



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Rafael Wallace Cordeiro Manso

**Avaliação da dureza e rugosidade superficial de cerâmicas CAD-CAM, após
diferentes protocolos de queima**

Araraquara

2021



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Rafael Wallace Cordeiro Manso

Avaliação da dureza e rugosidade superficial de cerâmicas CAD-CAM, após diferentes protocolos de queima

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas, na Área de Dentística Restauradora

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos

Araraquara

2021

M289a Manso, Rafael Wallace Cordeiro
Avaliação da dureza e rugosidade superficial de
cerâmicas CAD-CAM, após diferentes protocolos de
queima / Rafael Wallace Cordeiro Manso. -- Araraquara,
2021
39 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientador: Edson Alves de Campos

1. Desenho Assistido por Computador. 2. Polimento
Dentário. 3. Porcelana Dentária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca
da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Rafael Wallace Cordeiro Manso

Avaliação da dureza e rugosidade superficial de cerâmicas CAD-CAM, após diferentes protocolos de queima

Comissão julgadora para obtenção do grau de mestre em Dentística Restauradora

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos

2º Examinador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

3º Examinador: Prof. Dr. Mateus Rodrigues Tonetto

Araraquara, 08 de fevereiro de 2021.

Dados Curriculares

Rafael Wallace Cordeiro Manso

Nascimento: 05 – 05 – 1992 – Xambrê – PR

Filiação: Maria José Cordeiro Manso

2012 – 2016 – Curso de graduação em Odontologia – Centro universitário da Grande Dourados – UNIGRAN

2017 – 2019 – Curso de Especialização em Dentística Restauradora pela Sociedade Educacional Herrero, mantenedora Faculdade Herrero Unidade de pós-graduação Regional Dourados/MS

Dedico este trabalho à minha esposa Ranielle Nogueira da Silva Vilela, esteve do meu lado desde o início da minha jornada que hoje se tornou nossa. Minha maior realização é estar ao seu lado.

À minha filha Catarina Vilela Manso, meu maior presente é você.
A toda minha família, dando todo amparo em busca dessa realização.

Amo vocês!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Durante o processo de Graduação em odontologia conheci um professor, que mais tarde se tornou meu orientador, um exemplo de caráter e paixão pela profissão demonstrando como é ser um professor.

Ao meu grande amigo Prof. Dr. **André Afif Elossais** que sempre me apoiou e me incentivou a buscar meus objetivos, você faz parte desse sonho.

Ao longo do curso de mestrado tive o privilégio de ter dois grandes professores e amigos: Prof. Dr. **Marcelo Ferrarezi de Andrade** e Prof. Dr. **José Roberto Cury Saad**, pessoas ímpares de extrema capacidade e competência. Ambos permitiram e me ajudaram para que tivesse grandes experiências almejando chegar cada vez mais longe.

Ao meu orientador: Prof. Dr. **Edson Alves de Campos**.

No decorrer do curso de mestrado e os anos vividos em Araraquara, você e sua família abraçaram e compartilharam grandes momentos comigo, minha mulher e nossa filha, hoje além de orientador você se tornou um grande amigo e com o nascimento da Catarina nos tornamos família. Você foi muito importante durante a etapa do mestrado, seu apoio e incentivo me ajudou a buscar objetivos maiores e superar todas as dificuldades encontradas. Exemplo de caráter e conduta no ensino e orientação, um grande exemplo para todos que estão ao seu redor.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Araraquara – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, seu diretor **Prof. Dr. Edson Alves de Campos** e vice-diretora **Profa. Dra. Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia**.

Aos queridos professores do Programa de Pós-Graduação em Dentística Restauradora, **Prof. Dr. Edson Alves de Campos, Prof. Dr. José Roberto Cury Saad, Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade, Profa. Dra. Alessandra Nara de Souza Rastelli, Prof. Dr. Osmir Batista de Oliveira Jr. e Profa. Dra. Andrea Abi Rached Dantas** pelos ensinamentos.

Aos meus amigos e colegas no curso de pós-graduação, área de concentração Dentística Restauradora, Aryvelto Miranda, Joissi Zaniboni, Cristiane Alencar, Paulo Neto, Reinaldo Oliveira, muito obrigado pela amizade e convívio.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora, queridíssima **Creuza Maria Hortenci, Vanderlei José Antônio da Silva** sempre dispostos a ajudar.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, **José Alexandre Garcia e Cristiano Afonso Lamounier**.

À todos os funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara, em especial a servidora **Ana Cristina Jorge** pela atenção, respeito e afeto com que sempre recebem.

À CAPES – O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

MUITO OBRIGADO!

Desejo que você

“Não tenha medo da vida, tenha medo de não vivê-la.

Não há céu sem tempestades, nem caminhos sem acidentes.

Só é digno do pódio quem usa as derrotas para alcançá-lo.

Só é digno da sabedoria quem usa as lágrimas para irrigá-la.

Os frágeis usam a força; os fortes, a inteligência.

Seja um sonhador, mas una seus sonhos com disciplina,

Pois sonhos sem disciplina produzem pessoas frustradas.

Seja um debatedor de ideias. Lute pelo que você ama.”

Augusto Cury*

* Cury A. psiquiatra e escritor.

Manso RWC. Avaliação da dureza e rugosidade superficial de cerâmicas CAD/CAM, após diferentes protocolos de queima [dissertação de mestrado]. Faculdade de Odontologia de Araraquara UNESP; 2021.

RESUMO

A odontologia digital vem sendo aplicada amplamente e restaurações executadas a partir de sistemas CAD-CAM são cada vez mais utilizadas pelo cirurgião dentista. Nesse sentido, é importante avaliar as propriedades dos materiais do sistema CAD-CAM principalmente quando submetidos a diferentes tratamentos durante sua queima. Sendo assim o propósito foi avaliar o efeito de diferentes tipos de protocolos de queima de glaze sobre a dureza e rugosidade superficial de cerâmicas CAD-CAM. Foram utilizados 3 tipos de blocos cerâmicos para confecção dos espécimes: dissilicato de lítio (DIS), feldspática reforçada com leucita (LEU) e silicato de lítio reforçada com zircônia (SLZ). O tratamento térmico foi realizado nos grupos experimentais da seguinte maneira: glaze convencional (GC) o tratamento seguiu as orientações do fabricante, os espécimes são mantidos por 820°, 790° e 840° graus centígrados por 7 minutos, 1 minuto e 8 minutos, para os materiais (DIS), (LEU) e (SLZ) e então o forno é aberto abruptamente; glaze estendido (GE) os espécimes foram mantidos durante 15 minutos em temperatura máxima de queima e o forno permaneceu fechado até atingir a temperatura de 200°C para ser aberto; grupo controle (GP) - polimento com kit de borrachas abrasivas. No total, foram constituídos 9 grupos (n=10). A rugosidade superficial (Ra) de cada espécime foi aferida ao final da queima do glaze e polimento. Para avaliação da dureza, foi realizado teste de microdureza Vickers (VHN) após os protocolos de queima e polimento. Os resultados obtidos demonstraram que o GE resultou em maior lisura superficial para o material (SLZ). Considerando o material LEU, o GC resultou em maiores valores de Ra comparado aos demais grupos, entretanto a Ra obtida no GE só diferiu para com o GC - LEU. Para os valores de VHN, o grupo DIS - GP que recebeu polimento não diferiu significativamente em relação a todos os outros grupos. No caso da SLZ- GE foi observado maior valor médio de VHN quando comparado aos demais tratamentos e materiais estudados.

