

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Vanessa Carla Ruschel

**INFLUÊNCIA DE ALTERAÇÕES NA RUGOSIDADE
SUPERFICIAL EXTERNA E INTERNA NA RESISTÊNCIA
FLEXURAL DE UMA CERÂMICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Pires Maia

Co-orientador: Prof. Dr. Guilherme Carpena Lopes

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

R951i Ruschel, Vanessa Carla
Influência de alterações na rugosidade superficial
externa e interna na resistência flexural de uma cerâmica
[dissertação] / Vanessa Carla Ruschel ; orientador, Hamilton
Pires Maia. - Florianópolis, SC, 2011.
114 p.: grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-
Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. Cerâmica odontológica. 3. Restauração
(Odontologia). I. Maia, Hamilton Pires. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Odontologia. III. Título.

CDU 616.314

Vanessa Carla Ruschel

**INFLUÊNCIA DE ALTERAÇÕES NA RUGOSIDADE
SUPERFICIAL EXTERNA E INTERNA NA RESISTÊNCIA
FLEXURAL DE UMA CERÂMICA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Local, 16 de Dezembro de 2011.

Prof. Ricardo de Souza Magini, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof., Dr. Hamilton Pires Maia,
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof., Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira,
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof., Dr. Fabiano Carlos Marson,
Universidade de Ensino Superior Ingá

Aos meus pais, *HÉDIO* e *LÚCIA*, por tudo nessa vida. Obrigada pelo apoio, pelo carinho, pelo amor, paciência e, principalmente, pela compreensão. Sem vocês nada disso seria possível. Este espaço é muito pequeno para que eu demonstre a vocês a minha eterna gratidão e amor!

Ao meu irmão, *ANDRÉ*, pela amizade e companheirismo. Obrigada pelos beijos carinhosos na “testa” e abraços nos momentos difíceis durante essa fase. Você é o melhor irmão do mundo!

Ao meu namorado e amigo, *RENATO*, por ser tão especial em minha vida. Obrigada pelo carinho, amor e o apoio constante. Você foi um presente de Deus e agradeço todos os dias por você ter entrado em minha vida.

À vocês dedico este trabalho!
Amo muito vocês!

AGRADECIMENTOS

À **DEUS**, obrigada pelo dom da vida, por ser fonte eterna de fé e esperança, e pelas oportunidades de crescimento que coloca no meu caminho.

Aos meus **Tios, Tias e Avós**, pelo apoio, carinho e amor.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Hamilton Pires Maia**, para mim, mais do que um orientador, foi um segundo pai que me ensinou, aconselhou, protegeu, defendeu, consolou e, quando necessário, “puxou a orelha”. Obrigada pelas horas e horas de conversas, ensinamentos, orientações, pela paciência, disponibilidade integral e dedicação ímpar que dispensa aos seus alunos. Com você aprendi muito mais do que eu podia imaginar e tê-lo como orientador foi muito especial. Obrigada por tudo!

Ao meu co-orientador, **Prof. Dr. Guilherme Carpena Lopes**, pelas palavras de incentivo e orientação. Por compartilhar seus conhecimentos e ser exemplo de compromisso e amor por aquilo que faz.

Ao **Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri**, pela inspiração e por ser fonte de motivação para qualquer pessoa que queira ter sucesso na vida. Obrigada por acreditar nos seus alunos, por nunca desistir de nenhum de nós, por ser exemplo de amor e paixão pelo que faz. Do fundo do meu coração, obrigada pelo incentivo, por acreditar no meu trabalho e me dar todas as oportunidades. Aqui expresso minha admiração e respeito.

Ao **Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior**, pelo apoio, pela confiança e incentivo para que eu ingressasse no mestrado. Obrigada por compartilhar sua sabedoria e nos mostrar o caminho para sermos bons professores e profissionais.

Ao **Prof. Dr. Luiz Clóvis Cardoso Vieira**, pelo seu jeito de ser. Obrigada pelos ensinamentos valiosos, carinho e atenção, pelos momentos divertidos e de “bronca” que fizeram parte da formação de todos no mestrado.

À **Profa. Dra. Renata Gondo Machado**, por ser um exemplo de professora, que demonstra energia, força de vontade, competência e, principalmente, alegria naquilo que faz. Obrigada por ser sempre tão carinhosa e por poder contar contigo para o que for necessário.

À **Profa. Dra. Jussara Karina Bernardon**, pela capacidade de se entregar à realização de um objetivo. Obrigada por ser exemplo de que quando damos o melhor de nós por um propósito ou sonho na vida, sempre colheremos bons frutos.

À **Profa. Sheila Cristina Stolf**, pelo apoio, amizade, por ser tão querida e estar sempre à disposição para ajudar no que for preciso.

Ao **Prof. Dr. Élito Araújo**, pela delicadeza e simpatia com que sempre me tratou. Por ser exemplo de simplicidade, profissionalismo e dedicação.

Ao **Prof. Dr. Gilberto Arcari**, pela competência, empenho e excelentes aulas de fotografia que, por sinal, foram muito bem aproveitadas.

Ao **Prof. Dr. Cléo Nunes Sousa**, por todo apoio e pelo carinho com que me recebeu na Clínica I.

Aos demais professores da Clínica I, **Ariadne, Beatriz, Guilherme, Gil, Magini, Alessandra, Maria Helena, Paulo e Henrique**, pelo carinho, pelas conversas e agradável convivência nas terças-feiras.

Ao **Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira Andrada**, por ser profissional responsável, dedicado e que demonstra compromisso com o que faz.

Ao **Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini**, pela seriedade e compromisso na coordenação do curso de Pós-Graduação,

Aos funcionários da Dentística, **Dona Léa e Bruno**, pelo esforço e eficiência no trabalho prestado à disciplina de Dentística.

À **Ivoclar Vivadent**, em especial ao **Herbert Mendes**, pela doação dos materiais e instrumentais utilizados neste trabalho. Os meus sinceros agradecimentos.

À **Camila Madruga**, funcionária da Ivoclar Vivadent, pela atenção e simpatia.

Ao **José Carlos Romanini**, pela doação e confecção dos espécimes. Sem a sua ajuda a realização deste trabalho não seria possível. Obrigada pela atenção, dedicação, esmero e trabalho que são excepcionais e fazem do seu laboratório um dos melhores do país.

Aos funcionários do Laboratório Romanini, principalmente à **Cristina**, pela atenção e simpatia. Ao técnico em prótese, **Lucas**, pela dedicação e competência na confecção dos espécimes e pela realização das fotografias que foram essenciais na ilustração deste trabalho.

Ao funcionário da universidade, **Seu Lauro**, por cuidar do laboratório de pesquisa e pela disposição em ajudar.

Ao **Seu Joaquim**, pela esforço e competência na confecção da matriz e dispositivos utilizados neste trabalho.

À **Universidade Federal de Santa Catarina**, por viabilizar a realização deste trabalho.

À secretária da Pós-graduação em Odontologia, **Ana**, pela simpatia e disposição.

Ao **Neimar Sartori**, pela análise estatística deste trabalho.

À **Tâni Pedroso Lise** pela atenção e revisão do português deste trabalho.

Aos meus amigos de mestrado **Fer, Gabi, Mah, Caco, Diogo, Liza, Buda, Shiz, Tonho, Lindi e Baiano**. Obrigada pela convivência,

cumplicidade, amizade, risadas e conversas. Aprendi muito com cada um de vocês.

Aos amigos de doutorado, ***Greciana, Luana, Daniel Baptista, Adriano, David, Eduardo, Cássio, Daniel Malta, Júnio, Silvana, Neymar e Max***, pela convivência agradável e por compartilharem suas experiências e conhecimentos.

Às amigas especiais ***Dai, Déia S., Tha, Adri, Kaka, Déia, Nani, Lê, Paulinha e Talita*** pela torcida, pelo carinho e amizade verdadeira. Mesmo sem a convivência diária, obrigada por estarem sempre presentes em minha vida e por poder contar com vocês em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins. *“A amizade não se explica, ela simplesmente acontece”*.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho e que me apoiaram nesta caminhada.

MUITO OBRIGADA!!

“O importante não é a maneira de se realizar os sonhos, mas a maneira de se conduzir a vida. Se você conduzir a vida de maneira correta, o carma se resolve por si. Os sonhos virão até você.”

(Randy Pausch)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do ajuste externo por meio de desgaste simulado, efetuando ou não o polimento, e do ajuste interno na rugosidade e resistência flexural de uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio. Para tanto, foram confeccionados 60 espécimes em forma de barra ($\geq 20 \times 4 \pm 0.25 \times 1.2 \pm 0.2$ mm) da cerâmica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent) e divididos em 6 grupos (n=10): G1 - glaze (controle); G2 - ajuste externo (AE); G3 - AE + polimento; G4 - ajuste interno (AI); G5 - AE + AI; G6 - AE + polimento + AI. Em seguida, o R_a dos espécimes foi mensurado com Rugosímetro. Após 24 h de armazenamento em água destilada a 37°C, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural de três pontos. Foi utilizada uma amostra de cada grupo (n=1) para análise da morfologia superficial em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Os resultados foram analisados por meio dos testes ANOVA *one-way*, Bonferroni e Dunnett. As Médias Aritméticas e Desvio-Padrão (\pm DP) obtidos no teste de resistência flexural, em MPa, foram: G1=194.41 (\pm 33.54); G2=224.96 (\pm 31.67); G3=194.27 (\pm 31.21); G4=193.37 (\pm 24.39); G5=191.04 (\pm 28.01); G6=188.62 (\pm 27.3). As médias de R_a (μ m) e Desvio-Padrão (\pm DP) foram: G1=1.26 (\pm 0.21); G2=1.16 (\pm 0.75); G3=0.71 (\pm 0.21); G4=1.26 (\pm 0.21); G5=1.03 (\pm 0.23); G6=0.86 (\pm 0.20). O ajuste externo sem o polimento não interferiu a rugosidade superficial da cerâmica, porém quando seguido desse procedimento, houve uma redução significativa. Em qualquer das duas situações, a rugosidade não influenciou a resistência flexural. Da mesma forma, o ajuste interno e a associação dos procedimentos não interferiram na resistência flexural.

Palavras-chave: Cerâmica. Desgaste de Restauração Dentária. Ajuste oclusal.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect from external adjustment through simulated wear with and without the polishing procedure, and from internal adjustment on the surface roughness and flexural strength of a lithium disilicate reinforced glass-ceramic. For this purpose, 60 bar-shaped specimens were fabricated ($20 \pm 4 \times 0.25 \times 1.2 \pm 0.2$ mm) using a ceramic (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) and divided into 6 groups (n = 10): G1 – glazing (control), G2 - external adjustment (EA); G3 - EA + polishing; G4 - internal adjustment (IA); G5 - EA + IA; and G6 - EA + polishing + IA. Following, surface profile was determined through measurement of the surface roughness of the specimens (Ra). After 24h-storage in distilled water at 37 °C, the specimens were tested for three-point flexural strength. In addition, six additional specimens were used for qualitative analysis of surface morphology using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results were analyzed using one-way ANOVA, Bonferroni and Dunnett's tests. Mean and standard deviations (\pm SD) for flexural strength tests were (in MPa): G1 = 194.41 (\pm 33.54), G2 = 224.96 (\pm 31.67), G3 = 194.27 (\pm 31.21), G4 = 193.37 (\pm 24.39), G5 = 191.04 (\pm 1.28) and G6 = 188.62 (\pm 27.3). The mean Ra (μ m) and standard devi (\pm SD) were: G1 = 1.26 (\pm 0.21), G2 = 1.16 (\pm 0.75), G3 = 0.71 (\pm 0.21), G4 = 1.26 (\pm 0.21), G5 = 1.03 (\pm 0.23) and G6 = 0.86 (\pm 0.20). The external adjustment without the polishing procedure did not affect the surface roughness of the ceramic, but when followed by this procedure, there was a significant reduction. In both situations, the roughness did not influence the flexural strength. Similarly, the internal adjustment and the association of procedures had no influence on the flexural strength.

Keywords: Ceramics. Grinding of Dental Restorations. Occlusal Adjustment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lingotes de IPS e.max Press HT cor A1	57
Figura 2 - Pasta e líquido de IPS e.max Ceram	57
Figura 3 - Ponta diamantada cilíndrica 3098 FF	58
Figura 4 - Sistema de polimento Optrafine	58
Figuras 5 - a) Preechimento do molde de silicone com resina acrílica, para confecção dos padrões; b) Molde de silicone preenchido	61
Figura 6 - Padrões de resina acrílica	62
Figura 7 - Inclusão dos padrões em revestimento.	62
Figura 8 - Procedimento de prensagem à quente	62
Figura 9 - Barras de cerâmica após remoção do revestimento.	62
Figura 10 - Remoção do <i>sprue</i> com um disco diamantado	62
Figura 11 - Desgaste da superfície das barras para ajuste das dimensões.	62
Figura 12- Aplicação do glaze em todas as superfícies, exceto na inferior	62
Figura 13 - Queima do glaze no forno.	62
Figura 14 - Espécime de cerâmica após a queima da camada de glaze	63
Figura 15 - Dispositivo metálico para apreensão dos espécimes	65
Figura 16 - Ponta diamantada 3098 FF posicionada paralelamente à superfície do espécime	65
Figura 17 - Ponta de polimento de maior granulação (Optrafine F)	65
Figura 18 - Ponta de polimento de menor granulação (Optrafine P)	65
Figura 19 - Escova de nylon (Optrafine HP) utilizada em associação com a pasta diamantada	65
Figura 20 - a) superfície externa do grupo G1; b) superfície externa do G2; c) superfície externa do G3; d) vista de perfil da espessura do espécime do G3; e) superfície externa do G4; f) superfície interna do G4; g) superfície externa do G5; h) superfície externa do G6.	66
Figura 21 - Rugosidade Média Aritmética (R_a)	67

Figura 22 - Dispositivo metálico utilizado para possibilitar a leitura dos espécimes no Rugosímetro.	69
Figura 23 - Rugosímetro Digital Portátil com o dispositivo metálico e espécime em posição.	69
Figura 24 - Leitura dos espécimes com Rugosímetro.	70
Figura 25 - Mensuração da espessura (a) e largura (b) dos espécimes por meio de um Paquímetro Digital	70
Figura 26 - Teste de resistência flexural de três pontos	70
Figura 27 - Gráfico de dispersão (Box-plot) mostrando a distribuição dos dados representativos da rugosidade (R_a) dos seis grupos avaliados.	73
Figura 28 - Representação gráfica na forma de barras verticais das médias aritméticas de rugosidade (R_a) dos grupos avaliados.	74
Figura 29 - Gráfico de dispersão (Box-plot) mostrando a distribuição dos dados representativos da resistência flexural dos seis grupos avaliados.	76
Figura 30 - Representação gráfica, na forma de barras verticais, das médias aritméticas de resistência flexural dos grupos avaliados neste estudo	77
Figura 31 - Fotomicrografia do grupo G1. Superfície externa glazeada com magnificação de 30x.	78
Figura 32 - Fotomicrografia do grupo G2. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste externo com aumento de 30x.	79
Figura 33 - Fotomicrografia do grupo G3. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste externo e polimento, com 30x de magnificação. Observa-se a presença de defeito no bordo do espécime (A) e ranhuras inerentes ao processo de desgaste (B)	79
Figura 34 - Fotomicrografia do grupo G5. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste externo, em 30x de magnificação.	79
Figura 35 - Fotomicrografia do grupo G6. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste/polimento, em 30x de magnificação.	80
Figura 36 - Fotomicrografias do grupo G4. a) Superfície interna em 500x de magnificação; b) Superfície interna com áreas de desgaste (C), com 500x de magnificação.	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais e instrumentais utilizados nos procedimentos de ajuste externo, polimento e ajuste interno.	59
Quadro 2 - Formação dos grupos e distribuição dos espécimes.	60
Quadro 3 - Descrição dos procedimentos de ajuste externo, polimento e ajuste interno.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de rugosidade (R_a) dos seis grupos avaliados.	72
Tabela 2 - Tamanho da amostra (n), Médias Aritméticas, Desvios-Padrão, Erro-Padrão, valores mínimo e máximo obtidos por meio da mensuração da rugosidade (R_a) dos seis grupos avaliados.	72
Tabela 3 - Análise de Variância <i>one-way</i> dos valores médios de R_a dos grupos avaliados.	73
Tabela 4 - Médias e resultados estatísticos de R_a dos seis grupos avaliados.	74
Tabela 5 - Valores de resistência flexural dos seis grupos.	75
Tabela 6 - Tamanho da amostra (n), Médias Aritméticas, Desvios-Padrão, Erro-Padrão, valores mínimo e máximo obtidos por meio da mensuração da resistência flexural dos seis grupos avaliados.	76
Tabela 7 - Análise de Variância <i>one-way</i> dos valores médios de resistência flexural dos seis grupos avaliados, em MPa.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2 - DOF = Aparato mecânico auxiliado por computador
ANOVA = Análise de Variância
AFM = Microscópio de Força Atômica
b = largura do espécime
CAD/CAM = Design Computer Aided/ Machining Computer Aided
CP = Corpo de Prova
CST = Crescimento lento de trincas
d = espessura do espécime
F = valores de F
G.L. = Graus de Liberdade
HT = High Translucency
HO = High Opacity
JIS = Japan Industrial Standard
MEV = Microscópio Eletrônico de Varredura
l = distância entre os suportes do teste de resistência flexural
lm = percurso de medição
LT = Low Translucency
min = minutos
mm = milímetros
mm/s = milímetros por segundo
mm/min = milímetros por minuto
MO = Medium Opacity
 μm = micrometros
n = número de espécimes por grupo
nm = nanometros
 p -valor = valores probabilísticos obtidos
Q.M. = Quadrados Médios
RF = Resistência Flexural
rpm = rotações por minuto
s = segundos
S.Q. = Somas de Quadrados
yn = valores absolutos das ordenadas de maior afastamento
W = Carga máxima exercida no espécime

LISTA DE SÍMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$	_____	Graus Celsius
=	_____	Igual
\geq	_____	Maior ou igual
$<$	_____	Menor
$>$	_____	Maior
\pm	_____	Mais ou menos
%	_____	Por cento
α	_____	Nível de significância
ΔE	_____	Diferença de cor
MPa	_____	Megapascal (s)
n	_____	Susceptibilidade ao estresse corrosivo
N	_____	Newtons
kN	_____	Quilonewtons
R_a	_____	Rugosidade média aritmética
R_z	_____	Rugosidade de profundidade média
K_c	_____	Tenacidade à fratura
y_i	_____	Fratura específica
\bar{x}	_____	Média Aritmética

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	29
2.1	RUGOSIDADE SUPERFICIAL	29
2.2	AJUSTE INTERNO.....	37
2.3	RUGOSIDADE SUPERFICIAL X RESISTÊNCIA FLEXURAL.....	38
3	OBJETIVOS.....	55
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	57
4.1	MATERIAIS.....	57
4.2	MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS...	58
4.3	MÉTODOS.....	59
5	RESULTADOS.....	71
5.1	RUGOSIDADE MÉDIA ARITMÉTICA (R_a).....	71
5.2	RESISTÊNCIA FLEXURAL.....	75
5.3	MORFOLOGIA SUPERFICIAL.....	78
6	DISCUSSÃO.....	81
7	CONCLUSÕES.....	89
	REFERÊNCIAS	91
	APÊNDICE A - MEDIDAS DOS ESPÉCIMES	99
	APÊNDICE B - RESULTADOS RESISTÊNCIA FLEXURAL.....	109
	APÊNDICE C - RESULTADOS RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....	112

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o emprego das cerâmicas odontológicas é amplamente difundido entre os profissionais da área e tornou-se alvo de inúmeras pesquisas. O esforço para aprimorar suas propriedades mecânicas ao longo das décadas culminou no desenvolvimento dos diversos tipos de sistemas cerâmicos, obtidos graças a alterações em sua composição e seu método de processamento.

Consequentemente, com referência à utilização dos sistemas cerâmicos observou-se um significativo crescimento, visto que as restaurações com eles procedidas são altamente estéticas e com excelentes propriedades mecânicas. Tudo isso, somado à evolução da odontologia adesiva, ampliaram suas indicações para dentes posteriores (FISCHER; STAWARCZYK; HAMMERLE, 2008).

Já que os materiais cerâmicos apresentam sensibilidade aos defeitos e fendas presentes principalmente na sua superfície, a resistência flexural é considerada uma das principais propriedades mecânicas dos referidos materiais (MARSHALL; RITTER, 1987). Na confecção de uma restauração de cerâmica faz-se rotina no laboratório protético a aplicação de uma camada de glaze sobre a superfície, o que aumenta consideravelmente a resistência flexural (AKSOY *et al.*, 2006). Clinicamente, após a cimentação da restauração, geralmente é necessário proceder com o ajuste oclusal. Tal procedimento resulta na remoção da camada de glaze por meio de um desgaste, ação causadora de defeitos na superfície intensificando sua rugosidade (GRIGGS; THOMPSON; ANUSAVICE, 1996).

Assim, com o aumento da rugosidade superficial, estabelece-se o risco de aumento do acúmulo de placa, pela adesão das bactérias nas irregularidades presentes (KAWAI; MASAOKI; SHIGEYUKI, 2000), no desgaste do dente antagonista (JAGGER; HARRISON, 1994; HEINTZE *et al.*, 2008), podendo afetar a aparência estética da restauração, facilitar perda de brilho (HERION; FERRACANE; COVELL, 2010), além de diminuir a estabilidade de cor (YILMAZ *et al.*, 2008).

Por conseguinte, a rugosidade produzida pela ação da ponta diamantada e a introdução de defeitos na superfície da cerâmica pode ser acompanhada pela redução da sua resistência flexural. Tal fato ocorre porque os defeitos atuam como pontos de concentração de estresse que induzem à formação e propagação de trincas, aumentando as chances de fratura do material (JAGER; FEILZER; DAVIDSON, 2000; AKSOY *et al.*, 2006). Diante disso, o preparo final de uma restauração de cerâmica pode apresentar-se crítico para sua resistência (FISCHER *et al.*, 2003).

Após o procedimento de desgaste, é necessário o polimento que constitui-se em um método simples com a finalidade de reduzir o

tamanho dos defeitos superficiais, oriundos do desgaste gerado pelas pontas diamantadas, e aumentar a resistência da cerâmica (NAKAMURA; HOJO; SATO, 2010). Não obstante, além de reestabelecer a lisura superficial, proporciona a recuperação do brilho e cor da superfície da porcelana (HERION *et al.*, 2010), viabilizando superfícies até mesmo mais lisas do que o glazeamento (WRIGTH *et al.*, 2004). Contudo, uma excelente técnica de polimento depende não somente do tipo do material cerâmico utilizado como também da quantidade de cristais presentes em sua composição (SASAHARA *et al.*, 2006; KOU; MOLIN; SJOGREN, 2006).

Além disso, foi relatado que a execução do procedimento de ajuste interno, previamente à cimentação, aprimora a adaptação marginal de coroas unitárias e também é indicado a todas as restaurações (BARBOSA, 2008). Vale lembrar ainda, que um estudo *in vitro* sobre métodos de confecção de facetas cerâmicas e sua adaptação marginal e interna, obteve resultados que confirmam que a execução do ajuste interno proporciona melhorias quanto à adaptação da peça ao preparo (RIBEIRO, 2010). Assim, o ajuste interno é realizado por meio de desgaste em pontos que impedem o assentamento adequado da restauração ao preparo.

