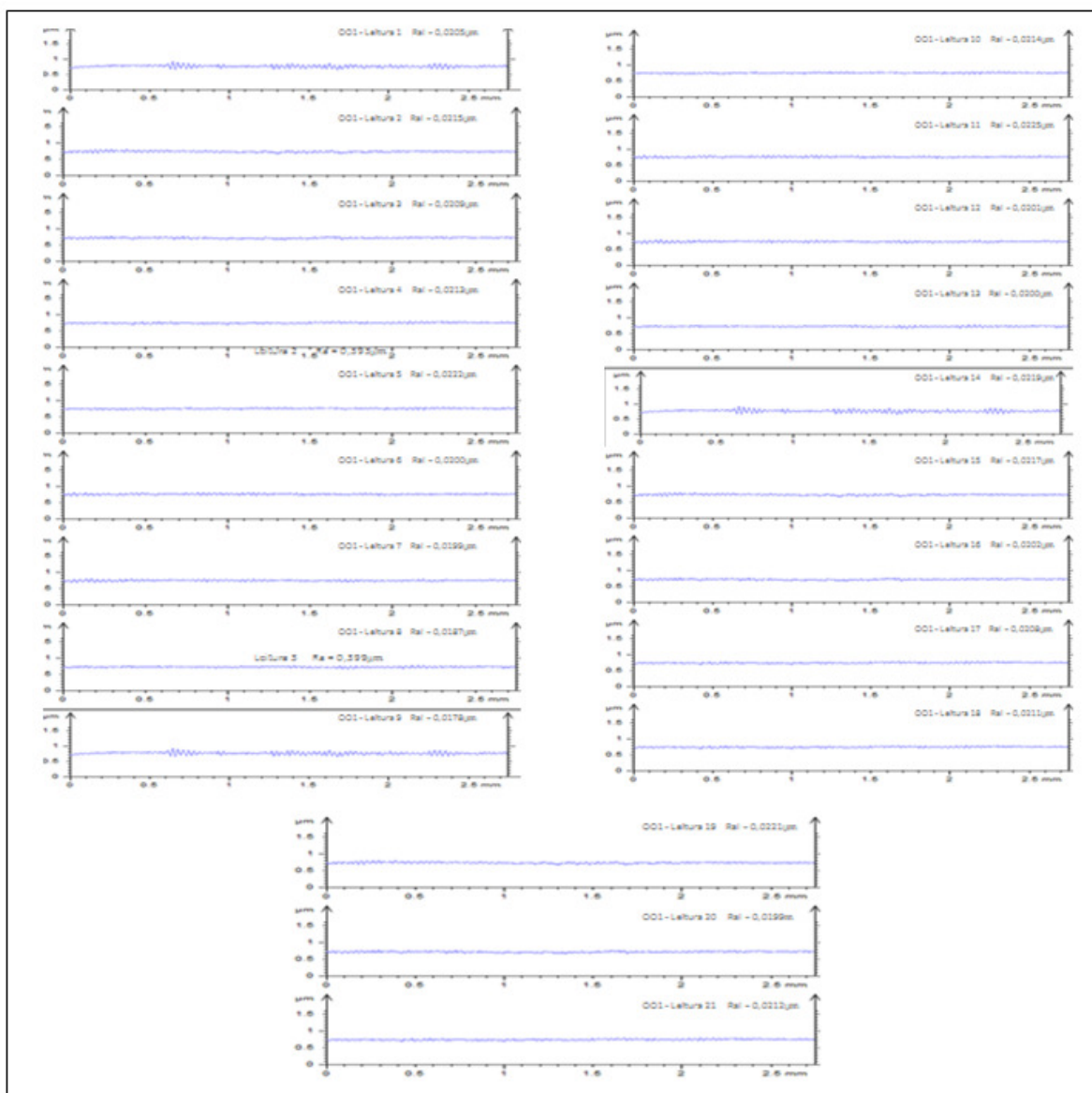
Corpos de prova posicionados para leitura

APÊNDICE C – Leitura da área 1 da amostra OO1 no Perfilômetro Digital 3D, antes da microabrasão



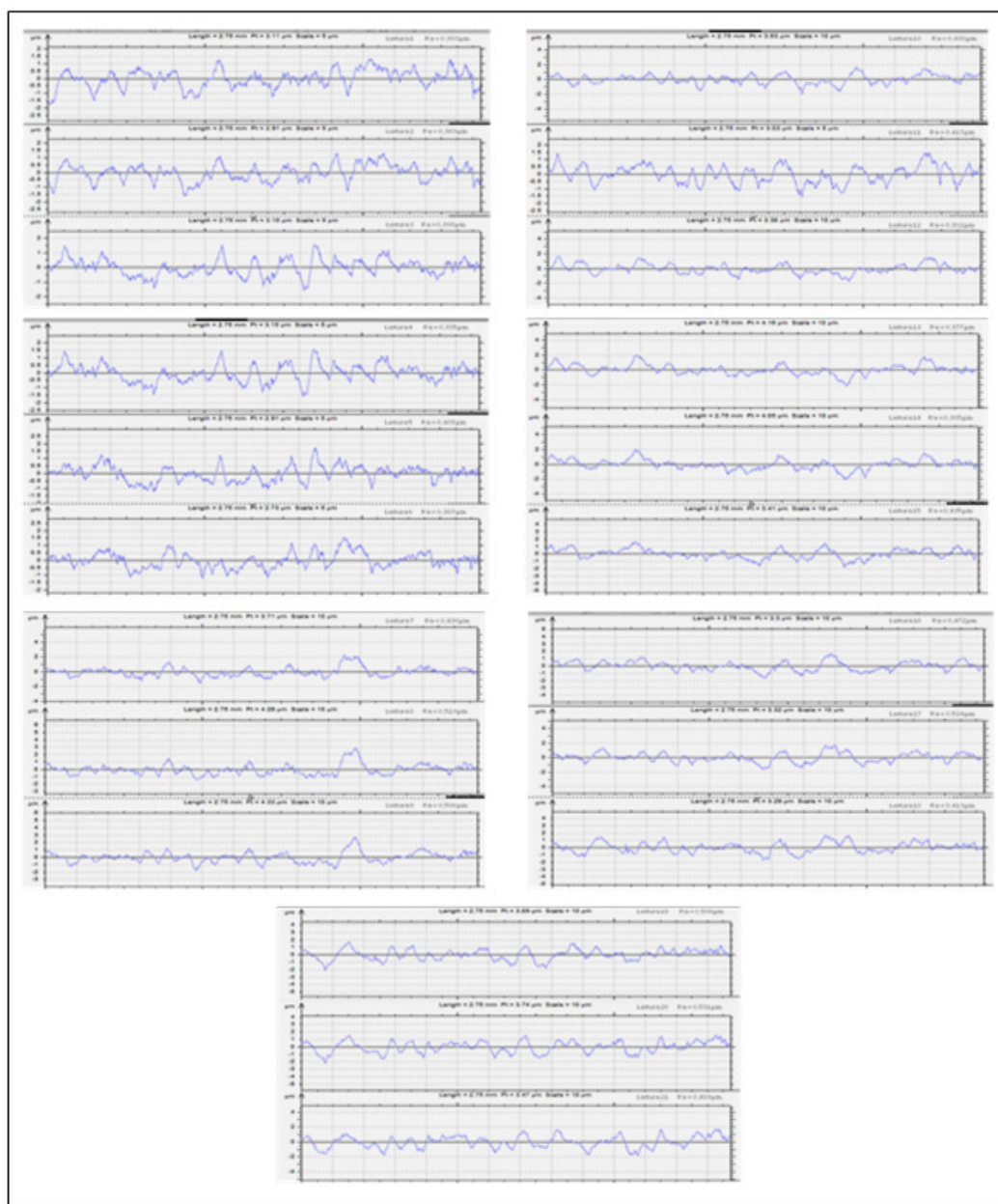
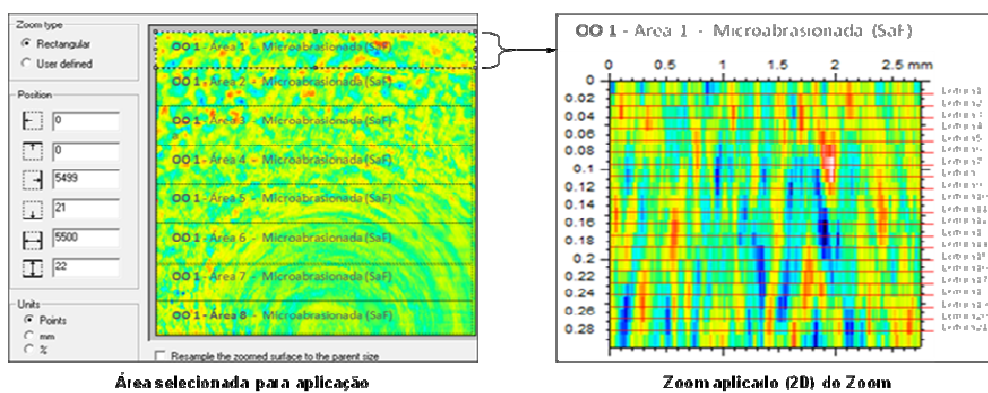
Área selecionada para aplicação