Palavras chave: Desenho Assistido por Computador. Polimento Dentário. Porcelana Dentária.

Manso RWC. Evaluation of hardness and surface roughness of CAD / CAM ceramics, after different firing protocols [dissertação de mestrado]. Faculdade de Odontologia de Araraquara UNESP; 2021.

ABSTRACT

Digital dentistry has been widely applied and restorations performed using CAD-CAM systems are increasingly used by dentists. In this sense, it is important to evaluate the properties of the materials of the CAD-CAM system, especially when subjected to different treatments during firing. Therefore, the purpose was to evaluate the effect of different types of glaze firing protocols on the hardness and surface roughness of CAD-CAM ceramics. Three types of ceramic blocks were used to make the specimens: lithium disilicate (DIS), feldspar reinforced with leucite (LEU) and lithium silicate reinforced with zirconia (SLZ). The thermal treatment was carried out in the experimental groups as follows: conventional glaze (GC) the treatment followed the manufacturer's guidelines, the specimens are maintained for 820°, 790° and 840° centigrade for 7 minutes, 1 minute and 8 minutes, for the materials (DIS), (LEU) and (SLZ) and then the oven is abruptly spruce; extended glaze (GE) the specimens were kept for 15 minutes at maximum burning temperature and the oven remained closed until reaching a temperature of 200°C to be opened; control group (GP) - polishing with abrasive rubbers kit. In total, 9 groups were formed (n = 10). The surface roughness (Ra) of each specimen was measured at the end of the glaze burning and polishing. To assess the hardness, Vickers microhardness test (VHN) was carried out after the burning and polishing protocols. The results obtained demonstrated that the GE resulted in a greater surface smoothness for the material (SLZ). Considering the LEU material, the CG resulted in higher Ra values compared to the other groups, however the Ra obtained in the GE only differed from the GC - LEU. For VHN values, the group DIS - GP that received polishing did not differ significantly in relation to all other groups. In the case of SLZ-GE, a higher mean VHN value was observed when compared to the other treatments and materials studied

Keywords: Computer-Aided Design. Dental Polishing. Dental Porcelain.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1- Distribuição dos materiais com respectivos Fabricantes e composição.....	12
Figura 1- Dispositivo criado para similar o processo de fresagem.....	13
Quadro 2- Divisão dos grupos experimentais.....	14
Quadro 3- Materiais utilizados para diferentes tratamentos superficiais	15
Quadro 4- Protocolos de queima de diferentes blocos CAD-CAM, forno Programat p310.....	16
Figura 2- Representação do espécime a ser utilizado no estudo e o teste a ser utilizado.....	17
Figura 3- Rugosímetro utilizado para o estudo.....	17
Figura 4- Aparelho utilizado para avaliar a dureza dos corpos de prova estudados.....	18
Figura 5- Intervalo de confiança (95%) para rugosidade superficial após diferentes tratamentos de superfície.....	21
Figura 6- Valores médios \pm desvios-padrão para microdureza após diferentes tratamentos de superfície.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados de Análise de Variância (ANOVA) para comparação de rugosidade superficial e microdureza em blocos cerâmicos CAD-CAM.....	21
--	----

Lista de abreviaturas

DIS - Dissilicato de Lítio

DIS-P - Dissilicato de Lítio com Polimento

DIS-GC - Dissilicato de Lítio com Glaze Convencional

DIS-GE - Dissilicato de Lítio com Glaze Estendido

GC - Glaze Convencional

GE - Glaze Estendido

LEU - Feldspática reforçada com Leucita

LEU-P - Feldspática reforçada com Leucita com Polimeto

LEU-GC - Feldspática reforçada com Leucita com Glaze Convencional

LEU-GE - Feldspática reforçada com Leucita com Glaze Estendido

P - Polimento

Ra - Rugosidade Superficial

SLZ - Silicato de Lítio reforçado com Zircônia

SLZ-P - Silicato de Lítio reforçado com Zircônia com Polimento

SLZ-GC - Silicato de Lítio reforçado com Zircônia com Galze Convencional

SLZ-GE - Silicato de Lítio reforçado com Zircônia com Glaze Estendido

VHN - Microdureza Vickers

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROPOSIÇÃO.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Obtenção dos Espécimes.....	12
3.2 Análise Estatística.....	19
4 RESULTADOS.....	20
5 DISCUSSÃO	23
6 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas odontológicas são indicadas cada vez mais, não apenas em restaurações anteriores como também posteriores extensas, por apresentarem um alto desempenho clínico, ótima estética e uma boa taxa de sobrevida¹⁻⁴. As vitro - cerâmicas estão sendo difundidas amplamente em casos de restaurações posteriores, fornecendo maior resistência mecânica, superando as cerâmicas feldspáticas e mantendo uma estética desejável. O aprimoramento das propriedades mecânicas desses materiais é devido ao maior conteúdo de cristais presentes, como a leucita, dissilicato e zircônia incorporados na matriz vítrea da cerâmica^{5,6}.

Com a crescente expansão da tecnologia CAD-CAM e o surgimento dos blocos cerâmicos confeccionados industrialmente, o material é padronizado e mais homogêneo, reduzindo as chances de falha devido a sensibilidade da técnica, quando comparado à técnica convencional que permite muitas variáveis⁷⁻⁹. Entretanto, com todos os avanços relacionados a resistência à fratura, as cerâmicas ainda apresentam uma certa fragilidade, incorporando tensões residuais devido ao processo de fresagem, podendo assim apresentar diferentes tipos de falha¹⁰⁻¹².

Diferentes métodos de protocolos de queima são utilizados para tentar conter as tensões residuais oriundas do processo de usinagem^{13,14}. Esses tratamentos consistem em utilizar uma temperatura próxima da transição vítrea, devido a redução da viscosidade do material, promovendo certo relaxamento das tensões internas da cerâmica^{15,16}. No entanto, ciclos térmicos onde a temperatura é elevada próxima ao nível de amolecimento do material têm sido relatados na tentativa de promover uma possível cicatrização dos defeitos apresentados nas cerâmicas. No entanto, esse aumento da temperatura não sela completamente as fissuras induzidas pelo processo de fresagem sendo necessários outros artifícios para complementar esse processo de cicatrização de fissuras^{17,18}.