Nesse contexto, sendo o ajuste oclusal um procedimento realizado pelo cirurgião-dentista, faz-se necessário na sequência, o procedimento de polimento a fim de promover maior lisura superficial e aumentar a resistência flexural da cerâmica. Porém, é importante acrescentar que a execução do ajuste interno pode afetar a resistência flexural do material cerâmico. Diante disso, o propósito deste estudo é avaliar o efeito do ajuste externo, efetuando ou não o polimento, e do ajuste interno na rugosidade e resistência flexural de uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A alteração da rugosidade superficial pode ter influência no desgaste do esmalte de dentes antagonistas. Esse assunto foi investigado por Jagger e Harrison (1994) que avaliaram os efeitos do glazeamento e polimento de uma porcelana, na quantidade de desgaste do esmalte dental humano. Foram confeccionadas placas de porcelana feldspática (Vitadur-N, Vita), mantido ou não o glazeamento, e polidas com discos de lixa (Sof-Lex) e pontas de borracha (Shofu). Realizou-se a análise da rugosidade superficial por meio de um Perfilômetro e obteve-se os valores de R_a . Em seguida, procedeu-se o teste de desgaste em um simulador de mastigação, com placas de esmalte utilizadas como antagonistas. Os autores observaram uma quantidade de desgaste do esmalte similar entre as superfícies com ausência ou presença do glazeamento. E ainda, a superfície polida apresentou uma menor rugosidade e proporcionou menor desgaste na superfície do esmalte.

Scurria e Powers (1994) estudaram o efeito de 5 sistemas de polimento na rugosidade superficial de uma porcelana feldspática e uma cerâmica vítrea para CAD/CAM. Os espécimes foram submetidos ao desgaste com ponta diamanta (60 μm) e polimento com 5 diferentes sistemas. No grupo controle, realizou-se o autoglazeamento das cerâmicas. Na sequência, a rugosidade superficial foi analisada por meio de um Perfilômetro e obtidos os valores de R_a . Os autores observaram que a associação das pontas impregnadas com partículas diamantadas com o gel diamantado foi o método de polimento com melhores resultados. A porcelana feldspática apresentou lisura superior ao autoglazeamento, com determinados sistemas de polimento. Após o polimento, a cerâmica vítrea apresentou menores valores de rugosidade (0.3 a 0.1 μm), em comparação com a porcelana feldspática (0.5 a 0.2 μm).

Qualquer superfície de porcelana, quando submetida ao ajuste oclusal, deve ser reglazeada ou polida com sistemas de polimento adequados (AL-WAHADNI; MARTIN, 1998). Foi realizada uma revisão de literatura que incluiu estudos sobre análise visual e microscópica da rugosidade de superfície de porcelanas glazeadas, polidas e sem o glaze. Os autores relataram que todos os estudos revisados afirmaram que a porcelana glazeada apresenta uma superfície densa e homogênea. Além disso, a maioria dos estudos mostrou que o polimento proporciona uma lisura superficial similar ao glaze, tornando-se uma alternativa ao glazeamento quando a superfície da porcelana é desgastada.

Um estudo realizado por Whitehead *et al.* (1999) teve como objetivo avaliar e comparar dois métodos de análise da rugosidade superficial de materiais e tecidos dentais. Um método envolve a utilização de uma ponta analisadora de diamante, que entra em contato com a superfície da amostra, e no outro método a leitura é realizada com uma ponta a laser, no modo sem contato. Ambas as pontas foram montadas no mesmo Perfilômetro. Assim, as medições foram realizadas em blocos de cerâmica (Dicor), com seis texturas de superfície diferentes, obtidas por meio de pontas diamantadas e brocas carbide. A superfície dos espécimes foi analisada pelos dois métodos e obteve-se os valores de diferentes parâmetros de rugosidade, incluindo o R_a . Os resultados mostraram diferenças significativas entre os dois métodos de análise da superfície. Os autores enfatizam que a comparação de estudos que utilizam diferentes pontas analisadoras nos perfilômetros deve ser realizada com cautela.

Kawai; Urano e Ebisu (2000) analisaram a adesão de componentes da placa bacteriana em discos de porcelana com vários níveis de rugosidade, com o objetivo de investigar o efeito da rugosidade superficial na quantidade de acúmulo de placa. Para tanto, os discos de porcelana felpática foram incubados em suspensões bacterianas por três, 8 e 24 h em temperatura de 37°C, e obteve-se a quantidade de células e polissacarídeos aderidos aos espécimes. Diante dos resultados, os autores observaram que, conforme as superfícies dos discos foram polidas, o acúmulo de placa bacteriana foi menor. Assim, recomendam que, quando for necessário o ajuste das restaurações, o polimento seja sempre realizado.

A eficiência de diferentes técnicas de acabamento e polimento na rugosidade superficial de duas cerâmicas odontológicas (Duceram Plus e Duceram LFC) foi estudada por Ticianeli (2003). Foram confeccionados discos de cada cerâmica e realizado o glazeamento da superfície. O grupo controle permaneceu intacto e o restante dos grupos foram desgastados com pontas diamantadas de granulação fina e extrafina e polidos por meio de diferentes sistemas: Sof-Lex (3M ESPE), Super-Snap (Shofu), Viking (KG Sorensen). Cada sistema também foi utilizado em associação com uma pasta diamantada. Assim, realizou-se a análise da rugosidade superficial em um Perfilômetro e obteve-se os valores de R_a . Os autores observaram que método de polimento mais eficiente foram os discos de lixa. Também, a aplicação adicional de uma pasta diamantada mostrou bons resultados em ambas as cerâmicas. Além disso, para a cerâmica Duceram LFC o glazeamento foi similar aos procedimentos de polimento, porém na Duceram Plus o glazeamento obteve maiores valores de R_a em relação a alguns sistemas de polimento.

Wright *et al.* (2004) relataram que o polimento da porcelana resultou em uma superfície mais lisa em relação ao glazeamento. Os autores compararam a rugosidade de superfície produzida por três

diferentes sistemas de polimento em uma porcelana de ultrabaixa fusão. Para tanto, foram confeccionados discos da porcelana (Finesse) e divididos em três grupos, de acordo com o sistema de polimento (Jelenko, Brasseler). Em um lado de cada espécime, removeu-se a camada de glaze por desgaste com ponta diamantada e realizou-se o polimento da área. No outro lado dos espécimes, manteve-se o glaze (autoglazeamento) que atuou como controle. O polimento foi realizado sempre pelo mesmo operador, até a obtenção de uma superfície polida a olho nu, simulando uma situação clínica. A rugosidade das superfícies (R_a) polidas e autoglazeadas dos espécimes foram analisadas por meio de um Rugosímetro e Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

A influência de diferentes tratamentos de superfície e técnicas de glazeamento sobre as características superficiais de porcelanas odontológicas foi investigada por Aksoy *et al.* (2006). Espécimes de porcelana feldspática foram submetidos a 5 diferentes procedimentos de alteração da superfície, envolvendo a associação de desgaste e polimento. Em seguida, todos os grupos foram divididos em dois subgrupos: autoglazeamento ou sobreglazeamento (aplicação de uma camada de glaze). A rugosidade superficial foi analisada por meio de MEV (análise qualitativa) e AFM (análise quantitativa) e, também, mensurado o ângulo de contato. Observou-se que o glazeamento reduziu significativamente os valores de rugosidade em todos os grupos e o sobreglazeamento mostrou uma superfície mais lisa e homogênea. Esse tipo de glazeamento apresentou os menores valores de ângulo de contato, mostrando uma boa capacidade de molhamento. Diante disso, os autores sugerem que a camada de glaze seja aplicada sobre a superfície de porcelana, para obtenção de uma superfície lisa e com bom molhamento.

Sarac *et al.* (2006) investigaram os efeitos de diferentes sistemas de polimento na alteração de cor e textura superficial de uma porcelana feldspática. Foram confeccionados 90 discos de porcelana feldspática, removeu-se a superfície de glaze com uma ponta diamantada, e foram divididos em grupos de acordo com o procedimento de polimento: pastas diamantadas (Diamond Stick e Ultra II, Shofu), pontas de silicione (Ceramaster, Shofu) ou um kit de polimento (Porcelain Adjustment Kit, Shofu). A cor foi mensurada por meio de um Colorímetro e a Rugosidade média aritmética (R_a) por um Perfilômetro. Os resultados mostraram que a utilização de pasta diamantada, seguida do kit de polimento, produziram superfícies semelhantes à superfície glazeada. Os maiores valores de R_a foram encontrados com as pastas diamantadas utilizadas sozinhas. As pontas de silicone produziram superfícies mais lisas em comparação com as pastas. Além disso, a diferença de cor de todos os grupos foi considerada clinicamente aceitável ($\Delta E < 3.3$).

O melhor procedimento a ser realizado, quando a camada de glaze é removida, depende do tipo de porcelana empregada. Essa foi a conclusão do estudo de Sasahara *et al.* (2006), que compararam a rugosidade de superfície de quatro porcelanas com diferentes microestruturas, após diferentes tratamentos da superfície. Os autores testaram porcelanas feldspáticas com diferentes quantidades de cristais de leucita: IPS d.Sign (Ivoclar Vivadent), Finesse (Dentsply), Super Porcelain EX (Noritake), Symbio (Degussa). Os espécimes foram desgastados com lixas de granulações decrescentes (#180, #320 e #600) e divididas em sete grupos de tratamento da superfície, associando diferentes sistemas de polimento e/ou reglazeamento. No grupo controle foi mantida a camada de glaze. A Rugosidade média aritmética (R_a) foi obtida por meio de um Perfilômetro, com comprimento de amostragem de 0.25 mm. Também, espécimes de cada grupo foram selecionados para análise da morfologia superficial e do conteúdo e tamanho dos cristais de leucita, por meio de MEV. Os resultados mostraram que os espécimes reglazeados apresentaram maior rugosidade do que os espécimes do grupo controle. A aplicação da pasta para polimento, após utilização das taças de borracha ou discos de lixa, produziu menores valores de R_a em todas as porcelanas. Além disso, após o polimento, observou-se que as porcelanas com menor conteúdo de leucita apresentaram menor rugosidade, em comparação com as de maior conteúdo de cristais.

O estudo de Tholt *et al.* (2006) avaliou a rugosidade de superfície de três tipos de cerâmicas submetidas a diferentes procedimentos de polimento. Foram confeccionados discos das cerâmicas AllCeram (Degussa), IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) e Vitadur-Alpha (Vita). Inicialmente, desgastou-se as superfícies dos espécimes com pontas diamantadas, dividiu-se cada cerâmica em 5 subgrupos de acordo com o método de polimento: Ceramiste (Shofu), Identoflex e Eve. O grupo controle foi somente glazeado. A análise da rugosidade foi realizada por meio de um Perfilômetro e Microscopia de Força Atômica (AFM). As três cerâmicas apresentaram resultados diferentes quando submetidas ao mesmo procedimento de polimento. Assim, os autores afirmam que não é recomendado proceder com o ajuste das cerâmicas, principalmente, a Vitadur Alpha. Para a IPS Empress 2, quando o desgaste for necessário, o polimento com Shofu ou Identoflex apresentam melhor desempenho. Na mesma situação, para a cerâmica AllCeram, os sistemas mais recomendados são o Shofu ou Eve.

Kou; Molin e Sjogren (2006) avaliaram o efeito do acabamento e polimento na rugosidade superficial de diferentes cerâmicas para confecção de infraestrutura: In-Ceram Alumina (1), In-Ceram Zirconia (2), IPS Empress 2 (3), Procera AllCeram (4) e Denzir (5). O material utilizado como referência foi a Vitabloc Mark II. Realizou-se o acabamento com pontas diamantadas de granulação grossa (107–126

μm), média (76 μm) e fina (46 μm), seguido do polimento com discos de lixa sequenciais (Soft-Lex). Os valores de Rugosidade média aritmética (R_a) foram obtidos por meio de um Rugosímetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm. As mensurações foram realizadas antes e após o acabamento, e também após o polimento. Adicionalmente, analisaram-se as características de superfície em MEV. Como resultado, mostrou-se que a rugosidade das cerâmicas 2, 3 e 5 diminuiu após o polimento (discos de lixa), em comparação com a rugosidade após o acabamento (pontas diamantadas). O polimento das cerâmicas 1 e 4 não foi efetivo. Diante disso, exceto nas cerâmicas à base de alumina, os discos Sof-Lex são aplicáveis, porém difíceis de utilizar em todas as superfícies do núcleo ou coping.

Sarac *et al.* (2007) investigaram o efeito de três métodos de condicionamento de superfície de porcelanas feldspáticas, na resistência de união ao cisalhamento e na rugosidade superficial. Os autores submetteram espécimes glazeados de porcelana feldspática (Vitadur-Alpha) a três tratamentos de superfície (jateamento e/ou ácido fluorídrico), com o intuito de aderir brackets ortodônticos. Em seguida, foram submetidos ao procedimento de polimento com kit de acabamento/polimento (Shofu) e/ou pasta diamantada (Diamond Stick, Shofu). A rugosidade de superfície foi mensurada, antes e após o polimento, por meio de um Perfilômetro e obtidos os valores de R_a . Observou-se que o polimento com kit de acabamento sozinho ou associado à pasta diamantada foi efetivo em suavizar a rugosidade de superfície, sem diferenças significantes entre si.

Al-Shammery *et al.* (2007) afirmam que diferentes sistemas cerâmicos, com diferentes microestruturas, necessitam de procedimento de polimento diferente para obtenção de uma superfície lisa. Os autores avaliaram a rugosidade de superfície de uma cerâmica CAD/CAM experimental e outra comercial, submetidas a dois métodos de polimento. Para tanto, foram realizadas restaurações onlays de uma cerâmica vítrea à base de fluormica (experimental) e de Vitablocs Mark II (Vita), por meio do sistema CEREC 3 CAD/CAM. As restaurações foram divididas de acordo com o método de polimento: discos de lixa (Sof-Lex, 3M ESPE) (P1), polidores de borracha impregnados com carbureto de silício + polidores de borracha diamantadas + discos de feltro impregnados com pasta diamantada (P2). No grupo controle, manteve-se a condição de pós-usinagem. Assim, a rugosidade de superfície (R_a) dos espécimes foi analisada por meio de Microscopia Confocal. Observou-se que o polimento com os discos de lixa apresentou bons resultados em ambas as cerâmicas, ou seja, diminuiu a rugosidade em comparação com o grupo controle. E ainda, o sistema P2 mostrou melhor resultado na cerâmica Vitabloc Mark II, em comparação com a cerâmica experimental.

O procedimento de acabamento de uma porcelana feldspática foi descrito por Song *et al.* (2008). Realizou-se o estudo sob uma variedade de condições experimentais, analisando a força aplicada, velocidade, energia, rugosidade e morfologia superficial, em função de parâmetros operacionais relevantes. A porcelana feldspática testada foi a Vitabloc Mark II e o procedimento de acabamento realizado com ponta diamantada extrafina (20-30 μm), em alta rotação, por meio de um aparato mecânico auxiliado por computador (2-DOF). Os testes de acabamento foram realizados com taxa de avanço de 12–36 mm/min e profundidade de corte de 2-20 μm . Assim, realizou-se a análise da rugosidade superficial, por meio de um Perfilômetro, e da morfologia de superfície por MEV. Os resultados mostraram que uma alta taxa de avanço e profundidade de corte resultaram em um desgaste mais eficiente, uma vez que a energia gasta foi menor, porém também geraram maior dano superficial e subsuperficial. Um melhor acabamento da superfície foi obtido com menor profundidade de corte ou taxa de avanço. Além disso, o procedimento de acabamento com ponta diamantada extrafina causou microrrachaduras na superfície da porcelana feldspática. Diante disso, os autores sugerem que a longevidade das restaurações pode ser prolongada com a remoção das microrrachaduras superficiais, por meio de um polimento final.

Yilmaz *et al.* (2008) avaliaram a estabilidade de cor de duas porcelanas de ultra-baixa fusão e três convencionais (baixa fusão) com as superfícies glazeadas e polidas. Realizou-se a imersão dos espécimes glazeados em azul de metileno ou água destilada (controle). Assim, com o intuito de avaliar a alteração de cor, foram examinados visualmente e por meio de um Colorímetro. Em seguida, foram desgastados e realizado o polimento da superfície e, novamente, realizadas as análises visual e objetiva. Diante dos resultados obtidos, os autores relataram que os espécimes glazeados mostraram maior estabilidade de cor em comparação com os espécimes polidos.

Em estudo *in vitro*, Heintze *et al.* (2008) avaliaram fatores que influenciam no desgaste de espécimes de cerâmica e de tecido dental. Avaliou-se três tipos de sistemas cerâmicos: cerâmica de baixa fusão (IPS d.Sign, Ivoclar Vivadent); cerâmica à base de leucita (IPS Empress, Ivoclar Vivadent) e uma cerâmica à base de dissilicato de lítio (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent), os quais foram submetidos ao teste de desgaste em um simulador de mastigação. Assim, foram analisadas as variáveis: configuração (coroa, espécime plano), tratamento de superfície (polida, glazeada), tipo de antagonista (cerâmica, esmalte de cúspide palatal e esmalte padronizado) e a quantidade de desgaste dos espécimes. Os autores observaram que espécimes com a superfície glazeada apresentaram maior desgaste, em comparação com os grupos que receberam o procedimento de polimento.

Outro estudo encontrou resultados que mostraram que o polimento não foi efetivo em restaurar a rugosidade superficial apresentada pela camada de glaze (KARAN; TOROGLU, 2008). Avaliou-se o efeito de dois sistemas de polimento na rugosidade superficial de três cerâmicas, após remoção de brackets ortodônticos. As cerâmicas testadas foram: porcelana feldspática (IPS d.sign), cerâmica vítrea reforçada com leucita (IPS Empress) e cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio (IPS Empress 2). Após a remoção dos brackets, a resina remanescente foi removida com uma broca carbide e os espécimes divididos, de acordo com o método de polimento: taças de borracha (Cera Master, Shofu) + pasta diamantada (Ultra II, Shofu), ou sequência de discos de lixa (Sof-lex, 3M ESPE). No grupo controle, manteve-se a camada de glaze sem os brackets. A Rugosidade média aritmética (R_a) foi mensurada por meio de Microscopia de Força Atômica (AFM). Assim, o emprego de discos de lixa foi mais efetivo em promover lisura superficial do que as taças de borracha associadas à pasta diamantada, porém nenhum dos dois métodos foi similar ao grupo controle (glaze).

Oliveira *et al.* (2008) avaliaram o efeito de diferentes métodos de acabamento e polimento na rugosidade superficial de uma porcelana feldspática. Foram confeccionados 40 discos da porcelana Super Porcelain EX3 e realizado o autoglazeamento. Os espécimes foram divididos em cinco grupos, sendo que a camada de glaze foi removida com uma ponta diamantada, exceto do grupo controle, e realizados quatro diferentes métodos de polimento. A rugosidade superficial foi analisada por meio de um Rugosímetro, e obtidos os valores de R_a . Não houve diferença estatística significativa entre os métodos de polimento. Assim, os resultados encontrados pelos autores indicam que os métodos de polimento empregados não foram eficazes em reestabelecer a rugosidade da superfície glazeada, que apresentou o menor valor de R_a (0.61 μm).

Contudo Werneck e Neisser (2008) encontraram resultados diferentes em seu estudo. Os pesquisadores avaliaram o efeito do acabamento e polimento na rugosidade superficial de uma porcelana feldspática. Para tanto, foram confeccionados discos da porcelana feldspática IPS Classic (Ivoclar Vivadent) e realizado o glazeamento da superfície. A rugosidade superficial foi analisada antes e após o procedimento de desgaste com pontas diamantadas e também após o polimento com dois tipos de sistemas: Edenta e Tri Hawk (pontas de silicone). Diante dos resultados, os autores relataram que os dois sistemas de polimento testados foram efetivos em promover uma lisura superficial ($R_a = 0.21$ e $0.20 \mu\text{m}$), e os valores obtidos foram semelhantes à superfície glazeada ($R_a = 0.23$ e $0.21 \mu\text{m}$).

A efetividade do polimento em restaurar a rugosidade de superfície da porcelana desgastada, também depende do sistema de

polimento empregado. Yuzugullu *et al.* (2009) avaliaram a rugosidade superficial e a alteração de cor de uma porcelana feldspática modificada por diferentes métodos de polimento. Foram confeccionados discos de porcelana feldspática e submetidos ao acabamento, com pontas diamantadas de média e baixa granulação. Os espécimes foram divididos em 6 grupos, de acordo com o tratamento da superfície: sem e com o glazeamento (auto ou sobreglazeamento), desgate e reglazeamento ou somente polimento com dois diferentes sistemas. A rugosidade superficial foi analisada por meio de um Rugosímetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm, e obtidos os valores de R_a . Avaliou-se a alteração de cor por meio de um espectrofotômetro. Os autores relataram que os diferentes tipos de tratamento da superfície interferiram na rugosidade, porém não houve influência na cor. Afirmou-se que os métodos de polimento extraorais podem ser uma alternativa ao reglazeamento, devido à efetividade de um dos sistemas em diminuir a rugosidade ($0.89 \mu\text{m}$) e obter valores de R_a similares aos do glazeamento (0.90 e $0.89 \mu\text{m}$).

Flury; Lussi e Zimmerli (2010) avaliaram o efeito de cinco métodos de polimento na rugosidade e morfologia superficial de duas cerâmicas empregadas com o sistema CEREC CAD/CAM. Foram confeccionados espécimes das cerâmicas VitaBlocs Mark II e IPS Empress CAD. Uma metade de cada espécime foi lixada, com a intenção de obter uma superfície com rugosidade padrão. Na sequência, realizou-se o desgaste dos espécimes com ponta diamantada ($40 \mu\text{m}$), para simular o ajuste oclusal, e a divisão em 5 grupos de acordo com o método de polimento: EVE Diacera, JOTA, OptraFine, discos de lixa Sof-lex e, pontas Brownie e Greenie/Occlubrush. A rugosidade foi avaliada por meio de Perfilômetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm, e obtidos os valores de R_a e R_z . As medições foram realizadas antes, após o glazeamento e após o polimento. Os resultados mostraram que a rugosidade da superfície glazeada variou entre os dois tipos de cerâmicas. Os discos de lixa produziram maior lisura de superfície, até mesmo maior que a superfície glazeada. Entre os sistemas de polimento, JOTA apresentou a melhor performance.

O estudo de Sarikaya e Guller (2010) teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes técnicas de polimento na rugosidade superficial de diferentes porcelanas odontológicas. Foram confeccionados 55 discos de porcelana feldspática (Vita VMK 95, Ceramco III), de baixa fusão (Matchmaker) e blocos de porcelanas feldspática (Vitablocs Mark II). Todos os espécimes foram lixados com lixa SiC #600 e divididos em 11 grupos ($n=5$). Um grupo permaneceu sem tratamento e outro recebeu o glazeamento. O restante dos grupos foram divididos de acordo com o sistema de polimento empregado: discos de lixa Sof-lex, NTI CeraGlaze Polishing kit, Dialite II, Sparkle (pasta), Zircate (pasta), Prisma Gloss (pasta), Sof-lex + Sparkle, Sof-lex + Zircate, Sof-lex + Prisma Gloss.

