

UNIVERSIDADE SANTO AMARO
Programa de Mestrado em Odontologia com Área de
Concentração em Implantodontia

Alcindo Bernardi Junior

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE DE CERÂMICAS
MONOLÍTICAS CARACTERIZADAS

São Paulo

2019

Alcindo Bernardi Junior

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE DE CERÂMICAS MONOLÍTICAS
CARACTERIZADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia com área de concentração em Implantodontia.
Orientadora: Profa. Lilian Costa Anami Paulin

SÃO PAULO

2019

Alcindo Bernardi Junior

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE DE CERÂMICAS MONOLÍTICAS
CARACTERIZADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito para obtenção do título de Mestre em Odontologia com área de concentração em Implantodontia.

Orientadora: Profa. Dra. Lilian Costa Anami Paulin

São Paulo, 24 de junho de 2019.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Lilian Costa Anami Paulin

Prof. Dr. Willian Cunha Brandt

Profa. Dra. Nathália de Carvalho Ramos

Conceito Final: _____

Dedico essa obra aos meus antepassados de origem simples, mas sonhadores por dias melhores. Foram Espanhóis, Austro-Húngaro e Italianos, de cidades como Canillas de Albaida – Málaga – Espanha (ao Sul); Vêneto em Loria - Itália (ao Norte). Respectivamente aos meus Avós maternos, Francisco Martin Sanches e Roma Pecorari e dos Avós paternos Leandro Bernardi e Corina Polizzinani. Aos meus amores, Alcindo Bernardi e Lydia Martins Bernardi (meu pai e minha mãe), Almas Gêmeas, que deram seu suor, seu provento, amor e suas vidas, para que eu pudesse chegar onde hoje, realizo mais um sonho hora almejado. Aqui nesta prancha que se tornará eternizada, sei que no plano espiritual, continuarão sua jornada evolutiva; mas sinto a energia do amor que embala minha jornada terrena, juntos lutamos e continuaremos fazendo e nos mantendo dentro dos princípios da ética e moral e ao respeito aos seres do nosso universo, cada qual em seu plano.

Dedico também esta prancha de conhecimentos, à Tânia Rossini Bernardi, minha amiga, companheira e esposa. Dedico também aos meus filhos, Leandro Rossini Bernardi e Nathália Rossini Bernardi. Eles que com paciência inesgotável, forneceram também o apoio, orientação, incentivo e amor, como tais, são pessoas maravilhosas, que tive a oportunidade de receber das mãos de Deus.

À Universidade Mogi das Cruzes (UMC), XVI turma, onde tudo começou, pela oportunidade e a saudade. À Universidade Santo Amaro, pelas mãos do Prof. Dr. Wilson Roberto Sendyk, me fez adentrar a luz do conhecimento, focar e ir em frente. Nunca te esquecerei!!! Do seu Decano.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, o Grande Arquiteto do Universo, a família pela paciência e compreensão nestes últimos 2 anos, a minha querida irmã Rosangela Bernardi, ao cunhado Jamil Ratib Filho, pelo amor e força de sempre, ao meu sogro Manoel e minha sogra Yvonne, por estarem sempre presentes, aos membros da equipe de Professores(as) Ms., Drs. (as), da Universidade Santo Amaro (UNISA), que desde o ingresso ao mestrado souberam com gentileza abraçar minha jornada, aos quais fico eternamente agradecido; ao departamento de pós-graduação e pesquisa da Universidade Santo Amaro (UNISA) – Campus I, as secretárias Marcia Aparecida Antonio e Amanda Santos Farias, ao bibliotecário Ricardo Pereira de Souza pelas orientações de formatação desta tese na Universidade Santo Amaro (UNISA) - Campus I. Aos meus colegas de mestrado, Jefferson David Melo de Matos e Manassés Tercio Vieira Grangeiro, (UNESP-São José dos Campos), agradeço pela ajuda por agregarem dados relevantes a este trabalho de pesquisa. Agradeço a Gabriel Lopes (Iniciação Científica), e a Dra. Thaís Cachuté Paradella pelas orientações técnicas laboratoriais da UNESP-S.J. dos Campos. Ao Professor Marco Antonio Bottino (UNESP- S.J. dos Campos), responsável pelos Laboratórios de pesquisa de materiais, agradeço a oportunidade. À FAPESP pelo auxílio financeiro concedido Nº 2018/05908-4. Em especial quero congratular-me de forma respeitosa, com minha Profa. Dra. Lilian Costa Anami, que com espírito docente, soube conduzir seu aprendiz. Fico honrado e agradecido. Quero registrar também o agradecimento aos amigos de turma(2017-B) Ricardo Seixas de Paiva Lima e Annika Ingrid Maria Söderberg Campos e aos demais colegas de mestrado e a tantos outros que me incentivaram na construção e finalização desta obra.

“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.”

Marthin Luther King

RESUMO

Objetivo: Os objetivos deste estudo foram: avaliar a rugosidade de cerâmicas monolíticas após técnicas de caracterização quando possível; e avaliar a rugosidade de cerâmicas infiltradas por polímero após caracterização, variando tratamentos de superfícies prévios à caracterização, assim como a presença da camada de glaze.

Materiais e métodos: As cerâmicas monolíticas - zircônia de alta translucidez (YZHT), cerâmica feldspática (FD) e silicato reforçado por zircônia (ZLS) - foram pigmentadas e receberam glaze, sendo que para ZLS o pigmento foi aplicado em passo único durante a cristalização (ZLS1) ou em momentos e queimas diferentes (ZLS2). A cerâmica híbrida com polímero (PIC) recebeu a camada de pigmento após polimento (P/PG), após aplicação de ácido fluorídrico e silanização (C/CG), após jateamento com Al_2O_3 50 μm a 1 bar e silanização (J/JG) ou após silanização com agente autocondicionante (S/SG). Os subgrupos "G" receberam, ainda, a camada de glaze. Foi realizada análise em rugosímetro de contato da rugosidade média em altura (R_a) e do espaçamento entre elementos do perfil (R_{Sm}), além de avaliação em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Após confirmação dos pressupostos da normalidade, os dados de rugosidade foram avaliados por análise de variância ANOVA 1 fator (tipo de material) para a primeira etapa e ANOVA 2 fatores (tratamento de superfície x presença de glaze) para a segunda etapa. As diferenças foram detectadas pelo teste de Tukey. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

Resultados: FD apresentou rugosidade média superior a ZLS1/ZLS2, enquanto YZHT foi semelhante a todos os grupos ($p=0,000$). Na segunda etapa, houve influência da interação dos fatores tratamento de superfície e presença de glaze ($p=0.000$), sendo que a maior rugosidade média foi encontrada para o grupo S e os grupos de PIC glazeados foram todos semelhantes entre si. O fator glaze somente influenciou nos tratamentos de superfície J e S, sendo que nestes dois a presença do glaze resultou em uma rugosidade menor.

Conclusão: Dentre as cerâmicas monolíticas, FD apresentou rugosidade média superior a ZLS. Para PIC a presença de glaze resulta em rugosidade média semelhante independente do tratamento de superfície.

Palavras-chave: Rugosidade. Caracterização. Cerâmicas monolíticas. Glaze.

ABSTRACT

Purpose: the objectives of this study were: to evaluate the roughness of monolithic ceramics after characterization techniques when possible; to evaluate the roughness of ceramics infiltrated by polymer after characterization, varying surface treatments prior to characterization, as well as the presence of the layer of glaze. **Materials and methods:** the monolithic ceramics - high translucency zirconia (YZHT), feldspathic (FD) and zirconia reinforced silicate (ZLS) ceramics - were pigmented and received a glaze layer. For ZLS the pigment was applied in a single step during crystallization (ZLS1), or at different times and burns (ZLS2). Polymer-hybrid ceramics (PIC) received the pigment layer after polishing (P/PG), etched with hydrofluoric acid and silanized (C/CG), after blasting with 50 μm Al_2O_3 at 1 bar and silanization (J/JG), or after silanization with a self-etching agent (S/SG). Subgroups "G" also received a glaze layer. It was performed a contact roughness analysis of the mean roughness in height (Ra) and the spacing between profile elements (RSm), in addition to an evaluation in scanning electron microscopy (SEM). After confirming the normality assumptions, roughness data were evaluated by 1-way ANOVA (material type) for the first stage, and 2-way ANOVA (surface treatment x presence of glaze) for the second stage. The differences were detected by the Tukey test. All tests were performed at a significance level of 5%. **Results:** FD showed average roughness higher than ZLS1/ZLS2, while YZHT was similar to all groups ($p = 0.000$). In the second stage, there was influence of the interaction of surface treatment factors and glaze present ($p = 0.000$), with the highest average roughness found for group S and the glaze PIC groups were all similar. The glaze factor only influenced the surface treatments J and S, and in these two the presence of glaze resulted in a lesser roughness. **Conclusion:** Among the monolithic ceramics, FD presented average roughness higher than ZLS. For PIC the presence of glaze results in similar average roughness independent of the surface treatment.