Uma característica importante nos protocolos de queima para as vitro-cerâmicas que pode auxiliar no processo de cicatrização de fissuras é o tipo de resfriamento (rápido/lento) sendo esse que irá determinar a quantidade de tensão liberada ou acumulada nestas cerâmicas^{14,19}. O vidro apresenta um

comportamento sólido e toda sua contração gera uma tensão residual confinada no interior do material, quando este apresenta uma temperatura de transição abaixo da necessária²⁰. Havendo um resfriamento abrupto uma contração térmica é gerada, e a solidificação do material não é uniforme devido as variações na temperatura, causando um possível enfraquecimento do material ²¹.

As diferentes composições dos materiais vítreos apresentam algumas fases que se comportam de forma distinta durante o processo de queima²²⁻²⁴. Nesses casos deve haver um equilíbrio durante o tratamento térmico para que atenda as fases necessárias, pois dependendo da técnica escolhida, poderá haver uma possível alteração nos cristais e também nas fases constituintes dos materiais^{25,26}. Alguns estudos apontam que ciclos térmicos de rotina laboratorial como o glaze, podem estar relacionados a mudanças estruturais, podendo reduzir a resistência desses materiais comprometendo sua longevidade clínica ^{18,27-29}.

Portanto o presente estudo busca preencher uma lacuna, relacionada aos diferentes tipos de protocolos de queima de glaze e sua influência sobre a dureza e rugosidade superficial de blocos cerâmicos utilizados no sistema CAD-CAM.

Hipóteses nulas a serem testadas:

- A dureza não é influenciada pelo protocolo de queima de glaze.
- A rugosidade superficial não é influenciada pelo protocolo de queima de glaze.

2 PROPOSIÇÃO

O propósito do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes protocolos de queima de glaze sobre a microdureza e rugosidade superficial de diferentes materiais cerâmicos CAD-CAM: dissilicato de lítio, feldpástica reforçada com leucita e silicato de lítio com zircônia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizados diferentes materiais cerâmicos CAD-CAM, conforme descrito no quadro 1.

Quadro 1 - Distribuição dos materiais com respectivos fabricantes e composição

Cerâmica	Fabricante	Composição	Lote	Cor	Microestrutura	Código
IPS e.max CAD	Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, ZnO, Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ e outros óxidos	Y25092	A2	Lithium disilicate glass ceramic. When fully crystallized: lithium disilicate crystals (Li ₂ Si ₂ O ₅) ≈70% vol surrounded by a glassy matrix	DIS
IPS Empress CAD	Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O, CaO e outros óxidos e pigmentos	Y26515	A2	Leucite glass ceramic. Leucite crystals (K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂) ≈35–45% vol surrounded by a glassy matrix	LEU
Vita Suprinity	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, B ₂ O ₃ , CaO, ZrO ₂	48522	A2	Zirconia-reinforced lithium silicate glass ceramic. When fully crystallized: lithium disilicate (Li ₂ Si ₂ O ₅) and lithium metasilicate crystals (Li ₂ SiO ₃)	SLZ

FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.

Fonte: Elaboração própria.

3.1 Obtenção dos Espécimes

Para a obtenção dos 90 espécimes foram utilizados blocos cerâmicos com apresentação comercial no tamanho C14 dos seguintes materiais: dissilicato de lítio (DIS), feldspática reforçada com leucita (LEU) e silicato de

Lítio reforçado com zircônia (SLZ). Os blocos foram seccionados com máquina de corte (Isomet Buehler 1000, Lake Bluff, IL, USA) com objetivo de obter espécimes com espessura de 1,5 mm. As medidas obtidas foram confirmadas com um paquímetro analógico (Mitutoyo, série 530-104/BR) com precisão de $\pm 0,05$ mm.

Para asperização dos espécimes (simulação imediatamente após fresagem) foi utilizada uma ponta diamantada específica para o sistema CAD-CAM como indicado pelo fabricante, ponta escalonada 12S (Sirona Dental Systems GmbH, Germany) com diâmetro 1,8 mm e granulometria de 64 micrômetros, adaptada em peça reta acoplada a um micro - motor (Kavo Kerr Germany **ELECTROmatic PM-S**) elétrico com velocidade controlada de 20000 rpm sem refrigeração. A ponta diamantada atuou por 30 segundos, em movimentos de subida e descida figura 1.

Figura 1 - Dispositivo criado para simular o processo de fresagem



FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.
Fonte: Arquivo pessoal.

Após a asperização dos materiais, os mesmos foram depositados em recipientes individualizados e aleatoriamente alocados nos grupos. Os grupos experimentais são apresentados no quadro 2 (n=10).

Quadro 2 - Divisão dos grupos experimentais

MATERIAL	TRATAMENTO		
	Polimento	Glaze Convencional	Glaze Estendido
Dissilicato	DIS-P	DIS-GC	DIS-GE
Leucita	LEU-P	LEU-GC	LEU-GE
Silicato com zircônia	SLZ-P	SLZ-GC	SLZ-GE

FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Para os grupos de polimento (P), os espécimes foram polidos por um único operador, com a sequência de borrachas abrasivas (Sistema Shofu Porcelain Adjustment Kit - SHOFU, Japão) pelo tempo de 40s e velocidade de 10000 rpm.

Nos grupos experimentais com glaze, todas as cerâmicas receberam um tratamento térmico utilizando o forno (Programat® P310 Ivoclar Vivadent® Technical - software 4.0) para cristalização e em seguida queima de glaze. A diluição do glaze foi realizado na proporção de 3 partes para 1 gota de diluente. O glaze foi aplicado por um operador calibrado, utilizando pincel de cerdas sintéticas (Keramik 702®) em movimentos oscilatórios em um único sentido evitando a formação de bolhas de ar.

Os materiais utilizados para as diferentes queimas de glaze são descritos quadro 3.