Após os procedimentos de polimento, a rugosidade superficial (R_a) foi analisada por meio de um Perfilômetro. Na comparação entre as porcelanas, os menores valores de R_a foram observados com Vitablocs Mark II. Não obstante, os autores observaram que o emprego de kits de polimento e discos de lixa foram mais efetivos em promover lisura superficial, com valores semelhantes ao glaze, em comparação com as pastas para polimento empregadas sozinhas ou associadas aos discos de lixa.

Herion; Ferracane e Covell Jr (2010) avaliaram a alteração da superfície de uma porcelana feldspática, após dois diferentes métodos de adesão de brackets ortodônticos, assim como a recuperação da lisura superficial, após o polimento. Foram confeccionados discos da porcelana feldspática Lava Ceram e divididos em dois grupos, de acordo com o método de adesão dos brackets. Os brackets foram descolados, removido o adesivo com broca carbide e realizado o procedimento de polimento com taças de borracha e pasta diamantada. Analisou-se a rugosidade superficial (R_a) por meio de um Rugosímetro, além da alteração do brilho, por meio de um medidor de brilho, e a alteração de cor por um Cromômetro. Os autores observaram que o procedimento de polimento foi efetivo em restaurar a cor, o brilho e a lisura superficial da porcelana feldspática.

2.2 AJUSTE INTERNO

Lima (2005) estudou a influência do ajuste interno na adaptação, no desajuste vertical, após simulação da cimentação, espessura de película e a ocorrência de assentamento oblíquo em infraestruturas cerâmicas (In-Ceram Zirconia/IZ e Procera AllZircon/PZ) e metálica (para metalocerâmica/MC). Após sua confecção, as infra-estruturas foram adaptadas a troquéis metálicos padronizados. Realizou-se a detecção dos contatos interno com elastômero de consistência fluida e o ajuste com pontas esféricas diamantadas em alta rotação, sob refrigeração, até se obter uma adaptação clinicamente aceitável. Antes e após a simulação de cimentação, foi mensurada a distância vertical entre dois pontos previamente determinados, em um microscópio com aumento de 150x. O autor relata que durante a execução da metodologia todos os espécimes de MC e IZ necessitaram de uma a três sequências de ajuste interno, e o corpo de prova número 5 do grupo MC necessitou ser ajustado por 6x. Após análise dos resultados, observou-se que o ajuste interno das infra-estruturas metálicas e de In-Ceram Zirconia resultou em redução do desajuste vertical.

A adaptação marginal e interna de coroas cerâmicas confeccionadas com três sistemas cerâmicos (ProCAD, IPS e.max

ZirCAD e IPS Empress 2) foram avaliadas antes e após o ajuste interno (BARBOSA, 2008). A discrepância marginal absoluta e a diferença dos valores obtidos foi utilizada para determinar a influência do ajuste interno. Foi utilizado silicone de consistência leve e as áreas de contato interno foram desgastadas com pontas diamantadas esféricas. O processo foi repetido por mais de duas vezes, em todas as coroas. Relatou-se que a maioria das interferências correspondiam ao glaze que escorreu para o interior das peças. A avaliação da adaptação interna foi realizada após simulação da cimentação. Os resultados do estudo demonstraram uma redução de 36,6% nos valores de discrepância marginal de todas as coroas unitárias, após a realização do ajuste interno. O autor sugere que, previamente à cimentação, todas as restaurações indiretas cerâmicas devem ser ajustadas internamente.

Ribeiro (2010) realizou um estudo *in vitro* sobre métodos de confecção de facetas cerâmicas e sua adaptação marginal e interna. As facetas foram realizadas por três métodos diferentes: técnica de aglutinação pó-líquido, cerâmica injetada (IPS Empress) e o método computadorizado (CEREC CAD/CAM). Procedeu-se com o ajuste interno e a análise da adaptação interna por meio de microscópio, simulando a cimentação com silicone de adição. A autora observou que o método de confecção não influenciou a adaptação de facetas cerâmicas. É importante acrescentar ainda, que os resultados obtidos confirmaram que a execução do ajuste interno melhora a adaptação interna da peça ao preparo dental, pois houve uma redução de 50% na discrepância marginal após a execução desse procedimento.

2.3 RUGOSIDADE SUPERFICIAL X RESISTÊNCIA FLEXURAL

Cook *et al.* (1981) estudaram a resistência flexural de uma cerâmica vítrea. Foram confeccionadas barras da cerâmica e desgastadas. A quantidade de material removido foi determinada por meio da medição da espessura antes e após o desgaste. Alguns espécimes foram submetidos ao polimento. Assim, realizou-se a identificação das barras por meio de uma ponta Vickers, com o intuito de induzir a formação de fendas. Em seguida, procedeu-se o teste de resistência flexural de quatro pontos. Os autores relataram que a resistência diminuiu ou aumentou com a progressiva remoção de material (camada alterada pelo desgaste) proporcionada pelo polimento, dependendo se a identificação foi realizada antes ou após o polimento.

Defeitos presentes na microestrutura de um material frágil são responsáveis pelo início de propagação de trincas através do material. Tal fato ocorre devido à natureza das ligações atômicas dos materiais cerâmicos, que dificulta o desenvolvimento de mecanismos de

acomodação de tensões, durante o processo de deformação. Assim, os microdefeitos atuam como concentradores de tensão nesses materiais. Desta forma, quando o material é submetido a uma tensão externa, a tensão é amplificada localmente e esse aumento é diretamente proporcional ao tamanho do maior defeito. Assim, os defeitos superficiais são mais críticos do que os internos presentes na microestrutura do material cerâmico (MARSHALL; RITTER, 1987).

Segundo Ban e Anusavice (1990), a espessura da amostra, a zona de contato durante o carregamento, a homogeneidade e porosidade da amostra são parâmetros importantes a serem considerados nos testes de resistência mecânica. Assim, nos testes de resistência uniaxiais, de três ou quatro pontos, a principal tensão que ocorre na superfície inferior dos espécimes é a tração e, geralmente, é responsável pelo início da falha em materiais friáveis. No entanto pode ocorrer fratura indesejada do bordo e, com isso, o aumento na variabilidade dos resultados.

Giordano *et al.* (1994) avaliaram e compararam o efeito da troca iônica e do procedimento de polimento na resistência flexural de uma porcelana feldspática (VMK 68, Vita). Foram confeccionadas barras da porcelana e submetidas a oito diferentes tratamentos de superfície, que foram alternados entre a troca iônica (Tuf-Coat), o glazeamento, o autoglazeamento e o acabamento e polimento (disco de feltro – 50 µm e pasta diamantada – de 35 e 15 µm). Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural de quatro pontos. Os autores observaram que o método de troca iônica aumenta significativamente a resistência flexural. O glazeamento aumentou a resistência (73.79 MPa) de maneira semelhante à troca iônica (86.86 MPa). No entanto o efeito da troca iônica foi perdido com o posterior autoglazeamento, o acabamento e polimento. Além disso, somente o acabamento e polimento foram efetivos em aumentar a resistência flexural da porcelana testada (78.47 MPa).

Anusavice; Hojjatie e Chang (1994) determinaram o efeito do desgaste e da exposição ao gel fluorfosfato acidulado na resistência flexural de porcelanas submetidos à troca iônica (450°C por 30 min). Em um dos grupos, os espécimes foram mantidos sem o tratamento de troca iônica. Nos outros grupos, realizou-se a troca iônica e o desgaste com profundidades crescentes de 50, 100, 150, 200 e 250 µm e, também, a exposição ao gel de flúor, por tempos diferentes. Com isso, calculou-se a extensão da superfície de estresse residual a partir da mensuração das fendas induzidas nas superfícies tratadas. Na sequência, realizou-se o teste de resistência flexural biaxial em água. Os resultados mostraram que o desgaste realizado a uma profundidade de 100 µm a 250 µm diminuíram significativamente a resistência, enquanto a profundidade de 50 µm não mostrou diferença estatística.

Os valores de resistência mecânica são frequentemente utilizados como indicadores do desempenho estrutural de materiais frágeis, como

as cerâmicas. Entretanto, trata-se apenas de uma propriedade inerente do material, e os seus valores sozinhos não podem ser extrapolados para prever o desempenho estrutural da restauração ou prótese em função. Deste modo, os dados da resistência mecânica são significativos, quando colocados no contexto por meio do conhecimento da microestrutura do material, histórico do processamento, a metodologia e ambiente de teste e os mecanismos da falha (KELLY, 1995).

O efeito do acabamento da superfície na resistência flexural de uma porcelana feldspática, porcelana aluminizada e uma porcelana feldspática para CAD/CAM foram investigados (GIORDANO; CIMA; POBER, 1995). Para tanto, os autores confeccionaram 105 barras da porcelana feldspática e dividiram em 7 grupos. Os grupos consistiam em espécimes sinterizados, autoglazeados, sobreglazeados, desgastados, polidos, desgastados/resinterizados (*annealed*), e polidos/resinterizados. Adicionalmente, 45 barras da porcelana aluminizada e porcelana para CAD/CAM (Vitablocs Mark I) foram confeccionadas e divididas em três grupos: sinterizados, desgastados e polidos. Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural de quatro pontos. Diante dos resultados, os autores observaram que os procedimentos de sobreglazeamento, desgaste e polimento, aumentaram significativamente a resistência flexural dos materiais testados (de 15 a 30%). E ainda, a resinterização (tratamento de queima), diminuiu os valores nos grupos desgastados e polidos de 11 a 18%.

A resistência à tração é a propriedade mecânica mais utilizada para avaliação do desempenho de materiais cerâmicos. Essa propriedade depende do teste utilizado, assim como das condições de acabamento da superfície da amostra. Geralmente, a resistência de materiais frágeis é avaliada por testes de flexão, devido a sua relativa facilidade de execução. Os métodos disponíveis para avaliação da resistência flexural são os de quatro pontos, três pontos e biaxial. Apesar de o teste de três pontos ser considerado padrão, é um teste extremamente sensível aos defeitos existentes ao longo dos bordos da amostra. (WAGNER; CHU, 1996)

O estudo de Griggs; Thompson e Anusavice (1996) avaliou o efeito do reglazeamento após o procedimento de desgaste na resistência flexural da porcelana. Foram confeccionados 72 discos de porcelana experimental, divididos em 6 grupos (n=12). Os espécimes foram desgastados com lixa de granulação 240, e o outro lado foi polido com lixa de granulação 600. Os espécimes do grupo controle permaneceram intactos. Nos grupos restantes foram induzidas falhas, por meio de identações realizadas na superfície dos espécimes com uma ponta Vickers, aplicando diferentes cargas em cada grupo. Assim, metade dos espécimes de cada grupo foram novamente glazeados. Na sequência, realizou-se o teste de resistência flexural biaxial e a mensuração do tamanho das falhas por exame fractográfico. Diante disso, observou-se

pouca dependência dos valores de resistência com relação à carga da identificação aplicada. Os autores observaram que, após ajuste oclusal, não há aumento da resistência quando a porcelana é submetida ao esmalçamento. No entanto, esse procedimento pode criar uma superfície mais lisa, com diminuição do tamanho das falhas, podendo prevenir o acúmulo de placa.

O efeito da profundidade de corte, durante desgaste abrasivo, na resistência e confiabilidade de espécimes de alumina, foi investigado por Tuan e Kuo (1998). Foram testados espécimes obtidos por sinterização, e que foram desgastados com profundidades diferentes (5-10 μm) e (20-30 μm). Realizou-se o teste de resistência flexural de quatro pontos e o cálculo do módulo de Weibull. Diante dos resultados, os autores observaram que a resistência e confiabilidade dos espécimes de alumina aumentaram com o procedimento de desgaste, devido à formação da superfície de estresse residual. No entanto, em profundidade de corte maior, a resistência e módulo de Weibull diminuíram, pois a superfície de estresse residual foi removida e defeitos maiores introduzidos na superfície do material.

Tuan e Kuo (1999) analisaram a contribuição do estresse residual no aumento da resistência flexural de uma cerâmica. Os autores submeteram espécimes em forma de barra de uma cerâmica aluminizada, ao procedimento de desgaste com um instrumento diamantado (325 μm). Manteve-se a profundidade de corte constante até atingir uma espessura de 200 μm de material removido. Alguns espécimes foram submetidos a um tratamento de queima (*annealing*), a 1190°C por 1 ou 10 h, para remover a camada de estresse residual. Na sequência, a extensão da superfície de estresse residual foi mensurada pelo método de raio-X de difração. A resistência flexural foi determinada por meio do teste de quatro pontos e a rugosidade de superfície mensurada em um Perfilômetro. Além disso, a distribuição da população de trincas foi determinada pela análise estatística de Weibull. Foi observado que, após o desgaste, a resistência flexural dos espécimes aumentou para 92 MPa e, após o tratamento de queima por 1 h, esse valor foi reduzido para mais da metade (40 MPa) e diminuiu drasticamente com 10 h (13 MPa). Na primeira hora, a queda na resistência ocorreu devido à remoção da superfície de estresse residual, pois, de acordo com a análise de Weibull, a distribuição das trincas permaneceu inalterada nesse momento. Os autores afirmam que o desgaste, além de induzir o estresse residual, que é compressivo, remove as falhas e trincas presentes na superfície da cerâmica, que são provenientes do seu processamento. Esses dois fatores associados aumentam os valores de resistência flexural da cerâmica.

O efeito da espessura de glaze na tenacidade à fratura e microdureza de uma porcelana reforçada com alumina foram determinadas por Baharav *et al.* (1999). Os autores observaram que,

para se alcançar alta microdureza e tenacidade à fratura, é necessário um tempo de permanência no forno por no mínimo dois minutos. Foram confeccionados discos de porcelana reforçada com 2% de alumina e realizado o glazeamento, com tempos de permanência no forno de até 120 s. No tempo zero, os discos foram removidos do forno imediatamente após o alcance da temperatura máxima de glazeamento (970°C). O restante dos grupos foram mantidos dentro do forno aberto, durante tempos crescentes. Na sequência, identações com a ponta Vickers foram realizadas e calculada a tenacidade à fratura (K_{IC}). Também foi realizado o cálculo da microdureza Vickers e a análise dos espécimes em MEV. Com o aumento do tempo de permanência no forno, a espessura de glaze aumentou. Em 60 s, a espessura obtida foi de 4 μm e os espécimes apresentaram os menores valores de microdureza e K_{IC} . A partir de 60 s, os valores aumentaram e, quando a camada de glaze tornou-se bastante espessa (8 μm), com 120 s, a microdureza e K_{IC} superaram os valores da porcelana sem glazeamento (grupo controle).

Nakazato *et al.* (1999) determinaram o efeito da alteração da rugosidade superficial na resistência de uma cerâmica para CAD/CAM (Vitablocs Mark II, Vita). Foram confeccionados discos da cerâmica e, em um lado dos discos realizou-se o polimento com lixa #1000 e pasta diamantada. No outro lado, procedeu-se o polimento com uma sequência de lixas #220, #400, #600 ou #1000. A rugosidade superficial foi analisada por meio de um Rugosímetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm, e obtidos os valores de R_a e R_z . Em seguida, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural biaxial e resistência à fadiga cíclica. Os autores observaram que a rugosidade superficial diminuiu com o polimento, assim como a resistência à fadiga e flexural da cerâmica aumentaram conforme a rugosidade diminuiu.

Chen *et al.* (1999) estudaram e determinaram a resistência à fratura de diferentes restaurações CAD/CAM, com glazeamento ou polimento, submetidos ou não à fadiga cíclica. Foram realizadas coroas padrões para molares, com o sistema CEREC 2 CAD/CAM, a partir de blocos de Vita Mark II, ProCAD e IPS Empress. As coroas foram glazeadas ou polidas (polidores Komet e polidores diamantados Diafinish). Metade dos espécimes de cada grupo foram submetidos à carga cíclica e, posteriormente, todos os espécimes foram carregados até ocorrer falha catastrófica. O desempenho da cerâmica ProCAD foi superior às outras cerâmicas e o seu glazeamento resultou em maior resistência à fratura e à fadiga, em comparação com o polimento.

A rugosidade de superfície determina a resistência flexural da cerâmica, de acordo com os resultados obtidos no estudo de Jager; Feilzer e Davidson (2000). Os autores pesquisaram a influência do procedimento de acabamento na resistência flexural de quatro porcelanas comerciais para CAD/CAM (Flexo Ceram Dentine e Vita VM K68; Duceram LFC Dentine e Cerinate Body), das quais foram

confeccionados discos. Os espécimes foram somente usinados ou polidos e, posteriormente, glazeados. O grupo controle não recebeu o glazeamento. Após o armazenamento, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural biaxial. Além disso, selecionou-se um espécime fraturado de cada grupo para análise da rugosidade superficial (R_a), por meio de um Perfilômetro. Houve correlação significativa entre rugosidade de superfície e resistência flexural. Desta forma, quanto mais lisa se apresentou a superfície da cerâmica, maior foi a sua resistência flexural. Os autores concluem que o glazeamento pode preencher os microdefeitos da superfície da porcelana e diminuir a rugosidade, pois se a rugosidade for alta, resultará em distribuição não uniforme e concentração local de tensões.

Kitazaki *et al.* (2001) avaliaram o efeito da quantidade de desgaste na resistência flexural de cerâmicas, com o objetivo de determinar o preparo mais adequado de espécimes para testes mecânicos. Para tanto, foram confeccionadas barras das cerâmicas Crys Cera, OCC e IPS Empress Cromo, em cinco diferentes dimensões, para o teste de resistência flexural de três pontos e, em quatro dimensões de discos, para o teste de resistência biaxial. A resistência flexural e o módulo de elasticidade foram obtidos e, após o teste de três pontos, a rugosidade superficial foi analisada em um Rugosímetro. Os autores relataram que a rugosidade superficial não é o único fator que determina a resistência flexural de uma cerâmica. E ainda, observaram que alguns materiais apresentam diferentes concentrações de cristais entre a superfície e a porção interna, que ocorre devido à orientação do processo de cristalização. Diante disso, concluíram que o preparo dos espécimes para testes de resistência flexural deve ser realizado sem desgaste, para melhor previsão do comportamento clínico da cerâmica.

Segundo Ahmad; Wu e Morgano (2001), regiões de estresse compressivo existentes abaixo de cada partícula abrasiva do instrumento de desgaste, podem se sobrepor e formar uma camada de compressão. A camada de compressão fecha parcialmente uma trinca ou fenda existente na superfície, o que aumenta a tensão necessária para sua propagação e efetivamente aumenta a resistência do material.

Bhamra; Palin e Fleming (2002) avaliaram o efeito da presença de defeitos na superfície na resistência flexural da porcelana. Foram confeccionados discos de porcelana reforçada com alumina (Vitadur-Alpha, Vita). Os espécimes foram lixados com lixas de carbetto de silício, de granulação decrescente (#80-4000), para induzir a formação de defeitos na superfície do material. Em seguida, procedeu-se o teste de resistência flexural biaxial e o cálculo do módulo de Weibull. Os resultados mostraram que houve aumento significativo na resistência flexural, conforme diminuiu a granulometria das lixas. Além disso, a redução na rugosidade dos espécimes levou a um aumento na probabilidade de sobrevivência em níveis de baixa resistência.

A influência da rugosidade de superfície na resistência flexural de cerâmicas de cobertura foi investigada por Fischer; Schäfer e Marx (2003). As cerâmicas testadas foram: IPS Empress I, IPS Empress II, Symbio Ceram e Vita Akzent. Foram confeccionados espécimes em forma de barra de cada cerâmica e divididos em 4 grupos, de acordo com o procedimento que altera a rugosidade na superfície: lixas de nitreto de silício de granulagens #800, #1200, #2400 (polimento) ou o jateamento com óxido de alumínio em três diferentes pressões. Realizou-se a análise da rugosidade superficial por meio de um Perfilômetro. Em seguida, procedeu-se o teste de resistência flexural de quatro pontos. Diante disso, foi observado que quanto maior a rugosidade da superfície, menor a resistência flexural das cerâmicas. Todas as cerâmicas obtiveram maiores valores de resistência flexural com o método de polimento (resistência livre de rugosidade), sendo que a IPS Empress apresentou a maior média (111.2 MPa), porém com maior sensibilidade às rugosidades criadas. Os autores relatam que a característica final da superfície de uma restauração cerâmica é determinante na sua resistência flexural, por isso, quando a sua superfície é desgastada, o procedimento de polimento deve ser realizado criteriosamente.

O estudo de Alkhiary; Morgano e Giordano (2003) teve como objetivo avaliar o efeito da hidrólise ácida e do polimento no estresse compressivo residual de porcelanas de baixa fusão. Foram confeccionadas barras de quatro porcelanas: Duceram-LFC (esmalte e dentina) e Finesse (esmalte e dentina). Para cada material, foram formados quatro grupos de tratamento de superfície: controle (autoglazeamento), hidrólise ácida (imersão em ácido cético a 4% por 16 h), autoglaze/polimento e polimento/autoglaze. Determinou-se a superfície de estresse residual pela técnica de microidentação com uma ponta Vickers. As fendas foram analisadas e mensuradas por meio de MEV, antes e após a hidrólise ou polimento. Na comparação dos grupos com ausência ou presença do polimento, a média de tamanho das fendas foi menor para os grupos polidos de todas as porcelanas, exceto Duceram dentina. Os autores concluíram que o polimento de porcelanas feldspáticas de baixa fusão, após o procedimento de ajuste oclusal, aprimora a resistência mecânica da superfície, devido à formação de uma superfície de estresse compressivo residual.

Analisou-se a dependência da resistência flexural com a rugosidade superficial, em um estudo sobre o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência flexural de duas cerâmicas vítreas (ALBAKRY; GUAZZATO; SWAINA; 2004). Foram confeccionados discos das cerâmicas vítreas (IPS Empress e IPS Empress 2) e divididos em 7 grupos para cada cerâmica, de acordo com o tratamento realizado na superfície: glazeamento (controle), jateamento com óxido de alumínio, desgaste, polimento. Após cada procedimento,

as cerâmicas foram submetidas a um tratamento de queima adicional (autoglaçamento). Assim, realizou-se a análise da rugosidade superficial (R_a) e o teste de resistência flexural biaxial, antes e após o tratamento de queima. Com os resultados obtidos, observou-se que o jateamento e o desgaste não diminuíram a resistência flexural das cerâmicas. Apesar disso, o procedimento de polimento produziu a superfície mais lisa e a maior resistência flexural. O tratamento de queima não teve efeito sobre os valores de resistência. Neste estudo, não foi demonstrada correlação entre resistência flexural e rugosidade de superfície. Os autores afirmam que outros determinantes interferem na resistência das cerâmicas, como a porosidade, a camada de estresse compressivo residual e a presença de defeitos, tanto na superfície quanto no interior do material.

Guazzato *et al.* (2004) avaliaram a influência de diferentes tipos de tratamento de superfície e de queima na resistência flexural de uma cerâmica aluminizada infiltrada por vidro (In-Ceram Alumina). Os espécimes foram divididos nos grupos: jateamento com óxido de alumínio, polimento (após desgaste da superfície), desgaste paralelo e perpendicular à superfície dos espécimes com ponta diamantada (91 μm). Adicionalmente, 20 espécimes de cada grupo passaram por tratamento de queima. Realizou-se o teste de resistência flexural de três pontos. Diante dos resultados, observou-se que o tratamento de queima aumentou a resistência flexural da cerâmica aluminizada, independente do tratamento de superfície. No entanto todos os tratamentos diminuíram a resistência, quando não foi realizada a queima adicional. O polimento sozinho não aumentou a resistência flexural, provavelmente, porque a profundidade das fendas presentes na superfície era maior do que a quantidade de material removido pelo polimento. E ainda, o sentido do desgaste, paralelo ou perpendicular, não teve influência nos valores de resistência flexural.