Zoom aplicado (2D) do Zoom



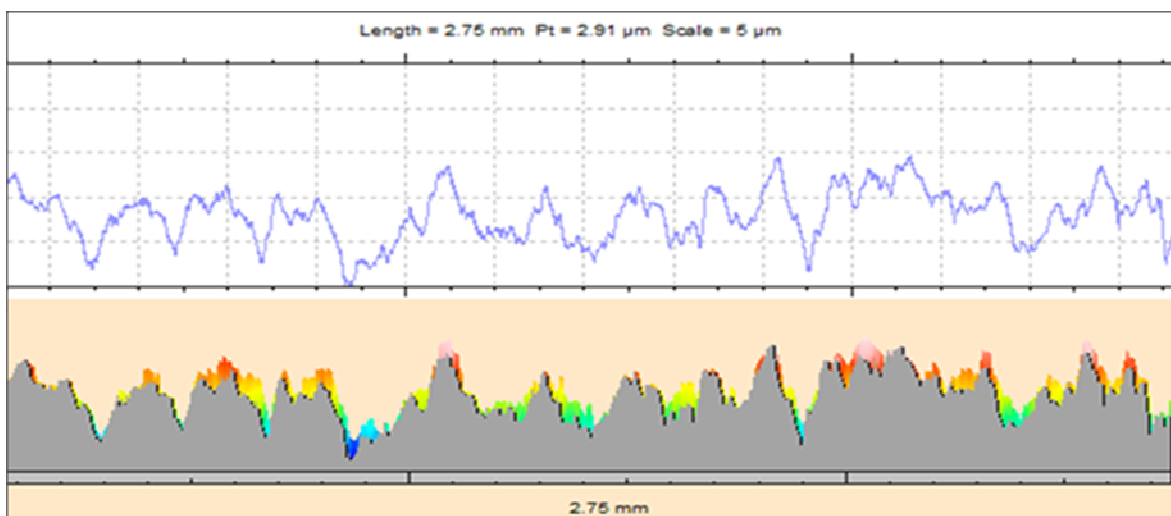
Leitura da rugosidade (Ra), em μm , das 21 linhas da área 1 da amostra OO1. Antes da microabrasão

APÊNDICE Ca – Leitura da área 1 da amostra OO1 no Perfilômetro Digital 3D, após a microabrasão

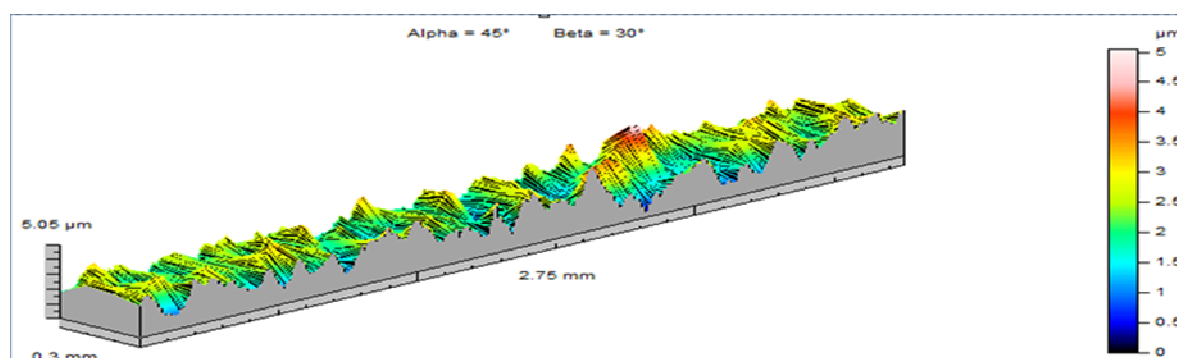


Leitura da rugosidade (Ra), em μm , das 21 linhas da área 1 da amostra OO1. Após a microabrasão

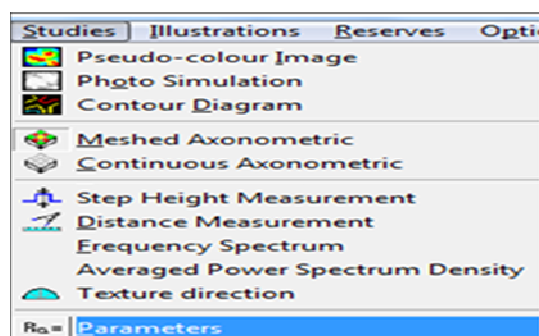
APÊNDICE Cb – Transformação de 2D para 3D da área 1 da amostra OO1 no Perfilômetro Digital 3D, após a microabrasão



Software Mountains Map Universal® 3.1.9 agrupando os gráficos dos perfis (2D), conseqüentemente criando-se a imagem 3D



Zoom aplicado (3D) na área 1 da amostra OO1. Imagem representada pela união da leitura das 21 linhas. (ou seja, Ra de 21 perfis = Sa, rugosidade superficial final da área 1 da amostra OO1 do Grupo OO)



Estudo dos parâmetros selecionados

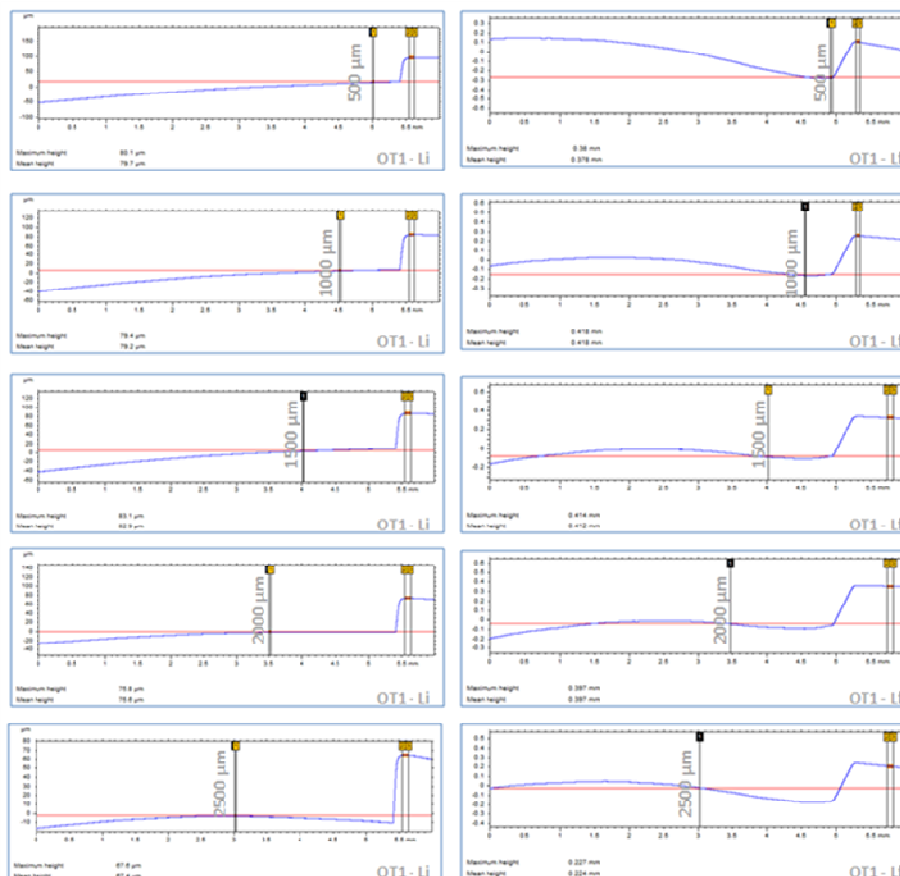
**Parameters calculated on the surface
Rug. - Final > ... > Zoomed**

