

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 24/07/2022.



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



Joissi Ferrari Zaniboni

**Influência de diferentes protocolos de queima do glaze sobre microdureza,
índice de fragilidade e resistência à abrasão em blocos de cerâmica CAD/CAM**

Araraquara

2020



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



Joissi Ferrari Zaniboni

Influência de diferentes protocolos de queima do glaze sobre microdureza, índice de fragilidade e resistência à abrasão em blocos de cerâmica CAD/CAM

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

2020

Zaniboni, Joissi Ferrari

Influência de diferentes protocolos de queima do glaze sobre microdureza, índice de fragilidade e resistência à abrasão em blocos de cerâmica CAD/CAM / Joissi Ferrari Zaniboni. -- Araraquara: [s.n.], 2020

56 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Odontológicas) –
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia
Orientador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos

1. Cerâmica 2. Tratamento térmico 3. Propriedades físicas I. Título

Joissi Ferrari Zanboni

Influência de diferentes protocolos de queima do glaze sobre microdureza, índice de fragilidade e resistência à abrasão em blocos de cerâmica CAD/CAM

Comissão Julgadora

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Dentística Restauradora

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

2° Examinador: Prof. Dr. José Roberto Cury Saad

3° Examinador: Prof. Dr. Thiago Soares Porto

Araraquara, 24 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES

Joissi Ferrari Zaniboni

NASCIMENTO: 11 de FEVEREIRO de 1995, natural de Catanduva - SP

FILIAÇÃO: Sionéia Aparecida Ferrari Zaniboni
João Emilio Zaniboni

2013/2017: GRADUAÇÃO em Odontologia
Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr / UNESP

2016/2017: Curso de EXTENSÃO em Dentística Estética Integrada
FAEPO / Araraquara

2018/2020: MESTRADO em Ciências Odontológicas – Área de Concentração:
Dentística Restauradora
Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr / UNESP

2019: ESPECIALIZAÇÃO (em andamento) em Dentística Restauradora
Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr / UNESP

Dedico esse trabalho aos meus pais, João e Sionéia, que sempre abraçam todos os meus sonhos.

E em especial, dedico aos meus avós *in memoriam*, Alcides, Aparecida e Justina, que sei que olham por mim onde quer que estejam.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, começo agradecendo à **Deus** pois em sua infinita bondade me concedeu a graça de viver e estar hoje passando por esse momento tão grandioso em minha vida. Além do mais, é por causa dEle que agradeço abaixo pessoas tão essenciais em minha vida.

Aos meus pais, João e Sionéia, minha eterna gratidão por serem sempre sensacionais, por viverem esse sonho comigo, toda a ansiedade e alegria. Obrigada por sempre estarem ali, dispostos a ajudar e pra isso sem medir esforços. Eu amo vocês. Essa conquista é para vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Alves de Campos, exemplo de profissional e pessoa. Obrigada por toda a orientação até aqui, por todos os ensinamentos e principalmente pelo incentivo. Muitas vezes senti que não daria conta, mas em 5 minutos de conversa você me mostrava uma alternativa e que era possível conseguir. Foram muitos os desafios, principalmente a iniciativa de realizar as coisas sozinha, hoje eu entendo que se você confiou em mim foi porque daria certo. Espero um dia ser um pouco do gigante profissional que é.

Aos meus amigos da pós-graduação, em especial Aryvelto Miranda e Cristiane Alencar. Como sempre digo a vocês: “eu não sei o que seria do meu mestrado sem vocês”. Obrigada por estarem sempre ali, por terem me apoiado, ensinado, orientado e ajudado desde o início, das coisas mais simples até à realização dos testes que tanto me deixava preocupada. Vocês são exemplos de pessoas e profissionais, não tenho dúvida do sucesso brilhante que terão e sou muito feliz por ter ganho dois amigos pra vida. Obrigada!!! Agradeço também minhas amigas de turma do mestrado Priscila e Júlia Martins, obrigada pelas angústias e alegrias compartilhadas, vocês são pessoas especiais. E aos demais colegas, João Felipe, Tatiane Manzolli, Vitor de Souza e Reinaldo Oliveira.