Quadro 3 - Materiais utilizados para diferentes tratamentos superficiais

Material	Nome comercial	Apresentação	Lote
Emax cad MT A2	IPS e.max CAD Crystall./Glaze paste.	Pasta+diluyente	Y09275; W30363
Empress cad LT A2	IPS e.max CAD Crystall./Glaze paste.	Pasta+diluyente	Y09275; W30363
VITA SUPRINITY®	VITA AKZENT Plus POWDER	Pó+liquido	42140; 42532
Borrachas abrasivas em escala decrescente Cearasmitte Shofu	Sistema Shofu Porcelain Adjustment Kit - SHOFU, Japão	Acabamento, polimento e alto brilho	LB19080601
Pincel	Keramik 702	Cerdas sintéticas	_____

FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Os ciclos de queima utilizados neste estudo estão descritos a seguir. No caso do silicato de lítio reforçado por zircônia houve uma taxa de aquecimento de 55 °C por minuto, até atingir a temperatura de 840 °C e mantida por 8 minutos, em ambiente a vácuo entre as temperaturas de 410/840 °C. Após esse tempo o forno permaneceu fechado até atingir a temperatura de 680°C e foi aberto abruptamente (resfriamento rápido). Para o dissilicato de lítio o forno aqueceu 90°C por minuto até atingir a temperatura de 820 °C e mantido por 6 segundos, mantido no ambiente a vácuo entre 450 à 820 °C. O vácuo foi desligado em seguida e a temperatura foi elevada até 840 °C e mantida por 7 minutos. após esse tempo iniciou-se o processo de arrefecimento até a temperatura de 700 °C e o forno aberto abruptamente. A cerâmica feldspática reforçada por leucita sofreu o processo de queima com um aumento de 60 °C por minuto até chegar a temperatura de 790 °C e mantida por 1 minuto e vácuo aplicado entre 450 e 790 °C, sendo então aberto rapidamente. No protocolo da queima estendida os espécimes foram mantidos por 15 minutos nas temperaturas de 840, 840 e 790 °C, respectivamente para as cerâmicas de silicato, dissilicato e feldspática, foi utilizado o resfriamento lento para este protocolo de queima onde o forno permaneceu fechado até que atingisse a temperatura de 200°C. Os diferentes protocolos de queima de glaze são apresentados no quadro 4.

Quadro 4 - Protocolos de queima de diferentes blocos CAD-CAM, forno Programat p310.

Tipo de bloco	DIS	SLZ	LEU		DIS	SLZ	LEU
Protocolo glaze convencional	-	-	-	Protocolo glaze estendido	-	-	-
Tempo de aquecimento (min)	6:00	4:00	6:00	Tempo de aquecimento (min)	6:00	4:00	6:00
Temperatura inicial	403°C	400°C	403°C	Temperatura inicial	403°C	400°C	403°C
Aumento da temperatura °C/min	90°C	55°C	60°C	Aumento da temperatura °C/min	90°C	55°C	60°C
Temperatura de queima 1	820°C	840°C	790°C	Temperatura de queima 1	820°C	840°C	790°C
Tempo de manutenção (min)	0:10	8:00	1:00	Tempo de manutenção (min)	0:10	15:00	15:00
Aumento de temperatura °C/min	30°C	-	-	Aumento de temperatura °C/min	30°C	-	-
Temperatura de queima 2	840°C	-	-	Temperatura de queima 2	840°C	-	-
Tempo de manutenção 2. (min)	7:00	-	-	Tempo de manutenção 2. (min)	15:00	-	-
Vácuo 1	550/820 °C	410/850 °C	450/710 °C	Vácuo 1	550/820 °C	410/840 °C	450/710 °C
Vácuo 2	820/840 °C	840°C	-	Vácuo 2	820/840 °C	840°C	-
Abertura do forno/resfriamento rápido	700°C	680°C	630°C	Abertura do forno/resfriamento lento **	200°C	200°C	200°C

Vácuo 1 - ligado

Vácuo 2 - desligado

Resfriamento rápido forno foi aberto ao atingir a T° estabelecida pelo fabricante

Resfriamento lento forno mantido fechado até atingir 200 °C

O protocolo utilizado foi de polimento com uma sequência de borrachas (kit Shofu)

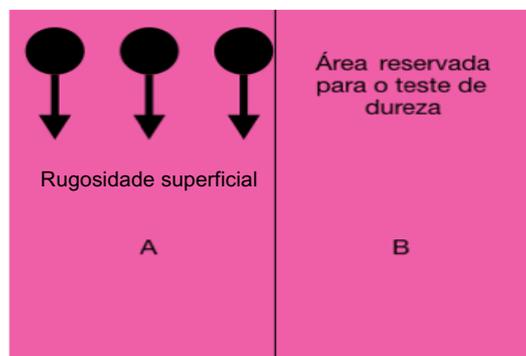
** O forno permanecerá fechado até atingir a T° de 200 °C.

FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.

Fonte: Elaboração Própria

Os blocos foram avaliados em três pontos e o valor obtido foi a média entre os valores como representado na figura 2.

Figura 2 - Representação do espécime a ser utilizado no estudo e teste a ser utilizado.



FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.
Fonte: Elaboração própria.

Para avaliação da rugosidade superficial (R_a), foi utilizado um rugosímetro (Surftest SJ-400, Mitutoyo®) (figura 3). O instrumento foi calibrado usando uma amostra de referência padrão e, em seguida, ajustado para viajar a uma velocidade de 0,8mm / seg com uma faixa de alcance de 800 μm , após os diferentes protocolos de queima de glaze e polimento.

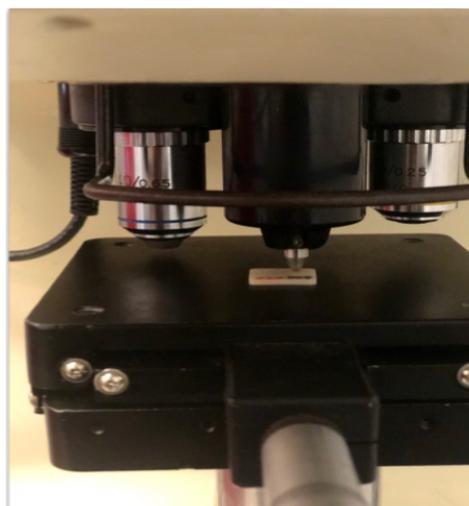
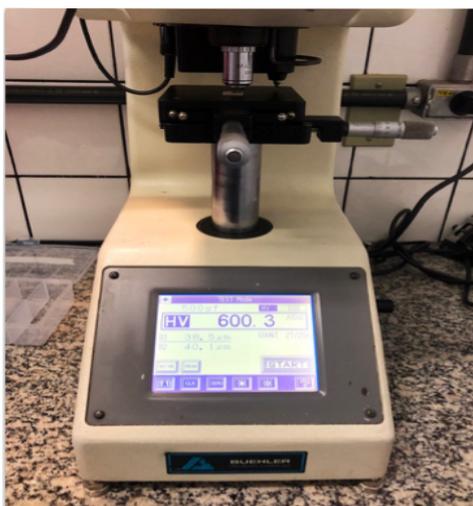
Figura 3 - Rugosímetro utilizado para o estudo



FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.
Fonte: Arquivo pessoal.

Para avaliação da dureza destes materiais estudados, um medidor equipado com uma ponta de diamante Vickers (W-402MVD Buehler – Lake Bluff, Illinois, USA) foi utilizado. Foram feitas 3 indentações ao longo da pastilha, distante 3 mm da margem com força de carregamento de 500 gf e contato de 20 segundos. O valor médio foi calculado pelo equipamento figura 4.

Figura 4 - Aparelho utilizado para avaliar a dureza dos corpos de prova estudados.



FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.
Fonte: Arquivo Pessoal.