O efeito do procedimento de polimento na resistência flexural da cerâmica foi avaliado, por meio de simulação clínica, e determinada a velocidade da alta rotação, as características abrasivas e a força aplicada, na eficiência do polimento (AHMAD *et al.*, 2005). Foi testada uma cerâmica aluminizada (Vitadur-Alpha) e os espécimes submetidos a diferentes métodos de polimento: sistema de polimento de alumina (AXIS), sistema de polimento de carbureto de silício (Universal Ceramic Polishers), sistema de polimento diamantado (Dialite), com velocidade de 10.000 rpm. Outro grupo foi polido com polidores diamantados com velocidade de 20.000 rpm. E ainda, os espécimes foram ou não autoglaçados e o grupo controle, que foi desgastado, permaneceu sem polimento. Assim, foi realizado o teste de resistência flexural de quatro pontos. Observou-se que, com a velocidade menor (10.000 rpm), a superfície rugosa (controle) e lisa (polimento com os 3 sistemas) apresentaram valores de resistência flexural similares, apesar

de a rugosidade ter sido estatisticamente diferente. Os polidores diamantados produziram espécimes menos resistentes quando na velocidade de 20.000 rpm, e o autoglazeamento não resultou em aumento dessa resistência. Além disso, o sobreglazeamento não alterou a resistência flexural da cerâmica aluminizada. Diante disso, os autores enfatizam que o polimento é essencial para aprimorar, não somente a resistência flexural, mas também o desgaste, acúmulo de placa e estética da restauração de cerâmica, desde que a velocidade recomendada pelo fabricante seja respeitada.

Os efeitos do sobreglazeamento, autoglazeamento e polimento na resistência flexural e tenacidade à fratura de uma porcelana feldspática, foram investigados por Chang *et al.* (2005). Os espécimes foram submetidos aos testes de resistência flexural biaxial e de tenacidade à fratura, pelo método de indentação. O grupo de sobreglazeamento obteve maiores valores de resistência flexural em comparação com os grupos de autoglazeamento e polimento, que não mostraram diferenças estatísticas entre si. A tenacidade à fratura foi maior nos grupos de sobreglazeamento e polimento, sem diferenças significantes entre si. Os autores concluem que o procedimento de polimento pode ser uma alternativa ao glazeamento de porcelanas para metalocerâmica.

Guazzato *et al.* (2005) avaliaram a influência do procedimento de queima e o tipo de tratamento de superfície na resistência flexural de cerâmica Y-TZP. Foram confeccionadas barras e divididas em quatro grupos (n=40): jateamento com óxido de alumínio; polimento (após o desgaste); desgaste paralelo e perpendicular à superfície dos espécimes com ponta diamantada (91 μm). Adicionalmente, 20 espécimes de cada grupo passaram por um tratamento de queima. Foram realizados o teste de resistência flexural de três pontos e a análise por raio-x de difração, para estimar a quantidade de fase monoclinica. Os resultados obtidos mostraram que o jateamento com óxido de alumínio aumentou a resistência da cerâmica (1540 MPa), assim como o desgaste com ponta diamantada, tanto paralelo (1330 MPa) quanto perpendicular à superfície (1525 MPa). Esses procedimentos são recomendados pelos autores, desde que não sejam seguidos do tratamento de queima, que diminuiu os valores de resistência flexural. Além disso, foi observado que o polimento pode remover a camada de fase monoclinica (0.8%) e diminuir a resistência flexural de cerâmicas Y-TZP (1095 MPa).

Assim como na cerâmica Y-TZP, Guazzato *et al.* (2005) avaliaram a influência dos mesmos procedimentos anteriores, na resistência flexural de uma cerâmica de alumina/zircônia infiltrada por vidro (In-Ceram Zircônia, Vita). Os espécimes foram confeccionados e submetidos ao teste de resistência flexural de três pontos e análise por raio-x de difração. Contudo os resultados obtidos mostraram que o tratamento de queima adicional aumentou a resistência flexural dos espécimes, devido à presença de uma fina camada de vidro. Com isso,

houve a “cura” dos defeitos superficiais devido ao escoamento do vidro. Nos espécimes que não receberam a queima adicional, a transformação de fases induzida pelo tratamento de superfície não foi suficiente para evitar a diminuição da resistência, que ocorreu devido às falhas introduzidas na superfície do material.

Fujita *et al.* (2006) revisaram a literatura existente sobre o estágio atual da retificação de materiais cerâmicos. Os autores enfatizaram que a cerâmica apresenta deformação plástica desprezível e que sua resistência à tração é reduzida devido à sua baixa tenacidade. E ainda, descrevem a teoria de Griffith, que considera que um corpo frágil apresenta pequenas falhas (microtrincas). Quando uma força de tensão é aplicada, as pontas dessas microtrincas atuam como pontos de concentração de estresse. As tensões geradas nessa região não podem ser liberadas por meio da deformação plástica, com isso, a tensão na região próxima às microtrincas mais severas (críticas) aumenta até atingir a resistência teórica do material e causar a sua ruptura. De acordo com a teoria, a resistência flexural da cerâmica é determinada principalmente por duas variáveis: a energia de fratura específica (y_i) e o tamanho do defeito crítico (falha). A primeira, é uma propriedade de materiais sem defeitos e que depende das suas características microestruturais, como o tamanho do grão. A outra variável, é uma característica microestrutural relacionada ao processamento do material. Também os autores relatam que as falhas podem ser divididas em pré-existentes ou induzidas por tensão. As falhas pré-existentes são as falhas extrínsecas, que ocorrem devido a condições externas, como usinagem e sinterização. As falhas intrínsecas dependem das propriedades dos materiais e microestrutura. Os autores concluem que uma trinca mediana ou microtrinca pode ser muito pequena para ser crítica na redução da resistência, entretanto um grupo de trincas médias ou microtrincas pode atuar como uma trinca maior e iniciar uma falha.

Jorge (2007) avaliou *in vitro* o efeito de diferentes tratamentos de superfície na rugosidade média aritmética (R_a) e resistência flexural de uma cerâmica reforçada com dissilicato de lítio. Foram confeccionados espécimes de IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) e divididos em dois grupos: polidos e não polidos. Em seguida, dividiu-se cada grupo em três subgrupos: aplicação de ácido fluorídrico a 10% por 10 s; jateamento com óxido de alumínio; e sem tratamento adicional. A rugosidade superficial foi analisada por meio de um Rugosímetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm. Na sequência, procedeu-se o teste de resistência flexural de três pontos. O autor observou que os maiores valores de resistência e menores valores de rugosidade foram obtidos com o grupo polido, em comparação com o grupo sem polimento. Dessa forma, o aumento da rugosidade de superfície diminuiu a resistência flexural da cerâmica.

Fischer; Stawarczyk e Hammerle (2008) testaram diferentes cerâmicas de cobertura de zircônia, por meio dos testes de resistência flexural biaxial, três e quatro pontos. Os resultados obtidos com a cerâmica vítrea à base de dissilicato de lítio (IPS e.max Press), no teste de três pontos, foi de 85.7 MPa. O teste foi realizado em espécimes com dimensões de 20 mm de comprimento, 4 ± 0.25 mm de largura e 1.2 ± 0.2 mm de espessura, e a velocidade de cruzeta foi de 1 mm/min. Os autores observaram que a resistência das cerâmicas de cobertura testadas é similar à resistência das cerâmicas de cobertura para metalocerâmica.

Hung *et al.* (2008) avaliaram o efeito do procedimento de desgaste e subsequente sinterização da porcelana de cobertura, assim como o glazeamento, na resistência de uma cerâmica vítrea à base de dissilicato de lítio (IPS Empress 2). Realizou-se o desgaste com ponta diamantada, com objetivo de simular o procedimento de ajuste interno de restaurações, realizado para melhorar sua adaptação. Os espécimes foram submetidos à análise da rugosidade e ao teste de resistência flexural. Os resultados indicaram uma significativa redução da rugosidade e da resistência após o desgaste com a ponta diamantada. Apesar disso, a resistência flexural foi reestabelecida após a queima adicional, devido à formação de uma camada de vidro. Os autores observaram que o desgaste com pontas diamantadas de uma cerâmica reforçada com dissilicato de lítio pode introduzir defeitos e trincas na superfície, e sugerem que seja realizada a queima ou o glazeamento, com o intuito de se reestabelecer a resistência flexural.

Badawi e Madina (2008) avaliaram o efeito dos procedimentos de acabamento, polimento e glazeamento, na resistência flexural e tenacidade à fratura de uma cerâmica de alumina/zircônia infiltrada por vidro, e analisaram sua relação com a rugosidade superficial. Foram confeccionados espécimes de In-Ceram Zirconia, e divididos em dois grupos de testes ($n=20$): resistência flexural de três pontos e tenacidade à fratura. Em seguida, dividiu-se cada grupo em dois subgrupos ($n=10$): glazeamento ou acabamento (ponta diamantada) + polimento (pontas de borracha abrasivas de diferentes granulações). Analisou-se a rugosidade superficial por meio de MEV. Assim, os autores observaram que o procedimento de acabamento/polimento resultou em rugosidade superior ao glazeamento e, conseqüentemente, menores valores de resistência flexural e tenacidade à fratura.

Lohbauer; Frankenberger e Kramer (2008) correlacionaram os resultados de um estudo clínico de 12 anos de uma cerâmica vítrea à base de leucita (IPS Empress), com os dados de pesquisa laboratorial sobre parâmetros de crescimento lento de trincas. Espécimes de cerâmica foram desgastados e polidos em um nível constante de rugosidade ($> 3 \mu\text{m}$). O teste de fadiga dinâmica foi realizado com a técnica de quatro pontos, e calculada a resistência à fratura, o módulo de Weibull e os parâmetros de crescimento lento de trincas. No estudo

clínico, foram selecionados 34 pacientes e cimentadas 96 Inlays e Onlays. Foi realizado o ajuste oclusal, seguido do procedimento de polimento. As restaurações foram avaliadas regularmente, de acordo com o critério USPHS, em um período de 12 anos. E ainda, a probabilidade de sobrevivência clínica foi analisada com base no mecanismo estático de crescimento de trincas. Os resultados mostraram que a resistência à fratura da cerâmica foi de 134 MPa, com previsão de 64% de queda na resistência após 12 anos. Clinicamente, no período de 12 anos, observou-se um aumento de fraturas internas, deterioração devido ao lascamento e fraturas na margem da restauração. Além disso, observou-se que o polimento é um procedimento de difícil execução devido à situação intraoral. Assim, as correções oclusais podem não ter sido polidas suficientemente e as microtrincas presentes tornaram-se propensas a uma posterior fratura catastrófica. Os autores concluem que, como o crescimento lento de trincas é responsável pela degradação do material, deve-se realizar o polimento adequado da superfície da cerâmica durante toda sua permanência na boca.

Em estudo *in vitro*, determinou-se a resistência à fratura de uma cerâmica vítrea e uma resina composta em função da rugosidade superficial (LOHBAUER; MULLER; PETSCHERT, 2008). Foram confeccionadas barras de uma cerâmica reforçada com dissilicato de lítio (IPS emax Press/EMP) e de uma resina composta (Tetric EvoCeram/TEC). Foram induzidos diferentes níveis de rugosidade por meio do acabamento (lixa de carbetto de silício ou ponta diamantada) e polimento (pasta diamantada). Realizou-se a mensuração da rugosidade média (R_a) em Microscópio Confocal e a análise da resistência à fratura e módulo de Weibull, por meio do teste de resistência flexural de quatro pontos. E ainda, a técnica de indentação foi realizada para avaliar a tenacidade à fratura. O exame fractográfico realizado em MEV. Os resultados mostraram que, para os materiais EMC e TEC, houve um decréscimo na resistência flexural com o aumento da rugosidade. A resistência flexural na cerâmica diminuiu de 441.4 a 303.3 MPa com o aumento da rugosidade, e a tenacidade obtida foi de 4.14 MPa $m^{0.5}$. O comprimento das fendas para a cerâmica foram de 28 μm (441 MPa) a 60 μm (303 MPa). Os autores afirmam que o tamanho dos cristais presentes na composição da cerâmica não é fator determinante, quando se relaciona resistência à fratura e rugosidade de superfície.

Nakamura; Hojo e Sato (2009) investigaram o efeito da rugosidade superficial e da termociclagem na resistência flexural e módulo de Weibull de porcelanas odontológicas. Para tanto, foram confeccionados espécimes das porcelanas feldspáticas Deguceram Gold e Vita Omega 900 e divididos em quatro grupos ($n=30$). No grupo controle, manteve-se a camada de glaze. Os outros três grupos foram submetidos ao desgaste com lixas de granulações crescentes (#1000, #600 e #100), obtendo-se níveis de rugosidade comparáveis aos obtidos

no procedimento de ajuste oclusal. A Rugosidade média aritmética (R_a) foi mensurada por meio de um Perfilômetro. Adicionalmente, espécimes com tratamento da superfície foram termociclados. O teste de resistência flexural de quatro pontos foi conduzido em todos os grupos e calculado o módulo de Weibull. Os resultados mostraram que a resistência flexural do grupo glazeado foi maior em relação aos outros grupos. A termociclagem não interferiu na resistência flexural, porém o módulo de Weibull se tornou menor, exceto para a porcelana Deguceram Gold no grupo com desgaste por lixa #600.

Posteriormente, Nakamura; Hojo e Sato (2010) avaliaram a relação entre rugosidade de superfície e resistência flexural de uma porcelana feldspática. Foram confeccionadas 120 barras da porcelana feldspática (Vita VMK 68) e realizado o glazeamento. Os espécimes foram divididos em quatro grupos, sendo que no grupo controle, manteve-se a camada de glaze. Nos outros três grupos, realizou-se o desgaste com lixas de granulações crescentes (#1000, #600 e #100). A rugosidade superficial (R_a) foi analisada por meio de um Rugosímetro, com comprimento de amostragem de 4 mm. Então, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural de três pontos e, também, calculado o módulo de Weibull. Com os resultados obtidos, observou-se que a rugosidade tem alta influência na resistência flexural. Os maiores valores de resistência foram encontrados com a superfície glazeada, que diminuíram com o aumento da rugosidade. O módulo de Weibull dos espécimes glazeados foi maior em relação aos três grupos de polimento, ou seja, a distribuição dos valores de resistência foi mais estreita. Tal fato indica que o glaze melhora significativamente a confiabilidade da porcelana.

O estudo de Asai *et al.* (2010) comparou a resistência à fratura de cerâmicas para CAD/CAM submetidas ao polimento e glazeadas. As cerâmicas utilizadas foram a Vita Mark II (feldspática a base de leucita), ProCAD e IPS Empress CAD (cerâmica vítrea reforçada com leucita) e IPS e.max CAD (dissilicato de lítio). Foram obtidas fatias dos blocos das cerâmicas testadas e aderidas à dentina de molares humanos hígidos. Em 10 fatias de cerâmica por grupo, procedeu-se o polimento com pontas de borrachas abrasivas sequenciais. Nas 10 fatias restantes, realizou-se o acabamento com ponta diamantada e o glazeamento. Após o tratamento de superfície das cerâmicas e dos dentes, procedeu-se com a cimentação, e o teste de resistência à fratura sob carga compressiva. A superfície dos espécimes foi analisada por meio de MEV. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa na resistência flexural entre os grupos polidos e glazeados. A análise da morfologia mostrou que a superfície glazeada se apresentou mais homogênea em relação à superfície polida. A IPS e.max CAD apresentou os maiores valores de resistência à fratura em comparação com as outras cerâmicas. Os autores concluíram que, independente do tipo de cerâmica, o polimento e o

glazeamento foram semelhantes com relação à resistência compressiva, apesar de o glazeamento ter produzido superfícies mais homogêneas.

Aboushelib e Wang (2010) avaliaram o efeito de três tratamentos de superfície na resistência flexural de barras de zircônia. Um grupo de espécimes foi jateado com partículas de óxido de alumínio. No outro grupo realizou-se o desgaste com ponta diamantada nos três milímetros centrais de cada espécime, simulando o desgaste interno que é realizado para melhorar a adaptação do coping ao preparo dental. No grupo controle, procedeu-se somente o polimento da superfície. Em seguida, foram realizados três procedimentos: polimento (ponta diamantada com óxido de alumínio + pasta diamanta), glazeamento (NobelRondo Zirconia), e aplicação de adesivo contendo MDP (Clearfil SE Bond). Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural de quatro pontos e analisados em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Diante dos resultados, os autores relataram que, nos espécimes submetidos ao desgaste com ponta diamantada, todos os métodos de restauração aumentaram a resistência do material, sendo que o polimento foi o mais eficaz (72%). E ainda, o polimento eliminou as ranhuras presentes na superfície da zircônia desgastada.

Song e Yin (2010) sugerem que a velocidade da alta rotação seja diminuída, proporcionando menor profundidade de corte durante os ajustes clínicos, com o objetivo de melhorar a qualidade de restaurações em cerâmica. Os autores estudaram a indução de estresse e dano na subsuperfície de uma cerâmica vítrea reforçada com leucita, submetida a ajustes com pontas diamantadas grossas (106-125 μm) em alta rotação. Foram testados blocos da cerâmica ProCAD e os ajustes simulados por meio de um aparato mecânico auxiliado por computador, que regula os parâmetros de força e velocidade das pontas diamantadas. Os espécimes de cerâmica foram desgastados com profundidades de corte de 10 μm e 50 μm , com velocidades de 15 e 60 $\text{mm}/\text{min}^{-1}$. A profundidade do dano gerado foi analisada por meio de Elemento Finito (EF) e calculada a magnitude da tensão, compressão e cisalhamento gerados. Os resultados obtidos mostraram que o estresse e o dano na subsuperfície das cerâmicas, submetidas ao ajuste, ocorre em função da velocidade da alta rotação e da profundidade de corte. Desta forma, o dano associado ao estresse residual, resultante de ajustes na cerâmica, podem atuar como sítios de início de fratura.

Magne; Paranhos e Schlichting (2011) avaliaram a resistência durante a pré-cimentação de restaurações inlays, confeccionadas pelo sistema CAD/CAM, e submetidas ao estresse oclusal funcional. Foram realizadas 14 restaurações da resina composta Paradigm MZ100 (3 M/ESPE) e das cerâmicas IPS e.max CAD (Ivoclar) e Vita Mark II (Vita), a partir do escaneamento de preparos realizados em dentes humanos extraídos. Após a usinagem, as restaurações foram posicionadas na cavidade e realizado o teste de fadiga. Aplicou-se a carga até ocorrer a

fratura ou por no máximo 70 ciclos. Esse teste foi realizado com o intuito de simular uma situação em que o paciente oclui, para verificar os contatos oclusais, previamente à cimentação da restauração. Observou-se que nenhuma das restaurações realizadas com a MZ100 e Vita Mark II resistiram aos 70 ciclos de carga (280N), e dois inlays da cerâmica e.max CAD sobreviveram ao teste (sobrevivência = 14%). Assim, a seleção do material tem um efeito significativo sobre o risco de fratura de restaurações CAD/CAM, durante o ajuste oclusal, realizado prévio à cimentação. Os autores recomendam que não se proceda com o ajuste de inlays de porcelana feldspática antes da cimentação. Da mesma forma, os ajustes em restaurações de IPS e.max CAD ou Paradigm MZ100 devem ser realizados com cautela.

Gonzaga *et al.* (2011) determinaram o crescimento lento de trincas (CST) e o módulo de Weibull de cinco cerâmicas odontológicas. Foram confeccionados discos de porcelana feldspática (VM7, Vita), porcelana reforçada por leucita (IPS d.sign, Ivoclar), cerâmica vítrea reforçada por leucita (IPS Empress, Ivoclar), cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio (IPS Empress 2, Ivoclar), cerâmica aluminizada infiltrada por vidro (In-Ceram Alumina, Vita). Os espécimes foram polidos com intuito de gerar defeitos superficiais similares àqueles obtidos em procedimentos clínicos, como o glazeamento ou polimento final. No teste de fadiga dinâmica, os espécimes foram submetidos à flexão biaxial, em um recipiente contendo saliva artificial a 37°C, em cinco taxas de estresse. Assim, obteve-se o coeficiente de susceptibilidade ao estresse corrosivo (n), ou seja, avaliou-se o crescimento lento de trincas. Diante dos resultados, observou-se que houve decréscimo na resistência à fratura de todos os materiais, conforme aumentou a taxa de estresse. No entanto, a cerâmica de dissilicato de lítio teve a menor susceptibilidade ao crescimento lento de trincas, em comparação com os outros materiais. Com relação ao modelo de Weibull, a porcelana feldspática obteve os maiores valores, enquanto que a In-Ceram e IPS Empress, os menores.

Yondem e Inan (2011) analisaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência flexural de quatro sistemas cerâmicos. Os materiais testados foram uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio (IPS Empress 2), cerâmica à base de zircônia (Cercon), aluminizada infiltrada por vidro (In-Ceram Alumina) e uma feldspática (Vita Blocks Mark II). Obteve-se espécimes em forma de barra e aplicou-se uma cerâmica de cobertura, exceto nos espécimes de Vita Blocks Mark II. Para cada material, os espécimes foram divididos em três grupos: desgaste com ponta diamantada (controle), desgaste e polimento, e glazeamento. Realizou-se a análise da rugosidade de superfície em um Perfilômetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm. Em seguida, procedeu-se com a avaliação da tenacidade à fratura por meio do teste de três pontos e a força aplicada com um indentador

Vickers. Os autores encontraram valores de resistência baixos para os grupos controle e de polimento, em comparação com o glazeamento, para todos os materiais testados. A zircônia obteve os maiores valores de resistência (599.8 MPa), já na rugosidade os maiores valores foram observados com o grupo controle (4.61 μm) e os menores com o glaze (1.58 μm). Portanto os tratamentos de superfície influenciaram a rugosidade e resistência flexural dos sistemas cerâmicos testados.

Zogheib *et al.* (2011) estudaram o efeito do condicionamento com ácido fluorídrico na rugosidade de superfície e resistência flexural de uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio. Para tanto, foram confeccionados 75 barras da cerâmica (IPS e.max CAD) e divididos em 5 grupos (n=15): sem tratamento de superfície (grupo controle) e, nos outros grupos, realizou-se o condicionamento com ácido fluorídrico a 4.9% em tempos diferentes (20, 60, 90 e 180 s). A Rugosidade média aritmética (R_a) foi mensurada em um Perfilômetro, com comprimento de amostragem de 0.8 mm. Na sequência, procedeu-se o teste de resistência flexural de três pontos. Os autores observaram que os valores de rugosidade aumentaram (de 0.06 a 0.16 μm), conforme o aumento o tempo de condicionamento e, com isso, houve redução dos valores de resistência flexural (de 417 a 314 MPa).