Keywords: Roughness. Characterization. Monolithic ceramics. Glaze.

Lista de Figuras

Figura 1 - Passos para confecção dos cilindros de feldspática	16
Figura 2 - Cilindro fixado a máquina de cortes de precisão.....	17
Figura 3 - Discos de YZHT, FD e ZLS.....	17
Figura 4 - Organograma da Parte I	19
Figura 5 - Forno Sirona inFire HTC speed para realização da sinterização dos espécimes	20
Figura 6 - Forno VACUMAT 6000 MP para cristalização dos espécimes ZLS2 e das queimas de caracterização e glaze de todos os espécimes.....	20
Figura 7 - Sequência laboratorial para caracterização da superfície dos espécimes das cerâmicas Feldspáticas	21
Figura 8 - Sequência laboratorial para caracterização da superfície dos espécimes das cerâmicas	22
Figura 9 - Organograma da Parte II	24
Figura 10 - Máquina de polimento, EcoMet / AutoMet 250, Buehler Illinois, EUA..	25
Figura 11 - Desenho esquemático das leituras realizadas para análise de rugosidade dos discos cerâmicos	26
Figura 12 - Micrografias de amostras representativas da Parte I do estudo	32
Figura 13 - Micrografias de amostras representativas da 2ª fase do estudo, aumento de 500 x	33

Lista de tabelas

Tabela 1 - Média \pm desvio padrão dos dados de rugosidade, em μm , e grupamentos homogêneos do teste de Tukey para os grupos experimentais da parte I do estudo: comparação da rugosidade de cerâmicas monolíticas.....	28
Tabela 2 - Estatística ANOVA 1 fator dos dados de rugosidade Ra de cerâmicas monolíticas.....	28
Tabela 3 - Estatística ANOVA 1 fator dos dados de rugosidade RSm de cerâmicas monolíticas.....	29
Tabela 4 - Média \pm desvio padrão dos dados de rugosidade média, Ra em μm , e grupamentos homogêneos do teste de Tukey para os grupos experimentais da parte II do estudo: cerâmica híbrida com polímero (PIC).....	30
Tabela 5 - Estatística ANOVA 2 fatores dos dados de rugosidade Ra de PIC.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS	14
3 MATERIAS E MÉTODOS.....	15
3.1 Preparo dos discos cerâmicos	16
3.2 Parte I: avaliação da rugosidade de cerâmicas monolíticas caracterizadas ..	18
3.3 Parte II: influência dos tratamentos de superfície prévios à caracterização e da camada de glaze na rugosidade da cerâmica híbrida	23
3.4 Rugosidade	26
3.5 Análise topográfica.....	27
3.6 Análise dos resultados	27
4 RESULTADOS	28
5 DISCUSSÃO	34
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

Devido às suas propriedades que aliam estética e resistência, a cerâmica apresenta-se como atual opção de escolha para a fabricação das próteses dentárias. O interesse em torno desse material faz com que ele seja aprimorado constantemente, impulsionado principalmente pelo avanço tecnológico e aumento constante da exigência estética. Os materiais monolíticos surgiram com o propósito de aliar translucidez adequada e resistência mecânica (AMER *et al.*, 2013; DENRY; KELLY, 2014) com o objetivo de superar as falhas de lascamento da cerâmica de revestimento, diminuindo o tempo para confecção e os custos das restaurações (STAWARCZYK *et al.*, 2013).

As cerâmicas odontológicas podem ser classificadas quanto à sua composição química em vitrocerâmicas como as feldspáticas, leucíticas e à base de dissilicato ou silicato de lítio, cerâmicas híbridas como os infiltrados por polímeros e policristalinas como as cerâmicas à base de zircônia estabilizadas por ítrio - Y-TZP; e de acordo com o tipo de processamento laboratorial, por meio de prensagem, slip-cast, estratificação e fresagem a partir de blocos pré-fabricados (LIN *et al.*, 2012; MIYAHITA; PELLIZER; KIMPARA, 2014).

A cerâmica feldspática (FD) foi a primeira a ser utilizada na odontologia, sendo essencialmente uma mistura de feldspato de potássio ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) ou feldspato de sódio ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) com quartzo (SiO_2). (STEVENSON; IBBETSON, 2010). Já a cerâmica à base de silicato de lítio reforçado por zircônia (ZLS) é um material disponível em alta translucidez, onde a cerâmica de silicato de lítio é reforçada com dióxido de zircônio no estado pré-cristalizado, buscando dessa forma aliar a tenacidade da zircônia com as vantagens estéticas do silicato de lítio. A cerâmica híbrida com polímero (PIC) associa o módulo de elasticidade de materiais compósitos que é similar à dentina humana com a estética da cerâmica vítrea, sendo composta pela interligação de duas fases, uma porosa (cerâmica feldspática) sinterizada e um infiltrado de polímero (SWAIN *et al.*, 2016).

Os materiais restauradores cerâmicos podem, também ser divididos em três famílias, de acordo com a presença de atributos específicos em sua formulação, sendo classificados em: cerâmica de matriz de vidro; cerâmicas policristalinas e

cerâmica de matriz de resina. A família da cerâmica de matriz de vidro é subdividida em três subgrupos: cerâmicas feldspáticas de ocorrência natural, cerâmicas sintéticas e cerâmicas infiltradas em vidro. As cerâmicas policristalinas são subdivididas em quatro subgrupos: alumina, zircônia estabilizada, alumina temperada com zircônia e zircônia de alumínio (atualmente em desenvolvimento). O terceiro grupo, cerâmicas de matriz de resina, é dividido em vários subgrupos de acordo com a sua composição (GRACIS *et al.*, 2015).

Recentemente as cerâmicas de Y-TZP monolíticas com desenho e fabricação assistidos por computador (CAD/CAM) tornaram-se mais comumente utilizadas. (KIM; KIM, 2014). A zircônia policristalina parcialmente estabilizada por óxido de ítrio tem como limitação a sua aparência opaca-esbranquiçada em seu estado bruto e a fim de melhorar a sua característica estética, um corante líquido pode ser aplicado sobre a zircônia antes do processo da sinterização, conferindo uma coloração de base mais próxima ao dente natural (RINKE; FISCHER, 2013).

Para PIC (Vita ENAMIC®), os pigmentos com essa finalidade de melhora estética são aplicados sobre a restauração e fixados através de processo de fotoativação. Para a selagem desta superfície existe o glaze (VITA ENAMIC GLAZE®) que é indicado pelo fabricante para aumentar a durabilidade e o brilho das cores na cavidade oral. Para FD, ZLS (Vita SUPRINITY®) e YZHT, existem pigmentos que são aplicados e sinterizados em forno, e também existe a possibilidade de uso de camada de glaze.

Para o sucesso do tratamento de reabilitação é essencial conhecer o comportamento dos materiais restauradores em relação à microbiologia do ambiente oral. (RASHID, 2014). Os micro-organismos presentes na cavidade oral tendem a se aderir naturalmente aos materiais ou às suas interfaces com o dente, especialmente no terço cervical da superfície proximal e ao longo da margem gengival, onde eles estão protegidos da ação mecânica. (AKSOY *et al.*, 2006). O biofilme oral é um dos melhores sistemas microbianos (HAHNEL *et al.*, 2009), por isso é sabido que existe um mecanismo de aderência bacteriana e formação de biofilme e que esse processo tem íntima relação com as características do material ao qual está em contato. A aderência bacteriana a um substrato e a inicial composição do biofilme está relacionada à topografia (ANAMI *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2016) e hidrofobicidade da superfície (AKSOY *et al.*, 2006; SHIRTCLIFFE *et al.*, 2010), assim

como a relação entre micro-organismos existentes. (AL-RADHA *et al.*, 2012). Para minimizar os efeitos prejudiciais da aderência bacteriana ao material restaurador, a superfície da cerâmica é submetida ao processo de polimento ou à aplicação de camada vítrea (glaze), mas não há consenso sobre a técnica de acabamento que promove a melhor lisura de superfície cerâmica (PEREIRA-CENCI *et al.*, 2007; ELSHAHAWY; WATANABE, KRAMER, 2009).