Aos professores do departamento de Odontologia Restauradora, em especial Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade e Prof. Dr. Milton Carlos Kuga, exemplos de pessoas, que não medem esforços para ajudar e gerar oportunidades, muito obrigada!

À secretária do departamento, Creusa Maria Hortenci, por ser uma mãezona para nós todos ali. Obrigada por todas as palavras de carinho e pela companhia.

Agradeço com muito orgulho em meu peito a minha querida **FOAr**, desde quando ingressei no vestibular o desejo em estar nessa casa era muito grande e desde então me trouxe muita felicidade e realizações, em especial minha formação em cirurgia-dentista e agora, mestre em Dentística Restauradora. Incontável conhecimento, alegria, amizades e maturidade. Obrigada por esses 7 anos sensacionais!

À **Escola de Engenharia de São Carlos – USP**, em especial o Prof. Dr. Carlos Alberto Fortulan que foi muito solícito desde o início comigo, sempre disposto a ensinar e com o sorriso no rosto. Todos as idas à São Carlos se resumiam ao final do dia como um dia de grande aprendizado e felicidade pela presença dele, exemplo de pessoa e profissional. Agradeço também ao Prof. Dr. Renato Goulart Jasinevicius pela disponibilidade e por todo ensino, assim como por toda ajuda do seu doutorando, Branco.

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.

E por fim, agradeço a todos de coração, todos que sempre tiveram torcendo por mim, a toda minha família, a todos meus amigos, a todas as pessoas que sabem que existem um pedacinho delas aqui em meu coração.

Meu muito obrigada!!!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

Zaniboni JF. Influência de diferentes protocolos de queima do glaze sobre microdureza, índice de fragilidade e resistência à abrasão em blocos de cerâmicas CAD/CAM [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

RESUMO

O constante desenvolvimento das restaurações livres de metal e a tecnologia uniram as cerâmicas e o CAD/CAM há anos, e a evolução destes materiais cerâmicos, assim como do sistema digital têm sido crescentes. Os blocos CAD/CAM sofrem danos durante todo o seu processo de fabricação – da usinagem à queima, e uma alternativa de minimizar os danos causados é a aplicação do glaze. Assim, é necessário protocolos alternativos de queima do glaze que melhorem as propriedades mecânicas desses materiais cerâmicos. O objetivo desse estudo foi investigar a influência de diferentes protocolos de queima do glaze sobre a microdureza e índice de fragilidade (teste de microdureza Vickers) e a resistência à abrasão, avaliada por meio do coeficiente de atrito (μ) e perda de volume dos blocos cerâmicos CAD/CAM (IPS E.max CAD, IPS Empress CAD e Cerec Blocs). Para esse estudo *in vitro* foram obtidos cento e vinte espécimes a partir de blocos CAD/CAM, quarenta espécimes de cada material divididos em 5 grupos ($n=8$): Controle (C), Queima convencional do glaze (G), Queima convencional do glaze com 2 queimas (G_2), Queima estendida do glaze (EG) e Queima estendida do glaze com 2 queimas (EG_2). A avaliação da microdureza Vickers e índice de fragilidade foram realizados em microdurômetro, enquanto a resistência à abrasão foi realizada em um tribômetro *pin-on-disk* que registrou o coeficiente de atrito e após esse teste, os espécimes foram analisados em um interferômetro óptico a laser para cálculo da perda de volume. Os resultados obtidos em cada um dos testes foram submetidos previamente a análise estatística descritiva, teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene). Os resultados de microdureza foram avaliados pelo teste ANOVA Two Way seguido do pós-teste Sidak, já os demais testes foram submetidos a ANOVA Two way não paramétrica seguido do pós-teste Bonferroni. O nível de significância adotado para tomada de decisão foi de 5%. Em relação a microdureza, os grupos EG e EG_2 do E.max e Empress apresentaram valores menores de dureza comparados aos demais grupos; já o Cerec, todos os grupos que receberam o glaze apresentaram