3 OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência das características das superfícies externa e interna na resistência flexural de uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o efeito do ajuste externo, efetuando ou não polimento, na rugosidade e resistência flexural de uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio;
- b) Averiguar a interferência do ajuste interno na resistência flexural da cerâmica;
- c) Avaliar o efeito da associação entre o ajuste externo, efetuando ou não polimento, e o interno na resistência flexural da cerâmica;
- d) Observar a morfologia superficial, após o procedimento de ajuste externo, efetuando ou não polimento, por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para a realização desta pesquisa foi selecionada uma cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio (IPS e.max Press - Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein, Lote: L31752), composta por quartzo, dióxido de lítio, óxido fosfórico, alumina, óxido de potássio e outros componentes. A fabricação dos lingotes da cerâmica consiste na queima de diferentes pós e seu resfriamento em temperatura ambiente para produzir lingotes de vidro. Após a formação do vidro, os lingotes passam por um processo de ceramização, que resulta na formação dos lingotes finais e, na sequência, prensados à temperatura de 920°C por 5-15 min, para então formar uma restauração com 70% de cristais de dissilicato de lítio (IVOCLAR VIVADENT, 2009). Os cristais se apresentam na forma de agulha, possuem comprimento de 3 a 6 µm, e estão dispersos na fase vítrea, como principal componente da fase cristalina (LOHBAUER; MULLER; PETSCHERT, 2008).

Os lingotes de IPS e.max Press estão disponíveis em diferentes níveis de translucidez (HT, LT, MO, HO), e as restaurações trabalhadas são caracterizadas e/ou recobertas com IPS e.max Ceram Stain e/ou Glaze. As indicações do material são: facetas, laminados, lente de contato, inlays/onlays e coroas unitárias anteriores e posteriores (IVOCLAR VIVADENT, 2009). Para esta pesquisa, foram utilizados lingotes de IPS e.max Press HT (*High Translucency*) na cor A1 (Figura 1).

Referente ao processamento da cerâmica, uma estrutura foi preparada para receber uma camada de glaze sobre sua superfície (IPS e.max Ceram Glaze Paste/Lote: N49046 e IPS e.max Ceram Stain Liquid 15 ml/Lote: L13077 - Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) (Figura 2).



Figura 1 - Lingotes de IPS e.max Press HT cor A1.



Figura 2 - Pasta e líquido de IPS e.max Ceram.

4.2 MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

Os instrumentais que foram utilizados na pesquisa para o procedimento de ajuste externo, polimento e ajuste interno foram: uma ponta diamantada cilíndrica de granulação extra-fina (3098 FF - KG Sorensen, Alemanha) (Figura 3) e o kit de polimento Optrafine (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) (Figura 4), o qual consiste em pontas de borracha impregnadas com partículas diamantadas e dióxido de titânio. As pontas estão disponíveis em três formatos (chama, taça e disco), com maior e menor granulação. Além disso, o kit apresenta uma escova com cerdas de nylon, para ser utilizada associada a uma pasta diamantada (Quadro 1).

A leitura da rugosidade de superfície foi realizada com um Rugosímetro Digital Portátil (RP-100 – Instrutherm).



Figura 3 - Ponta diamantada cilíndrica 3098 FF.



Figura 4 - Sistema de polimento Optrafine.

PROCEDIMENTO	SUPERFÍCIE	MATERIAL E INSTRUMENTAL	FABRICANTE/ LOTE
Ajuste externo	Externa	Ponta diamantada (3098 FF)	KG Sorensen, Alemanha/ L:2211/1007
Polimento	Externa	Kit de polimento Optrafine: Ponta azul clara (F), Ponta azul escura (P), escova de nylon (HP) + pasta diamantada (Optrafine Polishing Paste)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein/ L: NL1830
Ajuste interno	Interna	Ponta diamantada (3098 FF)	KG Sorensen, Alemanha/ L:2211/1007

Quadro 1 - Materiais e instrumentais utilizados nos procedimentos de ajuste externo, polimento e ajuste interno.

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Formação dos grupos e distribuição dos espécimes

Os grupos foram formados de acordo com os tratamentos de cada superfície:

Grupo G1 (Controle): manteve-se a camada de glaze e atuou como grupo controle;

Grupo G2 (Ajuste Externo): a camada de glaze da superfície superior dos espécimes foi desgastada com a ponta diamantada de granulação extra-fina (3098 FF - KG Sorensen, Alemanha);

Grupo G3 (Ajuste Externo + Polimento): a camada de glaze da superfície superior dos espécimes foi desgastada com a ponta diamantada 3098 FF e polida com o sistema de polimento (Optrafine - Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein);

Grupo G4 (Ajuste interno): o desgaste dos espécimes foi realizado somente na superfície inferior com a ponta diamantada de granulação extra-fina (3098 FF - KG Sorensen, Alemanha), para simular o ajuste interno de uma restauração de cerâmica;

Grupo G5 (Ajuste Externo + Ajuste Interno): ambas as superfícies superior e inferior dos espécimes foram desgastadas com a ponta diamantada 3098 FF;

Grupo G6 (Ajuste externo + Polimento + Ajuste interno): a camada de glaze da superfície superior dos espécimes foi desgastada com a ponta diamantada 3098 FF e polida com o sistema OptraFine. Adicionalmente, foi realizado o desgaste na superfície inferior com a mesma ponta diamantada de granulação extrafina.

No total foram confeccionados 60 espécimes, os quais foram divididos em 6 grupos (n=10), de acordo com as características de cada superfície, para mensurar a rugosidade superficial e também realizar o teste de resistência flexural de três pontos (Quadro 2). Além disso, 6 espécimes com os mesmos seis tratamentos de superfície foram preparados, um para cada grupo, para observação no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

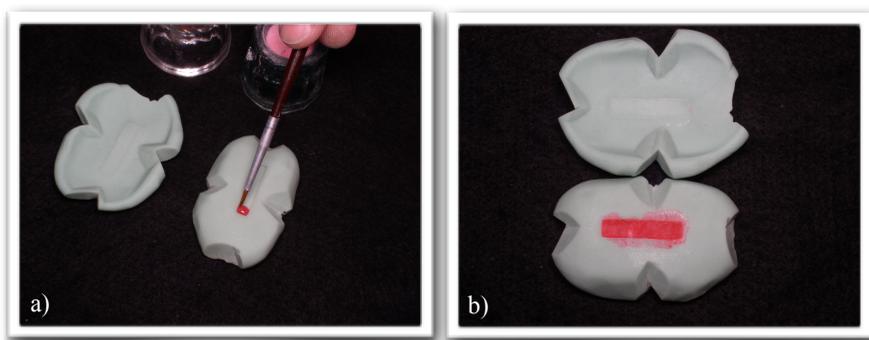
GRUPOS	DISTRIBUIÇÃO DOS ESPÉCIMES		
	R _a	Resistência Flexural	MEV
	(n=10)		(n=1)
G1 = Controle	10		1
G2 = Ajuste externo	10		1
G3 = Ajuste externo + Polimento	10		1
G4 = Ajuste interno	10		1
G5 = Ajuste externo + Ajuste interno	10		1
G6 = Ajuste externo + Polimento + Ajuste interno	10		1

Quadro 2 - Formação dos grupos e distribuição dos espécimes.

4.3.2 Preparação dos espécimes

A preparação dos espécimes deu-se em conformidade à norma da ISO 6872 (1995), para cerâmicas odontológicas. Foram preparados 60 espécimes em forma de barra de uma cerâmica vítrea reforçada com

dissilicato de lítio (IPS e.max Press - Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein). Para tanto, empregou-se uma matriz de silicone (Zetalabor - Zhermack, Itália), apresentando um molde com 20 mm de comprimento, 4 mm de largura e 1.2 mm de espessura, que foi preenchido com resina acrílica (Duralay - Reliance, EUA) (Figuras 5a e 5b). Assim, os padrões obtidos foram incluídos em revestimento e submetidos aos procedimentos de prensagem a quente, de acordo com as normas do fabricante (Figuras 6, 7 e 8). Após a prensagem, removeram-se as barras de cerâmica do revestimento e, logo após separou-se o *sprue*, por meio de corte com um disco diamantado (Figuras 9 e 10). Em seguida, as barras foram desgastadas com polidores diamantados (MasterCeram - Eurodental, Brasil), até a obtenção das dimensões desejadas de $\geq 20 \times 4 (\pm 0.25) \times 1.2 (\pm 0.2)$ mm (Figura 11). Aplicou-se uma camada de glaze (IPS e.max Ceram Glaze - Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) em todas as superfícies dos espécimes, com exceção da superfície inferior, que equivale à superfície interna de uma restauração de cerâmica (Figura 12). Tanto a aplicação quanto a queima do glaze seguiram as instruções do fabricante (Figuras 13 e 14).



Figuras 5 - a) Preenchimento do molde de silicone com resina acrílica, para confecção dos padrões; b) Molde de silicone preenchido.



Figura 6 - Padrões de resina acrílica.



Figura 7 - Inclusão dos padrões em revestimento.



Figura 8 - Procedimento de prensagem à quente.



Figura 9 - Barras de cerâmica após remoção do revestimento.

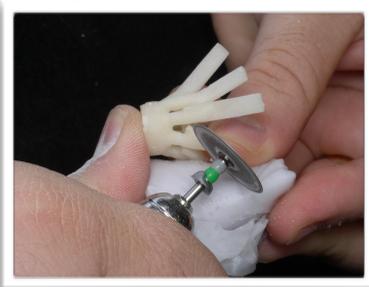


Figura 10 - Remoção do *sprue* com um disco diamantado.

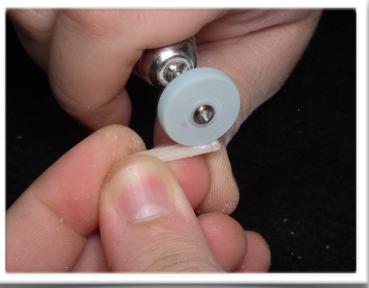


Figura 11 - Desgaste da superfície das barras para ajuste das dimensões.

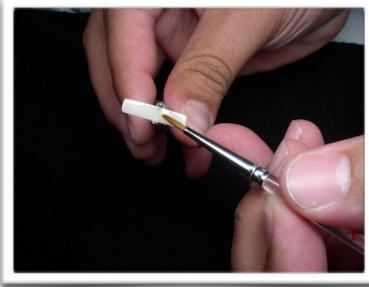


Figura 12- Aplicação do glaze em todas as superfícies, exceto na inferior.

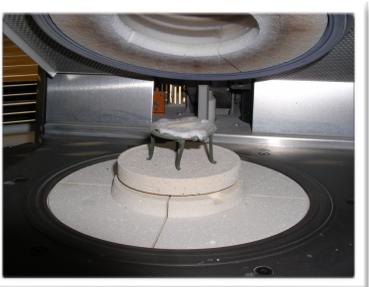


Figura 13 - Queima do glaze no forno.



Figura 14 - Espécime de cerâmica após a queima da camada de glaze.

Em toda a superfície do espécime, totalizando um comprimento de 20 mm, foram efetuados os procedimentos de ajuste externo e interno. Ainda, foi idealizado e desenvolvido um dispositivo metálico com a finalidade de aprimorar a apreensão do espécimes durante os procedimentos de ajuste externo, polimento e ajuste interno (Figura 15). Em ambos os procedimentos de ajuste externo e interno, a ponta diamantada foi posicionada paralelamente ao longo do eixo do corpo de prova (Figura 16). Após a utilização de cada instrumento, fez-se uma limpeza dos espécimes com jatos de ar/água. Adicionalmente, as pontas diamantadas foram renovadas depois da sua utilização em cada 10 espécimes.

4.3.2.1 Procedimento de ajuste externo

No ajuste externo, a ponta diamantada 3098 FF possui o objetivo de simulação de uma situação clínica de ajuste oclusal. O instrumento foi utilizado em alta rotação sob refrigeração constante, com pressão moderada, determinada pelo operador e com tempo de 30 s.

4.3.2.2 Procedimento de ajuste interno

No ajuste interno, a ponta diamantada foi utilizada com a intenção de simular uma situação de ajuste interno, realizado para melhor adaptação da restauração cerâmica ao preparo dental. Para tanto, a ponta diamantada foi utilizada em alta rotação, sob refrigeração

constante, com pressão moderada, determinada pelo operador e com tempo de 5 s, tendo como objetivo apenas remover os pontos mais altos presentes na superfície (Quadro 3).

4.3.2.3 Procedimento de polimento

Empregaram-se duas pontas de borracha com formato de chama no procedimento de polimento, com o sistema Optrafine. Inicialmente, utilizou-se a ponta azul-clara, de maior granulação (Optrafine F) (Figura 17) e, logo após, a ponta azul-escura, de menor granulação (Optrafine P) (Figura 18). Em seguida, foi utilizada a escova de nylon (Optrafine HP) associada à pasta diamantada (Optrafine Polishing Paste) (Figura 19). Cada instrumento de polimento foi empregado em baixa rotação, sob refrigeração constante, com pressão moderada, determinada pelo operador e com tempo de 30 s (Quadro 3). Após o uso de cada instrumento para polimento, procedeu-se à limpeza dos espécimes, por meio de jatos de ar/água. Além disso, as pontas de borracha foram renovadas, tão logo seu uso, em cada três espécimes, e as escovas de nylon em cada 5 espécimes, reaplicando a pasta diamantada a cada utilização da escova.

E ainda, fotografou-se digitalmente um espécime de cada grupo experimental (Figuras 20 a-h), valendo-se de uma máquina fotográfica Nikon D90 e uma lente macro 105 mm (Sigma/Nikon).

Procedimento	Instrumento	Velocidade	Refrigeração	Pressão	Tempo
Ajuste externo	Ponta diamantada 3098 FF	Alta rotação	Constante	Moderada	30 s
Polimento (sistema Optrafine)	Optrafine F	Baixa rotação	Constante	Constante	30 s
	Optrafine P		Constante	Constante	
	Optrafine HP + Pasta diamantada		Ausente	Intermitente	
Ajuste interno	Ponta diamantada 3098 FF	Alta rotação	Constante	Moderada	5 s

Quadro 3: Descrição dos procedimentos de ajuste externo, polimento e ajuste interno.



Figura 15 - Dispositivo metálico para apreensão dos espécimes.



Figura 16 - Ponta diamantada 3098 FF posicionada paralelamente à superfície do espécime.



Figura 17 - Ponta de polimento de maior granulação (Optrafine F).



Figura 18 - Ponta de polimento de menor granulação (Optrafine P).



Figura 19 - Escova de nylon (Optrafine HP) utilizada em associação com a pasta diamantada.

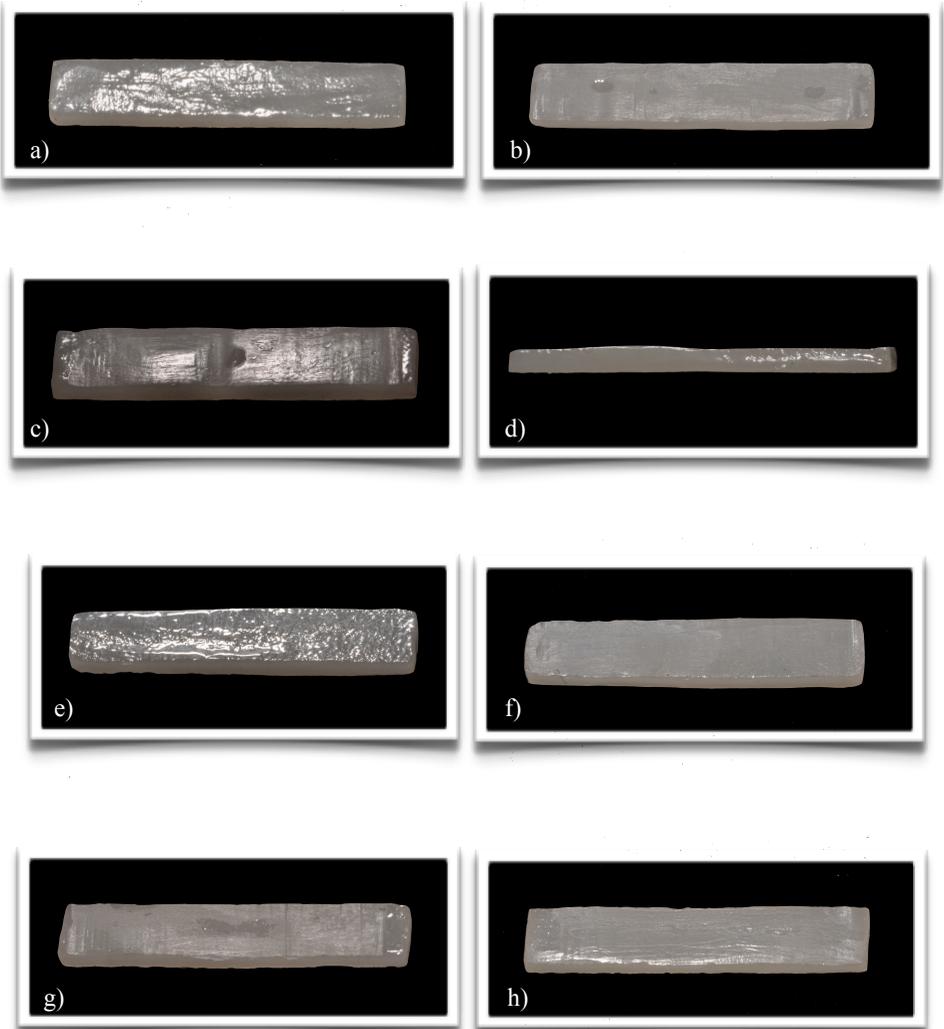


Figura 20 - a) superfície externa do grupo G1; b) superfície externa do G2; c) superfície externa do G3; d) vista de perfil da espessura do espécime do G3; e) superfície externa do G4; f) superfície interna do G4; g) superfície externa do G5; h) superfície externa do G6.

4.3.3 Determinação da rugosidade média aritmética (R_a)

Matematicamente a rugosidade média aritmética (R_a) constitui a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y_n), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição (l_m) (Figura 21). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (l_m).

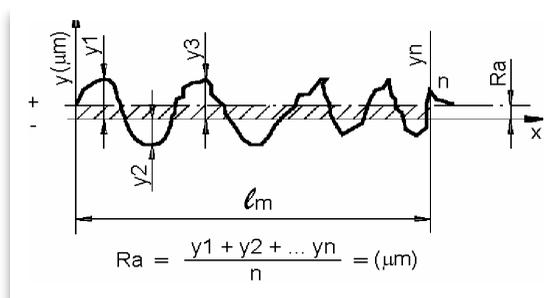


Figura 21 - Rugosidade Média Aritmética (R_a).

A mensuração da rugosidade de superfície foi realizada em 10 espécimes de cada grupo. O parâmetro de rugosidade R_a foi mensurado por meio de um Rugosímetro Digital Portátil (RP-100 – Instrutherm), de acordo com o JIS (Japan Industrial Standard, B 0601, 1994). O aparelho apresenta uma ponta analisadora de dimensões pequenas que percorre uma distância de 6 mm na superfície analisada, realizando a leitura do perfil de rugosidade por meio de uma movimentação linear e uniforme, seguindo as ondulações da superfície. Tal movimentação é convertida em sinais elétricos que são amplificados, filtrados e transformados em sinais digitais por meio de um conversor. Dessa forma, os sinais digitais são processados em valores de R_a e mostrados no display do aparelho.

Desenvolveu-se um dispositivo metálico (Figura 22), o qual se acopla ao rugosímetro para leitura dos espécimes, de tal forma que a superfície tratada permanece voltada para cima e paralela à base do dispositivo (Figura 23). O aparelho foi calibrado com um filtro de medição de 0.8 mm, que representa o comprimento de amostragem (*cut-off*).

A velocidade de leitura foi de 0.1 mm/s e o percurso de medição de 4 mm. Efetuaram-se três medições paralelas contendo distância definida entre si (0.8 mm), na região central de cada espécime, por meio do Rugosímetro (Figura 24). Assim, aproveitou-se a média dos três valores obtidos para a análise estatística.

4.3.4 Ilustração da morfologia superficial (MEV)

A morfologia superficial de uma amostra de cada grupo (n=1) foi observada em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Revestiu-se a superfície dos espécimes com liga de ouro-paládio, sob alto vácuo. Assim, o exame da morfologia foi realizada com aumento de 30x.

4.3.5 Determinação da resistência flexural

Após as execuções dos trabalhos no laboratório, os 10 espécimes de cada grupo foram individualmente mensurados em três pontos, por meio de um paquímetro digital (727, Starrett, Brasil). Assim, as medidas da largura e da espessura registradas e os valores médios foram aproveitados para o cálculo da resistência flexural (Figura 25).

No período anterior à realização do teste, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C, por 24 h. Dez espécimes de cada grupo experimental foram posicionados em um dispositivo metálico que apresenta duas barras de 1.6 mm de diâmetro e distância de 15 mm entre si. Uma terceira barra, com o mesmo diâmetro, aplicou uma carga no centro de cada espécime (Figura 26).

O teste de resistência flexural de três pontos foi realizado em uma Máquina de Ensaio Universais (4444, Instron, EUA), com célula de carga de 2 kN e velocidade de travessa de 0.5 mm/min. A força foi aplicada até ocorrer a fratura do corpo de prova, que permaneceu em ambiente de laboratório antes de ser examinado. O teste de resistência flexural deu-se em temperatura ambiente (20°C). A carga máxima exercida no corpo de prova foi registrada e a resistência flexural, σ , calculada em megapascal (MPa) utilizando a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{3Wl}{2bd^2}$$

Nessa equação, W é a carga máxima exercida no espécime, em Newtons; l é a distância, em milímetros, entre os suportes (15 mm); b é a largura do corpo de prova, em milímetros, medida imediatamente antes do teste; e d é a espessura do corpo de prova, em milímetros, medida imediatamente antes do teste. Assim, os valores individuais obtidos foram submetidos à análise estatística.



Figura 22 - Dispositivo metálico utilizado para possibilitar a leitura dos espécimes no Rugosímetro.



Figura 23 - Rugosímetro Digital Portátil com o dispositivo metálico e espécime em posição.

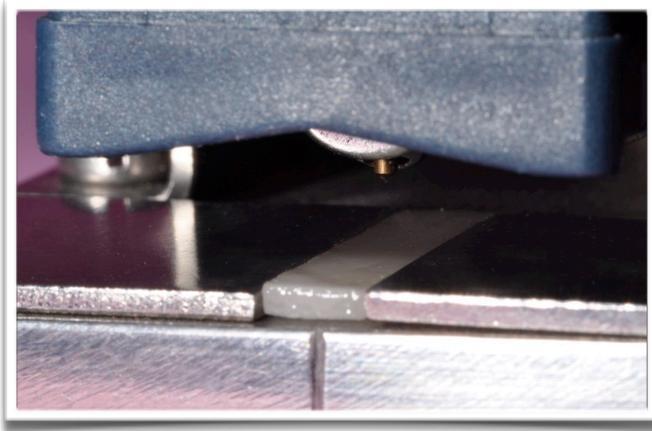


Figura 24 - Leitura dos espécimes com Rugosímetro.

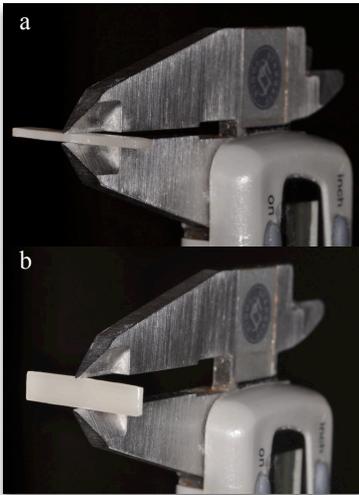


Figura 25 - Mensuração da espessura (a) e largura (b) dos espécimes por meio de um Paquímetro Digital.



Figura 26 - Teste de resistência flexural de três pontos.