2 OBJETIVOS

São objetivos do presente estudo:

- avaliar a rugosidade de cerâmicas monolíticas após técnicas de caracterização.
- avaliar a rugosidade de cerâmicas infiltradas por polímero após caracterização, variando tratamentos de superfícies prévios à caracterização e a presença da camada de glaze.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a parte I do trabalho (YZHT, ZLS1 e ZLS2, FD) foram analisados 80 espécimes (que tiveram representatividade quanto à rugosidade) e na parte II (PIC) foram avaliados os espécimes, perfazendo um “n” total de 240 amostras com (n=20).

O Quadro 1 apresenta as siglas, nome comercial e composição das cerâmicas que foram utilizadas no presente estudo.

Quadro 1 - Grupos experimentais, composição e nome comercial das cerâmicas e técnicas de maquiagem

Sigla	Nome comercial	Composição
YZHT	Vita YZ HT block, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha	Zircônia de alta translucidez (90,9-94,5% de ZrO ₂ , 4-6% de Y ₂ O ₃ , 1,5-2,5% de HfO ₂ , 0-0,3% de Al ₂ O ₃ , 0-0,5% de Er ₂ O ₃ e 0-0,3% de Fe ₂ O ₃)
ZLS	Vita Suprinity, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha	Cerâmica à base de silicato de lítio reforçada por zircônia (56-64% de SiO ₂ , 10% de LiO ₂ , 1-4% de K ₂ O, 3-8% de P ₂ O ₅ , 1-4% de Al ₂ O ₃ , 0-4% de CeO ₂ e de 0-6% de pigmento e 10% de ZrO ₂)
FD	Vitablocs Mark II, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha	Cerâmica feldspática (56-64% de SiO ₂ , 20-23% de Al ₂ O ₃ , 6-9% de Na ₂ O, 6-8% de K ₂ O, 0,3-0,6% de CaO, 0,01% de TiO ₂ ,)
PIC	Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha	Cerâmica híbrida com polímero (58-63% de SiO ₂ , 20-23% de Al ₂ O ₃ , 6-11% de Na ₂ O, 4-6% de K ₂ O, 0,5-2% de B ₂ O ₃ , <1% de CaO e <1% de TiO ₂)

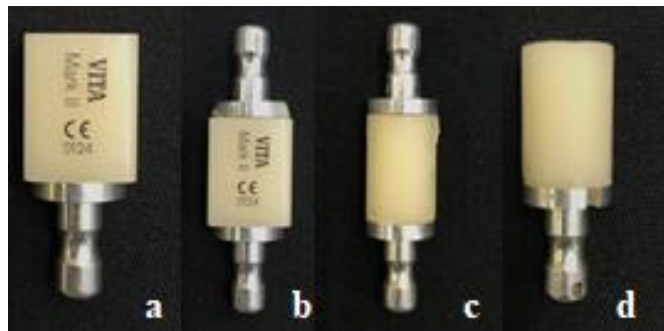
Fonte: (VITA ZAHNFABRIK, 2019)

3.1 Preparo dos discos cerâmicos

Os blocos cerâmicos de YZHT, ZLS, FD e PIC para CAD/CAM foram arredondados até a obtenção de cilindros de 12 mm de diâmetro com lixa de carboeto de silício 320 e 400 (Figura 1). Os cilindros de zircônia foram arredondados em cilindros de 14 mm de diâmetro para compensar a contração de sinterização.

Figura 1 - Passos para confecção dos cilindros de feldspática

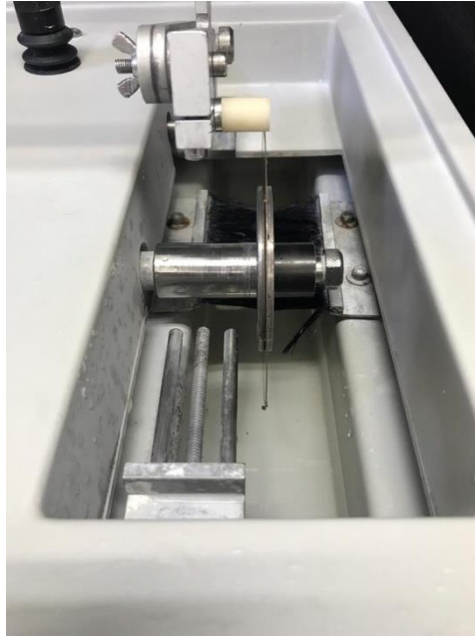
a) bloco de Vita Mark II; b) batoques adaptados nas extremidades do bloco; c) bloco arredondado; d) cilindro confeccionado.



Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

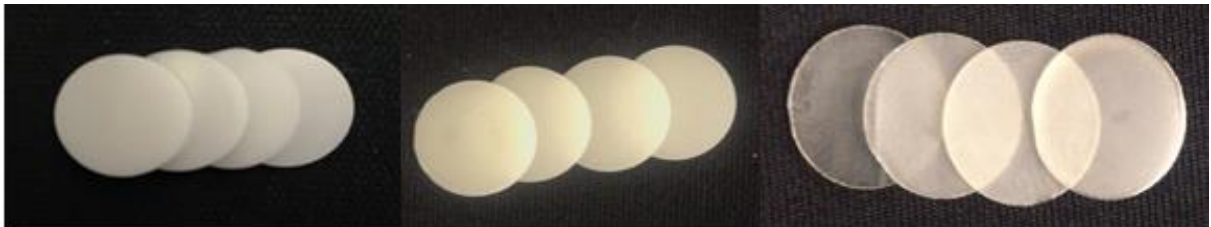
Em seguida, os cilindros foram cortados com disco diamantado (série 15LC Diamond Blade, Buehler, EUA) montados em Isomet® 1000 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, EUA; Figura 2) sob refrigeração constante nas dimensões necessárias para cada etapa experimental que serão descritas a seguir. As amostras tiveram suas superfícies polidas até lixa d'água 1200 em politriz (Politriz Metalográfica PVV 200, Teclago, Vargem Grande Paulista/SP; Figura 3). As amostras foram limpas em banho ultrassônico com álcool isopropílico por 5 minutos.

Figura 2 - Cilindro fixado a máquina de cortes de precisão



Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

Figura 3 - Discos de YZHT, FD e ZLS



Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

O presente projeto de pesquisa encontra-se dividido em duas partes. Na primeira delas foi avaliada a rugosidade das cerâmicas monolíticas (YZHT, ZLS e FD) com camada de caracterização, aplicada antes ou após a sinterização no caso da ZLS. Na segunda parte a rugosidade superficial foi avaliada após a aplicação da camada de caracterização sobre a superfície de PIC com diferentes tratamentos de superfícies, variando também a presença da camada de glaze. As metodologias para confecção dos grupos experimentais encontram-se divididas em duas etapas. As análises em sequência serão iguais, Partes I e II.

3.2 Parte I: avaliação da rugosidade de cerâmicas monolíticas caracterizada

A Figura 4 apresenta um organograma da primeira parte do presente projeto de pesquisa.

