



## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA À FRATURA E NAS CARACTERÍSTICAS MICROESTRUTURAIS DE UMA CERÂMICA ODONTOLÓGICA.

Larissa Costa Freitas<sup>1</sup>, Cleiton Luiz de Almeida<sup>1</sup>, Jean Soares Miranda<sup>2</sup>, Mariella Agostinho Gonçalves Lourenço<sup>1</sup>, Fabíola Pessoa Pereira Leite<sup>1</sup>

### ARTIGO ORIGINAL

#### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a influência do tratamento de superfície na resistência à flexão biaxial e alterações na superfície por meio de MEV. **Métodos:** Foram utilizados 54 discos cerâmicos de blocos CAD/CAM feldspática reforçada por leucita (IPS Empress Cad Cerec, Ivoclar Vivadent). Os discos foram divididos em três grupos (n=18), de acordo com o tratamento de superfície: ácido hidrofluorídrico 5% 20s e silano (HF20); ácido hidrofluorídrico 5% 60s e silano (HF60) e *primer* cerâmico autocondicionante (P). As amostras foram cimentadas em disco de resina epóxi com cimento resinoso dual, e submetidas à fadiga mecânica (1,2 x 10<sup>6</sup> ciclos, 50N, 3,8 Hz) e ao teste de flexão biaxial (1 mm/min; 1.000 Kgf). **Resultados:** Para HF20, o resultado foi estatisticamente superior ao HF60 (p < 0,001); P se mostrou similar aos demais. O Weibull indicou que o tratamento de maior confiabilidade foi o P. As microscopias obtidas nos grupos HF evidenciaram o aumento de dissolução de matriz vítrea e a exposição dos demais conteúdos. Já para o grupo P, observa-se uma homogeneidade de superfície maior. **Conclusão:** O tipo de tratamento de superfície interfere na resistência da cerâmica reforçada com leucita quando diferentes tempos de condicionamento são utilizados.

**Palavras-chave:** Materiais odontológicos, Cerâmica odontológica, Resistência à flexão biaxial.

## **EVALUATION OF DIFFERENT SURFACE TREATMENTS ON THE FRACTURE RESISTANCE AND MICROSTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF A DENTAL CERAMIC.**

### **ABSTRACT**

**Objective:** To evaluate the influence of surface treatment on biaxial flexural strength and surface changes using SEM. **Methods:** 54 ceramic disks of leucite-reinforced feldspathic CAD/CAM blocks (IPS Empress Cad Cerec, Ivoclar Vivadent) were used. The discs were divided into three groups (n=18) according to the surface treatment: hydrofluoric acid 5% 20s and silane (HF20); hydrofluoric acid 5% 60s and silane (HF60) and self-etching ceramic primer (P). The samples were cemented to an epoxy resin disk with dual resin cement, and subjected to mechanical fatigue (1.2 x 10<sup>6</sup> cycles, 50N, 3.8 Hz) and a biaxial flexural test (1 mm/min; 1,000 Kgf). **Results:** For HF20, the result was statistically superior to HF60 (p < 0.001); P was similar to the others. The Weibull indicated that the treatment with the highest reliability was P. The microscopies obtained in the HF groups showed increased dissolution of the vitreous matrix and exposure of the other contents. The P group showed greater surface homogeneity. **Conclusion:** The type of surface treatment affects the strength of leucite-reinforced ceramics when different etching times are used.

**Keywords:** Dental materials, Dental ceramics, Biaxial flexural strength.

**Instituição afiliada** – <sup>1</sup> Universidade Federal de Juiz e Fora, Juiz de Fora – MG.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz e Fora, Governador Valadares - MG

**Dados da publicação:** Artigo recebido em 09 de Abril e publicado em 29 de Maio de 2024.

**DOI:** <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n5p2252-2268>

**Autor correspondente:** Cleiton Luiz de Almeida [cleiton.luiz2009@hotmail.com](mailto:cleiton.luiz2009@hotmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





## **INTRODUÇÃO**

A maior demanda por tratamentos estéticos odontológicos fez com que a utilização das cerâmicas odontológicas aumentasse consideravelmente e com isso fez aumentar tamb a exigência de que as mesmas apresentem alta estética, resistência e estabilidade de cor . No entanto, considerando a natureza friável destes materiais, a busca por melhores propriedades mecânicas ocorre por meio do desenvolvimento de novas formas de processamento e do aumento do conteúdo cristalino em sua composição (RAMOS NC et al., 2016).