Amplitude Parameters

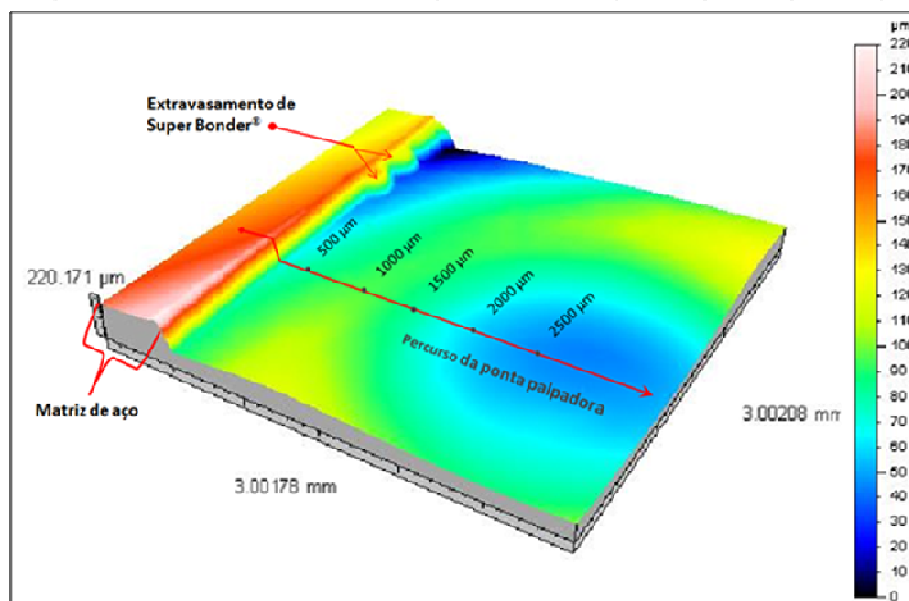
Sa = 0.513 µm

Parâmetros calculados da área 1 da amostra OO1

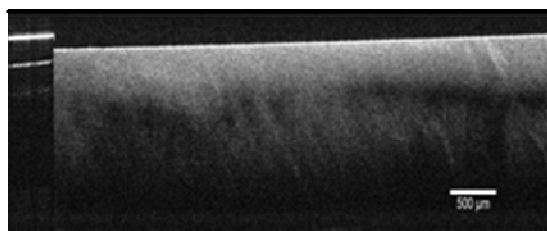
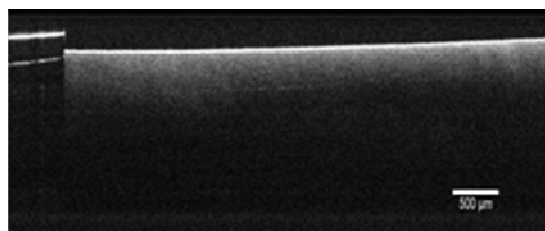
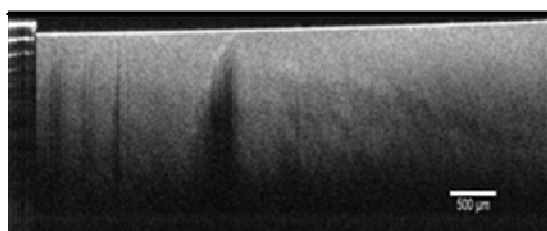
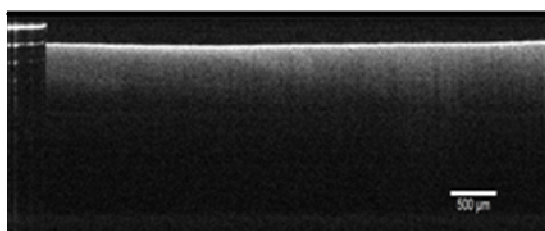
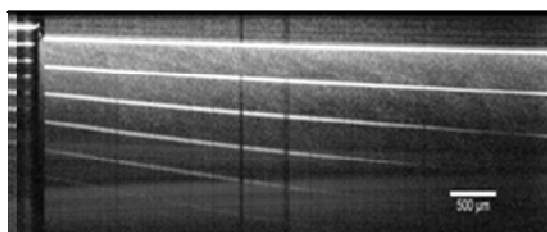
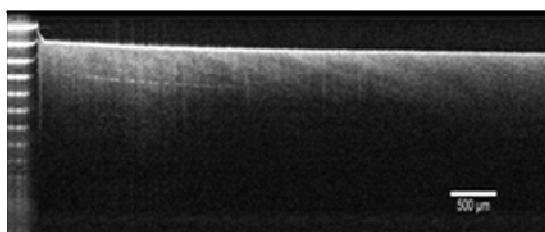
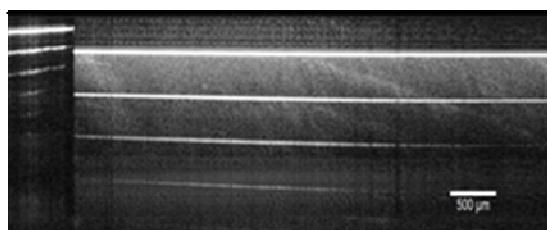
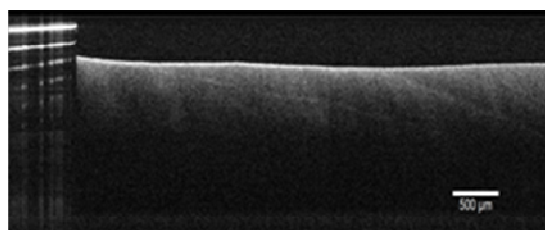
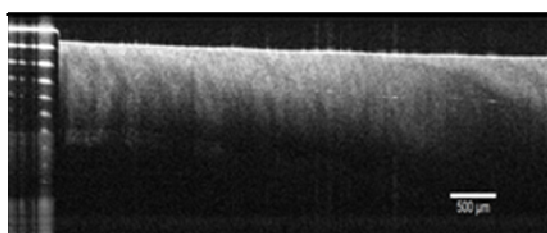
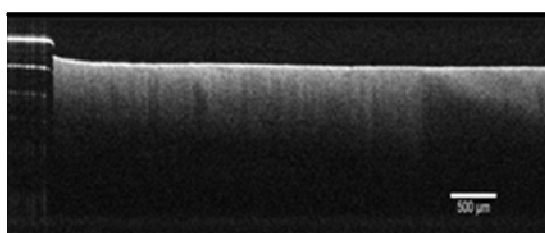
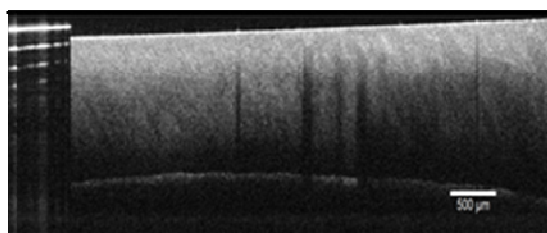
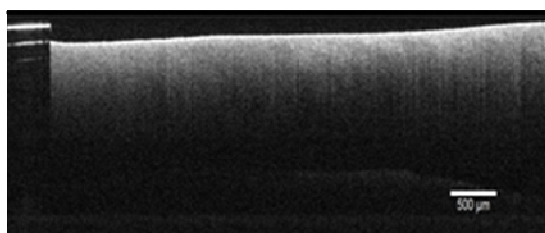
APÊNDICE D – Mensuração dos 5 pontos do perfil de cada amostra, antes e após a microabrasão, no Perfilômetro Digital 3D

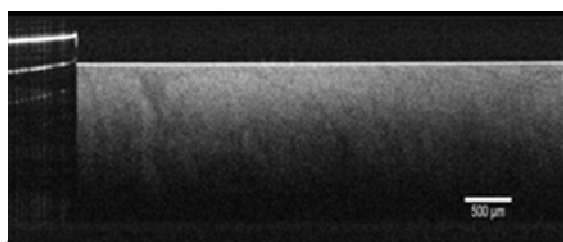


Mensuração no Perfilômetro Digital das alturas entre a matriz de aço e a superfície do esmalte de uma amostra (OT1) antes (LI) e após (LII) a microabrasão, nas distâncias aproximadas de 500 µm, 1000 µm, 1500 µm, 2000 µm, 2500 µm

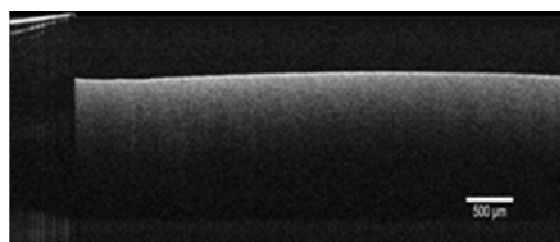


Distância de mensuração de desgaste padronizada a partir da borda da matriz metálica, fixada nos corpos de prova, com intervalos aproximados de 500µm(Perfilômetro Digital 3D). Desta forma, são 5 tomadas por amostra (15 tomadas por grupo, totalizando 90 tomadas nos 6 grupos)