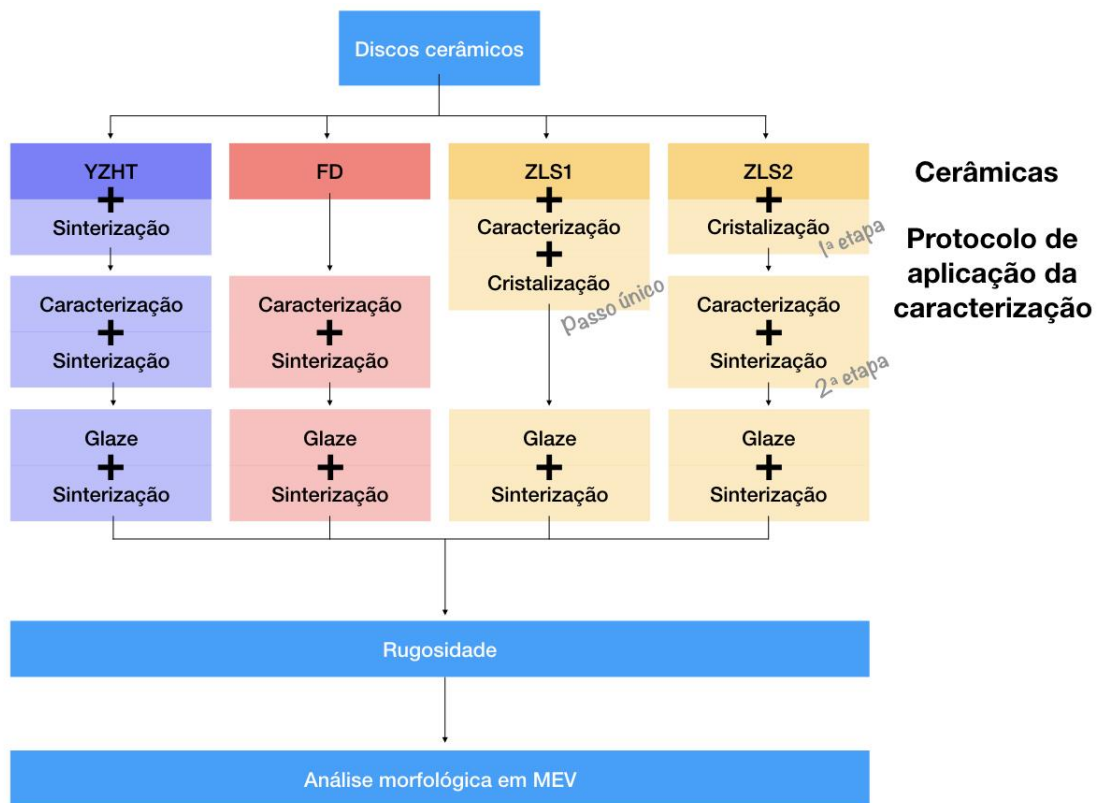
As amostras de YZHT foram sinterizadas antes de receberem a camada de caracterização. A cristalização das amostras de ZLS foi realizada juntamente com a sinterização da caracterização (subgrupo “1”, sinterização/caracterização em passo único), ou antes da caracterização (subgrupo “2”, sinterização + caracterização em duas etapas). Os blocos para CAD/CAM da cerâmica de FD são comercializados já sinterizados. O Quadro 2 resume os grupos experimentais desta primeira etapa.

Quadro 2 - Grupos experimentais e técnicas de maquiagem das cerâmicas

Grupos	Técnica de maquiagem
YZHT	Sinterização + caracterização individual, aplicação de glaze e respectivas queimas (após sinterização)
FD	Caracterização individual, aplicação de glaze e respectivas queimas
ZLS1	Cristalização incluindo queima da caracterização e do glaze em passo único
ZLS2	Cristalização + caracterização individual, aplicação de glaze e respectivas queimas (após cristalização, em 2 passos)

Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

Figura 4 - Organograma da Parte I



Fonte: (BERNARDI JUNIOR; ANAMI, 2019)

Os Discos, YZHT e FD tiveram amostras de (n=20), para cada espécime e para ZLS1 e ZLS2, a amostra foi de (n=40).

A sinterização de YZHT ocorreu no forno Sirona inFire HTC speed (Sirona Dentisply, França) de acordo com a programação indicada pelo fabricante (Quadro 3, Figura 5).

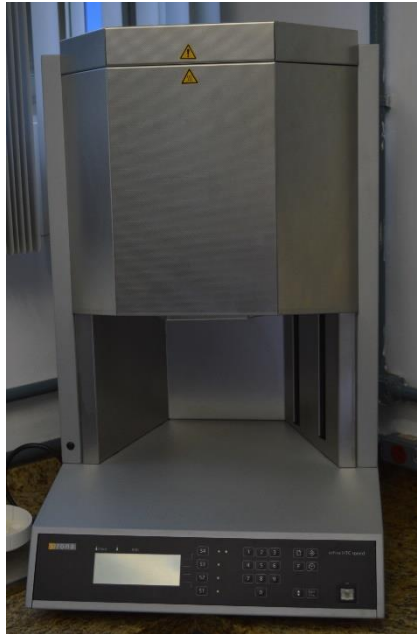
Quadro 3 - Protocolos de queima – sinterização, cristalização, caracterização e Glaze

Cerâmica	Procedimento	T inicial (C°)	Tempo de espera na T inicial	Taxa de aumento de T (C°/min)	T final (C°)	Tempo de espera na T final	Taxa de redução de T (C°/min)
YZHT	Sinterização	200	-	120	1450	07h30'	25
FD e YZHT	Caracterização	500	4'	80	850	1'	-
	Glaze	500	6'	80	950	1'	-
ZLS	Cristalização	400	4'	55	840	8'	680§
	Caracterização^	400	4'	80	850	1'	-
	Glaze	400	6'	80	800	1'	-

T: temperatura; ^: somente para ZLS2; §: abertura do forno

fonte: (VITA ZAHNFABRIK, 2019)

Figura 5 - Forno Sirona inFire HTC speed para realização da sinterização dos espécimes



Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

A cristalização das amostras ZLS2 ocorreu no forno VACUMAT 6000 MP (Vita Zahnfabrik, Alemanha) cujo ciclo de queima executado, indicado pelo fabricante, segue a programação descrita no Quadro 3 (Figura 6).

Figura 6 - Forno VACUMAT 6000 MP para cristalização dos espécimes ZLS2 e das queimas de caracterização e glaze de todos os espécimes

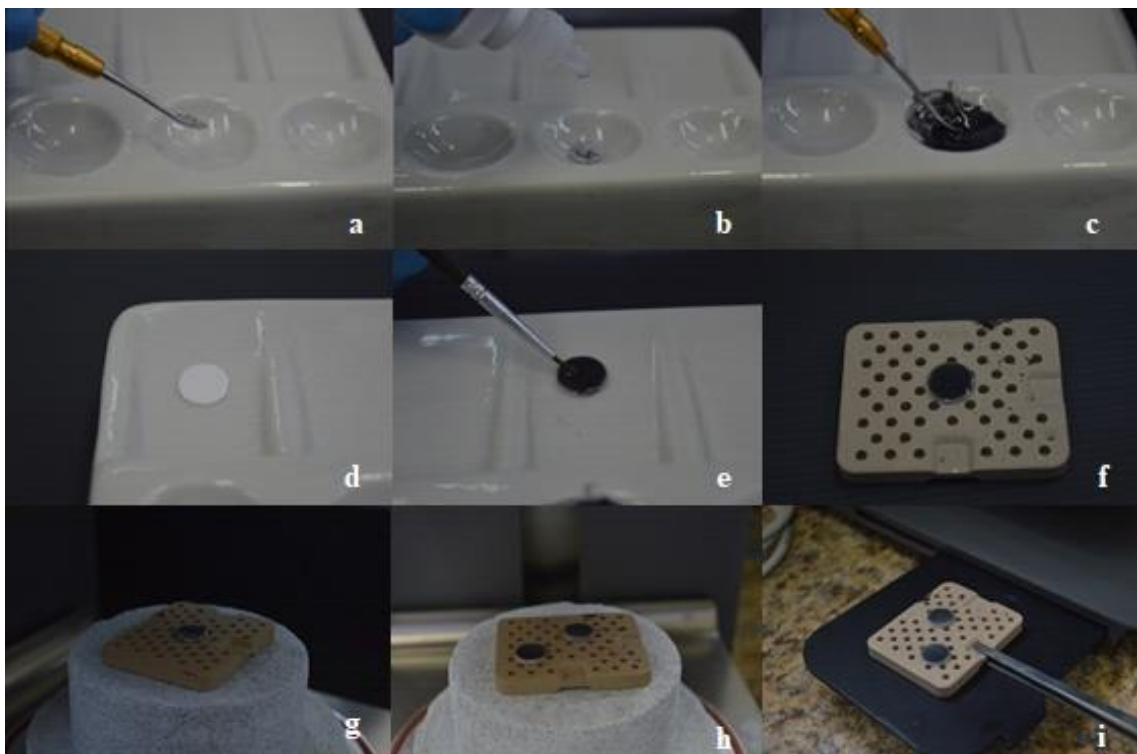


Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

Os espécimes do grupo ZLS1 e os espécimes dos demais grupos (após sinterização/cristalização) receberam a aplicação de uma fina camada de pigmentação extrínseca diluída na proporção de 1 porção de pó (VITA AKZENT Plus EFFECT STAINS, VITA Zahnfabrik, Alemanha) para duas de líquido (VITA AKZENT Plus POWDER FLUID, VITA Zahnfabrik, Alemanha) homogeneizadas até a obtenção de uma consistência cremosa. Os espécimes receberam a pigmentação com uso de um pincel fino (Pincel Pelo Marta, Tigre, Joinvile, SC) de modo uniforme, em toda a superfície externa do disco cerâmico (Figura 7) e foram conduzidas a queima de caracterização (Quadro 3).