uma dureza menor que o grupo C. Quanto ao índice de fragilidade, o grupo C do E.max apresentou-se com menor valor, os grupos G e EG do Empress apresentaram menor valor comparado aos demais grupos, enquanto os grupos do Cerec não apresentaram diferenças entre si. O coeficiente de atrito nos materiais E.max e Empress foi maior nos grupos G₂, EG e EG₂, e todos os grupos com glaze do Cerec apresentaram μ mais alto. Os grupos EG e EG₂ do E.max apresentaram maior perda de volume, assim como os grupos do Cerec e não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos do Empress. Assim, conclui-se que nos três materiais cerâmicos avaliados, o glaze influenciou nas propriedades mecânicas estudadas e o número de queima, independente do protocolo térmico adotado, não apresentou grande influência.

Palavras – chave: Cerâmica. Tratamento térmico. Propriedades físicas.

Zaniboni JF. Influence of different glaze firing protocols on microhardness, brittleness index and abrasion resistance in CAD/CAM ceramics blocks [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

ABSTRACT

The constant development of metal-free restorations and technology have joined ceramics and CAD/CAM for years, and the evolution of these ceramic materials, as well as the digital system, has been growing. The CAD/CAM blocks suffer damage throughout their manufacturing process - from machining to burning, and an alternative to minimize the damage caused is the application of glaze. Thus, it is necessary to use alternative glaze firing protocols that improve the mechanical properties of these ceramic materials. This study aimed to investigate the influence of different glaze firing protocols on microhardness and brittleness index (Vickers microhardness test) and abrasion resistance assessed by the friction coefficient (μ) and volume loss of the CAD/CAM ceramic blocks (IPS E.max CAD, IPS Empress CAD, and Cerec Blocs). For this in vitro study, one hundred and twenty specimens were obtained from CAD/CAM blocks, forty specimens of each material divided into 5 groups (n=8): Control (C), Conventional Glaze (G), Conventional Glaze with 2 firings (G₂), Extended Glaze (EG) and Extended Glaze with 2 firings (EG₂). The evaluation of Vickers microhardness and brittleness index was performed in a microdurometer, while abrasion resistance was realized in a pin-on-disk tribometer that recorded the friction coefficient and after this test, the specimens were analyzed in a laser optical interferometer to calculate the volume loss. The results obtained in each of the tests were previously submitted to descriptive statistical analysis, normality test (Shapiro-Wilk) and homoscedasticity (Levene). The microhardness results were evaluated by the ANOVA Two Way test followed by the Sidak post-test, while the other tests were submitted to non-parametric Two-way ANOVA followed by the Bonferroni post-test. The level of significance adopted for decision making was 5%. Regarding microhardness, the EG and EG₂ groups of E.max and Empress showed lower values of hardness compared to the other groups; on the other hand, all the groups of Cerec that received the glaze presented a lower hardness than the group C. As for the brittleness index, the group C for E.max presented with lower value, G and EG Empress groups showed lower value compared to the other groups, while the Cerec groups showed no differences. The coefficient of friction in E.max and Empress materials was higher in groups G₂, EG, and EG₂ and all

groups with the Cerec glaze had higher μ . The groups EG and EG₂ for E.max showed greater volume loss, as did the Cerec groups, and there was no statistically significant difference between the Empress groups. It was possible to conclude that in the three ceramic materials evaluated, the glaze influenced the studied mechanical properties and the number of firing, regardless of the thermal protocol adopted, did not present much influence.