Nesse interim, os blocos cerâmicos CAD/CAM (computer aided design / computer aided manufacturing) de alta resistência vem tornando-se cada vez mais populares (AWADA A e NATHANSON D, 2015). Tais avanços, juntamente com os aprimoramentos nos agentes adesivos, expandiram as possibilidades das restaurações cerâmicas, isso se deve à diminuição da necessidade de confiar apenas na retenção mecânica, resultando em resultados estéticos de alta qualidade (DE SOUZA CARVALHO C, et al., 2022). A eficácia das restaurações cerâmicas é altamente dependente dos procedimentos adesivos e problemas nessa etapa, podem levar ao insucesso da mesma. Além disso, uma ligação sólida proporciona não somente retenção, mas também aprimora o encaixe preciso da restauração na margem do prepare (LAWSON NC E BURGESS J., 2016; RAMOS NC et al., 2016; DE SOUZA CARVALHO C, et al., 2022; RIBEIRO MTH et al., 2023).

Introduzido em 1998, o primeiro CAD/CAM de vitrocerâmica reforçado com leucita foi o ProCAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Esse evoluiu para o atual IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), uma vitrocerâmica reforçada com 35% a 45% de leucita com partículas mais finas (1 µm a 5 µm) (EL ZHAWI et al., 2016) e que apresenta valores de resistência à flexão e dureza adequados para as mais diversas aplicações clínicas (STAWARCZYK B et al., 2014). Entretanto, estudos avaliando a resistência desse material à fratura após diferentes tratamentos de superfície, demonstraram que tais tratamentos podem influenciar diretamente na resistência dos mesmos (STAWARCZYK B et al., 2014; CHEN Y, et al., 2018). Tal fato, destaca a importância de considerar não apenas as propriedades mecânicas intrínsecas

do material, mas também os protocolos de tratamento de superfície utilizados para melhorar suas propriedades mecânicas.

Com o intuito de aumentar a aderência do cimento resinoso à superfície da cerâmica vítrea, diversas abordagens foram sugeridas. Essas variações englobam desde o tratamento com ácido hidrófluorídrico (HF) e subsequente aplicação de silano, até o uso de jateamento com óxido de alumínio, revestimento com partículas moduladas por sílica e, em tempos mais recentes, a utilização de vários tipos de lasers e primers cerâmicos (LIMA CM., 2021). Todavia, mesmo quando utilizado o tratamento mais consagrado, com HF, ainda parece haver algumas inconsistências na literatura científica, pois apesar da concentração de 5% por 60 segundos ser o padrão, alguns trabalhos utilizam concentrações que variam de 5% a 10% pelo tempo de 20 a 120 segundos (NAVES LZ et al., 2010; STRAFACE A et al, 2019). A preocupação que fica é em relação a quanto a superfície da cerâmica se tornará porosa e irregular com essas modificações de concentração e tempo de condicionamento (EL-DAMANHOURY HM e GAINANTZOPOULOU MD., 2018).

O primer cerâmico condiciona a superfície cerâmica em uma única etapa, tem sido utilizado como alternativa ao tratamento convencional com o HF, visto que esse último pode degradar excessivamente a matriz vítrea cerâmica (DAPIEVE KS et al., 2020). Algumas vantagens são observadas com o uso do primer em comparação ao HF, como menor toxicidade, (EL-DAMANHOURY HM e GAINANTZOPOULOU MD, 2018) e simplificação da técnica (MURILLO GÓMEZ F et al., 2019).

São inúmeros os testes e metodologias disponíveis na literatura para avaliar a resistência biaxial dessas cerâmicas. Porém, raramente eles simulam de fato um acimentação a algum substrato que apresente módulo elástico similar ao da dentina, permitindo compreender melhor a falha e o estado de estresse observados clinicamente em próteses. Esse material considerado análogo à dentina pode ser a NEMA G10, uma resina epóxi preenchida com fibras de vidro trançadas (KELLY JR, et al., 2010; THEODOSPOULOU, JN e CHOCHLIDAKIS; K.M., 2019; LIMA CM et al. 2021).

Na literatura há poucos trabalhos avaliando a resistência biaxial das cerâmicas, quando estas estão cimentadas a algum substrato, não sendo assim possível analisar o comportamento do material a partir de sua qualidade de

adesão após cimentação. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de tratamento de superfície na resistência à flexão biaxial, na rugosidade e na microestrutura de uma cerâmica feldspática reforçada com leucita, cimentada em um análogo de dentina (NEMA G10) após diferentes tipos de condicionamento (aplicação de HF 5% por 20s, HF 5% por 60s e aplicação de primer cerâmico). A hipótese nula é a de que o tratamento de superfície de escolha não irá interferir nos resultados dos testes realizados.