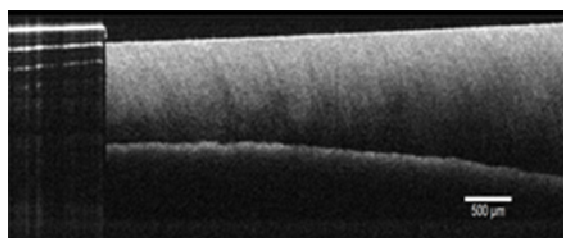
APÊNDICE E – Imagens das amostras na OCT, antes e após a microabrasão**AC1-i****AC1-f****AC2-i****AC2-f****AC3-i****AC3-f****A01-i****A01-f****A02-i****A02-f****A03-i****A03-f**



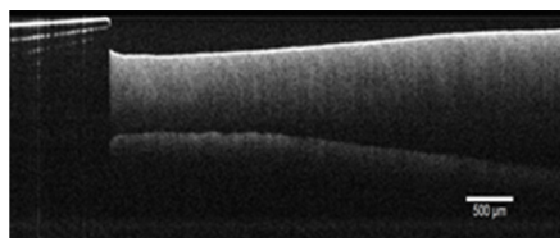
AT1-i



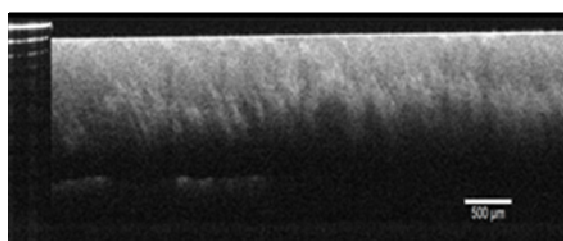
AT1-f



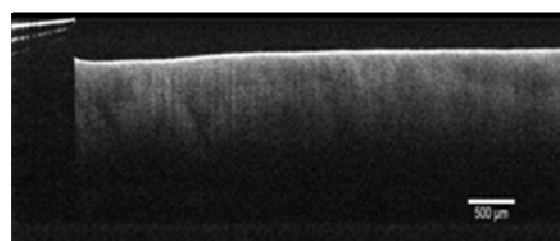
AT2-i



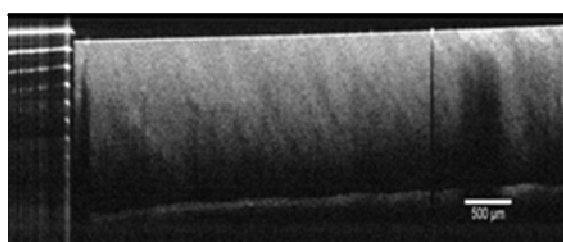
AT2-f



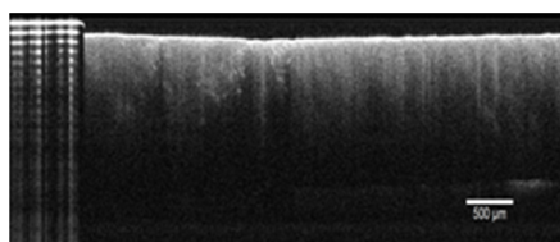
AT3-i



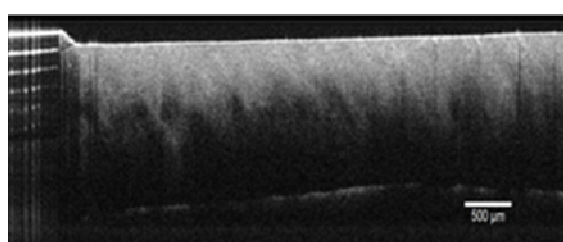
AT3-f



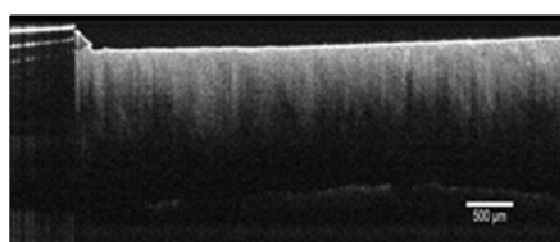
OC1-i



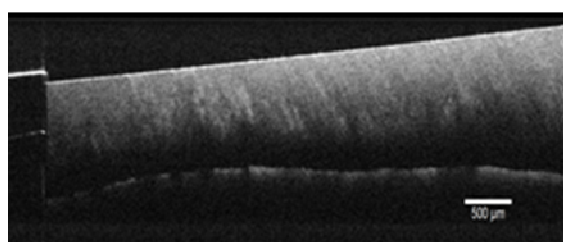
OC1-f



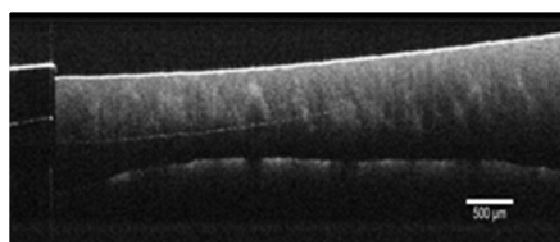
OC2-i



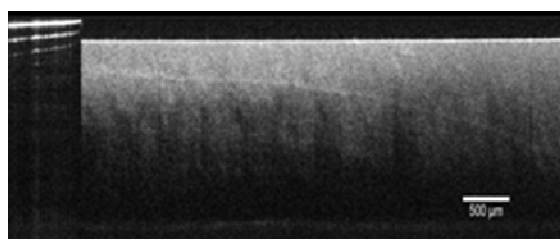
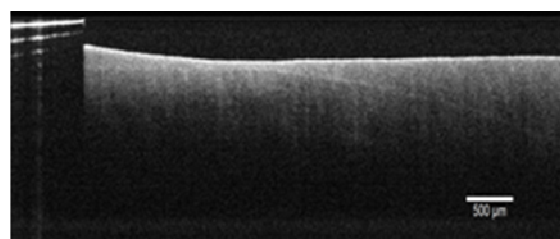
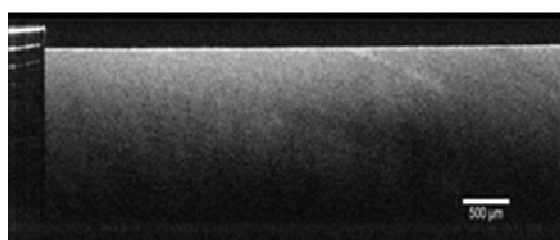
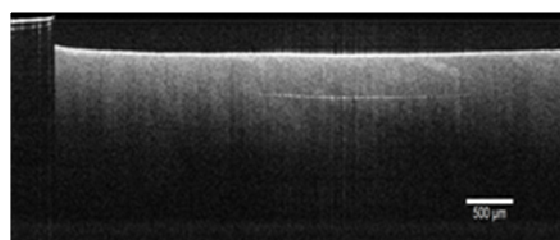
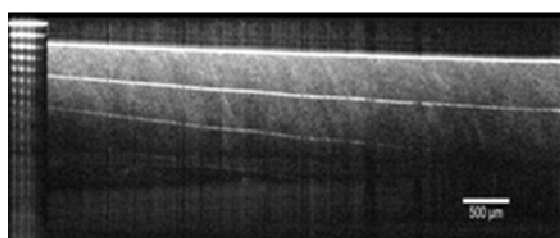
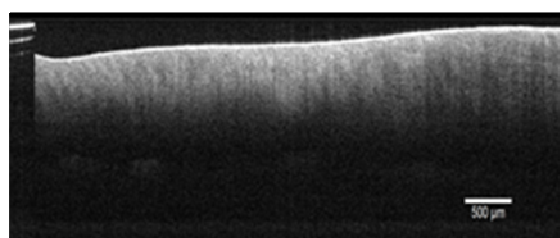
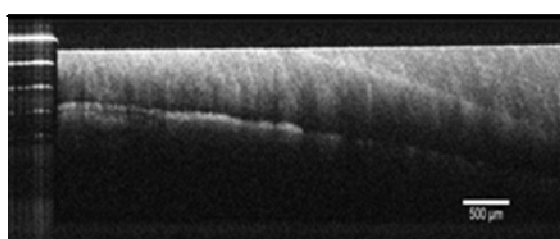
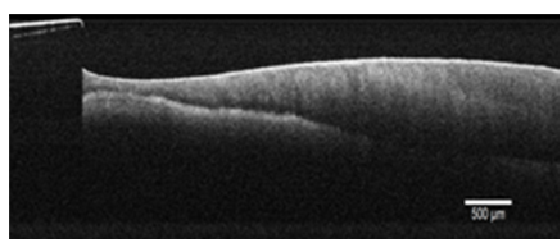
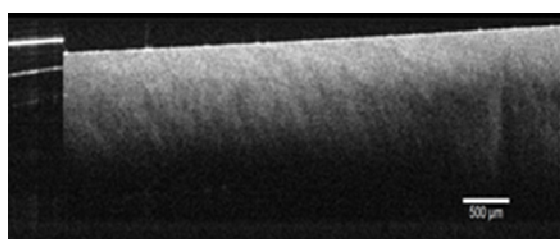
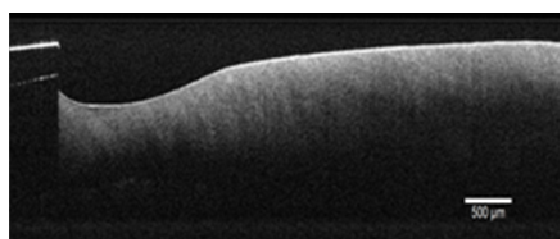
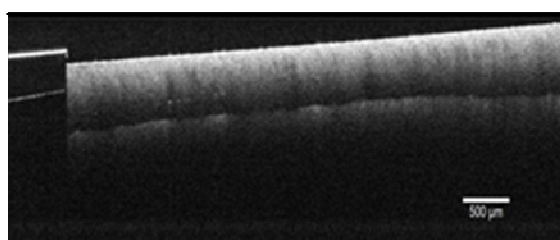
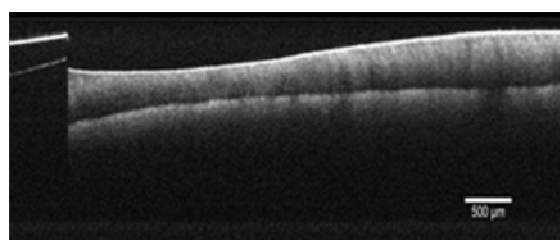
OC2-f