Keywords: Ceramics. Thermic treatment. Physical properties.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROPOSIÇÃO	17
3 REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 Cerâmicas CAD/CAM: Tipos e Propriedades Mecânicas.....	18
3.1.1 Porcelanas	19
3.1.2 Vitrocerâmicas	19
3.2 Tratamento Térmico	20
3.2.1 Glaze	20
3.2.2 Protocolos de queima do glaze	21
3.2.3 Efeito do tratamento térmico nas propriedades mecânicas ..	23
4 MATERIAL E MÉTODO	28
4.1 Material	28
4.2 Métodos	33
4.3 Análise Estatística	36
5 RESULTADOS	38
6 DISCUSSÃO	44
7 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas odontológicas, amplamente utilizadas na Odontologia, apresentam capacidade de imitar as características ópticas do esmalte e dentina, biocompatibilidade e durabilidade química¹ e são compostas por elementos metálicos: alumínio, cálcio, lítio, magnésio, potássio, sódio, lantânio, estanho, titânio e zircônio; e substâncias não metálicas: silício, boro, flúor e oxigênio. São caracterizadas por duas fases: uma fase cristalina circundada por uma fase vítrea. A matriz vítrea é composta por uma cadeia básica de óxido de silício (SiO_4), sendo que a proporção Si:O está relacionada com a viscosidade e expansão térmica da porcelana². Já a quantidade e natureza da fase cristalina determinam as propriedades mecânicas e ópticas³.

O aumento da exigência estética, além da busca de um material restaurador com melhores propriedades mecânicas, físicas e biológicas, impulsionou o desenvolvimento das restaurações em cerâmica pura⁴. O constante desenvolvimento das restaurações livres de metal e a tecnologia uniram as cerâmicas e o CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), e a evolução destes materiais cerâmicos assim como do sistema digital têm sido crescentes^{5,6}.

A tecnologia CAD/CAM se baseia em três componentes fundamentais: uma ferramenta para a captura de imagens tridimensionais (*scanner*), um programa computacional ou *software* (CAD) para processar a imagem e projetar a peça a ser obtida e um equipamento de usinagem ou fresadora (CAM) para obtenção da peça previamente projetada⁷. Esse sistema tem como grande vantagem a confecção computadorizada de restaurações minimizando as pequenas distorções causadas pelos métodos convencionais, além de eliminar várias etapas laboratoriais que podem ser fatores complicadores em sua confecção^{8,9}. Permite a realização de reabilitações em sessão única^{5,10,11}. Vários sistemas cerâmicos estão disponíveis atualmente sobre a forma de bloco que são fresados no formato da restauração planejada, entre eles estão as cerâmicas feldspática, reforçadas por leucita, dissilicato de lítio e, ultimamente, zircônia e cerâmicas à base de silicato de lítio¹².

Falhas críticas em materiais cerâmicos podem ser introduzidas em função do método de processamento, que inclui todas as etapas usadas na fabricação de uma peça cerâmica, da modelagem à queima. As falhas mais comuns incluem danos na superfície e subsuperfície de materiais CAD/CAM devido a retificação rotativa de

pontas diamantadas durante ajustes internos^{13,14}. Há uma indução de tensão que precede o início da trinca, a propagação, formação de lascas e resulta, até na geração de uma nova textura de superfície¹⁵. Além disso, existem as falhas relacionadas a porosidade dos materiais¹⁶.

Os danos causados pela usinagem em cerâmicas CAD/CAM estão associados a uma diminuição na resistência à fratura. Os procedimentos de acabamento capazes de atenuar esses efeitos, como a queima prolongada do glaze, podem ser considerados, pois, melhoram o desempenho a longo prazo das cerâmicas reforçadas por leucita e dissilicato de lítio em comparação com a queima de glaze recomendada pelo fabricante além da capacidade de cicatrizar as trincas geradas pelos danos da usinagem na peça cerâmica: *crack healing*¹⁷.

A aplicação do glaze nas cerâmicas é um procedimento de rotina que promove superfícies estéticas e higiênicas à restauração final, além de reduzir a profundidade e a largura das falhas superficiais que poderiam enfraquecer o material¹⁸. Alguns autores^{13,17,19} têm pesquisado se a variação do protocolo de queima do glaze poderia influenciar a qualidade final de restaurações à base de dissilicato de lítio, feldspato e leucita.