## **METODOLOGIA**

### **PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS**

Foram obtidas cinquenta e quatro amostras a partir de blocos CAD/CAM de cerâmica: feldspática reforçada por leucita (IPS Empress Cad Cerec, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein - L). Os quais foram arredondados com lixas de carbetto de silício de granulações crescentes (200, 400 e 600) em uma Lixadeira (Politriz Lixadeira PL02 – Metalprisma, São Paulo, SP, Brasil). Obteve-se então, cilindros cerâmicos com 12 mm de diâmetro. Em seguida, foram fatiados 54 discos de (12 mm de diâmetro e 1,2 mm de espessura – ISO 6872 em uma máquina de corte (ISOMET 1000, Buehler, Illinois, EUA), com o auxílio de um disco de corte diamantado (Extec High Concentration; Extec, Enfield – CT, EUA) em uma velocidade de 375 rpm, e refrigeração com água. Em todas as amostras, foi conduzido um processo de cristalização, utilizando um forno específico (Programat EP5000, IvoclarVivadent), de acordo com as temperaturas recomendadas pelo fabricante. Após esse processo, as amostras foram submetidas a um procedimento de polimento, utilizando lixas com diferentes granulações (240, 400, 600 e 1200 grit). Em conformidade com a norma ISO/CD 32 6872, as amostras foram ajustadas para as dimensões finais de 12 mm de diâmetro e 1,2 mm de espessura.

### **DELINEAMENTO DOS GRUPOS**

Foram geradas 54 amostras cerâmicas. Foram realizados três tipos de tratamento de superfície (n=18): condicionamento com ácido hidrofúorídrico 5% por 20s, seguida pela aplicação de silano (HF20); condicionamento com ácido hidrofúorídrico 5% por 60s, seguida pela aplicação de silano (HF60) e aplicação de um primer cerâmico (Monobond Etch & Prime - P). Destes (n=15), foram

cimentadas em uma resina epóxi (NEMA G10), que é um análogo de dentina, e foram utilizadas para o ensaio de resistência à flexão biaxial. As demais amostras (n=9) foram utilizadas para os testes de: Perfilometria óptica, Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectrometria por energia dispersiva.

## **CIMENTAÇÃO**

Os discos de resina epóxi foram preparados com a aplicação do adesivo universal (Single Bond Universal, St Paul, MN, EUA). O cimento resinoso dual utilizado para cimentação das amostras foi o RelyX Ultimate (3M ESPE, St Paul, MN, EUA), o qual foi manipulado seguindo as recomendações do fabricante. A inserção foi imediata sobre o centro da superfície de cerâmica, posicionado sobre o disco de resina epóxi e coberto com uma tira transparente de poliéster e uma lâmina de vidro, tendo uma carga de 750 g sido aplicada no centro do conjunto, para que ocorresse o escoamento e a regularização do cimento por toda a superfície da cerâmica. O material foi fotoativado por um período de 60 segundos na face oposta ao material. Adicionalmente, uma exposição de mais 60 segundos ocorreu em cada lado da interface adesiva. Esse procedimento foi realizado usando o aparelho fotopolimerizador LED polywave VALO (Ultradent, EUA), com intensidade de 1400 mW/cm<sup>2</sup>. Após a cimentação, todas as amostras foram colocadas em água destilada e mantidas em uma estufa (modelo Olidef, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), a uma temperatura de 37°C, pelo período de 24 horas.

## **ANÁLISES QUALITATIVAS**

### **PERFILOMETRIA ÓPTICA**

Foram preparadas três amostras para examinar a morfologia da superfície, portanto, essas amostras não foram cimentadas. Um perfilômetro óptico digital Wyko, Modelo NT 1100, Veeco, Tucson, EUA) foi ligado a um computador equipado com software de imagem (Vision 32, Veeco, EUA), o que possibilitou a captura de micrografias da superfície e a medição da rugosidade superficial. O *software* utilizado para gerar as imagens fornece informações sobre a média aritmética (Ra) dos picos e vales presentes na área analisada, expressa como Ra

## **MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)**

As análises foram conduzidas por meio de um Microscópio Eletrônico de Varredura TESCAN (modelo MIRA 3), operando em um ambiente de alto vácuo e usando um detector de elétrons secundários ETD. Esse equipamento foi utilizado para realizar a análise da superfície e para quantificar o tamanho médio dos grãos presentes, sendo realizada com uma ampliação de 10.000 vezes.