5 RESULTADOS

Efetivou-se a análise estatística das amostras, considerando os valores de resistência flexural (MPa) e os valores de rugosidade média aritmética (R_a) da cerâmica submetida aos procedimentos de ajuste externo, polimento e ajuste interno. Inicialmente todos os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se a distribuição dos dados ocorria de forma semelhante. Constatando que os dados dos dois testes apresentavam distribuição normal, as possíveis variações da resistência flexural e da rugosidade superficial (R_a) foram analisadas por meio da Análise de Variância (ANOVA) com um fator (tratamento de superfície). Como o teste de ANOVA não indica onde estão localizadas as diferenças estatísticas, procedeu-se o detalhamento das análises por meio dos testes de Bonferroni, como indicativo das diferentes médias entre si e Dunnett com o intuito de identificar quais amostras diferem estatisticamente do grupo controle. Consideraram-se significativos os valores de $\alpha=0,05$, ou seja, nível de significância de no mínimo 5%. O procedimento da análise foi auxiliado pelos programas Microsoft Excel 2008 (Microsoft Office system 2008) e SPSS 19 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

As hipóteses nulas testadas foram: 1) Os procedimentos de ajuste externo, efetuando ou não polimento, não alteram a rugosidade média aritmética (R_a); 2) A alteração da rugosidade superficial e o ajuste interno não afetam a resistência flexural da cerâmica.

5.1 RUGOSIDADE MÉDIA ARITMÉTICA (R_a)

Para avaliar a rugosidade média aritmética (R_a), foram considerados os dados de rugosidade dos espécimes avaliados. Dessa forma, a análise é constituída por 60 valores de rugosidade (R_a) divididos em 6 grupos (G1 = controle, G2 = ajuste externo, G3 = AE + polimento, G4 = ajuste interno, G5 = AE + AI e G6 = AE + polimento + AI), constituindo 10 valores de rugosidade (R_a) por amostra (Tabela 1).

A estatística descritiva da dispersão dos valores da rugosidade (R_a) está disposta na Tabela 2. Também, a Figura 27 mostra os dados de rugosidade superficial (R_a) apresentados na Tabela 2, e pode-se observar a variabilidade no comportamento dos seis grupos avaliados. As “caixas” (Box) representam 50% dos dados observados, as linhas nas extremidades das “caixas” representam o valor estatístico mínimo e máximo, e as linhas que cortam as “caixas” representam a mediana de cada grupo. Portanto, pode-se afirmar que, quanto menor a “caixa”, mais concentrados são os dados representativos desse grupo.

Tabela 1 – Valores de rugosidade (R_a) dos seis grupos avaliados.

ESPÉCIMES	G1	G2	G3	G4	G5	G6
1	1,243	1,257	0,573	1,243	1,180	0,700
2	1,430	0,783	0,823	1,430	0,957	1,053
3	1,667	1,510	1,023	1,667	0,983	0,633
4	1,013	0,860	0,447	1,013	0,950	0,703
5	1,063	1,173	0,887	1,063	0,803	0,987
6	1,193	1,507	0,810	1,193	0,800	1,183
7	1,487	0,920	0,507	1,487	1,290	0,957
8	1,203	1,423	0,517	1,203	0,917	0,823
9	1,243	1,180	0,587	1,243	0,920	0,580
10	1,040	1,003	0,927	1,040	1,527	0,977

Para avaliar se existem diferenças estatisticamente significativas na rugosidade (R_a) da cerâmica à base de dissilicato de lítio submetida a diferentes tratamentos de superfície os dados foram avaliados por meio do teste de Análise de Variância com um fator (ANOVA *one-way*) (Tabela 3).

Tabela 2 - Tamanho da amostra (n), Médias Aritméticas, Desvios-Padrão, Erro-Padrão, valores mínimo e máximo obtidos por meio da mensuração da rugosidade (R_a) dos seis grupos avaliados.

Avaliação	n	Média Aritmética	Desvio-Padrão	Erro-Padrão	Mínimo	Máximo
G1	10	1,26	0,21	0,07	1,01	1,66
G2	10	1,16	0,75	0,08	0,78	1,51
G3	10	0,71	0,21	0,07	0,45	1,02
G4	10	1,26	0,21	0,07	1,01	1,66
G5	10	1,03	0,23	0,07	0,80	1,53
G6	10	0,86	0,20	0,06	0,58	1,18

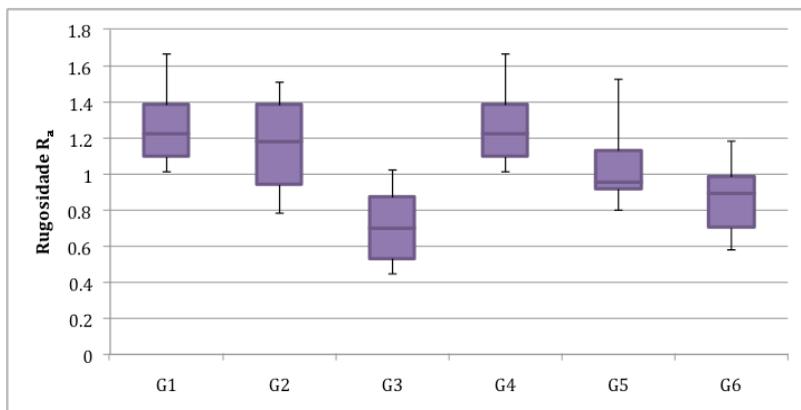


Figura 27 - Gráfico de dispersão (Box-plot), mostrando a distribuição dos dados representativos da rugosidade (R_a) dos seis grupos avaliados.

Tabela 3 - Análise de Variância *one-way* dos valores médios de R_a dos grupos avaliados.

Variáveis avaliadas	S.Q.	G.L.	Q.M.	F	<i>p</i> -valor
Modelo corrigido	2.512	5	0.502	10.179	0.000
Intercepto	65.739	1	65.739	1332.113	0.000
Grupos	2.512	5	0.502	10.179	0.000
Erro	2.665	54	0.049		
Total	70.916	60			
Total corrigido	5.177	59			

A Análise de Variância mostrou que há diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados para o critério rugosidade (R_a) ($p < 0,001$). Por isso, fez-se necessário o detalhamento da análise ANOVA *one-way* por meio do teste de comparação múltipla Bonferroni, para identificar quais médias diferem entre si, e Dunnett para identificar quais amostras diferem estatisticamente do grupo controle. A Tabela 4 apresenta os resultados do detalhamento da Análise de Variância, para comparação entre os grupos avaliados. As médias localizadas no mesmo subconjunto não diferem entre si pelo teste Bonferroni, ao nível de significância de 5%. Grupos seguidos por asterisco diferem

estatisticamente do grupo controle pelo teste Dunnett, ao nível de significância de 5%.

Tabela 4 – Médias e resultados estatísticos de R_a dos seis grupos avaliados.

Grupos	Subconjuntos		
	a	b	C
G3*	0,71		
G6*	0,86	0,86	
G5		1,03	1,03
G2			1,16
G1			1,26
G4			1,26

Observa-se, na Tabela 4, que o grupo G3 difere estatisticamente dos grupos G1, G2, G4 e G5 por apresentar menor rugosidade superficial, sendo estatisticamente igual ao grupo G6. Além disso, o grupo G6 difere estatisticamente dos grupos G1, G2 e G4, porém é estatisticamente igual aos grupos G3 e G5. Já os grupos G1, G2, G4 e G5 são estatisticamente iguais. E ainda, a Figura 28 demonstra graficamente as médias de R_a dos grupos avaliados.

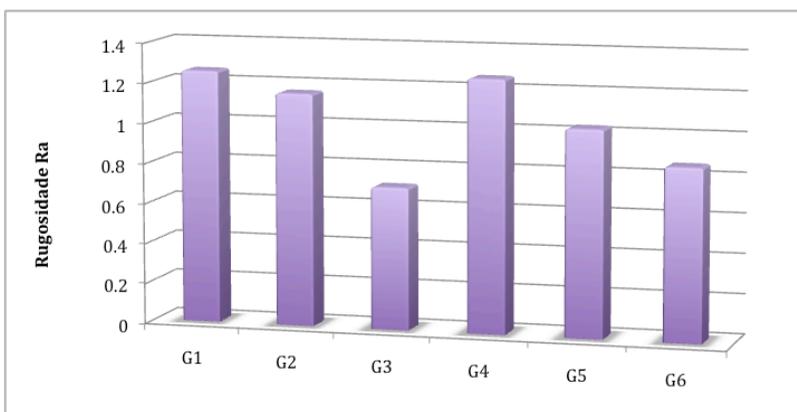


Figura 28 - Representação gráfica na forma de barras verticais das médias aritméticas de rugosidade (R_a) dos grupos avaliados.

A hipótese nula de que os procedimentos de ajuste externo e polimento não alteram a rugosidade superficial foi rejeitada pois houve redução da rugosidade superficial dos grupos que receberam polimento em suas superfícies.

5.2 RESISTÊNCIA FLEXURAL

Tendo em vista a avaliação da resistência flexural, foram considerados os dados, em Megapascal (MPa), dos espécimes avaliados. Dessa forma, a presente análise é constituída por 60 valores de resistência flexural, divididos em 6 grupos, de acordo com o tratamento de superfície (G1 = controle, G2 = ajuste externo, G3 = AE + polimento, G4 = ajuste interno, G5 = AE + AI e G6 = AE + polimento + AI), constituindo 10 valores de resistência por amostra (Tabela 5).

A estatística descritiva da dispersão dos valores da resistência flexural está disposta na Tabela 6. Também, a Figura 29 ilustra os dados da resistência flexural apresentados na Tabela 6, e pode-se observar a variabilidade no comportamento dos seis grupos avaliados para resistência flexural.

Tabela 5 – Valores de resistência flexural dos seis grupos

ESPÉCIMES	G1	G2	G3	G4	G5	G6
1	194,90	251,90	171,42	205,95	236,5	165,6
2	200,63	214,94	183,41	180,04	194,44	210,06
3	207,42	264,33	186,70	191,71	145,12	183,94
4	163,45	229,10	233,56	165,64	194,74	220,77
5	272,35	263,62	239,45	205,57	195,78	169,87
6	152,72	209,97	188,11	237,81	222,87	216,6
7	188,98	208,93	227,37	170,97	155,92	167,22
8	205,32	206,38	176,76	173,35	187,17	180,86
9	195,49	239,51	196,74	224,73	205,81	224,34
10	162,85	160,93	139,16	177,97	172,00	146,98

Tabela 6 - Tamanho da amostra (n), Médias Aritméticas, Desvios-Padrão, Erro-Padrão, valores mínimo e máximo obtidos por meio da mensuração da resistência flexural dos seis grupos avaliados.

Avaliação	n	Média Aritmética	Desvio-Padrão	Erro-Padrão	Mínimo	Máximo
G1	10	194,41	33,54	10,60	152,72	272,35
G2	10	224,96	31,67	10,01	160,93	264,33
G3	10	194,27	31,21	9,87	139,16	239,45
G4	10	193,37	24,39	7,71	165,64	237,81
G5	10	191,04	28,01	8,86	145,12	236,50
G6	10	188,62	27,30	8,63	146,98	224,34

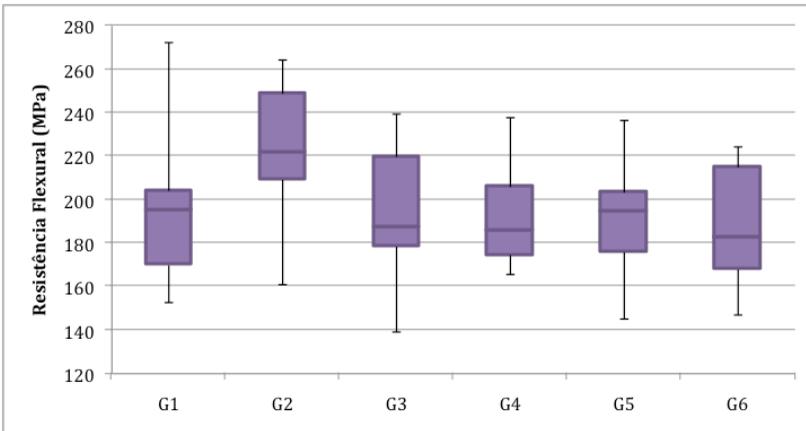


Figura 29 - Gráfico de dispersão (Box-plot) mostrando a distribuição dos dados representativos da resistência flexural dos seis grupos avaliados.

Para avaliar se existem diferenças estatisticamente significativas na resistência flexural da cerâmica à base de dissilicato de lítio submetida a diferentes tratamentos de superfície, os dados dos 6 grupos foram avaliados por meio do teste de Análise de Variância com um fator (ANOVA *one-way*) (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de Variância *one-way* dos valores médios de resistência flexural dos seis grupos avaliados, em MPa.

Variáveis avaliadas	S.Q.	G.L.	Q.M.	F	<i>p</i> -valor
Modelo corrigido	9112.313	5	1822.463	2.092	0.081
Intercepto	2346988.015	1	2346988.015	2693.993	0.000
Grupos	9112.313	5	1822.463	2.092	0.081
Erro	47044.426	54	871.193		
Total	2403144.754	60			
Total corrigido	56156.739	59			

A Análise de Variância mostrou que não há diferença estatisticamente significativa entre os seis grupos avaliados para resistência flexural ($p=0,081$). Dessa forma, não foi necessário realizar detalhamento da análise ANOVA *one-way*. E ainda, a Figura 30 demonstra, graficamente, as médias da resistência flexural dos grupos avaliados.

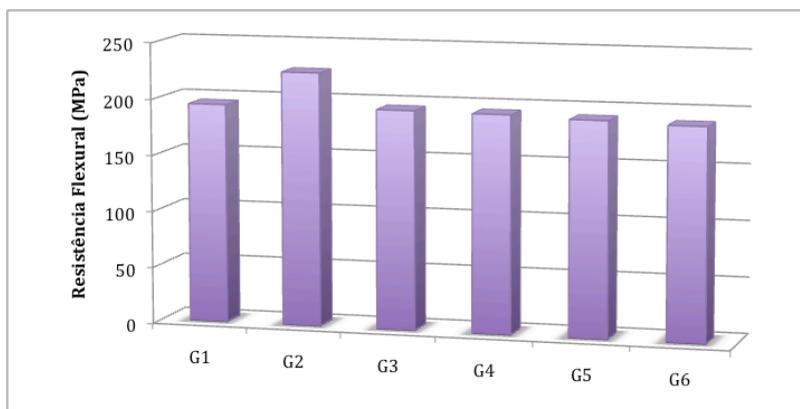


Figura 30 - Representação gráfica, na forma de barras verticais, das médias aritméticas de resistência flexural dos grupos avaliados.

A hipótese nula de que a alteração da rugosidade superficial, por meio do ajuste externo, efetuando ou não o polimento, assim como o ajuste interno, não afetam a resistência flexural da cerâmica foi aceita, pois não há diferença estatisticamente importante entre os grupos para resistência flexural.

5.3 MORFOLOGIA SUPERFICIAL

As fotomicrografias dos espécimes de cada grupo foram realizadas por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura com 30x de magnificação. Observou-se, por meio das imagens, que o grupo G1 (glaze = controle) exhibe a superfície externa glazeada com irregularidades e ondulações (Figura 31), e equivale à superfície externa do G4. No grupo G2, a superfície externa, após o ajuste externo por meio de desgaste, apresenta maior regularidade em relação à superfície glazeada (G1) (Figura 32). O mesmo ocorre no grupo G5, que apresenta maior número de ranhuras e defeitos (Figura 34). No grupo G3, dado o ajuste externo e polimento, a superfície apresenta-se mais lisa do que o controle, porém ainda com algumas áreas de ranhuras e defeitos (Figura 33), assim como, no grupo G6 (Figura 35), entretanto apresentando defeitos maiores. E ainda, foram realizadas duas imagens adicionais de 500x de magnificação, para efeito de ilustração, a fim de observar o desgaste resultante do ajuste interno (Figura 36).

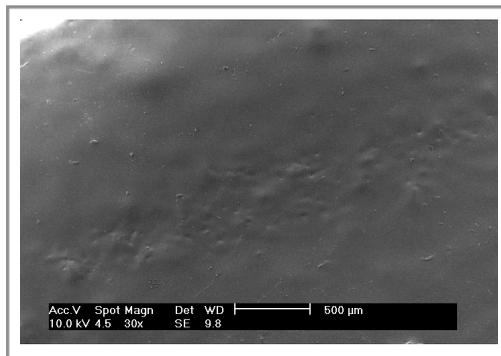


Figura 31 - Fotomicrografia do grupo G1. Superfície externa glazeada com magnificação de 30x.

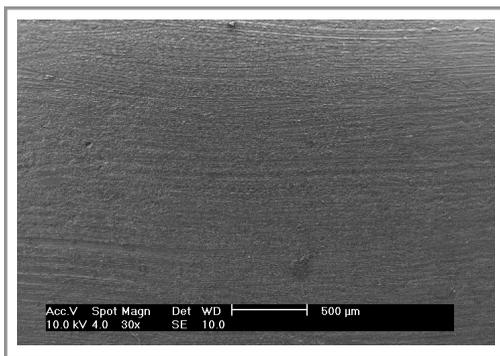


Figura 32 - Fotomicrografia do grupo G2. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste externo com aumento de 30x.

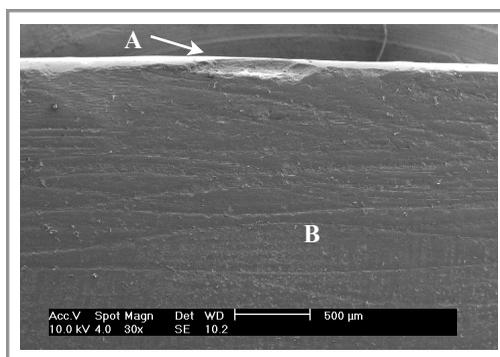


Figura 33 - Fotomicrografia do grupo G3. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste externo e polimento, com 30x de magnificação. Observa-se a presença de defeito no bordo do espécime (A) e ranhuras inerentes ao processo de desgaste (B).

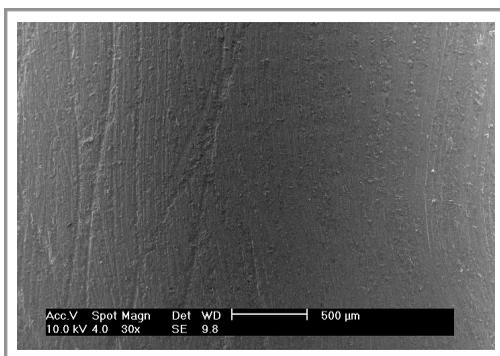


Figura 34 - Fotomicrografia do grupo G5. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste externo, em 30x de magnificação.

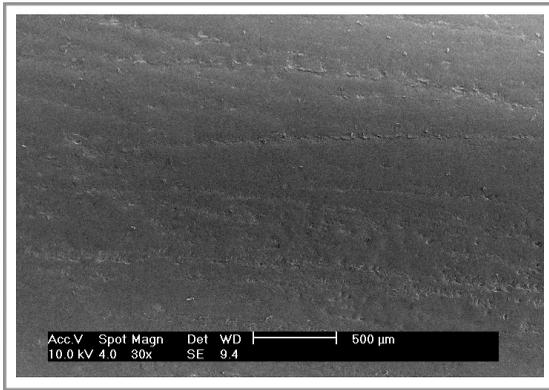


Figura 35 - Fotomicrografia do grupo G6. Superfície externa submetida ao procedimento de ajuste/polimento, em 30x de magnificação.

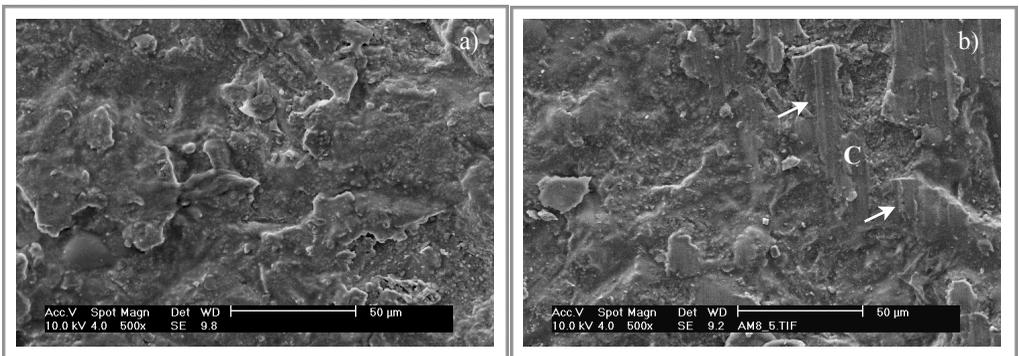


Figura 36 - Fotomicrografias do grupo G4. a) Superfície interna em 500x de magnificação; b) Superfície interna com áreas de desgaste (C), com 500x de magnificação.

6 DISCUSSÃO

Após a confecção de uma restauração, a cerâmica apresenta algumas irregularidades e também defeitos extrínsecos (superfície) e intrínsecos, que são atribuídos ao método de processamento (GRIGGS *et al.*, 1996), desgaste para ajuste nas dimensões desejadas (KITAZAKI *et al.*, 2001), usinagem (FLURY *et al.*, 2010), e dependem não somente do tipo mas também da quantidade de cristais presentes na sua microestrutura (SASAHARA *et al.*, 2006; AL-SHAMMERY *et al.*, 2007). Como as cerâmicas são sensíveis, especialmente aos defeitos de superfície, a aplicação da camada de glaze é um procedimento rotineiramente realizado nos laboratórios protéticos. O glaze preenche as irregularidades e defeitos da superfície, de forma a reduzi-las ou até mesmo eliminá-las, criando uma camada densa, lisa e homogênea (AKSOY *et al.*, 2006). Consequentemente ocorre a redução do número de sítios que concentram estresse e o aumento da resistência da cerâmica à propagação de trincas (MARSHALL; RITTER, 1987; NAKAMURA; HOJO; SATO, 2009; NAKAMURA; HOJO; SATO, 2010). No presente estudo, o glaze foi aplicado nas barras de cerâmica, em todas as superfícies, exceto na superfície interna, assim como ocorre na realização de uma restauração.

No procedimento de ajuste oclusal, o desgaste da superfície da cerâmica remove a camada de glaze e, consequentemente, aumenta o grau de rugosidade superficial (SONG; YIN; WANG, 2008) e, por isso, é recomendando proceder com o polimento criterioso da restauração, objetivando a redução da rugosidade e o aumento da resistência flexural (AL-WAHADNI; MARTIN, 1998; NAKAZATO *et al.*, 1999; FISCHER *et al.*, 2003). No presente estudo, os valores de rugosidade média aritmética (R_a) foram estatisticamente diferentes entre os grupos experimentais, pois houve redução da rugosidade nos grupos que receberam o polimento. No entanto, as médias de resistência flexural não apresentaram diferença estatística significativa, ou seja, a resistência flexural não foi afetada pela alteração da rugosidade de superfície.

Nesse contexto, resultados semelhantes foram encontrados por Albakry; Guazzato e Swaina (2004), quando da realização dos procedimentos de jateamento com óxido de alumínio, desgaste e glazeamento em duas cerâmicas vítreas, e não mostraram diferença estatística nos valores de resistência flexural, apesar do aumento significativo na rugosidade de superfície. Faz-se necessário mencionar ainda que, no estudo de Ahmad *et al.* (2005), o polimento com três tipos de sistemas, em velocidade de 10.000 rpm, não afetou a resistência flexural de uma cerâmica aluminizada, apesar de a rugosidade do grupo desgastado (controle) ter sido significativamente maior. Também,

Giordano *et al.* (1995) relataram que o procedimento de desgaste, assim como o polimento e sobreglazeamento, aumentaram significativamente os valores de resistência flexural de porcelanas feldspáticas e aluminizadas. Esses resultados foram corroborados pelos estudos de GRIGGS *et al.*, 1996; GUAZZATO *et al.*, 2005; GUAZZATO *et al.*, 2005 e ASAI *et al.*, 2010.