Alguns resultados sugerem um possível efeito deletério da queima de glaze em materiais vitrocerâmicos fresados^{19,20}. Entretanto, há poucos estudos e uma certa inconsistência na literatura sobre diferentes protocolos térmicos do glaze e influência do tipo de resfriamento associados ao comportamento dos materiais CAD/CAM. Portanto, mais estudos com a proposta de avaliar as propriedades mecânicas são essenciais para o entendimento da correta indicação das cerâmicas e que possam contribuir para a compreensão da possível viabilidade de queimas alternativas que maximizem o desempenho desses materiais CAD/CAM.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados verificados no presente estudo, pode-se concluir que:

- A aplicação do glaze interfere na microdureza, índice de fragilidade e resistência à abrasão dos materiais cerâmicos avaliados. Todos os grupos com glaze, dos três materiais, apresentaram valores de microdureza menores e coeficiente de atrito inicial maiores que o grupo controle e isso reflete em uma menor resistência à abrasão do material.

- Não houve diferenças significantes entre os grupos glaze convencional e queima estendida do glaze, nos três materiais cerâmicos estudados. Uma vez que o resfriamento abrupto (protocolo do glaze convencional) gera tensões e leva ao enfraquecimento do material, o resfriamento lento adotado na queima estendida do glaze não traz esse prejuízo, mesmo que as propriedades mecânicas aqui estudadas foram menores do que o grupo controle conjuntamente a resultados anteriores esse tipo de protocolo acaba sendo mais benéfico ao material e também à estrutura dental antagonista.

- Os grupos que receberam duas queimas de glaze estendido apresentaram a maior perda de volume comparado aos demais grupos do mesmo material, embora no material IPS Empress CAD não houve diferença estatisticamente significativa. Apesar de não ter parâmetro de significância clínica, os grupos que receberam dupla camada de glaze apresentaram menor resistência à abrasão.

- A queima múltipla não proporcionou nenhuma vantagem aos materiais cerâmicos em relação à queima única em nenhuma das propriedades avaliadas. Visto que com o aumento do número de queimas algumas propriedades mecânicas decrescem, há aumento do índice de fragilidade e a peça fica mais susceptível a fratura além de aumentar o tempo clínico.

REFERÊNCIAS*

1. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J*. 2011; 56(1): 84–96.
2. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD–CAM ceramic systems. *J Dent*. 2014; 42: 1202-9.
3. Craig RG, Powers JM. *Materiais dentários restauradores*. 11 ed. São Paulo: Santos; 2004.
4. Al-Mowafy O, Brochu JF. Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations - a literature review. *J Can Dent Assoc*. 2002; 68(4): 233–7.
5. Pallesen U, van Dijken JWV. An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci*. 2000; 108(3): 239–46.
6. Bhat V, Shenoy K, Dandekeri S, Reddy H. CAD/CAM Ceramics – a literature review. *Int J Recent Sci Res*. 2016; 7(3): 9352-61.
7. Fu L, Engqvist H, Xia W. Glass–ceramics in dentistry: a review. *Materials*. 2020; 13(1049): 1 – 22.
8. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JYK. Clinical complications in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 2003; 90(1): 31-41.
9. Heintze SD, Cavalleri A, Zellweger G, Büchler A, Zappini G. Fracture frequency of all-ceramic crowns during dynamic loading in a chewing simulator using different loading and luting protocols. *Dent Mater*. 2008; 24(10): 1352-61.
10. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin N Am*. 2011; 55(3): 559-70.
11. Batalha-Silva S, Andrada MAC, Maia HP, Magne P. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: direct versus CAD/CAM inlays. *Dent Mater*. 2013; 29(3): 324-31.
12. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *J Dent Res*. 2014; 93:1235–42.
13. Aurélio IL, Prochnow C, Guilardi LF, Ramos GF, Bottino MA, May LG. The effect of extended glaze firing on the flexural fatigue strength of hard-machined ceramics. *J Prost Dent*. 2018; 120(5): 755-61.