Figura 7 - Sequência laboratorial para caracterização da superfície dos espécimes das cerâmicas Feldspáticas

a) proporção do pó; b) proporção do líquido; c) aglutinação do pó e líquido até obtenção de mistura homogênea; d) espécime sobre a superfície do godê; e) aplicação da pigmentação extrínseca com uso do pincel; f) espécime caracterizado sobre o refratário; g) disco sobre refratário no forno para queima de pigmentação; h) amostras após queima de caracterização; i) espécimes no suporte para resfriamento das amostras.

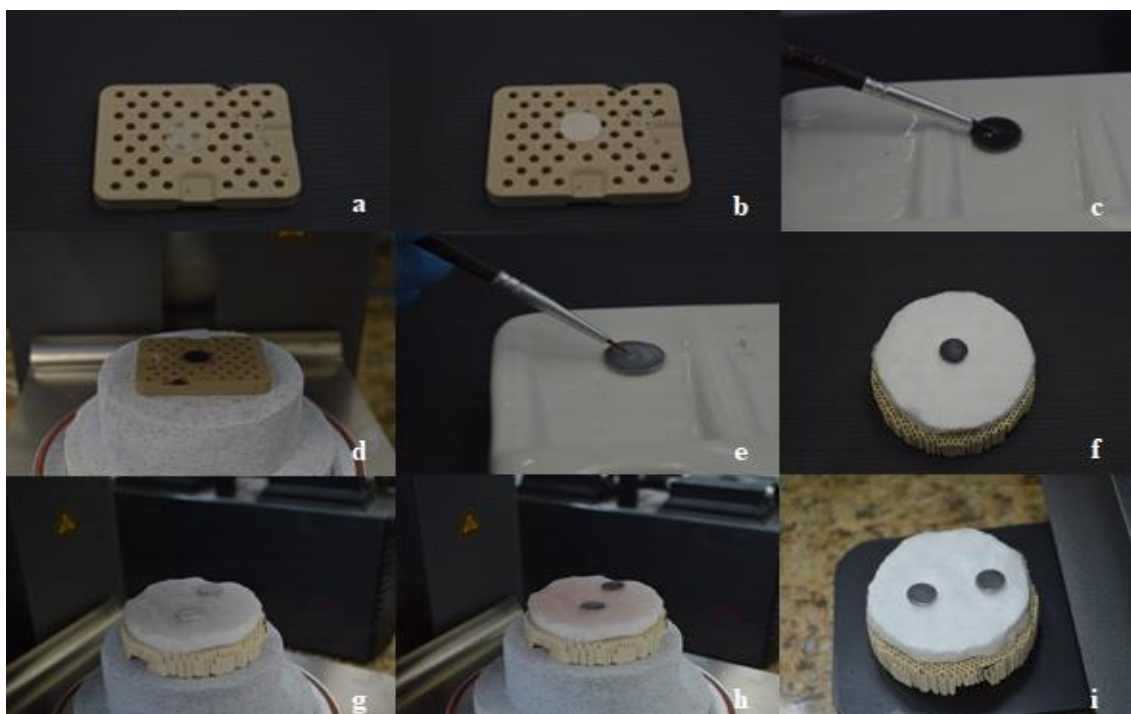


Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

Após o resfriamento da cerâmica até temperatura ambiente, foi realizado banho ultrassônico em álcool isopropílico por 5 min; após a secagem, as amostras foram posicionadas em um godê para aplicação do glaze (VITA AKZENT Plus GLAZE PASTE, VITA Zahnfabrik, Alemanha) (Figura 8) com o auxílio de um pincel fino (Pincel Pelo Marta, Tigre, Joinville) de modo uniforme em toda a superfície externa do disco cerâmico. A queima dessa nova camada foi realizada de acordo com cada material (Quadro 3). No caso do grupo ZLS1 e ZLS2 utilizou-se uma manta para cerâmica (Manta de Fibra de Quartzo, KOTA, São Paulo) sobre refratário e todos os passos executados seguiram os protocolos recomendados pelo fabricante.

Figura 8 - Sequência laboratorial para caracterização da superfície dos espécimes das cerâmicas

a) disco de Suprinity pré-cristalizado; b) disco de Suprinity após cristalização (grupo ZLS2); c) espécime sobre a superfície do godê, recebendo aplicação da pigmentação extrínseca com uso do pincel; d) disco sobre refratário indo ao forno para queima de pigmentação; e) espécime sobre a superfície do godê, recebendo aplicação do glaze com uso do pincel; f) espécime glazeado sobre manta de quartzo e refratário; g) discos glazeados sofrendo liberação de calor; h) amostras após queima de glazeamento; i) espécimes sobre suporte para resfriamento das mostras.



Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

3.3 Parte II: influência dos tratamentos de superfície prévios à caracterização e da camada de glaze na rugosidade da cerâmica híbrida

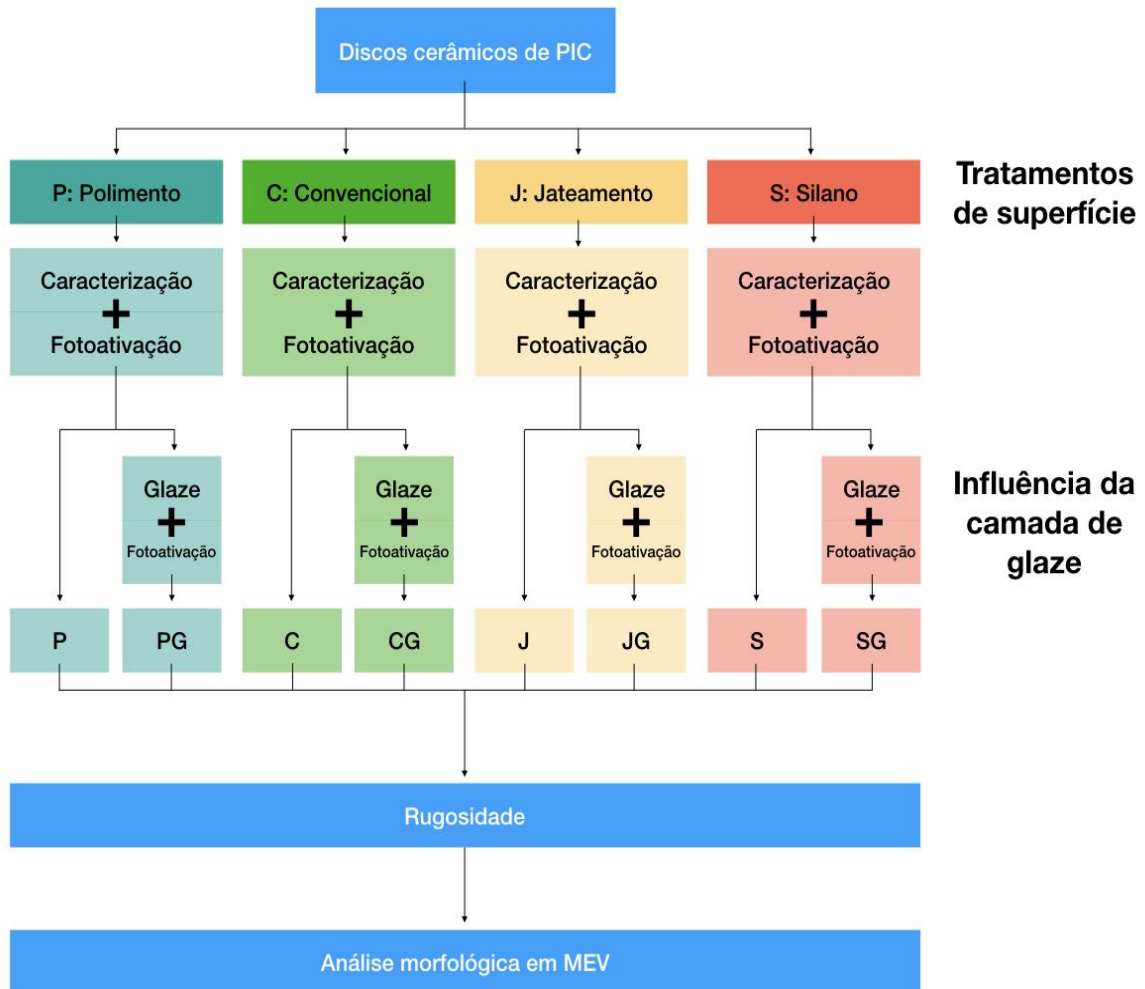
Após limpeza, as amostras de PIC tiveram uma superfície marcada com caneta permanente e a superfície oposta tratada de acordo com os grupos descritos no Quadro 3. A Figura 9 apresenta um organograma desta parte do projeto de pesquisa.