## **ESPECTOMETRIA POR ENERGIA DISPERSIVA (EDS)**

Foram examinados os componentes químicos presentes no material cerâmico utilizando a técnica de Espectrometria por Energia Dispersiva de Raios X (EDS). O EDS foi empregado juntamente com um microscópio eletrônico de varredura (MEV), utilizando o sistema desenvolvido pela OXFORD INSTRUMENTS (modelo X-MAXN) e o *software* AZtec Live. As medições foram realizadas a uma distância de trabalho de 12 mm e com uma voltagem de aceleração de 20 kV. Não houve a aplicação de qualquer revestimento condutor nas amostras. Para cada área medida em uma amostra, os principais elementos foram analisados durante um período de 100 segundos em *real time*.

## **ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO BIAIXIAL**

As amostras foram submetidas a um teste de resistência à flexão biaxial utilizando uma máquina de ensaio universal (EMIC, DL-1000, São José dos Campos/SP, Brasil). Um penetrador de tungstênio com base plana (conforme norma ISO 6872, diâmetro de 1,6 mm) foi fixado à célula de carga. Este penetrador aplicou gradualmente uma carga na região central da face oposta àquela tratada (área de compressão). O teste foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min, com uma célula de carga de 1.000 Kgf, até que ocorresse a fratura catastrófica das amostras.

Os valores numéricos obtidos a partir do teste de resistência à flexão biaxial foram submetidos a uma análise estatística descritiva, incluindo média e desvio padrão. Além disso, a análise inferencial foi conduzida utilizando o teste paramétrico de análise de variância (ANOVA) juntamente com o teste de

comparações múltiplas de Tukey. O nível de significância adotado para todas essas análises foi o valor de 5%.

## RESULTADOS

### RESISTÊNCIA À FLEXÃO BIAIXIAL

O resultado na análise estatística está disposto no **quadro 1**. Houve diferença de resistência a flexão nos diferentes tipos de tratamento ( $p < 0,001$ ), com o grupo HF20 obtendo valores de estatisticamente superiores aos do grupo HF60. O grupo P apresentou valores de resistência a flexão similares ao grupo HF20 e superior ao HF60.

**Quadro 1:** Média e desvio-padrão da resistência à flexão biaxial (MPa), módulo de Weibull (m), resistência característica ( $\sigma_c$ ) e respectivos intervalos de confiança (IC)<sup>1</sup> 95%.

Grupos	N	Flexão biaxial (MPa)	Weibull (m)	95% CI form	Weibull Characteristic strength $\sigma_c$ (MPa)	95% CI for $\sigma_c$ (MPa)	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )
P	15	1107 $\pm$ 201,3 AB	10,4	9,0-11,9	1158,46	1372,19 - 944,73	0,27 $\pm$ 0,04 C
HF20	15	1207 $\pm$ 117,8 A	6,1	5,7-6,5	1325,15	1882,84 - 767,46	0,46 $\pm$ 0,05 B
HF60	15	954 $\pm$ 140,4 B	7,9	7,0-8,8	1006,37	1259,82 - 752,91	0,67 $\pm$ 0,02 A
		$p < 0,001$					$p < 0.01$

**Fonte:** Freitas LC et al., 2024. Letras maiúsculas diferentes na coluna de teste de flexão indicam diferenças estatísticas entre o tipo de tratamento de superfície dentro de um mesmo grupo cerâmico.

Diante dos dados expostos e analisados, é possível afirmar que o tratamento de superfície influenciou significativamente a resistência à flexão biaxial. A análise dos dados, permite afirmar que para o grupo condicionado com HF 20 e com o primer cerâmico obtiveram maior resistência à flexão biaxial, enquanto o grupo HF 60 teve uma resistência estatisticamente inferior.

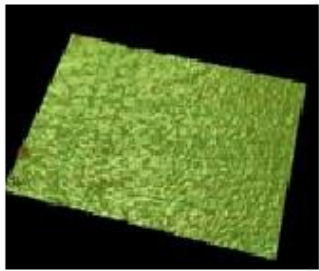
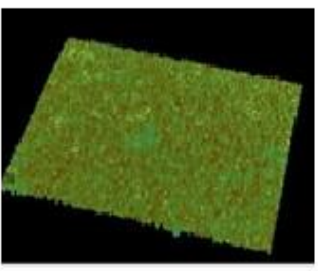
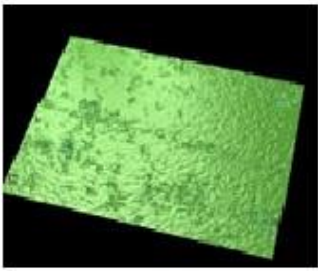
Os resultados da análise de Weibull indicaram que o maior valor de confiabilidade foi encontrado para o tratamento de superfície com o primer



cerâmico (P). Já o menor valor de confiabilidade foi obtido quando se realizou o condicionamento com ácido hidrófluorídrico por 60 segundos. A confiabilidade do teste de resistência à flexão biaxial está relacionada a homogeneidade estrutural do material.