O procedimento de reglazeamento da superfície não foi incluído neste estudo porque quando os contatos oclusais são verificados e realizado o ajuste na restauração já cimentada, diminui a possibilidade de fratura. Nessa situação, não é possível proceder com o reglazeamento. Além disso, por mais resistentes que sejam alguns sistemas cerâmicos, ainda são frágeis quando os contatos são verificados previamente à cimentação da peça, uma vez que a resistência é maior quando a restauração está unida à estrutura dental (MAGNE; PARANHOS; SCHLICHTING, 2011).

Geralmente, observa-se nos estudos que a rugosidade do grupo glazeado é menor do que o grupo desgastado (OLIVEIRA *et al.*, 2008; WERNECK; NEISSER., 2008; YUZUGULLU *et al.*, 2009; HERION *et al.*, 2010; YONDEM; INAN, 2011). Neste estudo, os valores de R_a do grupo G1 (controle), foram utilizados para o grupo G4 (ajuste interno). Assim, em ambos os casos, houve uma redução nos valores, de G1 (1.26 μm) para G2 (1.16 μm) e de G4 (1.26 μm) para G5 (1.03 μm), porém sem diferença estatística. É possível que o desgaste da superfície das barras, realizado manualmente no laboratório protético para ajuste das dimensões (Figura 11), tenha criado um maior número de irregularidades e, após a aplicação do glaze, a presença dessas imperfeições ficou evidente (Figuras 14, 20a e 20e). Ainda, o glaze é obtido por meio de uma mistura de pasta e líquido, que é aplicada com um pincel sobre os espécimes (Figura 12). Consequentemente, podem permanecer áreas de maior e menor espessura de glaze na superfície de um mesmo espécime, já que representa um procedimento susceptível à habilidade do técnico em manter a superfície mais regular possível (Figura 20d). Dessa forma, o emprego de uma ponta diamantada reduziu essas irregularidades e manteve a superfície mais regular (Figuras 20b e 20g).

Hung *et al.* (2008) relataram resultados semelhantes no desgaste com ponta diamantada de uma cerâmica vítrea à base de dissilicato de lítio (IPS Empress II - Ivoclar Vivadent), os quais mostraram uma redução da rugosidade em relação ao glazeamento. Sabe-se que a microestrutura da cerâmica tem influência na rugosidade de superfície, uma vez que grãos de tamanhos menores proporcionam menor rugosidade (FUJITA *et al.*, 2006). Devido à cerâmica IPS e.max Press apresentar grãos com tamanhos que variam entre 3-6 μm , é possível que tenha favorecido a menor rugosidade obtida com o desgaste e o polimento, quando comparados ao glazeamento.

No estudo de Tuan e Kuo (1998), verificou-se que o procedimento de desgaste de espécimes de alumina reduziu o tamanho das falhas presentes nos espécimes sinterizados, e aumentou a resistência flexural do material. Neste estudo, apesar de não existir diferença estatística, houve um aumento numérico da resistência flexural do grupo G1 (glaze) para o grupo G2 (ajuste externo), de 194.41 MPa para 224.96 MPa. Uma das explicações a provável ocorrência indica que as irregularidades e defeitos superficiais presentes na camada de glaze (Figuras 14, 20a e 20e) foram reduzidos por meio do desgaste com a ponta diamantada extrafina, ou seja, o desgaste regularizou a superfície dos espécimes glazeados (Figuras 20b e 20g) e, com isso, aumentou a resistência flexural da cerâmica. Este fato foi observado pela redução dos valores de R_a do grupo G1 (1.26 μm) para o grupo G2 (1.16 μm). As imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura suportam essas afirmações, pois a superfície dos espécimes glazeados se apresentaram com defeitos e irregularidades (Figura 31) e os espécimes desgastados se apresentavam mais regulares, apesar da presença de ranhuras inerentes à ação de desgaste do instrumento (Figura 32).

Nos estudos de Guazzato *et al.* (2004, 2005), os quais testaram respectivamente, In-Ceram Alumina e In-Ceram Zircônia, verificou-se que o tratamento de queima adicional de ambos os materiais induziu à formação de uma camada de vidro, que preencheu as irregularidades presentes na superfície aumentando os valores de resistência flexural dos espécimes que foram desgastados ou polidos. Diante disso, a remoção parcial da camada de glaze, também pode ser outro fator contribuinte ao aumento da resistência observado neste estudo. Desse modo, o glaze permaneceu preenchendo as irregularidades e fendas presentes na superfície dos espécimes (Figuras 20b e 20g). Por isso, a associação de ambos os fatores: a regularização da superfície das barras de cerâmica e a presença de glaze preenchendo os defeitos mais internos, pode ter resultado na maior resistência flexural do grupo G2.

Outro possível fator explicativo do aumento da resistência flexural encontrado no grupo G2 (ajuste externo), foi a indução e a formação de uma superfície de estresse compressivo residual. A presença dessa superfície contribui para o aumento da resistência do material, pois gera uma força de compressão na área da trinca, dificultando sua propagação (AHMAD; WU; MORGANO, 2001). Segundo Tuan e Kuo (1999), um aumento de 30 MPa nos valores de resistência flexural é atribuído à indução de estresse residual durante o desgaste. No presente estudo, o aumento da resistência do grupo G1 (194.41 MPa) para o grupo G2 (224.96 MPa) que foi de 30.55 MPa. Adicionalmente, a remoção completa ou redução do tamanho das falhas presentes na superfície da cerâmica glazeada, podem ter contribuído para o aumento da resistência (TUAN; KUO, 1999).

A ponta diamantada utilizada nesta pesquisa possui uma granulação extrafina (30 μm), que pode ter removido as irregularidades do glaze e introduzido defeitos menores que os presentes anteriormente (Figura 32). Como ocorreu no estudo de Bhamra *et al.* (2002), o desgaste da superfície da porcelana, com lixas de menor granulação, removeu as imperfeições introduzidas durante o processamento dos espécimes (condensação) e, substituiu por pequenos defeitos superficiais. Conseqüentemente, houve aumento da resistência flexural biaxial, em comparação com lixas de maior granulação. É importante destacar que, neste estudo, as pontas foram utilizadas pelo período de tempo de 30 s, sendo este o prazo suficiente para remover a camada de glaze, por observação a olho nu, e que resultou em uma menor remoção de material (Apêndice A). Song *et al.* (2008) fizeram uso de pontas diamantadas extrafinas (20-30 μm) para desgastar espécimes de porcelana feldspática, e relataram que o instrumento causou microrrachaduras na superfície, entretanto uma menor profundidade de corte ou taxa de avanço promoveram um melhor acabamento. Também, Albakry; Guazzato e Swaina (2004) atentaram ao fato de que a granulação do instrumento e a taxa de avanço determinam a quantidade de material removido e o tamanho dos defeitos na superfície, assim como a extensão da superfície de estresse compressivo residual.

Em todo procedimento de polimento, assim como no desgaste, ocorre a remoção significativa de material da superfície dos espécimes (COOK *et al.*, 1981). Na comparação entre os grupos G2 e G3, no qual foi realizado o procedimento de polimento com o sistema Optrafine, numericamente, a resistência diminuiu e se tornou similar ao grupo controle (Tabela 6). Desta maneira, o polimento realizado neste estudo é passível de ter causado diminuição ou remoção total da camada de glaze remanescente e, conseqüentemente, a resistência da cerâmica diminuiu. Somando-se a essa situação, ocorreu a redução da espessura do corpo de prova (Apêndice A), que contribuiu para a diminuição da resistência flexural (BAN; ANUSAVICE, 1990). Além disso, é possível que tenha ocorrido a remoção da superfície de estresse residual, ação também redutiva dos valores de resistência (COOK *et al.*, 1981). Portanto a significativa diminuição do valor de R_a do G3 (0.71 μm) não foi suficiente para aumentar os valores de resistência flexural da cerâmica e, outros fatores não se isentaram da possível contribuição para a diminuição da resistência como a quantidade de defeitos e as porosidades na microestrutura interna do material (BAN; ANUSAVICE, 1990; GRIGGS *et al.*, 1996; BHAMRA *et al.*, 2002; FUJITA *et al.*, 2006).

No estudo de Tuan e Kuo (1999), o desgaste de espécimes de porcelana aluminizada provocou a diminuição da resistência, conforme o aumento da profundidade de corte. Com base nesta referência pode-se chegar, também, a uma explicação referente à diminuição numérica da

resistência flexural entre os grupos G4 (ajuste interno) e G5 (ajuste externo + ajuste interno), que foi de 193.37 MPa para 191.04 MPa, diferente do que ocorreu com os grupos G1 e G2. Esta situação pode ser explicada devido ao fato de que a espessura dos espécimes do grupo G5, antes e após os ajustes externo e interno, foi reduzida em aproximadamente 60 μm . Igualmente, no grupo G2, essa redução ocorreu, porém em menor quantidade (20 μm), provavelmente, devido à variação nos procedimentos de desgaste externo e interno. Dessa forma, em uma profundidade de corte maior, ocorre maior aplicação de força que pode gerar maiores fendas na superfície e, com isso, a diminuição da resistência flexural (ANUSAVICEL; HOJJATIE; CHANG, 1994; SONG; YIN, 2010). Apesar da redução das irregularidades presentes na superfície glazeada, a maior profundidade de corte pode ter induzido à formação de fendas maiores e removido a camada de estresse residual, que contribuíram para a queda na resistência flexural. Pode-se observar, nas imagens de MEV, que a superfície do espécime do grupo G2 apresenta um padrão de desgaste com maior regularidade do que no G5 (Figuras 32 e 34).

Nos grupos G5 e G6, realizaram-se procedimentos similares aos grupos G2 e G3, porém a diferença se apresenta nos primeiros, aos quais foi associado o ajuste interno. Não obstante, os resultados desses grupos seguiram a mesma tendência dos grupos G2 e G3, com a redução da resistência flexural de G5 (191.03 MPa) para G6 (188.62 MPa), assim como da rugosidade superficial (R_a G5 = 1.03 e R_a G6 = 0.86 μm), sendo que as diferenças foram somente numéricas. A variação nos valores de R_a entre os métodos semelhantes ocorreu devido aos defeitos presentes na superfície, que também variou entre os grupos (Figuras 32, 33, 34 e 35). Além disso, houve uma pequena redução da média de espessura das amostras de G5 e G6 (Apêndice A), contribuindo para a menor queda na resistência flexural. Isso sugere que nesses grupos o ajuste interno, realizado por 5 s, não foi capaz de contribuir para redução ou aumento da resistência do material de forma significativa.

O sistema de polimento Optrafine foi efetivo em restaurar a lisura superficial dos espécimes polidos, apresentando valores de rugosidade menores que o glazeamento, assim como, em outros estudos (SCURRIA; POWERS, 1994; WRIGTH *et al.*, 2004; YUZUGULLU *et al.*, 2009; FLURY *et al.*, 2010). A aplicação de escova ou feltro com pasta diamantada concede melhoria ao polimento de cerâmicas, pelo fato de diminuir ou arredondar os picos presentes em uma superfície rugosa (SARAC *et al.*, 2006; SASAHARA *et al.*, 2006; SARAC *et al.*, 2007). No entanto a efetividade do polimento depende da microestrutura da cerâmica utilizada e do tipo de sistema de polimento (SASAHARA *et al.*, 2006; THOLT *et al.*, 2006; AL-SHAMMERY *et al.*, 2007; YUZUGULLU *et al.*, 2009; FLURY *et al.*, 2010), e neste estudo foi

utilizado somente um tipo de cerâmica e um método de polimento, assim, especulações sobre a efetividade do polimento são limitadas.

O parâmetro R_a é o mais utilizado nos estudos que envolvem a caracterização da rugosidade superficial, devido a sua grande utilização na maioria dos equipamentos de leitura (WHITEHEAD *et al.*, 1999; AL-SHAMMERY *et al.*, 2007; SARIKAYA *et al.*, 2010). Porém, existe uma limitação referente ao parâmetro R_a que fornece uma descrição parcial da superfície, sendo incapaz de distinguir os picos dos vales, pois calcula um valor médio de rugosidade e não indica diretamente o estado em que se encontra a superfície (AL-SHAMMERY *et al.*, 2007). Ainda há de se acrescentar, que os valores de R_a variam entre os estudos devido, não somente à falta de padronização dos procedimentos, mas também aos diferentes comprimentos de amostragem utilizados para leitura da superfície (AHMAD; WU; MORGANO, 2001; THOLT *et al.*, 2006). Diante disso, torna-se limitado comparar diretamente os valores obtidos neste estudo com os demais existentes na literatura.

O teste de resistência flexural de três pontos foi escolhido para esta pesquisa, por ser considerado padrão já que é o mais utilizado (WAGNER; CHU, 1996). No entanto o teste é muito sensível aos defeitos presentes nos bordos da amostra, fator de provável interferência nos resultados (BAN; ANUSAVICE, 1990). Esta situação constituiu-se geradora de uma crítica bastante relatada nos estudos envolvendo resistência flexural de cerâmicas odontológicas, por isso muitos estão realizando o teste biaxial para eliminação do efeito dos bordos na obtenção dos dados (JAGER; FEILZER; DAVIDSON, 2000; KITAZAKI *et al.*, 2001; BHAMRA; PALIN; FLEMING, 2002). Observa-se nas fotografias digitais e nas imagens de MEV que os espécimes preparados para este estudo apresentavam as bordas irregulares, fator que se apresenta inerente à dificuldade de confecção das amostras pelo técnico de laboratório (Figuras 20 e 33A). Além disso, deveria ter sido realizada uma distribuição dos espécimes, de maneira uniforme em cada grupo, pois todos os corpos de prova enviados pelo laboratório foram utilizados no mesmo grupo. Isso foi uma limitação da metodologia. Diante disso, a comparação dos resultados obtidos neste estudo com outros estudos é limitada, pois os procedimentos de desgaste e polimento são relativos, dependem do operador e, apesar da padronização, variações podem ocorrer.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, não foi observada correlação entre rugosidade de superfície e resistência flexural da cerâmica vítrea reforçada com dissilicato de lítio. O procedimento de polimento foi efetivo em aumentar a lisura superficial, no entanto não teve influência estatística significativa na resistência flexural. Portanto, sendo o polimento não prejudicial à resistência flexural da cerâmica, pode ser utilizado como uma alternativa ao glazeamento, quando o ajuste oclusal é realizado após a cimentação. Além disso, uma

restauração cerâmica que apresenta uma superfície com menor rugosidade e devidamente polida torna-se desejável não somente para favorecer a resistência flexural, como também para aperfeiçoar a aparência estética, diminuir o desgaste de dentes antagonistas e o acúmulo de placa, facilitando a higienização e manutenção da saúde periodontal (KAWAI; MASAACKI; SHIGEYUKI, 2000; JAGGER; HARRISON, 1994; HEINTZE *et al.*, 2008; HERION; FERRACANE; COVELL, 2010; YILMAZ *et al.*, 2008)

7 CONCLUSÕES

Diante das limitações do presente estudo concluiu-se que:

- a) O ajuste externo sem o polimento não interferiu na rugosidade superficial da cerâmica, porém quando seguido desse procedimento, houve uma redução significativa. Em qualquer das duas situações, a rugosidade não influenciou a resistência flexural;
- b) O procedimento de ajuste interno não teve influência sobre a resistência flexural da cerâmica;
- c) A associação entre o ajuste externo, efetuando ou não polimento, e o interno não interferiu na resistência flexural;
- d) Nas imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura observaram-se irregularidades na superfície glazeada, as quais foram reduzidas com o ajuste externo. Realizado o polimento, a superfície tornou-se mais lisa, entretanto ainda apresentou defeitos remanescentes.

REFERÊNCIAS

ABOUSHELIB, M. N.; WANG, HANG. Effect of surface treatment on flexural strength of zirconia bars. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 104, n. 2, p. 98-104, ago 2010.

AHMAD, R.; MORGANO, S. M.; WU, B. M. Polishing mechanism and its effect on the mechanical properties of ceramic restorations - A review of the literature. **Annal Dentistry University of Malaya**, v. 8, p. 57-61, 2001.

AHMAD, R.; MORGANO, S. M.; WU, B. M.; GIORDANO, RUSSELL A. An evaluation of the effects of handpiece speed, abrasive characteristics, and polishing load on the flexural strength of polished ceramics. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 94, n. 5, p. 421-429, nov 2005.

AKSOY, G.; POLAT, H.; POLAT, M.; COSKUN, G. Effect of various treatment and glazing (coating) techniques on the roughness and wettability of ceramic dental restorative surfaces. **Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces**, v. 53, n. 2, p. 254-259, 1 dez 2006.

AL-SHAMMERY, H. A. O.; BUBB, N. L.; YOUNGSON, C. C.; FASBINDER, D. J.; WOOD, D. J. The use of confocal microscopy to assess surface roughness of two milled CAD-CAM ceramics following two polishing techniques. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 23, n. 6, p. 736-741, jun 2007.

AL-WAHADNI, A.; MARTIN, D. M. Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. **Journal (Canadian Dental Association)**, v. 64, n. 8, p. 580-583, set 1998.

ALBAKRY, M.; GUAZZATO, M.; SWAIN, M. V. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. **Journal of Dentistry**, v. 32, n. 2, p. 91-99, fev 2004.

ALKHIARY, Y. M.; MORGANO, S. M.; GIORDANO, RUSSELL A. Effects of acid hydrolysis and mechanical polishing on surface residual stresses of low-fusing dental ceramics. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 90, n. 2, p. 133-142, ago 2003.

ANUSAVICE, K. J.; HOJJATIE, B.; CHANG, T. C. Effect of grinding and fluoride-gel exposure on strength of ion-exchanged porcelain. **Journal of Dental Research**, v. 73, n. 8, p. 1444-1449, ago 1994.

ASAI, T.; KAZAMA, R.; FUKUSHIMA, M.; OKIJI, T. Effect of overglazed and polished surface finishes on the compressive fracture strength of machinable ceramic materials. **Dental Materials Journal**, v. 29, n. 6, p. 661-667, nov 2010.

BADAWI, M.F.; MADINA, M.M.A. Impact of surface roughness on flexural strength and fracture toughness of In-Ceram Zirconia. **Cairo Dental Journal**, v. 24, n. 1, p. 123-129, jan 2008.

BAHARAV, H.; LAUFER, B. Z.; PILO, R.; CARDASH, H. S. Effect of glaze thickness on the fracture toughness and hardness of alumina-reinforced porcelain. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 81, n. 5, p. 515-519, maio 1999.

BAN, S.; ANUSAVICE, K. J. Influence of Test Method on Failure Stress of Brittle Dental Materials. **Journal of Dental Research**, v. 69, p. 1791-1799, dez 1990.

BARBOSA, M. T. **Avaliação in vitro das adaptações marginal e interna de coroas cerâmicas confeccionadas com os sistemas injetável e CAD/CAM**. 2008. 158 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BHAMRA, G.; PALIN, W. M.; FLEMING, G. J. P. The effect of surface roughness on the flexure strength of an alumina reinforced all-ceramic crown material. **Journal of Dentistry**, v. 30, n. 4, p. 153-160, maio 2002.

CHANG, I.S.; LEE, S.H.; YANG, J.H.; HAN, J.S.; LEE J.B. The effect of surface finishes on flexural strength, fracture toughness of feldspathic dental porcelain. **Journal of Korean Academy of Prosthodontics**, v. 43, n. 3, p. 293-305, jun 2005.

CHEN, H. Y.; HICKEL, R.; SETCOS, J. C.; KUNZELMANN, K. H. Effects of surface finish and fatigue testing on the fracture strength of CAD-CAM and pressed-ceramic crowns. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 82, n. 4, p. 468-475, out 1999.

COOK, R. F.; LAWN, B. R.; DABBS, T. P.; CHANTIKUL, P. Effect of Machining Damage on the Strength of a Glass-Ceramic. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 64, p. C-121-C-122, set 1981.

FISCHER, H.; SCHAFFER, M.; MARX, R. Effect of Surface Roughness on Flexural Strength of Veneer Ceramics. **Journal of Dental Research**, v. 82, p. 972-975, 1 dez 2003.

FISCHER, J.; STAWARCZYK, B.; HÄMMERLE, C. H. F. Flexural strength of veneering ceramics for zirconia. **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 5, p. 316-321, maio 2008.

FLURY, S.; LUSSI, A.; ZIMMERLI, B. Performance of different polishing techniques for direct CAD/CAM ceramic restorations. **Operative Dentistry**, v. 35, n. 4, p. 470-481, ago 2010.

FUJITA, H.; BIANCHI, E. C.; AGUIAR, P. R. DE; SANCHEZ, L. E. DE A.; SILVA JR., C. E. DA. Contribuição ao estudo da retificação abrasiva de materiais cerâmicos. **Cerâmica**, v. 52, p. 269-275, dez 2006.

GIORDANO, R A, 2nd; CAMPBELL, S.; POBER, R. Flexural strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 71, n. 5, p. 468-472, maio 1994.

GIORDANO, R.; CIMA, M.; POBER, R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 8, n. 4, p. 311-319, ago 1995.

GONZAGA, C. C.; CESAR, P. F.; MIRANDA, W. G., Jr; YOSHIMURA, H. N. Slow crack growth and reliability of dental ceramics. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 27, n. 4, p. 394-406, abr 2011.

GRIGGS, J. A.; THOMPSON, J. Y.; ANUSAVICE, K. J. Effects of Flaw Size and Auto-glaze Treatment on Porcelain Strength. **Journal of Dental Research**, v. 75, p. 1414-1417, 1 jun 1996.

GUAZZATO, M; QUACH, L; ALBAKRY, M; SWAIN, M. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. **Journal of Dentistry**, v. 33, p. 9-18, jan 2005.

GUAZZATO, M.; ALBAKRY, M.; QUACH, L.; SWAIN, M. V. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of a

glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced dental ceramic. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 21, n. 5, p. 454-463, maio 2005.

GUAZZATO, M.; ALBAKRY, M.; QUACH, L.; SWAIN, M. V. Influence of grinding, sandblasting, polishing and heat treatment on the flexural strength of a glass-infiltrated alumina-reinforced dental ceramic. **Biomaterials**, v. 25, n. 11, p. 2153-2160, maio 2004.

HEINTZE, S. D.; CAVALLERI, A.; FORJANIC, M.; ZELLWEGER, G.; ROUSSON, V. Wear of ceramic and antagonist--a systematic evaluation of influencing factors in vitro. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 24, n. 4, p. 433-449, abr 2008.

HERION, D. T.; FERRACANE, J. L.; COVELL, D. A., Jr. Porcelain surface alterations and refinishing after use of two orthodontic bonding methods. **The Angle Orthodontist**, v. 80, n. 1, p. 167-174, jan 2010.

HUNG, C.-Y.; LAI, Y.-L.; HSIEH, Y.-L.; CHI, L.-Y.; LEE, S.-Y. Effects of simulated clinical grinding and subsequent heat treatment on microcrack healing of a lithium disilicate ceramic. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 21, n. 6, p. 496-498, dez 2008.