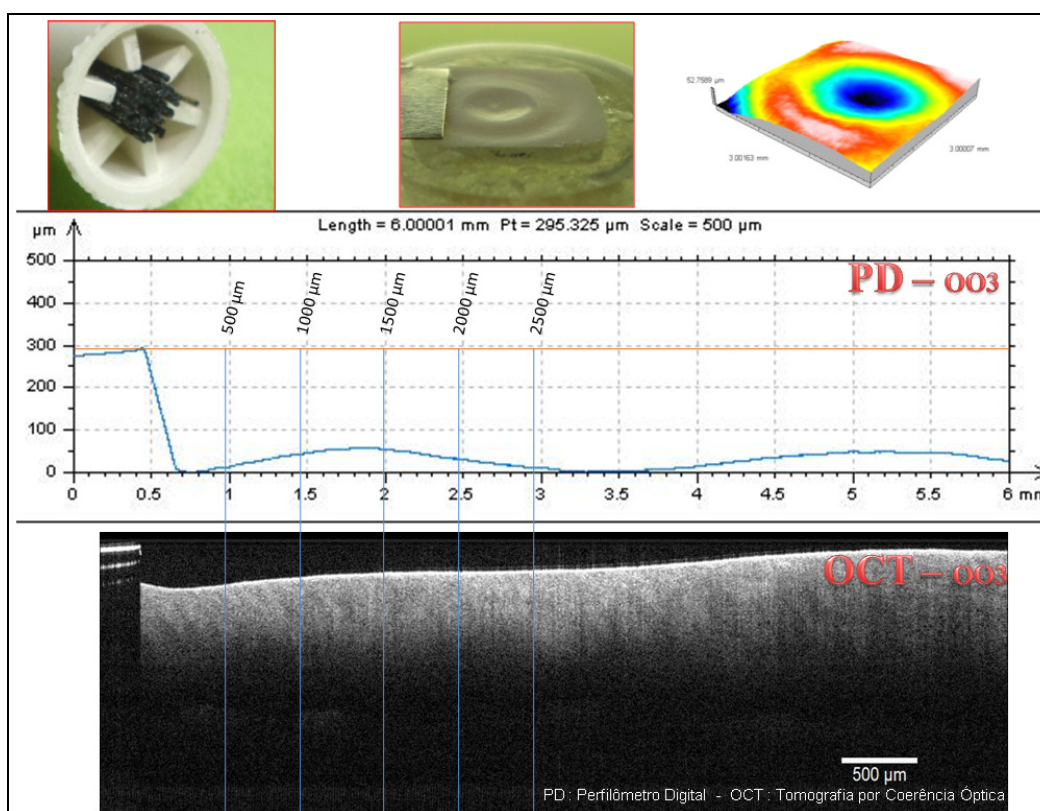
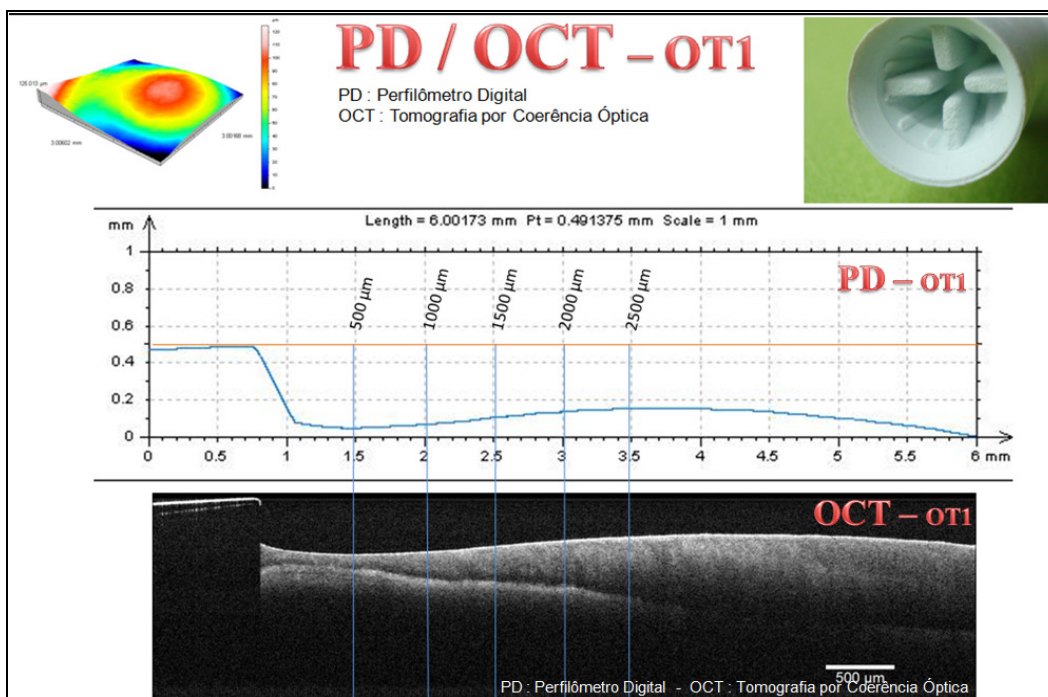
OC3-i



OC3-f

**001-i****001-f****002-i****002-f****003-i****003-f****OT1-i****OT1-f****OT2-i****OT2-f****OT3-i****OT3-f**

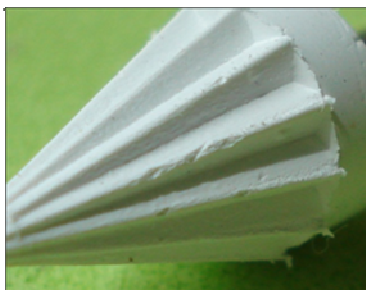
APÊNDICE F – Equiparação entre equipamentos em determinadas amostras



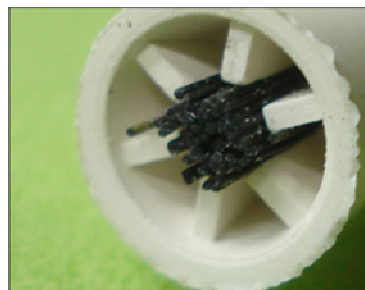
APÊNDICE G – Irregularidades nas extremidades das pontas de borracha



Ponta aplicadora Taça®



Ponta aplicadora Cônica®



Ponta aplicadora Opal Cups®



Diferença no tamanho das cerdas das escovas no centro das pontas aplicadoras Opal Cups®



Diferença do formato interno e da borda das pontas aplicadoras Taça®



(a)