Nas imagens da perfilometria observou-se padrões diferentes de topografia superficial. Com relação ao tempo de condicionamento com utilização do ácido fluorídrico, verificou-se que o tempo de 60 segundos, em comparação ao de 20 segundos, aumentou o número de picos e vales da cerâmica. Já a aplicação do primer cerâmico, proporcionou uma topografia de superfície mais homogênea (**quadro 2**).

A perfilometria revelou que o tratamento de superfície proporcionou diferenças estatisticamente significantes de valores médios de rugosidade ( $p <$

TIPO DE TRATAMENTO		
HF 20	HF 60	P
		

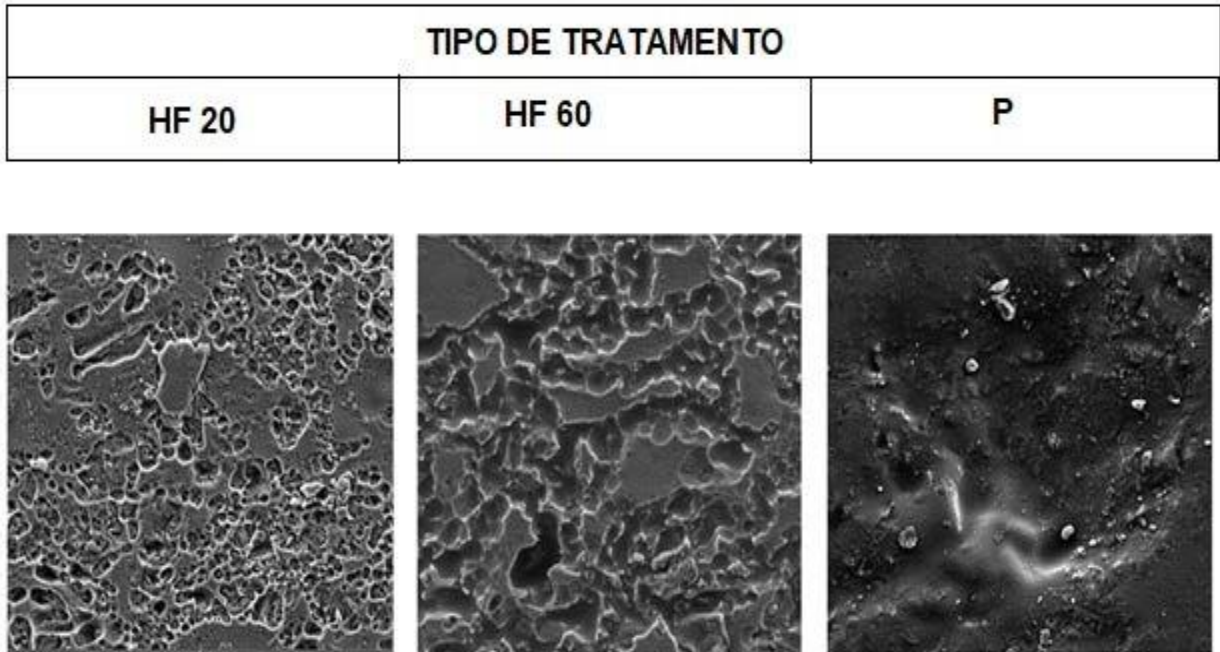
0.01). Verificou-se que o condicionamento com HF por 60s produziu significativamente maior rugosidade de superfície que o de 20s, que por sua vez também foi superior ao primer, ou seja, o grupo P obteve significativa menor rugosidade (**quadro 1**). **Quadro 2** – Perfilometria 3D em cada grupo amostral com tratamentos de superfícies diferentes. Observa-se que o HF 60 apresentou maior rugosidade, seguido do HF 20 e do P.

**Fonte:** Freitas LC, et al., (2024).

As microscopias obtidas (**quadro 3**) após o condicionamento com ácido hidrófluorídrico, evidenciaram o aumento do grau de dissolução da matriz vítrea e exposição dos demais conteúdos que compõem os materiais, como os cristais de leucita. Apesar dessa dissolução já ser observada no grupo HF20, ela se torna ainda mais evidente quando a superfície é condicionada com ácido

fluorídrico por 60s. Já para o grupo no qual foi aplicado o primer cerâmico autocondicionante, observam-se imagens diferentes uma vez que há uma maior homogeneidade de superfície devido a uma menor dissolução da matriz vítrea.