3.2 Análise Estatística

Inicialmente, análise descritiva foi realizada e os dados foram apresentados em valores médios e desvios-padrão. A normalidade da distribuição dos dados foi analisada pelo Teste de Shapiro-Wilk ($p \geq 0,071$ – Ra; $p \geq 0,056$ – VHN). Os valores de microdureza (VHN) apresentaram variâncias desiguais (Teste de Levene, $p < 0,001$).

Para comparações dos valores médios de rugosidade após os diferentes tratamentos de superfície foi aplicado Teste t-pareado.

Para análise da variação na rugosidade dos diferentes materiais testados após os diferentes tratamentos de superfície, foi aplicado Análise de Variância (ANOVA) a 2 fatores para medidas repetidas. As diferenças apontadas pela ANOVA foram identificadas com teste de Bonferroni.

Desta forma, para análise dos efeitos dos diferentes tratamentos de superfície sobre a microdureza, foram aplicados ANOVA com correção de Welch e comparações múltiplas pelo teste de Games-Howell. Todas as análises foram realizadas com o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS® para Windows, versão 22.0, Armonk, NY, USA: IBM Corp) com nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS

A análise de variância (Tabela 1) demonstrou que o material avaliado ($p < 0,001$), o tratamento de superfície ($p = 0,009$) e a interação entre estes fatores ($p < 0,001$) influenciaram as diferenças de valores médios de microdureza. Os valores de rugosidade (R_a) foram influenciados por ambos os fatores (material e tratamento de superfície) e pela interação entre eles ($p < 0,001$ para todos). A comparação do efeito na rugosidade superficial após os diferentes tratamentos de superfície para os materiais avaliados é apresentada na figura 5.

Para todos os materiais, o protocolo de glaze com queima estendida foi o que promoveu os menores valores médios de rugosidade superficial. Entretanto, a rugosidade obtida com GE só diferiu significativamente dos valores médios obtidos com glaze convencional para o material LEU. Além disso, o tratamento de superfície LEU - GC foi o que apresentou os maiores valores médios de rugosidade superficial quando comparado aos demais grupos figura 5.

Os valores médios de microdureza após os diferentes tratamentos de superfície são apresentados na (Figura 6). Foi observado que os diferentes tipos de queima de glaze não influenciaram de maneira significativa nos valores de microdureza para todos os materiais testados. Contudo os resultados obtidos para o SLZ apresentaram os maiores valores médios para esta propriedade quando comparado aos demais materiais avaliados. O único material que acompanhou este comportamento da SLZ foi o DIS - P.

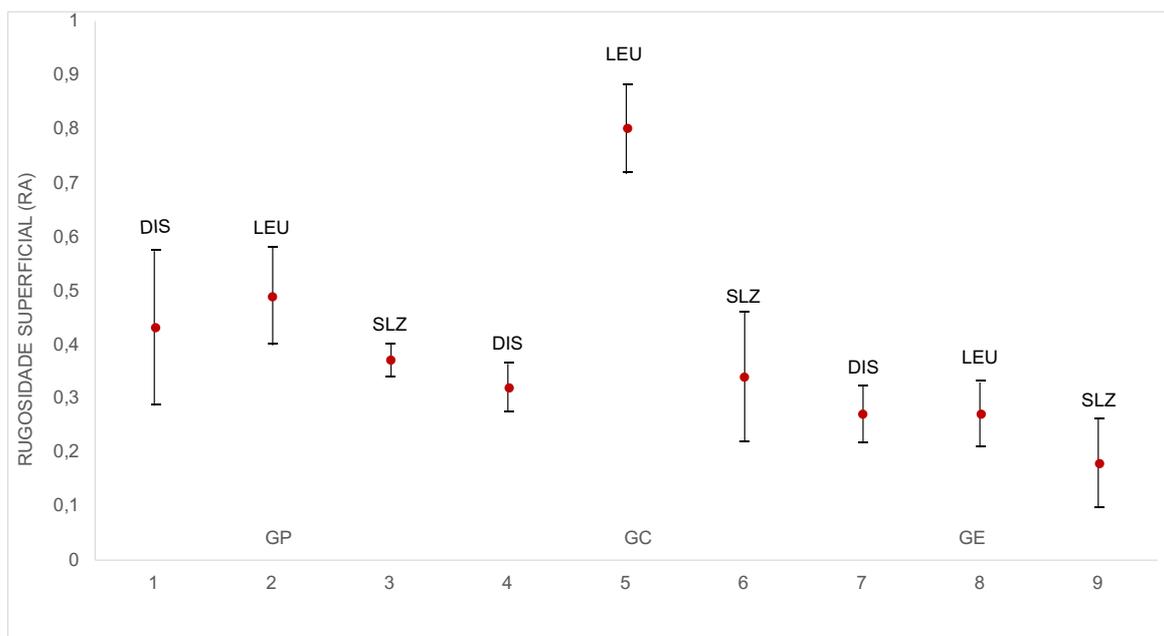
Tabela 1 - Resultados de Análise de Variância (ANOVA) para comparação de rugosidade superficial e microdureza em blocos cerâmicos CAD-CAM

Parâmetro	Fator	F ^a	P
<i>Rugosidade</i> ¹	Material (M)	38,26	<0,001
	Tratamento de Superfície (TS)	31,62	<0,001
	M x TS	13,94	<0,001
<i>Microdureza</i> ²	Material (M)	27,62	<0,001
	Tratamento de Superfície (TS)	4,9	0,009
	M x TS	4,1	<0,001

FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.

1ANOVA 2-way para medidas repetidas; 2ANOVA com correção de Welch;
aMultifatorial.