Quadro 4 - Grupos experimentais, composição e nome comercial dos materiais, tratamentos de superfície de PIC prévios à caracterização e finalização com aplicação de glaze

Grupos	Composição / Nome comercial (fabricante)	Tratamento de Superfície	Finalização
P	Sílica, Vidro (86%), UDMA e TEGDMA (14%)	Amostras polidas (P) sem aplicação de maquiagem	-
PG			Glaze
C	Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha	Protocolo convencional com condicionamento de ácido hidrofúorídrico 5% durante 60 s, limpeza e silanização	-
CG			Glaze
J		Jateamento (J) com Al ₂ O ₃ 50 µm a 1 bar, limpeza e silanização	-
JG			Glaze
S		Silanização (S) com agente autocondicionante e limpeza	-
SG			Glaze

Fonte: (BERNARDI JUNIOR; ANAMI, 2019)

Figura 9 - Organograma da Parte II



Fonte: (BERNARDI JUNIOR; ANAMI, 2019)

O total de espécimes da parte II, foi de N=160, sendo que os espécimes por grupo, foi de (n=20).

Para o protocolo de polimento (grupos P e PG), os discos receberam polimento sob refrigeração de água com lixas d'água com granulações até 1200 na máquina de polimento (EcoMet /AutoMet 250, Buehler Illinois, EUA), Figura 10. O tempo de contato de cada superfície das amostras nas lixas foi padronizado em 20 segundos.

Figura 10 – Máquina de polimento, EcoMet /AutoMet 250, Buehler Illinois, EUA



Fonte: (MATOS; GRANGEIRO, 2019)

Para o protocolo convencional (grupos C e CG), uma das superfícies de PIC recebeu ácido hidrófluorídrico 5% (VITA ADIVA CERA-ETCH, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) durante 60 s, lavagem em água corrente, limpeza em banho ultra-sônico com água destilada por 10 min e silanização com VITA ADIVA C-PRIME (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha).

O jateamento dos grupos J e JG foi realizado com microjateador montado em dispositivo para padronização de distância e angulação, com partículas de Al_2O_3 de 50 μm a 1 bar. O jateamento foi seguido de limpeza em banho ultra-sônico com água destilada por 10 min e silanização com VITA ADIVA C-PRIME (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha).

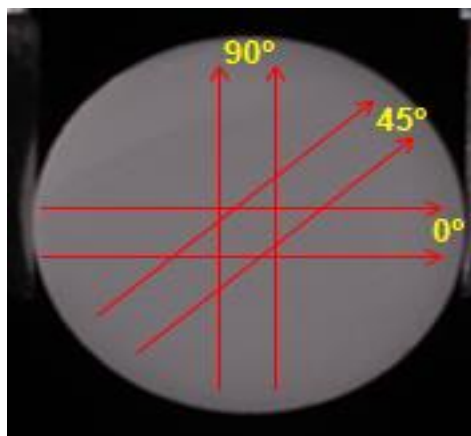
A superfície dos grupos S e SG foi tratada, o silano autocondicionante Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent, Schaan, Leichtenstein) aplicado sobre a superfície cerâmica por 40 segundos com auxílio de pincel e seguido por lavagem em água corrente abundante e secagem com jatos de ar livres de óleo.

O pigmento VITA ENAMIC STAIN 6 BLACK foi misturado ao VITA ENAMIC STAINS LIQUID (ambos, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha), a mistura foi homogeneizada com espátula e aplicada sobre a superfície de PIC com um pincel e sucessiva fotopolimerização por 30 segundos (800 mW/cm^2) - foi utilizado aparelho fotopolimerizador (VALO ULTRADENT, St. Louis, EUA). O mesmo foi utilizado com o objetivo de permitir realização de posteriores testes de desgastes em futuros trabalhos. Quando existente no grupo experimental, uma camada delgada de VITA ENAMIC GLAZE foi aplicada e a polimerização final da pigmentação e do glaze foi duração de 60 segundos.

3.4 Rugosidade

O rugosímetro de contato de bancada (Surftest SJ-210, Mitutoyo, Tóquio, Japão) foi utilizado para mensuração da rugosidade superficial de todas as amostras, quantificando os parâmetros Ra (rugosidade média) e RSm (largura média dos elementos do perfil de rugosidade) (Wennerberg e Albrektsson, 2000). Foram realizadas seis leituras diametrais de cada disco, sendo duas leituras paralelas em cada uma das angulações: 0° , 45° e 90° (Figura 11). Os parâmetros estabelecidos para análise da rugosidade foram: ISO 1997, distância de 4,0 mm, range 800, filtro Gaussiano, cut-off λ_c de 0,8 mm e uma velocidade de 0,5 mm/s. Foram calculados valores médios de cada parâmetro para cada amostra.

Figura 11 - Desenho esquemático das leituras realizadas para análise de rugosidade dos discos cerâmicos



3.5 Análise topográfica

A morfologia superficial das amostras foi qualitativamente analisada em estereomicroscópio. Espécimes representativos foram também analisados em microscópio eletrônico de varredura (MEV, Inspect S 50, FEI Company, Brno, República Tcheca). Para isto, as amostras receberam cobertura com uma fina camada de ouro.

3.6 Análise dos resultados

Os dados de rugosidade foram analisados quanto aos pressupostos da normalidade de variância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (GraphPad Prism versão 7.00, San Diego, EUA), e em seguida foram tabulados para análise descritiva e análise inferencial.

Os resultados de rugosidade das cerâmicas monolíticas (Parte I) foram analisados por ANOVA 1 fator (tipo de cerâmica) seguido por teste de Tukey (GraphPad Prism versão 7.00, San Diego, EUA).

Os dados de PIC (Parte II) foram avaliados por ANOVA 2 fatores (tratamento de superfície *versus* presença de glaze) seguido pelo teste de Tukey (GraphPad Prism versão 7.00, San Diego, EUA). Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

As imagens de MEV foram analisadas qualitativamente e descritas.

4 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva para os dados de rugosidade média (Ra) de cerâmicas monolíticas (Parte I). A estatística de ANOVA 1 fator apontou que as cerâmicas monolíticas diferiram quanto aos parâmetros de rugosidade Ra ($p=0,000$) e RSm ($p=0,093$) (Tabelas 2-3). Os menores valores de rugosidade foram observados no grupo ZLS2, sendo estatisticamente inferior aos demais grupos para o parâmetro RSm e semelhante a YZHT e ZLS1 para o parâmetro de altura Ra.

Tabela 1 - Média \pm desvio padrão dos dados de rugosidade, em μm , e grupamentos homogêneos do teste de Tukey para os grupos experimentais da parte I do estudo: comparação da rugosidade de cerâmicas monolíticas

	Ra	RSm
YZHT	$0,239 \pm 0,07^{AB}$	$721,2 \pm 286,3^A$
FD	$0,274 \pm 0,12^A$	$735,9 \pm 181,5^A$
ZLS1	$0,181 \pm 0,03^B$	$735,7 \pm 282,9^A$
ZLS2	$0,175 \pm 0,05^B$	$512,1 \pm 197,2^B$

* comparações de Tukey realizadas dentro de cada parâmetro de rugosidade (um teste por coluna).