**Quadro 3:** Microscopia eletrônica de varredura da superfície cerâmica nos diferentes tratamentos de superfície.



**Fonte:** Freitas LC, et al., 2024.

### ESPECTOMETRIA POR ENERGIA DISPERSIVA

Os elementos e volume em peso (%) que compõem as amostras estão escritos no **quadro 4**.

**Quadro 4:** Resultados da espectrometria por energia dispersiva.

Grupos	Oxigênio	Alumínio	Carbo no	Sódio	Sílica
Co nt rol e	42.4	9.8	13.0	3.5	31.3
HF20	42.2	8.5	16.0	4.5	28.8
HF60	42.4	9.7	9.4	4.6	33.9
P	41.8	8.5	17.0	4.2	28.9

**Fonte:** Freitas LC, et al., 2024.

O percentual de sílica mostrou-se elevado para a cerâmica reforçada por leucita. O menor percentual de sílica foi encontrado no grupo com ácido hidrofluorídrico por 20s e posterior aplicação de silano. É possível observar que os tratamentos de superfície praticamente não alteram a quantidade de oxigênio. Já o alumínio, carbono e sílica HF20 e P modificaram significativamente. Quanto ao sódio, os grupos HF apresentaram mais alterações que o grupo P.

## **DISCUSSÃO**

A verificação do desempenho mecânico dos materiais odontológicos é fundamental para determinar sua aplicação na prática clínica. No caso das cerâmicas odontológicas, as propriedades mecânicas, particularmente a resistência à flexão desempenham um papel crucial (BARCHETTA NF, et al., 2019). A resistência à flexão é um indicador da fragilidade do material, determinada pela tensão aplicada e pela força necessária para que ocorra a ruptura do material (LIMA CM, et al., 2021). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar se diferentes tratamentos de superfície em materiais cerâmicos têm um efeito significativo sobre a resistência à flexão biaxial e na rugosidade superficial de cerâmicas odontológicas.

Ao examinar os resultados deste estudo, foi observado que a hipótese nula foi rejeitada, uma vez que o condicionamento da cerâmica feldspática fortalecida com leucita por um período mais longo (HF60) resultou em uma diminuição na resistência do conjunto e alterou sua rugosidade superficial. Os achados deste estudo concordam com as descobertas de Naves LZ, et al. (2010), que demonstraram que diferentes períodos de condicionamento (de 10 a 120 segundos) podem afetar de forma variada as superfícies de cerâmica vítrea. Nestas circunstâncias, períodos mais longos podem levar a defeitos não preenchidos pelo cimento, tornando as áreas frágeis para aderência e causando danos à estrutura cerâmica (STAWARCZYK B, et al., 2014). Portanto, é de se esperar que a superfície cerâmica sofra mudanças mais pronunciadas após longos períodos de condicionamento ácido (SCHERER MM, et al., 2018; BARCHETTA NF, et al., 2019).

Ainda nesse sentido, um estudo de Straface A, et al. (2019) indica que, independentemente do tipo de material cerâmico, é essencial um tempo mínimo

de 15 segundos de condicionamento com ácido hidrófluorídrico (HF) para alcançar uma maior força de união, entretanto um tempo superior a 60 segundos reduz a resistência à flexão e diminui a capacidade de união. Por outro lado, Barchetta NF, et al. (2019) descobriram que a resistência à flexão aumentou quando os tempos de condicionamento com HF foram aumentados para 40 e 60 segundos. No entanto, esses autores afirmam que a presença de uma camada de cimento sob a cerâmica teve um efeito positivo em condicionamentos de apenas 20 segundos, visto que quando um cimento resinoso foi usado como agente cimentante, o aumento do tempo de condicionamento promoveu um aumento na resistência à flexão da cerâmica.

O estudo atual revelou a capacidade significativa do primer autocondicionante de alterar a superfície da cerâmica, eliminando parte da matriz vítrea e simultaneamente preenchendo-a com material adesivo, conforme observado pelas imagens de MEV (**quadro 3**). Tais achados vão de encontro aos estudos de El-Damhoury HM, e Gaintantzopoulou MD. (2018) e Scherer MM, et al. (2018) que demonstraram também por meio de MEV a capacidade do primer autocondicionante de alterar a superfície da cerâmica ao mesmo tempo em que a preenche com material adesivo.