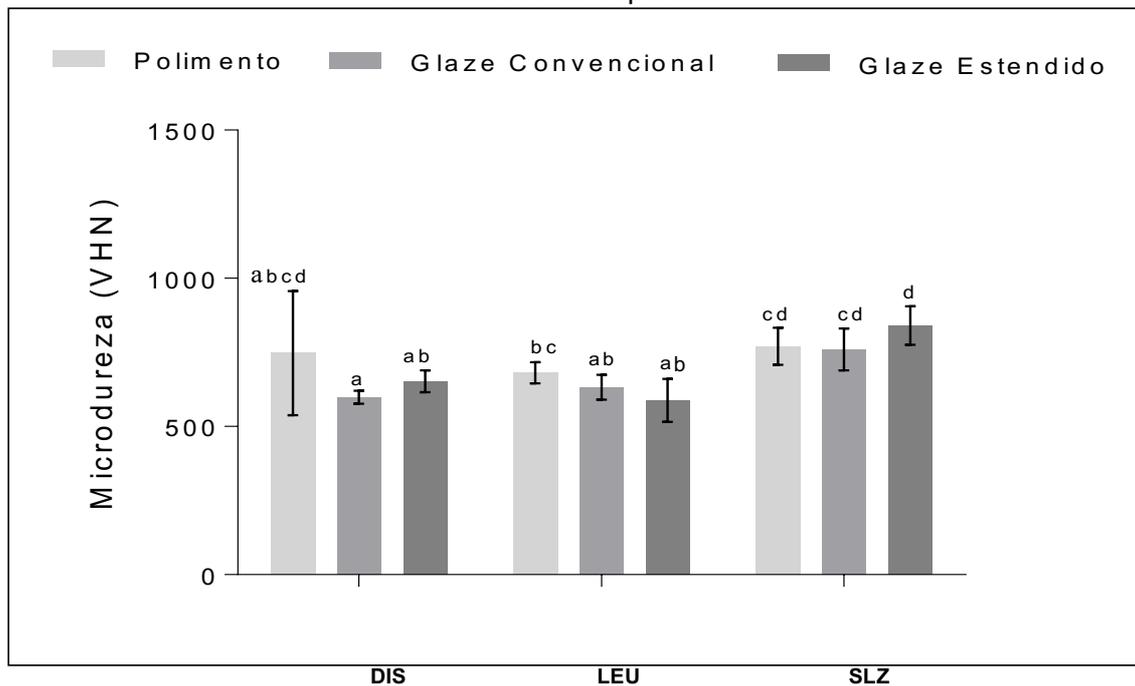
Figura 5 - Intervalo de confiança (95%) para rugosidade superficial após diferentes tratamentos de superfície



FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 6 - Valores médios \pm desvios-padrão para microdureza após diferentes tratamentos de superfície



* Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa (Teste de Games-Howell, $p \leq 0,028$, $\alpha = 0,05$). FOAr, Araraquara SP Brasil 2020.
Fonte: Elaboração própria.

5 DISCUSSÃO

A usinagem de blocos cerâmicos a partir do sistema CAD-CAM é uma realidade, entretanto esse processo cria considerável rugosidade. A rugosidade de materiais cerâmicos após fresagem está relacionada diretamente a dureza do material e também granulação da ponta diamantada utilizada no equipamento^{33,34}. Aurélio et al.^{28,32} encontram valores de rugosidade média obtidos a partir da fresagem em uma unidade CEREC inLab de 1,47 μ m e 1,37 μ m para vitro-cerâmicas a base de leucita e de 1,20 μ m e 1,53 μ m para cerâmicas vítreas contendo partículas de Zircônia fresadas com diferentes pontas diamantadas. O presente estudo se propôs a utilizar a mesma ponta diamantada utilizada pela fresadora MC XL (Sirona Germany) para simular a rugosidade superficial decorrente do processo de usinagem³⁴. Sabendo que a rugosidade está diretamente associada com o índice de fragilidade e que quando subestimada pode induzir falhas críticas aumentando a propagação de defeitos fractográficos e comprometendo a longevidade da restauração^{30,41,38-40}, o presente estudo buscou avaliar a influência de diferentes protocolos de queima de glaze sobre a dureza e rugosidade superficial em cerâmicas CAD-CAM.

Os resultados do presente estudo demonstraram que o polimento dos espécimes após fresagem melhorou consideravelmente a rugosidade média dos corpos de prova em cerâmicas vítreas. Porém o resultado obtido foi semelhante aos grupos onde se utilizou o glaze convencional, com exceção do material leucita onde a rugosidade apresentada pelo glaze convencional foi maior que para o tratamento "polimento". Essa semelhança pode estar relacionada à composição destas cerâmicas e a forma como as mesmas são desenvolvidas. O método de prensagem a vácuo utilizado proporciona um produto final mais homogêneo resultando em cerâmicas menos porosas³⁶. Noxy et al.³⁷ descreveram a técnica de polimento com o kit de ajuste de cerâmica (Shofu adjustment - kit) seguido da utilização de uma pasta diamantada sendo superior à queima do glaze convencional em superfícies cerâmicas. A explicação pode estar relacionada ao contato direto das partículas de diamante impregnadas no kit de polimento e na pasta abrasiva aplicada, tendo ficado claro que um maior tempo de ação do abrasivo utilizado

promove uma maior lisura superficial das cerâmicas. Cerâmicas comercializadas em uma fase pré-cristalizada apresentam maior facilidade durante o processo de usinagem. Entretanto essa apresentação pré-cristalizada parece ser incapaz de prevenir a ocorrência dos defeitos criados pela fresagem, como descrito nos resultados de Kelly e Rungruanganunt³¹ onde foram analisados pilares de implantes de zircônia fresados em sua forma pré-sinterizada, demonstrando não haver diferença entre o modelo de fresagem (dura ou macia) em relação aos defeitos criados a partir do processo de usinagem. Porém Mota et al.⁴⁹ mostraram em seu estudo haver uma diferença entre o tipo de fresagem e a rugosidade superficial de cerâmicas vítreas, demonstrando que a fresagem macia sofre mais danos pelo processo de usinagem quando comparado com a dura, causando um aumento na rugosidade superficial sendo necessário um polimento com borrachas abrasivas para cerâmicas fresadas em sua fase final e para as cerâmicas pré-cristalizadas a aplicação do glaze em sua superfície.

A análise da rugosidade superficial demonstrou que, para a LEU, o tratamento GE apresentou menor rugosidade que os demais tratamentos. Ao que se explica o glaze estendido promove uma cicatrização adicional sendo que no glaze convencional o tempo que as cerâmicas ficam expostas a temperatura máxima parece ser insuficiente para que ocorra tal cicatrização dos defeitos criados a partir do processo de usinagem^{28,32}. Além disso, a menor rugosidade obtida com GE para LEU, pode estar relacionada ao fato de a mesma ser fresada em sua fase final (fresagem dura) podendo ser necessária maior pressão durante o processo de usinagem. Ainda considerando a leucita, ao compararmos o grupo GC com o P notam-se melhores características de rugosidade para o P o que pode ser explicado pelo polimento manual aplicado conferindo maior pressão sobre os corpos de prova para este material LEU. Quando analisamos os resultados da LEU supõe-se que a queima de glaze estendida se sobressai frente aos demais grupos possivelmente por apresentar a capacidade de selar parcialmente os defeitos criados pela processo de usinagem, como observado em outros trabalhos que utilizaram técnicas de queimas de glaze estendida, apresentando resultados muito satisfatório sobre a rugosidade superficial de cerâmicas vítreas diminuindo consideravelmente os valores de rugosidade sem modificar a microestrutura da cerâmica^{28,29}.

Independente do tratamento superficial utilizado após simulação do processo de fresagem houve uma diminuição da rugosidade criada pela ponta diamantada na superfície da cerâmica. Entretanto ao compararmos os resultados obtidos em nosso experimento, com a afirmação de Bollen et al.³⁵ de ser a rugosidade superficial dependente do material e técnicas utilizados, é possível observar que, considerando os valores médios, os grupos P e GC de todos os materiais avaliados e GE para DIS e LEU não se enquadram nos parâmetros estabelecidos indicando um limiar de rugosidade superficial superior 0,2 μm causando uma possível adesão bacteriana. Essa rugosidade aumentada pode estar relacionada ao método de aplicação manual do glaze e sua composição GC.