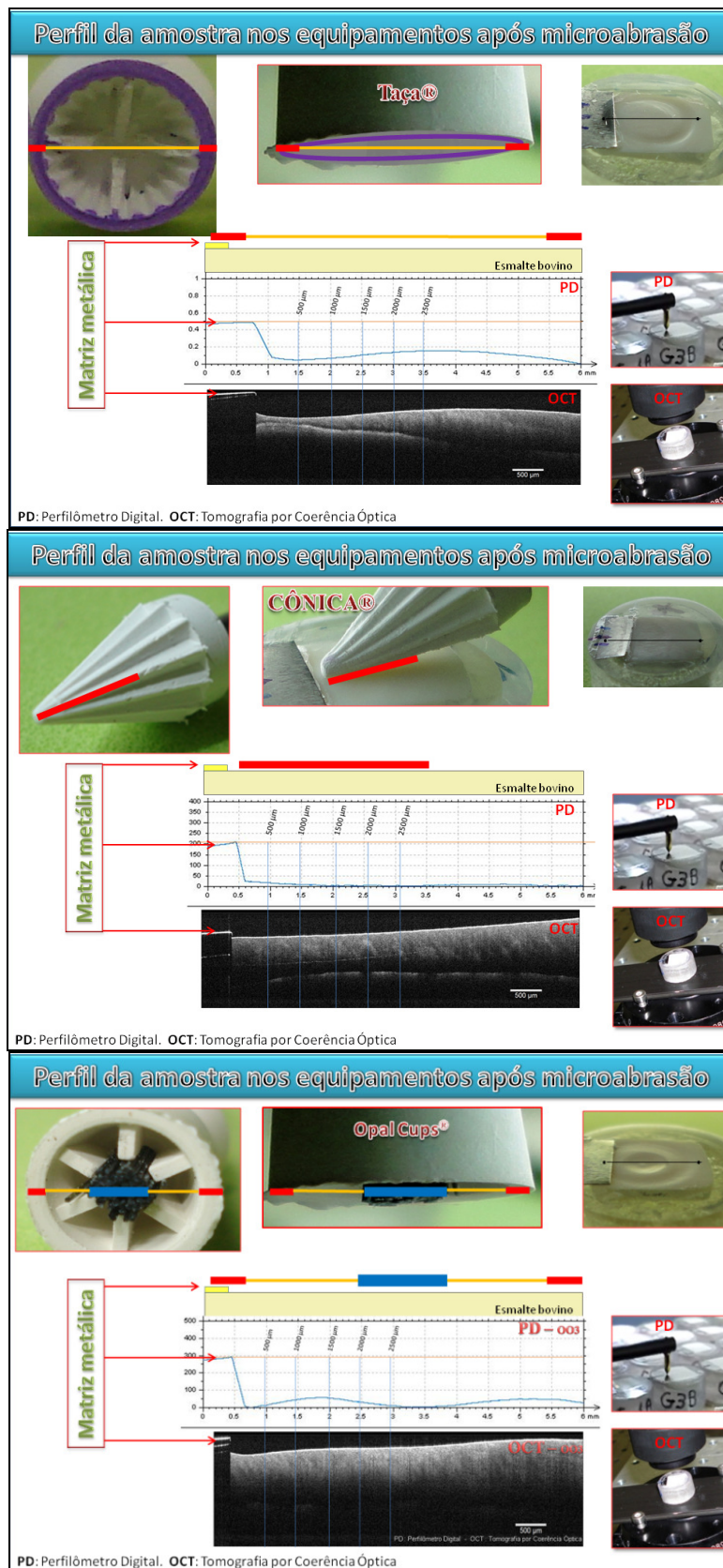
(b)



(c)

Dimensão aproximada das pontas medidas pelo paquímetro digital SCANGRIP®: (a) - Ponta aplicadora Cônica®; (b) - Ponta aplicadora Taça® (D= diâmetro); (c) - Ponta aplicadora Opal Cups®

APÊNDICE H – Geometria das borrachas: Taça® Cônica® e Opal Cups®



APÊNDICE I – Rugosidade superficial

Ácido fosfórico® e Pedra-Pomes®

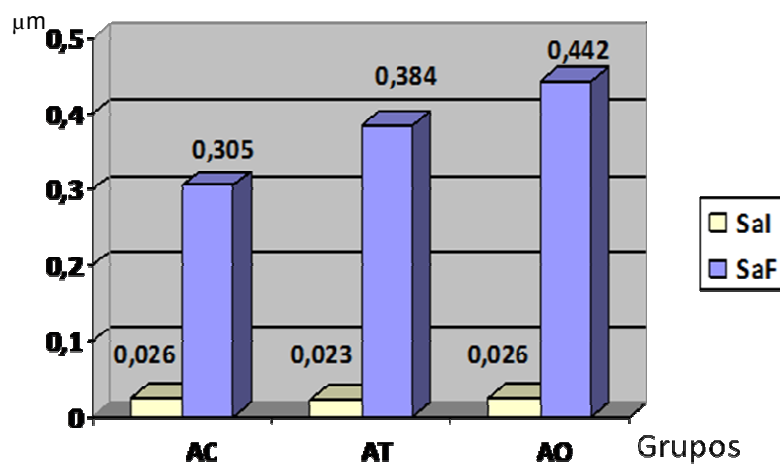


Gráfico 1: Mediana das rugosidades superficiais, em micrômetro-µm, antes (Sal) e após (SaF) a microabrasão (6 aplicações de 10 segundos) com Ácido fosfórico® e Pedra-Pomes® com as respectivas pontas aplicadoras

Opalustre®

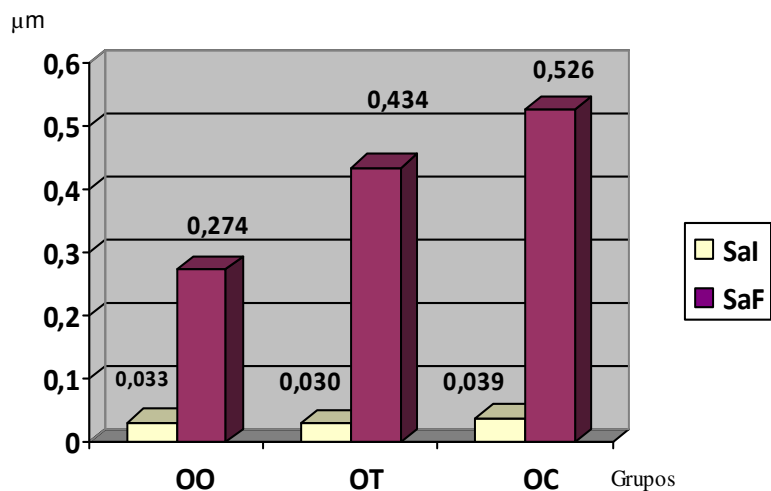


Gráfico 2: Médias das rugosidades superficiais, em micrômetro-µm, antes (Sal) e após (SaF) a microabrasão (6 aplicações de 10 segundos) com Opalustre® com as respectivas pontas aplicadoras

APÊNDICE J – Desgaste mensurado pelo Perfilômetro Digital 3D - ■

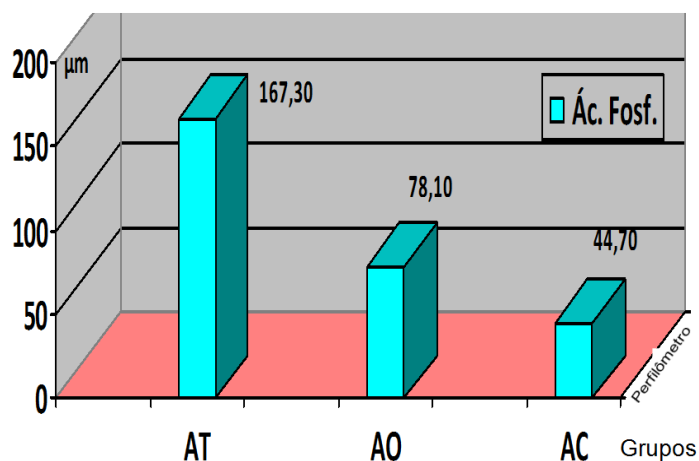


Gráfico 1: Ordem decrescente de desgaste, em micrômetro-µm das medianas, entre as pontas Taça, Opal Cups® e Cônica, com o Ácido fosfórico® associado à Pedra-Pomes® no Perfilômetro Digital 3D

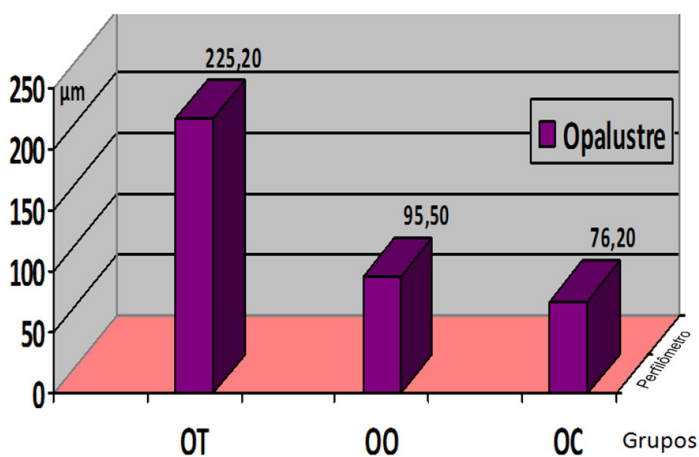


Gráfico 2: Ordem decrescente de desgaste, em micrômetro-µm das medianas, entre as pontas Taça, Opal Cups® e Cônica, com o Opalustre® no Perfilômetro Digital 3D