* 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>

14. Belli R, Lohbauer U, Goetz-Neunhoeffler F, Hurle K. Crack-healing during two-stage crystallization of biomedical lithium (di)silicate glass-ceramics. *Dent Mater.* 2019; 35: 1130-45.
15. 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.
16. Denry I. How and when does fabrication damage adversely affect the clinical performance of ceramic restorations? *Dent Mater.* 2013; 29: 85-96.
17. Aurélio IL, Dorneles LS, May LG. Extended glaze firing on ceramics for hard machining: Crack healing, residual stresses, optical and microstructural aspects. *Dent Mater.* 2017; 33: 226-40.
18. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Thompson WO. The effect of glaze on porcelain strength. *Dent Mater.* 1992; 8: 203-07.
19. Aurélio IL, Fraga S, Dorneles LS, Bottino MA, May LG. Extended glaze firing improves flexural strength of a glass ceramic. *Dent Mater.* 2015; 31: 316-24.
20. Fraga S, Valandro LF, Bottino MA, May LG. Hard machining, glaze firing and hydrofluoric acidetching: Do these procedures affect the flexural strength of a leucite glass–ceramic? *Dent Mater.* 2015; 31: 131–40.
21. Denry I, Holloway JA. Ceramics for dental applications: a review. *Materials.* 2010; 3: 351–68.
22. Belli R, Petschelt A, Hofner B, Hajtó J, Scherrer SS, Lohbauer U. Fracture Rates and Lifetime Estimations of CAD/CAM All-ceramic Restorations. *J Dent Res.* 2016; 95(1): 67–73.
23. Nejatidanesh F, Amjadi M, Akouchekian M, Savabi O. Clinical performance of CEREC AC Bluecam conservative ceramic restorations after five years—A retrospective study. *J Dent.* 2015; 43: 1076-82.
24. Sen N, Olcer Y. Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2018; 199(4): 593-9.
25. Sirona Dental Systems GmbH. Industrially manufactured fine-structured feldspathic ceramic blocks. Manual do fabricante [Internet]. Alemanha: Sirona Dental Systems; 2011: 1-32. [acesso 2020 jun 9]. Disponível em: <https://www.manuais.sirona.com>
26. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *J Prosthodont Res.* 2014; 58: 208-16.
27. Brandt S, Winter A, Lauer HC, Kollmar F, Portscher-Kim SJ, Romanos GE. IPS e.max for all-ceramic restorations: clinical survival and success rates of full-coverage crowns and fixed partial dentures. *Materials.* 2019; 462(12): 1-10.
28. Peng Z, Abdul Rahman MI, Zhang Y, Yin L. Wear behavior of pressable lithium disilicate glass ceramic. *J Biomed Mater Res.* 2016; 104B:968–78.

29. Gold SA, Ferracane JL, Costa J. Effect of Crystallization Firing on Marginal Gap of CAD/CAM Fabricated Lithium Disilicate Crowns. *J Prosthodont.* 2018; 27(1): 63-6.
30. Willard A, Chu TMG. The science and application of IPS e.Max dental ceramic. *Kaohsiung J Med Sci.* 2018; 34(4): 238-42.
31. Sadowsky SJ. An overview of treatment considerations for esthetic restorations: A review of the literature. *J Prostht Dent.* 2006; 96(6): 433-42.
32. al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. *J Can Dent Assoc.* 1998; 64(8): 580-3.
33. Fischer H, Weiß R, Telle R. Crack healing in alumina bioceramics. *Dent Mater.* 2008; 24: 328-32.
34. Brackett SE, Leary JM, Turner KA, Jordan RD. An evaluation of porcelain strength and the effect of surface treatment. *J Prosthet Dent.* 1989; 61: 446-51.
35. Chen HY, Hickel R, Setcos JC, Kunzelmann KH. Effects of surface finish and fatigue testing on the fracture strength of CAD-CAM and pressed-ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 1999; 82(4): 268-75.
36. Yilmaz K, Özkan P. The methods for the generation of smoothness in dental ceramics. *Compend Contin Educ Dent.* 2010; 31(1): 30-41.
37. Asai T, Kazama R, Fukushima M, Okiji T. Effect of overglazed and polished surface finishes on the compressive fracture strength of machinable ceramic materials. *Dent Mater J.* 2010; 29(6): 661-7.
38. Mohammadibassir M, Rezvani MB, Golzari H, Salehi EM, Fahimi MA, Fard MJK. Effect of two polishing systems on surface roughness, topography, and flexural strength of a monolithic lithium disilicate ceramic. *J Prosthodont.* 2019; 28: 172-80.
39. Choi JE, Waddell JN, Swain MV. Pressed ceramics onto zirconia. Part 2: Indentation fracture and influence of cooling rate on residual stresses. *Dent Mater.* 2011; 27: 1111-8.
40. 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.
41. Sighinolfi D. Estudo experimental das deformações e estado de tensão em materiais cerâmicos tradicionais. *Cerâmica Industrial.* 2011; 16(5-6): 19-24.
42. Mackert JR, Sheen GW, Williams AL, Russell CM, Ergle JW. Effects of local cooling rate and processing variables on leucite in dental porcelain. *Int J Prosthodont.* 2003; 16(6): 647-52.
43. Pires-de-Souza FCP, Casemiro LA, Garcia LFR, Cruvinel DR. Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *J Prosthet Dent.* 2009; 101:13-8.