Para o P - DIS, sabe-se que quando este material DIS atinge altas temperaturas (acima de 700°C) o metassilicato presente em sua composição na etapa pré-cristalizada começa a se dissolver, ao mesmo tempo em que a fase cristalina do dissilicato aumenta. Quando se tem uma temperatura acima de 800°C o metassilicato deixa de existir, dando lugar ao dissilicato e ao ortofosfato de lítio conferindo suas propriedades finais⁵¹. Sendo assim, quando este material recebe o polimento após sua cristalização, o mesmo apresenta alta dureza tornando mais difícil a execução da etapa do polimento, possivelmente sendo a causa dos valores médio de Ra superior quando comparado aos demais tratamentos de superfície para esse material.

Para o grupo P no material SLZ o tempo de aplicação das borrachas sobre a superfície cerâmica pode não ter sido o suficiente, resultando em menor lisura superficial, quando comparado ao glaze estendido. Entretanto para o GE - SLZ os resultados demonstraram-se bastante satisfatórios, apresentando rugosidade média inferior a 0,2 μm . Esse resultado pode estar relacionado ao tipo da apresentação do glaze para este material (pó e líquido), também pode estar relacionado à incorporação das partículas de Zircônia em sua composição, o que lhe confere uma distribuição mais homogênea de seus cristais⁴⁵ apresentado maior tenacidade à fratura, estando diretamente relacionado a propagação de trincas como observado nos resultados de Shaymaa et al.⁴²

A dureza superficial dos materiais é uma medida relacionada à penetração de um diamante sobre a superfície de uma amostra, sendo que

essa medida é importante porque define o quão abrasivo será um material restaurador frente a dentição natural⁴⁶, sendo que um material mais duro causará um desgaste mais severo ao antagonista⁴⁷. O método de avaliação da dureza destes materiais foi realizado por meio de um indentador de diamante Vickers que é um dos meios mais precisos para se avaliar dureza de materiais cerâmicos como sugerem Fischer et al.⁴³ Awaji et al.^{44,48}.

Analisando os resultados de dureza superficial, observa-se que os diferentes tratamentos não interferiram de maneira significativa sobre os valores desta propriedade, para todos os materiais testados. Entretanto, pode-se afirmar que, de maneira geral, o material SLZ apresentou os maiores valores de VHN quando comparada aos demais materiais. O único grupo que acompanhou esse comportamento da SLZ foi o DIS com o tratamento P. Esse comportamento superior da SLZ pode estar relacionado à incorporação dos cristais de Zircônio e Cério em sua composição que elevam a resistência e diminuem a propagação de trincas deste material⁵⁰. A composição do glaze também pode estar relacionado ao aumento da dureza para este material, sua apresentação pó e líquido pode gerar uma camada mais espessa e uniforme sobre a superfície da cerâmica conferindo maior dureza ao material. Para a queima do glaze GE e GC os materiais DIS e LEU apresentam picos de queima distintos devido ao ponto de fusão desses materiais e sua composição, porém o glaze utilizado é o mesmo para ambos os materiais, essa fusão do glaze é voltada para superfície da cerâmica e a medida VHN é obtida a partir da superfície desses materiais, possivelmente por ser o mesmo glaze utilizado não foi observada diferença estatística entre os grupos.

O tratamento de superfície para cerâmica LEU quando se utilizou o kit de polimento de borrachas abrasivas P, pode-se observar um aumento nos valores médios da dureza em relação aos demais tratamentos para este material. Essa diferença pode estar relacionada no método de confecção do bloco, primeiramente os componentes são prensados e transformados em blocos para depois somente serem sinterizados, uma quantidade de aproximadamente 35% de cristais de leucita é observada neste material, estas partículas finas dispostas na superfície do bloco permite receber um polimento mais homogêneo e a pressão gerada pelo polimento mecânico pode gerar calor aumentando os valores de dureza.

São necessários novos estudos e acompanhamento clínico desses tipos de queima de glaze em restaurações CAD-CAM, frente a outros tipos de restauração e também o próprio esmalte.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados nesse estudo podemos concluir que:

- A queima de glaze estendido promoveu maior lisura superficial para o silicato de lítio, podendo ser indicada para diminuir a rugosidade superficial de restaurações confeccionadas a partir do sistema CAD-CAM.
- O glaze estendido apresentou os menores valores médios para rugosidade superficial, porém houve diferença significativa apenas para o grupo LEU - GC.
- Para a propriedade de dureza o material SLZ apresentou os melhores resultados, sendo que dentre os demais grupos, apenas o DIS - P apresentou semelhança estatística.

REFERÊNCIAS*

1. Fradeani M, Redemagni M, Corrado M. Porcelain laminate veneers: 6- to 12-year clinical evaluation: a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2005; 25(1): 9–17.
2. Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C. Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the influence of the reasons for missing incisors. *J Dent.* 2017; 65: 51–5.
3. Kern M. Fifteen-year survival of anterior all-ceramic cantilever resin-bond. *J Dent.* 2017; 56: 133-5.
4. Peumans M, De Munck J, Fieuws S, Lambrechts P, Vanherle G, Van Meerbeek B. A prospective ten-year clinical trial of porcelain veneers. *J Adhes Dent.* 2004; 6: 65–76.
5. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Ilie N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent.* 2015; 113(6): 534–40.
6. Schwindling FS, Rues S, Schmitter M. Fracture resistance of glazed, full-contour ZLS incisor crowns. *J Prosthodont Res.* 2017; 61(3): 344–9.
7. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J Prosthodont Res.* 2013; 57: 236-61.
8. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137(Suppl.):14S–21S.
9. Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res.* 2014; 58: 208–16.
10. Denry I. How and does fabrication damage adversely affect the clinical performance of ceramic restorations? *Dent Mater.* 2013; 29: 85–96.
11. Giordano R, Cima M, Pober R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. *Int J Prosthodont.* 1995; 8: 311–9.
12. Zhang GM, Satish KG, Ko WK. The mechanics of material removal mechanisms in machining ceramics. Technical Report TR 94-22rl. Maryland: Institute for Systems Research (NIST); 1994.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