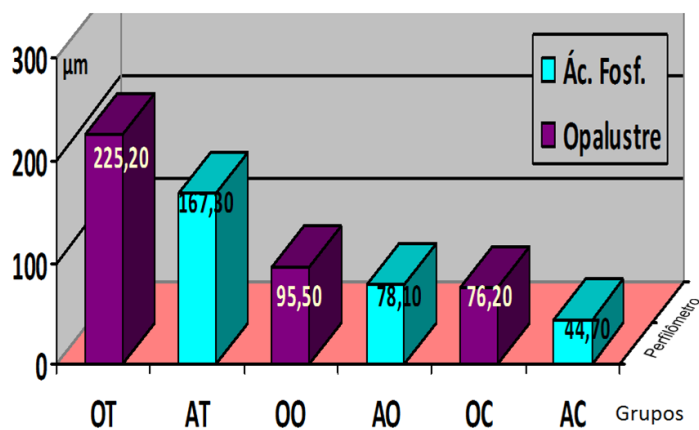


Gráfico 3: Ordem decrescente de desgaste, em micrômetro-µm das medianas, entre os grupos mensurados no Perfilômetro

APÊNDICE K – Desgaste mensurado pela OCT -

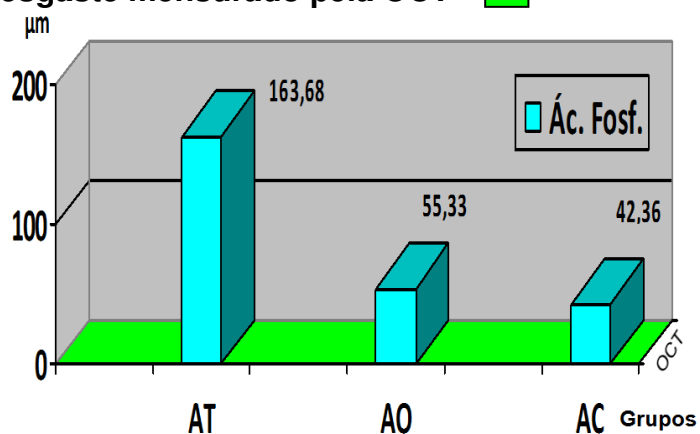


Gráfico 1: Ordem decrescente de desgaste, em micrômetro-µm das medianas, entre as pontas com o Ácido fosfórico® e Pedra-Pomes®, na OCT

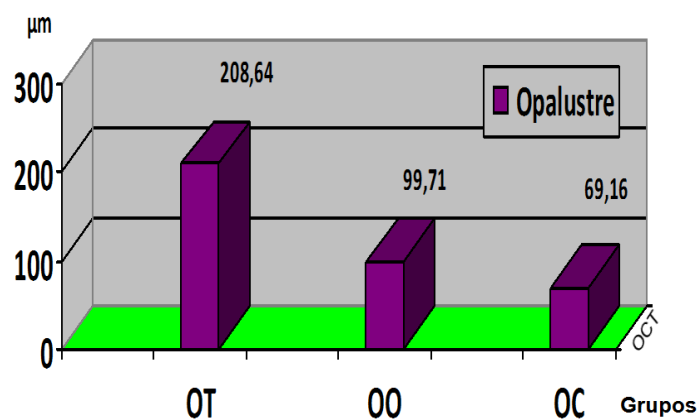


Gráfico 2: Ordem decrescente de desgaste, em micrômetro-µm das medianas, entre as pontas com o Opalustre® na OCT

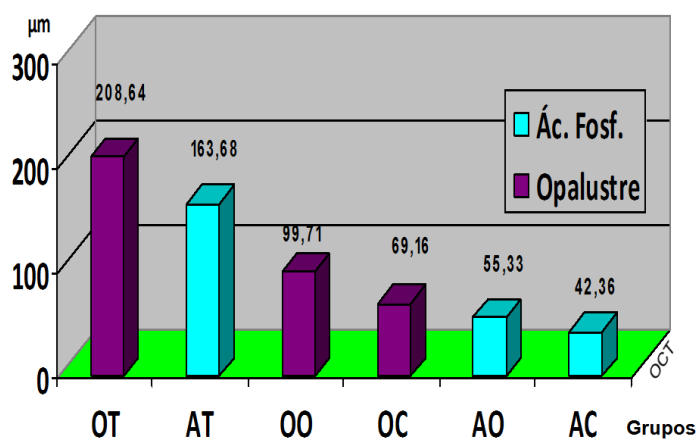


Gráfico 3: Ordem decrescente de desgaste, em micrômetro-µm das medianas, entre os grupos na OCT

APÊNDICE L – Comparações do desgaste entre equipamentos

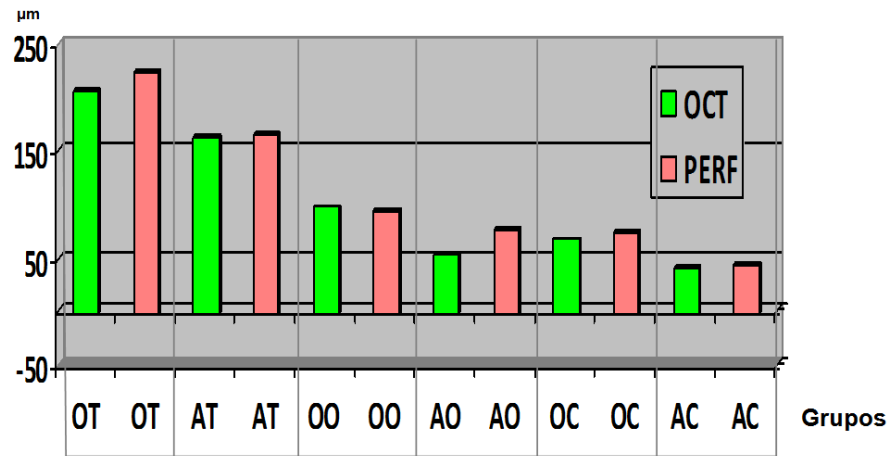


Gráfico 1: Comparativo das medianas de desgaste, em micrômetro, entre os equipamentos (OCT / PERFILÔMETRO DIGITAL)

APÊNDICE M – Rugosidade de superfície x microabrasão

Variáveis Autores	Ácido e Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundo)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Rugosidade (μm)
Napoleone <i>et al.</i> , 2001	HCl 18 HCl 9	PP PP	50	Taça de borracha	Mecânico	5 a 10	0,136 H 0,157
Tagliari <i>et al.</i> , 2003	HCl 10 HCl 18 H ₃ PO ₄ - 37 Prema® Opalustre®	PP PP PP SiC SiC	120	Escova Robson	Mecânico	5 a 10	0,760 B 0,720 0,870 0,590 0,620
Meireless <i>et al.</i> , 2009	HCl 18 H ₃ PO ₄ 37	PP PP	50	Espátula Madeira	Manual	5 a 10	0,900 B 1,400
Fragoso <i>et al.</i> , 2011	H ₃ PO ₄ 37 Opalustre® Whitness RM	PP SiC SiC	120	Escova Robson	Mecânico	5 a 10	0,440 B 0,340 0,370
							H – Esmalte Humano B – Esmalte Bovino