44. Ozturk O, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Celik G. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent.* 2008; 100: 99-106.
45. Nejatidanesh F, Azadbakht K, Savabi O, Sharifi M, Shirani M. Effect of repeated firing on the translucency of CAD-CAM monolithic glass-ceramics. *J Prosthet Dent.* 2020; 123(3): 530e1-6.
46. Jalali H, Bahrani Z, Zeighami S. Effect of repeated firings on microtensile bond strength of bi-layered lithium disilicate ceramics (e.max CAD and e.max Press). *J Contemp Dent Pract.* 2016; 17(7): 530-5.
47. Greil P. Generic principles of crack-healing ceramics. *J Adv Ceram.* 2012; 1(4): 249-67.
48. Hager MD, Greil P, Leyens C, van der Zwaag S, Schubert U. Self-healing materials. *Adv Mater.* 2010; 22: 5424-30.
49. Chen S, Wei T, Chen M, Zhang Z. Bilateral treatment: a strategy for enhancing the mechanical strength of machinable veneers. *Dent Mater.* 2010; 26: 961-7.
50. Porto TS, Roperto RC, Teich ST, Faddoul FF, Rizzante FAP, Porto-Neto ST, Campos EA. Brittleness index and its relationship with materials mechanical properties: Influence on the machinability of CAD/CAM materials. *Braz Oral Res.* 2019; 33: e026.
51. Sagsoz O, Yildiz M, Hojjat Ghahramanzadeh AS, Alsaran A. In vitro Fracture strength and hardness of different computer-aided design/computer-aided manufacturing inlays. *Niger J Clin Pract.* 2018; 21: 380-7.
52. Sonmez N, Gultekin P, Turp V, Akgungor G, Sen D, Mijiritsky E. Evaluation of five CAD/CAM materials by microstructural characterization and mechanical tests: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health.* 2018; 18(5): 1-13.
53. Freddo RA, Kapczinski MP, Kinast EJ, Souza Junior OB, Rivaldo EG, Frasca LCF. Dental Ceramics Wear: Influence of Microhardness and Friction. *J Prosthodont.* 2016; 25: 557-62.
54. Hu X, Zhang Q, Ning J, Wu W, Li C. Study of two-body wear performance of dental materials. *J Natl Med Assoc.* 2018; 110(3):250-5.
55. Kato K. Classification of wear mechanisms/models. *P I Mech Eng J-J Eng.* 2002; 216(6): 349-55.
56. Atai M, Yassini E, Amini M, Watts DC. The effect of a leucite-containing ceramic filler on the abrasive wear of dental composites. *Dent Mater.* 2007; 23: 1181-7.
57. Kanik O, Turkun LS, Dasch W. In vitro abrasion of resin-coated highly viscous glass ionomer cements: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Invest.* 2017; 21: 821-9.