13. Fischer H, Hemelik M, Telle R, Marx R. Influence of annealing temperature on the strength of dental glass ceramic materials. *Dent Mater.* 2005; 21: 671–7.
14. Taskonak B, Borges GA, Mecholsky Jr JJ, Anusavice KJ, Moore BK, Yan J. The effects of viscoelastic parameters on residual stress development in a zirconia/glass bilayer dental ceramic. *Dent Mater.* 2008; 24: 1149–55.
15. Preston FW. The fundamental law of annealing. *Trans Opt Soc.* 1925; 26: 270–3.
16. Callister WD, Rethwisch DG. *Materials science and engineering: an introduction.* 8th ed. Wiley; Versailles: 2009.
17. Denry IL, Holloway JA, Tarr LA. Effect of heat treatment on microcrack healing behavior of a machinable dental ceramic. *J Biomed Mater Res.* 1999; 48: 791–6.
18. Addison O, Cao X, Sunnar P, Fleming GJP. Machining variability impacts on the strength of a “chair-side” CAD-CAM ceramic. *Dent Mater.* 2012; 28: 880–7.
19. Taskonak B, Mecholsky Jr JJ, Anusavice KJ. Residual stresses in bilayer dental ceramics. *Biomater.* 2005; 26: 3235–41.
20. Belli R, Frankenberger R, Appelt A, Schmitt J, Baratieri LN, Greil P, et al. Thermal-induced residual stresses affect the lifetime of zirconia-veneer crowns. *Dent Mater.* 2013; 29: 181–90.
21. Benetti P, Kelly JR, Sanchez M, Della Bona A. Influence of thermal gradients on stress state of veneered restorations. *Dent Mater.* 2014; 30: 554–63.
22. Serbena FC, Zanotto ED. Internal residual stresses in glass-ceramics: a review. *J Non-Cryst Solids.* 2012; 358: 975–84.
23. Mackert Jr JR, Rueggeberg FA, Lockwood PE, Evans AL, Thompson WO. Isothermal anneal effect on microcrack density around leucite particles in dental porcelain. *J Dent Res.* 1994 ; 73: 1221–7.
24. Mackert Jr JR, Butts MB, Fairhurst CW. The effect of the leucite transformation on dental porcelain expansion. *Dent Mater.* 1986; 2: 32–6.
25. Mackert Jr JR, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont.* 1996; 9: 261–5.
26. Barreiro MM, Vivente EE. Kinetics of isothermal phase transformations in dental porcelain. *J Mater Sci Mater Med.* 1993; 4: 431–6.
27. Quinn JB, Quinn GD. A practical and systematic review of Weibull statistics for reporting strengths of dental materials. *Dent Mater.* 2010; 26: 135–47.

28. Aurélio IL, Sara Fraga, Lucio S. Dorneles, Marco A. Bottino, Liliana G. May. Extended glaze firing improves flexural strength of a glass ceramic. *Dent Mater.* 2015; 31: 316–24.
29. Fraga S, Valandro LF, Bottino MA, May LG. Hard machining, glaze firing and hydrofluoric acid etching: do these procedures affect the flexural strength of a leucite glass-ceramic? *Dent Mater.* 2015; 31: 131–40.
30. Kelly JR. Perspectives on strength. *Dent Mater.* 1995; 11: 103–10.
31. Kelly JR, Rungruanganunt P. Fatigue behavior of computer-aided design/computer-assisted manufacture ceramic abutments as a function of design and ceramics processing. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016; 31: 601–09.
32. Aurélio IL, Lucio S. Dorneles, Liliana G. May. Extended glaze firing on ceramics for hard machining: Crack healing, residual stresses, optical and microstructural aspects. *Dent Mater.* 2017; 33: 226–40.
33. Corazza PH, de Castro HL, Feitosa SA, Kimpara ET, Della Bona A. Influence of CAD-CAM diamond bur deterioration on surface roughness and maximum failure load of Y-TZP-based restorations Influence of CAD-CAM diamond bur deterioration on surface roughness and maximum failure load of Y-TZP-based restorations. *Am J Dent.* 2015; 28: 95–9.
34. Lebon N, Tapie L, Vennat E, Mawussi B. Influence of CAD/CAM tool and material on tool wear and roughness of dental prostheses after milling. *J Prosthet Dent.* 2015; 114: 236–247.
35. Bollen CNL, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard material to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997; 13: (1) 258-69
36. Saraç D, Turk T, Elekdag -Turk S, Saraç YS. Comparison of 3 polishing techniques for 2 all-ceramic materials. *Int J Prosthodont.* 2007; 20: 465-8.
37. Noxy MG, Sreelal T. An In Vitro Study to Identify a Ceramic Polishing Protocol Effecting Smoothness Superior to Glazed Surface *J Indian Prosthodont Soc.* 2014; 14: (3) 219–27.
38. Øilo M, Gjerdet NR. Fractographic analyses of all-ceramic crowns: a study of 27 clinically fractured crowns. *Dent Mater.* 2013; 29: 78–84.
39. Øilo M, Hardang AD, Ulsund AH, Gjerdet NR- Fractographic features of glass-ceramic and zirconia-based dental restorations fractured during clinical function. *Eur J Oral Sci.* 2014; 122: 238–44.
40. Øilo M, Quinn GD- Fracture origins in twenty-two dental alumina crowns. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016; 53: 93–103.

41. Curran P, Cattani-Lorente M, Wiskott AWH, Durual S, Scherrer SS. Grinding damage assessment for CAD-CAM restorative materials. *Dent Mater.* 2017; 33: 294-308.
42. Shaymaa E. Elsaka, Amr M. Elnaghy. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic *Dent Mater.* 2016; 32: 908–14
43. Fischer H, Waindich A, Telle R. Influence of preparation of ceramic SEVNB specimens on fracture toughness testing results. *Dent Mater.* 2008; 24: 618–22.
44. Awaji H, Sakaida Y. V-Notch technique for single-edge notched beam and chevron notch methods. *J Am Ceram Soc.* 1990; 73: 3522–3.
45. Riquieri H, Monteiro BJ, Viegas CD, Campos BMT, Melo MR, Saavedra AFSG. Impact of crystallization firing process on the microstructure and flexural strength of zirconia-reinforced lithium silicate glass-ceramics. *Dent Mater.* 2018; 3, 4: 1483–91.
46. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J.* 2014; 33: 705–10.
47. Olivera AB, Marques MM. Esthetic restorative materials and opposing enamel wear. *Oper Dent.* 2008; 33: 332–7.
48. Moradkhani A, Baharvandi H. Analyzing the microstructures of W-ZrC composites fabricated through reaction sintering and determining their fracture toughness values by using the SENB and VIF methods. *Eng Fract Mech.* 2018; 189: 501–13.
49. Mota GA, Nunes SL, Fracasso ML, Burnett Jr. HL, Spohr MA. The effect of milling and postmilling procedures on the surface roughness of CAD/CAM materials. *J Esthet Restor Dent.* 2017; 29: 450–8.
50. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater.* 2016; 32: 908-14.
51. Ritzberger C, Schweiger M, Höland W. Principles of crystal phase formation in Ivoclar Vivadent glass-ceramics for dental restorations. *J Non-Crystalline Solids.* 2016; 432: 137–42.

Autorizo a reprodução deste trabalho

Rafael Wallace Cordeiro Manso

(Direitos de publicação reservado ao autor)

08 de fevereiro de 2021