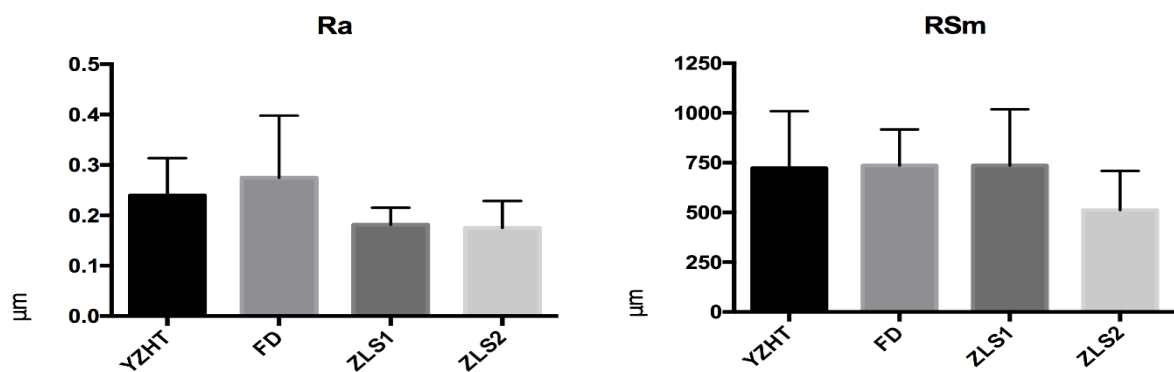
Tabela 2 - Estatística ANOVA 1 fator dos dados de rugosidade Ra de cerâmicas monolíticas

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor p
Fator cerâmicas	3	0,1377	0,04589	7,46	0,000
Erro	76	0,4679	0,00615		
Total	79	0,6056			

Tabela 3 - Estatística ANOVA 1 fator dos dados de rugosidade RSm de cerâmicas monolíticas

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor p
Fator cerâmicas	3	720989	240330	4,11	0,0093
Erro	76	4,443 x 10 ⁶	58462		
Total	79	5,164 x 10 ⁶			

Gráfico 1 - Distribuição dos dados de rugosidade das cerâmicas monolíticas



A Tabela 4 apresenta a estatística descritiva para os dados de rugosidade média (Ra) de cerâmicas híbridas com polímero (PIC, Parte II). A estatística de ANOVA 2 fatores apontou que houve influência da interação dos fatores tratamento de superfície e presença de glaze na rugosidade média da cerâmica PIC ($p=0,000$).

Na comparação entre os tratamentos de superfície, a aplicação do silano autocondicionante (S) resultou na maior rugosidade média, enquanto as amostras polidas (P) apresentaram a menor média de rugosidade. Após a aplicação do glaze tais diferenças não foram mais significantes entre os grupos.

Amostras que receberam polimento e tratamento de superfície convencional não apresentaram diferenças em rugosidade média na ausência (P/C) ou presença (PG/CG) de glaze. Já as amostras que receberam jateamento ou silano e glaze (JG/SG) apresentaram maiores valores de rugosidade média na ausência de glaze (J/S).

Tabela 4 - Média \pm desvio padrão dos dados de rugosidade média, Ra em μm , e grupamentos homogêneos do teste de Tukey para os grupos experimentais da parte II do estudo: cerâmica híbrida com polímero (PIC)

	sem glaze	com glaze
Polimento	0,094 \pm 0,04 ^{Ca}	0,102 \pm 0,04 ^{Aa}
Convencional	0,163 \pm 0,05 ^{Ba}	0,162 \pm 0,08 ^{Aa}
Jateamento	0,192 \pm 0,06 ^{Ba}	0,102 \pm 0,03 ^{Ab}
Silano	0,258 \pm 0,09 ^{Aa}	0,120 \pm 0,07 ^{Ab}

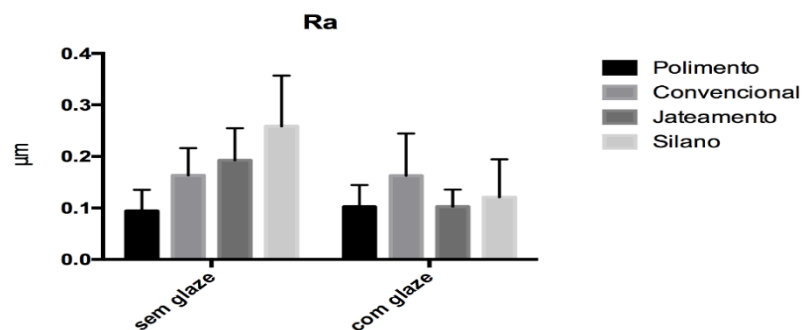
* letras maiúsculas representam comparações nas colunas (influência dos tratamentos de superfície), enquanto letras minúsculas representam comparações nas linhas (influência da presença de glaze)

Tabela 5 - Estatística ANOVA 2 fatores dos dados de rugosidade Ra de PIC

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor p
Tratamento	3	0,1766	0,058852	14,24	0,000
Glaze	1	0,1211	0,121110	29,30	0,000
Interação	3	0,1499	0,049977	12,09	0,000
Erro	152	0,6282	0,004133		
Total	159	1,0758			

O gráfico 2 apresenta a distribuição dos resultados de rugosidade da cerâmica PIC.

Gráfico 2 - Distribuição dos dados de rugosidade da cerâmica PIC



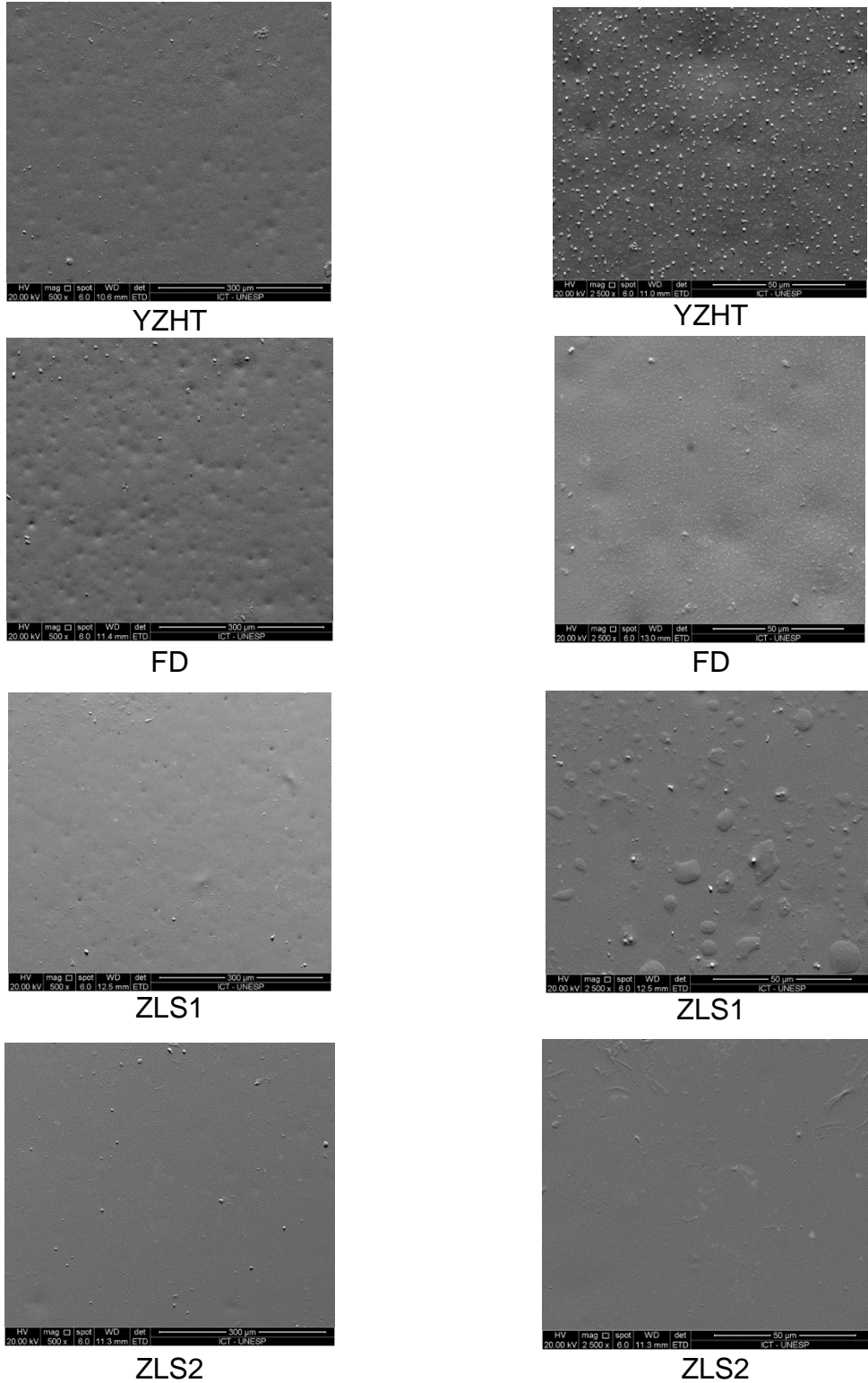
A Figura 12 apresenta as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de amostras representativas dos grupos experimentais da Parte I do estudo (cerâmicas monolíticas). Entre os grupos sem glaze as amostras ZLS1 e ZLS2

apresentaram uma superfície mais homogênea, enquanto que os grupos YZHT e FD apresentaram superfícies irregulares, com a presença de porosidades. Após o glaze, os grupos ZLS1 e YZHT apresentaram superfícies mais irregulares com glaze acumulado em “ilhas”, enquanto o os grupos FD e ZLS2 apresentaram superfícies mais homogêneas.