JAGER, N. DE; FEILZER, A. J.; DAVIDSON, C. L. The influence of surface roughness on porcelain strength. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 16, n. 6, p. 381-388, nov 2000.

JAGGER, D. C.; HARRISON, A. An in vitro investigation into the wear effects of unglazed, glazed, and polished porcelain on human enamel. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 72, n. 3, p. 320-323, set 1994.

JORGE, R.M. **Rugosidade de superfície e resistência flexural do IPS Empress 2 submetida a seis tratamentos de superfície**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007.

KARAN, S.; TOROGLU, M. S. Porcelain refinishing with two different polishing systems after orthodontic debonding. **The Angle Orthodontist**, v. 78, n. 5, p. 947-953, set 2008.

KAWAI, K.; URANO, M.; EBISU, S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 83, n. 6, p. 664-667, jun 2000.

KELLY, J. R. Perspectives on strength. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 11, n. 2, p. 103-110, mar 1995.

KITAZAKI, H.; TAKAHASHI, H.; HASEGAWA, S.; NISHIMURA, F. Effect of amount of grinding on flexural strength of dental ceramics. **Journal of Medical and Dental Sciences**, v. 48, n. 1, p. 7-13, mar 2001.

KOU, W.; MOLIN, M.; SJÖGREN, G. Surface roughness of five different dental ceramic core materials after grinding and polishing. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 33, n. 2, p. 117-124, fev 2006.

LIMA, L. T. A. **Avaliação do desajuste vertical e da espessura de película de infra-estruturas de três sistemas cerâmicos**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

LOHBAUER, U.; KRÄMER, N.; PETSCHERT, A.; FRANKENBERGER, R. Correlation of in vitro fatigue data and in vivo clinical performance of a glassceramic material. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 24, n. 1, p. 39-44, jan 2008.

LOHBAUER, U.; MÜLLER, F. A.; PETSCHERT, A. Influence of surface roughness on mechanical strength of resin composite versus glass ceramic materials. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 24, n. 2, p. 250-256, fev 2008.

MAGNE, P.; PARANHOS, M. P. G.; SCHLICHTING, L. H. Influence of material selection on the risk of inlay fracture during pre-cementation functional occlusal tapping. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 27, n. 2, p. 109-113, fev 2011.

MARSHALL, D.B. ; RITTER, J.E. Reliability of advanced structural ceramics and ceramic matrix composites - A review. **American Ceramic Society Bulletin**, v. 66, n. 2, 1987.

NAKAMURA, Y.; HOJO, S.; SATO, H. Effects of thermal cycling and surface roughness on the Weibull distribution of porcelain strength. **Dental Materials Journal**, v. 28, n. 4, p. 433-437, jul 2009.

NAKAMURA, Y.; HOJO, S.; SATO, H. The effect of surface roughness on the Weibull distribution of porcelain strength. **Dental Materials Journal**, v. 29, n. 1, p. 30-34, jan 2010.

NAKAZATO, T.; TAKAHASHI, H.; YAMAMOTO, M.; NISHIMURA, F.; KUROSAKI, N. Effect of polishing on cyclic fatigue strength of CAD/CAM ceramics. **Dental Materials Journal**, v. 18, n. 4, p. 395-402, dez 1999.

OLIVEIRA, M.C.S.; VIEIRA, A.C.; MIRANDA, C.B.; NOYA, M.S. The effect of polishing techniques on the surface roughness of a feldspathic porcelain. **Rev. Odonto Ciênc**, v. 23, n. 4, p. 330-332, ago 2008.

RIBEIRO, L. M. G. **Avaliação da adaptação marginal e interna de facetas cerâmicas confeccionadas por três diferentes métodos**. 2010. 108 f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SARAC, D.; SARAC, Y. S.; YUZBASIOGLU, E.; BAL, S. The effects of porcelain polishing systems on the color and surface texture of feldspathic porcelain. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 96, n. 2, p. 122-128, ago 2006.

SARAÇ, Y. S.; ELEKDAG-TURK, S.; SARAÇ, D.; TURK, T. Surface conditioning methods and polishing techniques effect on surface roughness of a feldspar ceramic. **The Angle Orthodontist**, v. 77, n. 4, p. 723-728, jul 2007.

SARIKAYA, I.; GÜLER, A. U. Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains. **Journal of Applied Oral Science: Revista FOB**, v. 18, n. 1, p. 10-16, fev 2010.

SASAHARA, R. M. C.; RIBEIRO, F. DA C.; CESAR, P. F.; YOSHIMURA, H. N. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. **Operative Dentistry**, v. 31, n. 5, p. 577-583, out 2006.

SCURRIA, M. S.; POWERS, J. M. Surface roughness of two polished ceramic materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 71, n. 2, p. 174-177, fev 1994.

SONG, X-F; YIN, L. Stress and damage at the bur-prosthesis interface in dental adjustments of a leucite-reinforced glass ceramic. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 37, n. 9, p. 680-691, set 2010.

SONG, X-F; YIN, L; HAN, Y-G; WANG, H. Micro-fine finishing of a feldspar porcelain for dental prostheses. **Medical Engineering & Physics**, v. 30, n. 7, p. 856-864, set 2008.

TICIANELI, M.G. **Análise Rugosimétrica de Duas Cerâmicas Odontológicas Submetidas a Diferentes Tratamentos de Superfície**. 2003. 144 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2003.

THOLT, B.; MIRANDA-JÚNIOR, W. G.; PRIOLI, R.; THOMPSON, J.; ODA, M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. **Operative Dentistry**, v. 31, n. 4, p. 442-449, ago 2006.

TUAN, W.; KUO, J. Effect of abrasive grinding on the strength and reliability of alumina. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 18, p. 799-806, 1998.

TUAN, W.; KUO, J. Contribution of residual stress to the strength of abrasive ground alumina. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 19, p. 1593-1597, jun 1999.

WAGNER, W.C.; CHU, T. M. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 76, p. 140-144, ago 1996.

WERNECK, R. D.; NEISSER, M. P. Rugosidade superficial de uma porcelana feldspática odontológica após simulação de ajuste oclusal e polimento. **Revista Odonto Ciência**, v. 23, n. 2, p. 166-169, abr.-jun. 2008.

WHITEHEAD, S. A.; SHEARER, A. C.; WATTS, D. C.; WILSON, N. H. Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. **Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials**, v. 15, n. 2, p. 79-86, mar 1999.

WRIGHT, M. D.; MASRI, R.; DRISCOLL, C. F. *et al.* Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 92, n. 5, p. 486-490, nov 2004.

YILMAZ, C.; KORKMAZ, T.; DEMIRKÖPRÜLÜ, H.; ERGÜN, G.; OZKAN, Y. Color stability of glazed and polished dental porcelains. **Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists**, v. 17, n. 1, p. 20-24, jan 2008.

YONDEM, I.; INAN, O. The Effect of Different Surface Finishing Procedures on Surface Roughness and Fracture Toughness in All-Ceramic Restorations. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, v. 8, p. 437-445, mar 2011.

YUZUGULLU, B.; CELIK, C.; ERKUT, S.; OZCELIK, T. B. The effects of extraoral porcelain polishing sequences on surface roughness and color of feldspathic porcelain. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 22, n. 5, p. 472-475, out 2009.

ZOGHEIB, L. V.; BONA, A. D.; KIMPARA, E. T.; MCCABE, J. F. Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. **Brazilian Dental Journal**, v. 22, n. 1, p. 45-50, 2011.

APÊNDICE A – MEDIDAS DOS ESPÉCIMES

G1 (CONTROLE)				
Número	Largura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	4,34	4,34	4,40	4,36
2	4,29	4,41	4,25	4,32
3	4,45	4,53	4,35	4,45
4	4,42	4,48	4,42	4,44
5	4,31	4,42	4,41	4,38
6	4,44	4,51	4,33	4,43
7	4,15	4,25	4,25	4,22
8	4,17	4,39	4,28	4,28
9	4,35	4,26	4,25	4,29
10	4,2	4,2	4,26	4,22

G1 (CONTROLE)				
Número	Espessura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,24	1,12	1,15	1,17
2	1,35	1,29	1,26	1,3
3	1,2	1,27	1,26	1,25
4	1,32	1,32	1,32	1,32
5	1,31	1,32	1,25	1,3
6	1,33	1,33	1,38	1,35
7	1,29	1,27	1,34	1,3
8	1,57	1,55	1,6	1,58
9	1,15	1,19	1,19	1,18
10	1,45	1,52	1,61	1,53
Média Aritmética do grupo				1,33

G2 (AJUSTE EXTERNO)				
Número	Largura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	4,2	4,26	4,24	4,24
2	4,17	4,3	4,35	4,28
3	4,23	4,36	4,16	4,25
4	4,22	4,4	4,43	4,35
5	4,4	4,41	4,3	4,37
6	4,43	4,4	4,29	4,38
7	4,3	4,36	4,11	4,25
8	4,27	4,31	4,44	4,34
9	4,3	4,34	4,59	4,41
10	4,41	4,3	4,22	4,31

G2 (AJUSTE EXTERNO)				
Número	Espessura pré-ajuste			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,18	1,19	1,31	1,27
2	1,24	1,24	1,27	1,25
3	1,2	1,33	1,23	1,25
4	1,24	1,27	1,18	1,23
5	1,4	1,44	1,4	1,42
6	1,17	1,24	1,27	1,23
7	1,42	1,43	1,52	1,46
8	1,19	1,27	1,35	1,27
9	1,42	1,43	1,19	1,35
10	1,34	1,22	1,18	1,25
Média Aritmética do grupo				1,29

G2 (AJUSTE EXTERNO)				
Número	Espessura pós-ajuste			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,24	1,19	1,18	1,21
2	1,16	1,22	1,18	1,19
3	1,12	1,26	1,24	1,21
4	1,18	1,11	1,17	1,16
5	1,4	1,38	1,32	1,37
6	1,11	1,14	1,21	1,16
7	1,49	1,38	1,41	1,43
8	1,27	1,24	1,26	1,26
9	1,54	1,43	1,38	1,45
10	1,27	1,28	1,16	1,24
Média Aritmética do grupo				1,27

G3 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO)				
Número	Largura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	4,21	4,18	4,19	4,2
2	3,95	4,06	3,99	4
3	4	4,01	3,96	3,99
4	4,18	4,24	4,22	4,22
5	4,11	4,09	4,06	4,09
6	4,01	4,06	4,05	4,04
7	4,01	4,03	4,05	4,03
8	3,97	4,02	4,01	4
9	4,03	4,03	4,02	4,03
10	4,03	4,09	4,02	4,05

G3 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO)				
Número	Espessura pré-ajuste/polimento			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,28	1,43	1,52	1,41
2	1,21	1,2	1,28	1,23
3	1,25	1,19	1,23	1,23
4	1,29	1,25	1,21	1,25
5	1,15	1,13	1,18	1,16
6	1,3	1,27	1,25	1,28
7	1,26	1,22	1,27	1,25
8	1,27	1,23	1,25	1,25
9	1,31	1,2	1,2	1,24
10	1,3	1,31	1,28	1,30
Média Aritmética do grupo				1,27

G3 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO)				
Número	Espessura pós-ajuste/polimento			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,25	1,29	1,24	1,26
2	1,2	1,17	1,17	1,18
3	1,2	1,16	1,16	1,18
4	1,14	1,26	1,26	1,22
5	1,13	1,12	1,11	1,12
6	1,28	1,21	1,2	1,23
7	1,15	1,16	1,17	1,16
8	1,21	1,17	1,19	1,19
9	1,13	1,18	1,26	1,19
10	1,24	1,33	1,23	1,27
Média Aritmética do grupo				1,20

G4 (AJUSTE INTERNO)				
Número	Largura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	4,13	4,36	4,25	4,25
2	3,95	4,15	4,08	4,06
3	3,98	4,06	3,97	4,01
4	4,39	4,47	4,41	4,43
5	4,44	4,43	4,49	4,46
6	4,04	4,02	4,04	4,04
7	4,04	4,08	4,07	4,07
8	3,99	4,03	4,04	4,02
9	3,85	3,94	3,94	3,91
10	4,05	4,04	4,03	4,04

G4 (AJUSTE INTERNO)				
Número	Espessura pré-ajuste			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,19	1,3	1,19	1,23
2	1,22	1,35	1,4	1,32
3	1,21	1,22	1,2	1,21
4	1,24	1,2	1,27	1,23
5	1,31	1,27	1,4	1,32
6	1,22	1,24	1,21	1,23
7	1,27	1,31	1,22	1,26
8	1,25	1,21	1,2	1,22
9	1,22	1,3	1,29	1,27
10	1,18	1,16	1,18	1,17
Média Aritmética do grupo				1,25

G4 (AJUSTE INTERNO)				
Número	Espessura pós-ajuste			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,19	1,24	1,21	1,22
2	1,23	1,35	1,21	1,27
3	1,18	1,19	1,23	1,2
4	1,25	1,3	1,26	1,27
5	1,28	1,36	1,3	1,32
6	1,21	1,23	1,25	1,23
7	1,27	1,29	1,22	1,26
8	1,25	1,18	1,15	1,2
9	1,21	1,24	1,31	1,26
10	1,14	1,18	1,16	1,16
Média Aritmética do grupo				1,24

G5 (AJUSTE EXTERNO + AJUSTE INTERNO)				
Número	Largura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	4	4,05	4,03	4,03
2	4,04	4,08	4,05	4,06
3	4,09	4,04	4,08	4,07
4	4,07	4,07	3,98	4,04
5	3,91	3,94	4,06	3,97
6	4,14	4,17	4,1	4,14
7	4,25	4,33	4,45	4,35
8	4,4	4,43	4,38	4,41
9	3,98	4,12	3,95	4,02
10	4,19	4,23	4,25	4,23

G5 (AJUSTE EXTERNO + AJUSTE INTERNO)				
Número	Espessura pré-ajustes			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,22	1,19	1,18	1,20
2	1,16	1,17	1,19	1,17
3	1,3	1,29	1,3	1,30
4	1,21	1,25	1,27	1,24
5	1,23	1,27	1,34	1,28
6	1,26	1,23	1,28	1,26
7	1,34	1,22	1,25	1,27
8	1,33	1,27	1,3	1,3
9	1,3	1,25	1,21	1,25
10	1,44	1,39	1,35	1,40
Média Aritmética do grupo				1,27

G5 (AJUSTE EXTERNO + AJUSTE INTERNO)				
Número	Espessura pós-ajustes			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,2	1,14	1,13	1,16
2	1,11	1,14	1,14	1,13
3	1,25	1,2	1,15	1,2
4	1,27	1,21	1,21	1,23
5	1,24	1,15	1,15	1,18
6	1,18	1,17	1,18	1,18
7	1,28	1,25	1,22	1,25
8	1,27	1,14	1,26	1,23
9	1,19	1,1	1,25	1,18
10	1,27	1,36	1,34	1,33
Média Aritmética do grupo				1,21

G6 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO+ AJUSTE INTERNO)				
Número	Largura			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	3,98	3,97	3,99	3,98
2	4,32	4,33	4,37	4,34
3	3,94	3,99	3,9	3,95
4	4,09	4,07	4,03	4,07
5	4,11	4,1	4,02	4,08
6	4,41	4,34	4,31	4,36
7	4,02	4,12	4,14	4,1
8	4,02	4,07	4,05	4,05
9	3,95	4,05	4,02	4,01
10	4,16	4,31	4,32	4,27

G6 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO+ AJUSTE INTERNO)				
Número	Espessura pré-ajustes/polimento			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,29	1,32	1,33	1,31
2	1,22	1,36	1,33	1,3
3	1,29	1,23	1,29	1,27
4	1,28	1,15	1,23	1,22
5	1,27	1,28	1,25	1,27
6	1,23	1,34	1,31	1,3
7	1,24	1,16	1,21	1,2
8	1,28	1,27	1,31	1,29
9	1,25	1,25	1,29	1,26
10	1,32	1,22	1,25	1,26
Média Aritmética do grupo				1,27

G6 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO+ AJUSTE INTERNO)				
Número	Espessura pós-ajustes/polimento			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,23	1,23	1,19	1,22
2	1,26	1,21	1,2	1,23
3	1,22	1,18	1,2	1,2
4	1,2	1,16	1,06	1,14
5	1,23	1,21	1,18	1,21
6	1,2	1,29	1,2	1,23
7	1,15	1,11	1,15	1,14
8	1,21	1,16	1,2	1,19
9	1,21	1,13	1,13	1,16
10	1,22	1,26	1,2	1,23
Média Aritmética do grupo				1,195

APÊNDICE B – RESULTADOS RESISTÊNCIA FLEXURAL

G1 (CONTROLE)				
Número CP	b	d	Força (N)	Resistência (MPa)
1	4,36	1,17	51,7	194,90
2	4,32	1,3	65,1	200,63
3	4,45	1,25	64,1	207,42
4	4,44	1,32	56,2	163,45
5	4,38	1,3	89,6	272,35
6	4,43	1,35	54,8	152,72
7	4,22	1,3	59,9	188,98
8	4,28	1,58	97,5	205,32
9	4,29	1,18	51,9	195,49
10	4,22	1,53	71,5	162,85
Média aritmética do grupo				194,41

G2 (AJUSTE EXTERNO)				
Número CP	b	d	Força (N)	Resistência (MPa)
1	4,24	1,21	69,5	251,90
2	4,28	1,19	57,9	214,94
3	4,25	1,21	73,1	264,33
4	4,35	1,16	59,6	229,10
5	4,37	1,37	96,1	263,62
6	4,38	1,16	55	209,97
7	4,25	1,43	80,7	208,93
8	4,34	1,26	63,2	206,38
9	4,41	1,45	98,7	239,51
10	4,31	1,24	47,4	160,93
Média aritmética do grupo				224,96

G3 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO)				
Número CP	b	d	Força (N)	Resistência (MPa)
1	4,2	1,26	50,8	171,42
2	4	1,18	45,4	183,41
3	3,99	1,18	46,1	186,70
4	4,22	1,22	65,2	233,56
5	4,09	1,12	54,6	239,45
6	4,04	1,23	51,1	188,11
7	4,03	1,16	54,8	227,37
8	4	1,19	44,5	176,76
9	4,03	1,19	49,9	196,74
10	4,05	1,27	40,4	139,16
Média aritmética do grupo				194,27

G4 (AJUSTE INTERNO)				
Número CP	b	d	Força (N)	Resistência (MPa)
1	4,25	1,22	57,9	205,95
2	4,06	1,27	52,4	180,04
3	4,01	1,2	49,2	191,71
4	4,43	1,27	52,6	165,64
5	4,46	1,32	71	205,57
6	4,04	1,23	64,6	237,81
7	4,07	1,26	49,1	170,97
8	4,02	1,2	44,6	173,35
9	3,91	1,26	62	224,73
10	4,04	1,16	43	177,97
Média aritmética do grupo				193,37

G5 (AJUSTE EXTERNO + AJUSTE INTERNO)				
Número CP	b	d	Força (N)	Resistência (MPa)
1	4,03	1,16	57	236,50
2	4,06	1,13	44,8	194,44
3	4,07	1,2	37,8	145,12
4	4,04	1,23	52,9	194,74
5	3,97	1,18	48,1	195,78
6	4,14	1,18	57,1	222,87
7	4,35	1,25	47,1	155,92
8	4,41	1,23	55,5	187,17
9	4,02	1,18	51,2	205,81
10	4,23	1,33	57,2	172,00
Média aritmética do grupo				191,04

G6 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO + AJUSTE INTERNO)				
Número CP	b	d	Força (N)	Resistência (MPa)
1	3,98	1,22	43,6	165,60
2	4,34	1,23	61,3	210,06
3	3,95	1,2	46,5	183,94
4	4,07	1,14	51,9	220,77
5	4,08	1,21	45,1	169,87
6	4,36	1,23	63,5	216,60
7	4,1	1,14	39,6	167,22
8	4,05	1,19	46,1	180,86
9	4,01	1,16	53,8	224,34
10	4,27	1,23	42,2	146,98
Média aritmética do grupo				188,62

APÊNDICE C – RESULTADOS RUGOSIDADE SUPERFICIAL

G1 (CONTROLE)				
Número	Ra (µm)			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,47	1,14	1,12	1,243
2	1,45	1,24	1,6	1,430
3	1,22	1,92	1,86	1,667
4	1,14	0,83	1,07	1,013
5	1,2	0,94	1,05	1,063
6	1,68	0,99	0,91	1,193
7	1,3	1,56	1,6	1,487
8	1,61	0,86	1,14	1,203
9	1,24	1,16	1,33	1,243
10	1,18	0,93	1,01	1,040
Média Aritmética do grupo				1,26

G2 (AJUSTE EXTERNO)				
Número	Ra (µm)			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	0,96	1,64	1,17	1,257
2	0,6	0,77	0,98	0,783
3	1,25	1,46	1,82	1,510
4	0,77	0,98	0,83	0,860
5	1,37	0,98	1,17	1,173
6	1,17	1,43	1,92	1,507
7	0,85	0,85	1,06	0,920
8	1,28	1,33	1,66	1,423
9	1,2	1,3	1,04	1,180
10	0,99	0,78	1,24	1,003
Média Aritmética do grupo				1,16

G3 (AJUSTE EXTERNO + POLIMENTO)				
Número	Ra (μm)			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	0,52	0,67	0,53	0,573
2	0,81	0,75	0,91	0,823
3	0,88	1,16	1,03	1,023
4	0,46	0,44	0,44	0,447
5	0,9	0,77	0,99	0,887
6	0,77	0,89	0,77	0,810
7	0,54	0,39	0,59	0,507
8	0,63	0,46	0,46	0,517
9	0,44	0,72	0,6	0,587
10	0,86	0,94	0,98	0,927
Média Aritmética do grupo				0,71

G4 (AJUSTE INTERNO)				
Número	Ra (μm)			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,47	1,14	1,12	1,243
2	1,45	1,24	1,6	1,430
3	1,22	1,92	1,86	1,667
4	1,14	0,83	1,07	1,013
5	1,2	0,94	1,05	1,063
6	1,68	0,99	0,91	1,193
7	1,3	1,56	1,6	1,487
8	1,61	0,86	1,14	1,203
9	1,24	1,16	1,33	1,243
10	1,18	0,93	1,01	1,040
Média Aritmética do grupo				1,26

G5 (AJUSTE ESTERNO + AJUSTE INTERNO)				
Número	Ra (μm)			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	1,37	1,6	0,57	1,180
2	1,06	0,98	0,83	0,957
3	0,67	1,09	1,19	0,983
4	0,67	1,24	0,94	0,950
5	0,93	0,8	0,68	0,803
6	0,77	0,98	0,65	0,800
7	1,12	1,32	1,43	1,290
8	0,93	0,94	0,88	0,917
9	0,77	1,01	0,98	0,920
10	0,81	1,64	2,13	1,527
Média Aritmética do grupo				1,03

G6 (AJUSTE ESTERNO + POLIMENTO + AJUSTE INTERNO)				
Número	Ra (μm)			\bar{x}
CP	I	II	III	CP
1	0,73	0,67	0,7	0,700
2	1,16	0,85	1,15	1,053
3	0,78	0,49	0,63	0,633
4	0,7	0,63	0,78	0,703
5	0,88	0,73	1,35	0,987
6	1,24	1,01	1,3	1,183
7	0,65	0,75	1,47	0,957
8	0,72	0,77	0,98	0,823
9	0,5	0,46	0,78	0,580
10	1,35	0,85	0,73	0,977
Média Aritmética do grupo				0,86