APÊNDICE N – Desgaste x microabrasão com Ácido Clorídrico

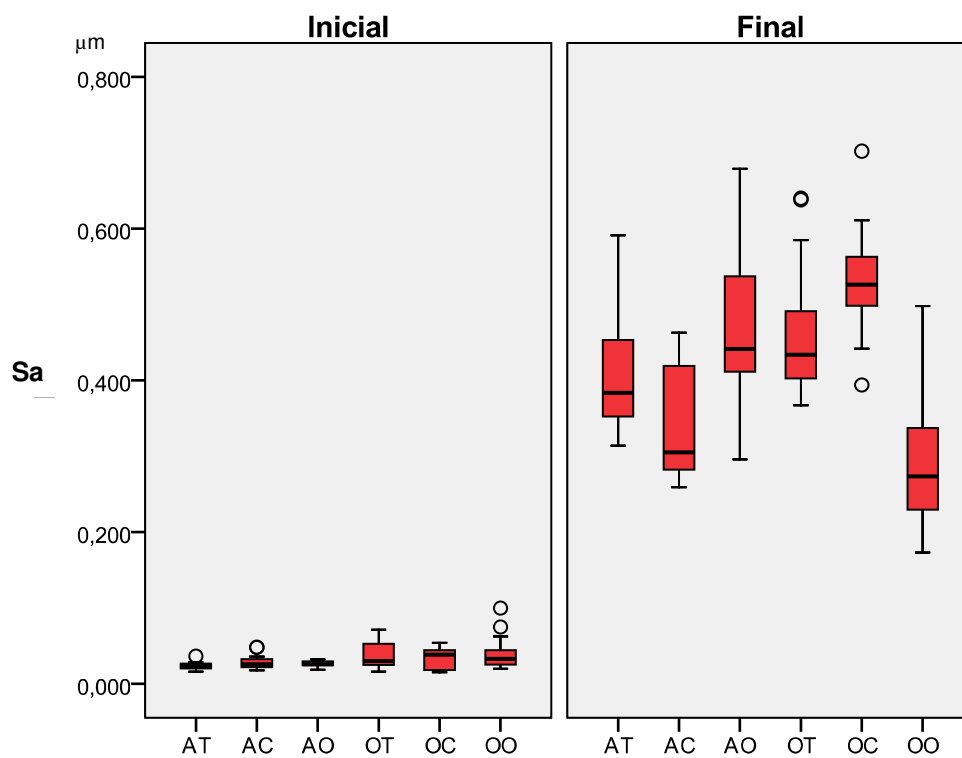
Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundo)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste (µm)
Kendell 1989	18	PP	25	Cotonete	Manual	–	46 H
Wagonner <i>et al.</i> , 1989	18	PP	50	Espátula Madeira	Manual	–	246 H
Sundfeld <i>et al.</i> , 1990	18	PP	75	Espátula Madeira	Manual	–	140 H
Tong <i>et al.</i> , 1993	18	PP	100 ininterruptos	Taça Borracha	Mecânico	–	100 H
Dalzell <i>et al.</i> , 1995	18	PP	50	Espátula Plástica	Manual	30	213 H
Schmidlin <i>et al.</i> , 2003	6,6	SiC	20 ininterruptos	Opal Cups®	Mecânico	200	134,80 H
Paic <i>et al.</i> , 2008	6,6	SiC	40	Opal Cups®	Mecânico	100	53,1 H
							H – Esmalte Humano

APÊNDICE O – Desgaste x microabrasão com Ácido Fosfórico

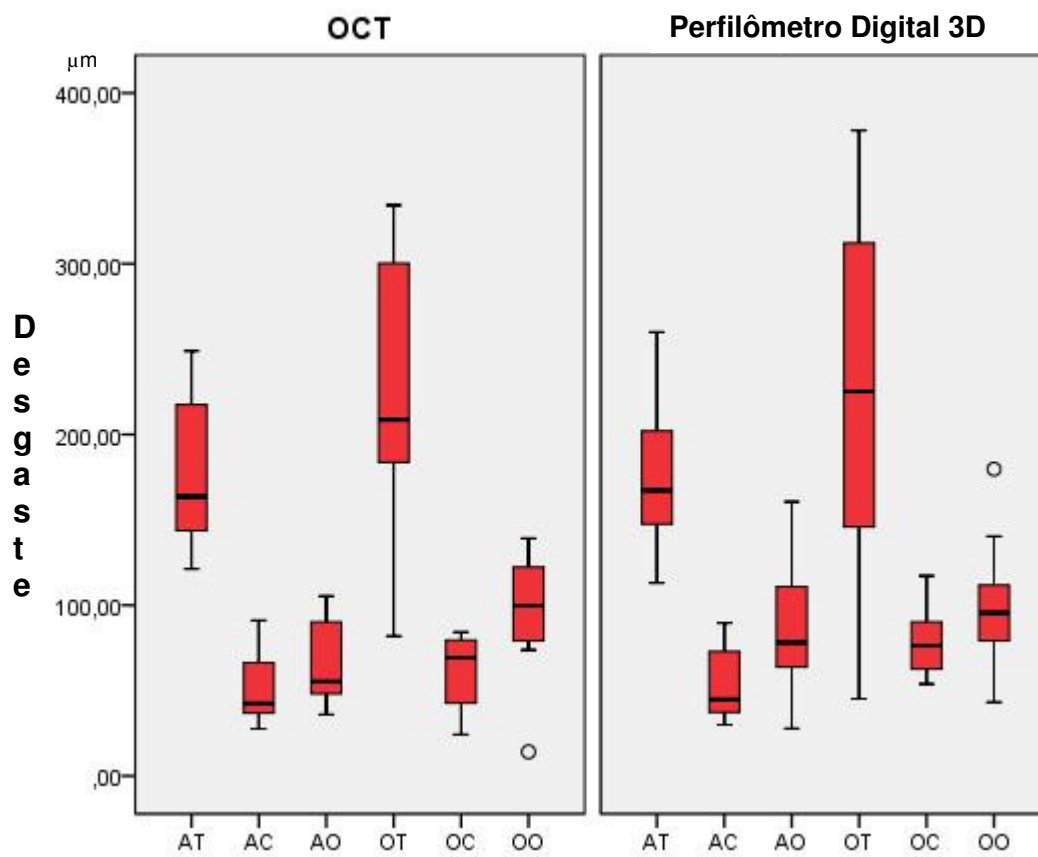
Variáveis Autores	Concentração (%)	Abrasivo	Tempo de Aplicação (segundo)	Ponta Aplicadora	Método	Carga (grama)	Desgaste (μm)
Tong <i>et al.</i> , 1993	37	–	30	Taça de borracha	Mecânico	–	5,7 H
Mendes <i>et al.</i> , 1999	37	PP	100	Kit Prema®	Mecânico	30	142,87 H
Alves <i>et al.</i> , 2004	37	PP	240	Espátula Plástica	Manual	–	42 H
Zuanon <i>et al.</i> , 2010	37	PP	200	Taça Borracha	Mecânico	30	338,35 H

H – Esmalte Humano

APÊNDICE P – Distribuição da rugosidade



Distribuição da rugosidade superficial (Sa em micrômetros) nos grupos antes (Inicial) e após (Final) a microabrasão.

APÊNDICE Q – Distribuição do desgaste

Distribuição do desgaste (em micrômetros) nos grupos segundo aparelho.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética

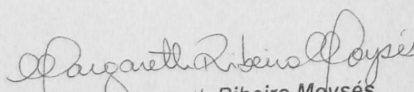
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA

Vitória (ES), 14 de junho de 2010.


A: Prof.^a Dr.^a Luciana Faria Sanglard

Informamos a V.S.^a que, após analisar o Trabalho intitulado: **“Influência das pontas aplicadoras no desgaste e na rugosidade superficial do esmalte bovino na técnica da microabrasão”**, verificamos que, o material usado para o estudo será dente de boi da raça Nelore, coletadas no abatedouro Mafrical (Frigorífico Cariacica S.A., Cariacica – ES) após o abate dos animais. Verificamos também que este trabalho descreve um procedimento e não uma pesquisa. Devido a isso, o Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA informa que, nestes casos, não será necessário a Aprovação deste Comitê.

Atenciosamente,


Prof.^a Dr.^a Margareth Ribeiro Moysés
Presidente da CEUA / UFES

Av. Marechal Campos, 1.468 – Maruípe – Vitória - ES - CEP 29.040-091
Telefax: (27) 3335-7211

ANEXO B – Timol a 1% - Avaliação do pH

A solução de Timol 1% constitui-se de:

Timol-----1%
Álcool 96° GL -----qsp

pH de estabilidade: 7,04

Roberto
32 445 888/10001


Biofarm Comércio de Produtos
Farmacêuticos Ltda. - ME
Rua Aleixo Neto, 545 - Lj. 06 - P. Canto
CEP 29057-200
VITÓRIA - ES

Biofarm
farmácia & manipulação

BIOFARM COMÉRCIO DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS LTDA
R. Aleixo Neto 545 lj 01, Praia do Canto – Vitória – ES Tel: 27-3325-2702
e-mail: biofarm@terra.com.br

ANEXO C – Tabela comparativa dos padrões granulométricos

Com o objetivo de evitar confusões nas especificações de produtos abrasivos, referentes aos tamanhos dos grãos, foi criada uma tabela comparativa dos três padrões granulométricos mais utilizados expresso em micron (NORTON-ABRASIVOS, 2003):

<i>Informativo Técnico</i> Engenharia de Aplicação			
Tabela Comparativa dos Padrões Granulométricos			
Microns	CAMI	FEPA	JIS
1,2	-	-	8000
2,0	-	-	6000
3,0	-	-	4000
4,0	-	-	3000
6,5	1200	-	-
6,6	-	-	2500
8,5	-	-	2000
9,2	1000	-	-
10,6	-	-	1500
12,2	800	-	-
12,5	-	-	1200
15,0	-	-	1000
15,3	-	P1200	-
16,0	600	-	-
18,3	-	P 1000	-
19,7	500	-	-
19,0	-	-	800
21,8	-	P800	-
23,6	400	-	-
25,8	-	P600	-
26,0	-	-	600