Em outras pesquisas, o primer autocondicionante pareceu menos agressivo do que o condicionamento com HF (DAG A, et al., 2015; SCHERER MM, et al., 2018; MURILLO-GÓMEZ F, et al., 2019) corroborando com os resultados encontrados neste estudo. Tal fato proporciona uma excelente resistência à fadiga mecânica, demonstrando que o primer autocondicionante apresenta uma alternativa viável ao condicionamento tradicional com HF e apresenta resultados promissores

Quanto maior for o valor do módulo de Weibull ( $m$ ), mais confiável e previsível é o material, ou seja, ele irá falhar em uma carga próxima ao valor mensurado no teste (ABERNETHY RB, 2008). Neste estudo, após análise do quadro 1, observou-se que a análise de Weibull demonstrou que o condicionamento o primer autocondicionante demonstrou os resultados mais confiáveis, seguido pelo condicionamento com HF20. O tratamento de superfície com ácido hidrófluorídrico por 60 segundos parece ter causado danos mais agressivos ao material, resultando em um valor menor de resistência à flexão em comparação com o grupo HF20 e o primer.



A rugosidade da superfície foi afetada de forma estatisticamente significativa para cada tratamento (conforme a quadro 1). O uso do primer autocondicionante resultou em superfícies menos rugosas na cerâmica de leucita (grupo "P"), com imagens mais homogêneas (quadro 2).

Esses achados vão de encontro ao estudo conduzido por DE SOUZA CARVALHO C. (2022), no qual foi demonstrado que a rugosidade de superfície dos grupos tratados com primer autocondicionante foi menor do que nos grupos que receberam tratamento com HF. Essa descoberta enfatiza a importância do uso desse primer como uma alternativa viável para obter valores de resistência de união adequados (SÜSIN AH, et al., 2015). Essa alternativa pode ser especialmente útil em situações clínicas que demandem rapidez, facilidade e segurança no condicionamento cerâmico uma vez que o primer tem uma toxicidade menor e uma técnica mais simples (FONTANA PE, et al., 2019; MURILLO-GÓMEZ F, et al., 2019; SCHERER MM, et al., 2018).

Outro objetivo do presente estudo foi analisar microestruturalmente o material cerâmico. Os resultados obtidos mostraram que o percentual de sílica é elevado. Esses achados são consistentes com estudos anteriores realizados (LIMA CM, et al., 2021; HEBOYAN A, et al., 2023), que também relataram características semelhantes. É importante notar que o tempo de condicionamento de 20s é recomendado pelo fabricante para o condicionamento de superfície deste material cerâmico (LIMA CM, et al., 2021).

A rugosidade e porosidade da superfície condicionada foram mais afetadas pelo tratamento com ácido hidrófluorídrico, enquanto o primer autocondicionante resultou em uma superfície menos rugosa e com um padrão de condicionamento menos evidente. Outros estudos também relataram resultados semelhantes em relação à superfície da cerâmica de dissilicato de lítio após o tratamento com HF e P (EL- DAMANHOURY HM e GAITANTZOPOULOU MD, 2018; HEBOYAN A, et al., 2023).

Neste estudo, verificou-se diversos aspectos que poderiam interferir na longevidade clínica da cerâmica odontológica, em diferentes tipos de tratamento de superfície. Esses resultados destacam a importância dos tratamentos de superfície na otimização das propriedades mecânicas das cerâmicas vítreas, fornecendo uma basesólida para o desenvolvimento de materiais odontológicos de alto desempenho. No entanto, o uso de amostras cerâmicas simplificadas



sem a geometria complexa dos dentes, a aplicação de cargas axiais e o uso de um material análogo de dentina como substituto para um substrato dentário foram considerados limitações do estudo atual.

É necessário realizar mais pesquisas para avaliar o efeito de diferentes protocolos de condicionamento com ácido hidrofúorídrico e primer autocondicionante na resistência mecânica desses materiais. Além disso, ensaios clínicos que analisem o comportamento desses materiais a longo prazo são fundamentais para determinar o tratamento de superfície ideal para cada material cerâmico analisado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nos resultados encontrados neste estudo é possível concluir que os diferentes tratamentos de superfície em materiais cerâmicos odontológicos promovem alterações significativas na resistência à flexão e na rugosidade superficial da cerâmica testada. Os resultados indicaram que um aumento no tempo de condicionamento com ácido hidrofúorídrico afetou a resistência à flexão levando a uma diminuição na resistência. O primer autocondicionante mostrou resultados promissores, resultando em uma superfície menos rugosa e com resistência à flexão semelhante ao condicionamento com HF. Esses resultados destacam a importância dos tratamentos de superfície na otimização das propriedades mecânicas das cerâmicas odontológicas. Vale ressaltar que mais pesquisas são necessárias para avaliar o efeito desses tratamentos a longo prazo e em situações clínicas mais complexas.