58. Elias CN, Lopes HP. *Materiais dentários: ensaios mecânicos*. São Paulo: Santos; 2007.
59. Mormann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed*. 2013; 20: 113-25.
60. D'arcangelo C, Vanini L, Rondoni GD, Angelis F. Wear properties of dental ceramics and porcelain compared with humal enamel. *J Prosthet Dent*. 2016; 115: 350-5.
61. Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater*. 2016; 32: e275-83.
62. Park J, Pekkan G, Ozturk A. Friction and wear behavior of selected dental ceramics. *Surf Rev Lett*. 2009; 16(5): 1-9.
63. Wang L, Liu Y, Si W, Feng H, Tao Y, Ma Z. Friction and wear behaviors of dental ceramics against natural tooth enamel. *J Eur Ceram*. 2012; 32: 2599- 606.
64. Tripathi A, Bagchi S, Singh J, Gaurav V, Negi MPS. Effect of different firing temperatures on structural changes in porcelain. *J Prosthodont*. 2018; 27: 290-8.
65. Zurek AD, Alfaro MF, Wee AG, Yuan JCC, Barao VA, Mathew MT, Sukotko C. Wear characteristics and volume loss of CAD/CAM ceramic materials. *J Prosthodont*. 2018; 0: 1-9.
66. Schuh C, Kinast EJ, Mezzomo E, Kapczinski MP. Effect of glazed and polished surface finishes on the friction coefficient of two low-fusing ceramics. *J Prosthet Dent*. 2005; 93: 245-52.
67. Sehgal J, Ito S. A new low-brittleness glass in the soda-lime-silica glass family. *J Am Ceram Soc*. 1998; 81(9): 2485-8.
68. Leung BT, Tsoi JK, Matinlinna JP, Pow EH. Comparison of mechanical properties of three machinable ceramics with an experimental fluorophlogopite glass ceramic. *J Prosthet Dent*. 2015;114(3): 440-6.
69. Özdemir H, Özdoğan A. The effect of heat treatments applied to superstructure porcelain on the mechanical properties and microstructure of lithium disilicate glass ceramics. *Dent Mater J*. 2018; 37(1):24-32.
70. Montazerian M, Zanotto ED. Bioactive and inert dental glass-ceramics. *J Biomed Mater Res*. 2016; 1: 619–39.
71. Park S, Quinn JB, Romberg E, Arola D. On the brittleness of enamel and selected dental materials. *Dent Mater*. 2008; 24: 1477-85.
72. Li D, Guo JW, Wang XS, Zhang SF, He L. Effects of crystal size on the mechanical properties of a lithium disilicate glass-ceramic. *Mat Sci Eng A*. 2016; 669(4): 332-9.

73. Ramos DTL, Pallone EMJA, Purquerio BM, Fortulan CA. Projeto de um banco de ensaio de desgaste do tipo "pin-on-disc". *Cerâmica*. 2014; 60: 443-8.
74. Wang G, Fu K, Wang S, Yang B. Optimization of mechanical and tribological properties of a dental $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-CaO-P}_2\text{O}_5$ glass-ceramic. *J Mech Behav Biomed*. 2020; 102: 103523.
75. Zhang Y, Xu D, Rao P, Lu M, Wu J. Friction behavior of dental porcelain with different leucite particle sizes. *J Am Ceram Soc*. 2008; 91(5): 1678-81.
76. Wassell RW, McCabe JF, Walls AWG. Wear characteristics in a two-body wear test. *Dent Mater*. 1994; 10: 269-74.
77. Ghazal M, Albashaireh ZS, Kern M. Wear resistance of nanofilled composite resin and feldspathic ceramic artificial teeth. *J Prosthet Dent*. 2008; 100: 441-8.
78. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Two-body wear of different ceramic materials opposed to zirconia ceramic. *J Prosthet Dent*. 2010; 104:105-13.
79. Luangruangrong P, Cook NB, Sabrah AH, Hara AT, Bottino MC. Influence of full-contour zirconia surface roughness on wear of glass-ceramics. *J Prosthodont*. 2014; 23: 198-205.
80. Ludovichetti FS, Trindade FZ, Werner A, Kleverlaan CJ, Fonseca RG. Wear resistance and abrasiveness of CAD-CAM monolithic materials. *J Prosthet Dent*. 2018; 120: e1-8.
81. Dalkiz M, Sipahi C, Beydemir B. Effects of six surface treatment methods on the surface roughness of a low-fusing and an ultra-low-fusing feldspathic ceramic material. *J Prosthodont*. 2009; 18(3): 217-22.