## **REFERÊNCIAS**

- ABERNETHY, RB. Reliability Analysis: Weibull Statistics and Life Data Analysis. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- AWADA A e NATHANSON D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.*, v. 114, n. 4, p. 587-593, 2015.
- BARCETTA NF, et al. Caracterização mecânica e microestrutural da y-tzp sinterizada por micro-ondas e degradada em meio bucal. 2019.
- CHEN Y, et al. Influence of surface treatment on the biaxial flexural strength and Weibull



- distribution characteristics of different CAD/CAM ceramics. *J Prosthet Dent*, v. 62, n. 4, p. 406-413, 2018.
- DAG A, et al. Effect of silane application on shear bond strength of different resin cements to ceramics. *The Journal of Adhesive Dentistry*, v. 17, n. 5, p. 473-480, 2015.
- DAPIEVE KS, et al. One-step ceramic primer as surface conditioner: Effect on the load-bearing capacity under fatigue of bonded lithium-disilicate glass-ceramic ceramic simplified restorations. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, v. 104, n. 10, p. 36-86, 2020.
- DE SOUZA CARVALHO C, et al. Repair Techniques in CAD/CAM System Ceramics: a Literature Review. *Journal of Health Sciences*, v. 24, n. 1, p. 12-16, 2022.
- EL-DAMANHOURY HM e GAINANTZOPOULOU MD. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *J Prosthodont Res*, v. 62, n. 1, p. 75-83, 2018.
- EL ZHAWI, H. et al. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. *Dent Mater*, v. 32, n. 11, p. 1352-1361, 2016.
- FONTANA PE, et al. Effect of ferrule thickness on fracture resistance of teeth restored with a glass fiber post or cast post. *Operative Dentistry*, v. 44, n. 6, p. E299-E308, 2019.
- HEBOYAN A, et al. Dental Luting Cements: An Updated Comprehensive review. *Molecules*, v. 28, n. 4, p. 1619, 2023.
- KELLY JR, et al. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 104, n. 4, 2010.
- LAWSON NC e BURGESS JO. Gloss and Stain Resistance of Ceramic-Polymer CAD/CAM Restorative Blocks. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2016.
- LIMA CM, et al. Effect of different surface treatments on the biaxial flexure strength, Weibull characteristics, roughness, and surface topography of bonded CAD/CAM silica-based ceramics. *Dental Materials*, v. 37, n. 3, p. e151-e161, 2021.
- MURILLO-GÓMEZ F, et al. Efeito do ataque ácido na microestrutura tridimensional de materiais CAD/CAM graváveis. *Dental Materials*, v. 34, n. 6, p. 944-955, 2019.
- NAVES LZ, et al. Morfologia de superfície/interface e resistência de união a vitrocerâmica condicionada por diferentes períodos. *Operative Dentistry*, v. 35, n. 4, p. 420-427, 2010.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. Cerâmica dental: emenda. ISO 6872. Genebra: ISO, 2008.
- RAMOS NC, et al. Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. *Dent Mater*, v. 32, n. 7, p. 870, 2016.
- RIBEIRO MTH, et al. Effect of pre-heating methods and devices on the mechanical properties, post-gel shrinkage, and shrinkage stress of bulk-fill materials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 138, p. 105605, 2023.
- SCHERER MM, et al. Carga de falha por fadiga de uma vitrocerâmica de dissilicato de lítio cimentada adesivamente: condicionamento de cerâmica convencional vs primer de uma etapa etch & prime. *Dental Materials*, v. 34, n. 8, p. 1134-1143, 2018.
- STAWARCZYK B, et al. Comparison of mechanical properties of conventionally and CAD/CAM



manufactured PMMA-based polymers. *Clinical Oral Investigations*, v. 18, n. 3, p. 655-662, 2014.

STRAFACE A, et al. Condicionamento HF de materiais CAD/CAM: influência da concentração de HF e do tempo de condicionamento na resistência de união ao cisalhamento. *Medicina de Cabeça e Rosto*, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2019.

SÜSIN AH, et al. Effects of hydrofluoric acid concentration and etching time on bond strength between resin cement and ceramics. *The Journal of Adhesive Dentistry*, v. 17, n. 3, p. 259-265, 2015.

THEODOSOPOULOU JN e CHOCHLIDAKIS KM. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont*, v.18, n. 6, p. 464–472, 2019.