A Figura 13 apresenta imagens de MEV de amostras representativas dos grupos experimentais da Parte II do estudo (PIC). Verifica-se que as superfícies dos espécimes de PIC quando submetidas a aplicação do glaze, representadas pelas micrografias na coluna da direita apresentam uma maior lisura ou menor rugosidade de superfície quando comparadas aos espécimes que não foram submetidos a aplicação do glaze, representados pelas micrografias do lado esquerdo.

Figura 12 - Micrografias de amostras representativas da Parte I do estudo

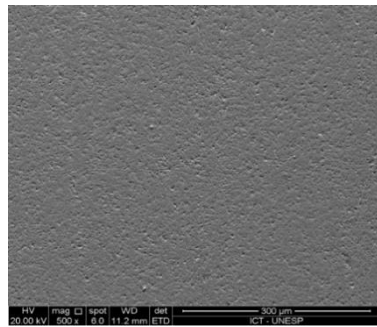
A coluna da esquerda apresenta espécimes dos grupos YZHT, FD, ZLS1 e ZLS2, respectivamente, em aumento de 500x. A coluna da direita apresenta espécimes dos grupos YZHT, FD, ZLS1 e ZLS2 em aumento de 2.500x.



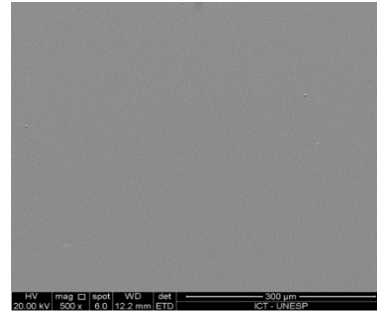
Fonte: (BERNARDI JUNIOR; ANAMI, 2019)

Figura 13 - Micrografias de amostras representativas da 2ª fase do estudo, aumento de 500 x

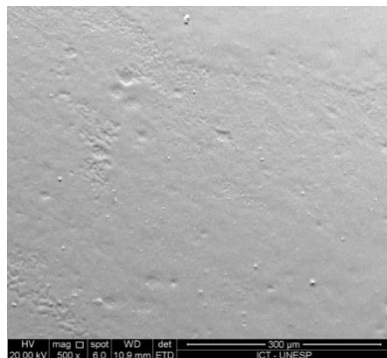
A coluna da esquerda apresenta espécimes sem glaze dos grupos P, C, J e S, respectivamente. A coluna da direita apresenta espécimes com glaze dos grupos PG, CG, JG e SG, respectivamente.



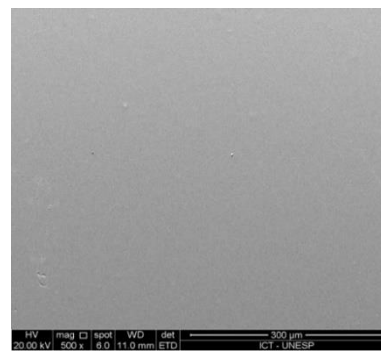
P



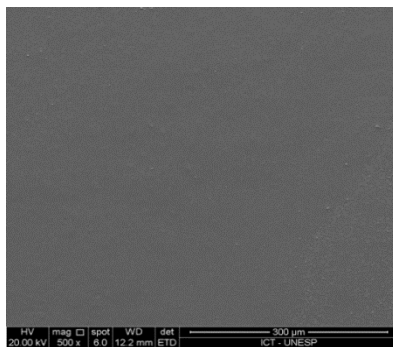
PG



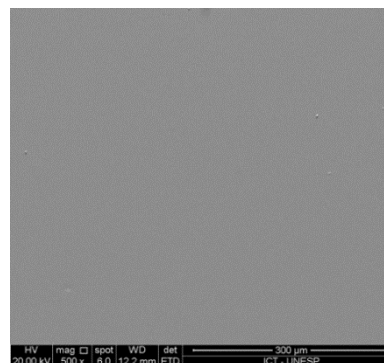
C



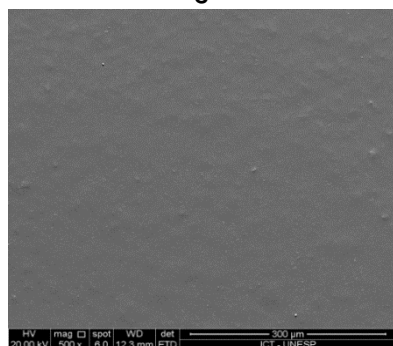
CG



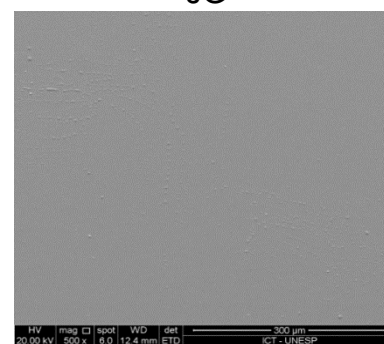
J



JG



S



SG

Fonte: (BERNARDI JUNIOR; ANAMI, 2019)

5 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a rugosidade de algumas cerâmicas odontológicas após caracterização, variando técnicas de caracterização quando possível e avaliando a rugosidade de cerâmicas infiltradas por polímero após caracterização, variando tratamentos de superfícies prévios à caracterização, assim como a presença da camada de glaze. Observou-se que FD apresentou rugosidade média (Ra) superior a ZLS1/ZLS2, enquanto YZHT foi semelhante a todos os grupos. ZLS2 também foi inferior a todos os demais grupos na avaliação da largura média dos elementos do perfil de rugosidade (RSm).

Independentemente do material cerâmico, a aplicação de glaze resulta em superfícies mais ásperas. Outro fato que contribui para uma maior rugosidade no YZHT pode ser a união química entre glaze e zircônia, onde o glaze se acumulou nas ilhas. Este acúmulo provoca irregularidade entre a superfície e glaze, resultando em maiores valores de Ra para YZHT. (DAL PIVA *et al.*, 2018).

Na segunda etapa, houve influência da interação dos fatores de tratamento de superfície e presença de glaze, sendo que a maior rugosidade média (Ra) foi encontrada para o grupo S, e todos os tratamentos de superfície de PIC seguidos por glaze foram semelhantes entre si. O fator glaze somente influenciou nos tratamentos de superfície J e S, sendo que a presença do glaze reduziu a rugosidade média.

O volume de irregularidades mensuráveis em uma superfície gera o conceito de rugosidade. (BERNARDES FILHO; ASSIS, PESSOA, 1998). De acordo com Wennerberg e Albrektsson (2000), a topografia da superfície não pode ser bem caracterizada com apenas um parâmetro, uma vez que superfícies distintas podem apresentar o mesmo desvio em altura e diferirem em distribuição espacial.

Ra é um parâmetro de altura que afere a média aritmética da rugosidade do perfil. RSm é um parâmetro espacial que avalia a largura média dos elementos do perfil de rugosidade. Existem diversos outros parâmetros dentro de cada grupo. No presente estudo tentamos avaliar diversos parâmetros de rugosidade em busca de uma maior caracterização da topografia dos espécimes, mas isto não foi possível devido a limitações do equipamento disponível. Por este motivo também não

apresentamos dados de RSm da Parte II do trabalho. Grande parte dos espécimes da Parte II obteve leituras RSm inconclusivas pelo equipamento, isto é, o espaçamento médio entre elementos do perfil dos espécimes desta etapa estava aquém ou além dos limites do equipamento.

Estudos recentes acerca da rugosidade de cerâmicas odontológicas utilizaram apenas os parâmetros Ra e RSm. (DAL PIVA *et al.*, 2018; CONTRERAS *et al.*, 2018). Em geral, os grupos que apresentaram valores superiores de Ra também apresentaram RSm superior em relação aos demais, mas não há uma comparação direta entre os parâmetros. O parâmetro Ra é o parâmetro mais empregado na literatura. (BERNARDES FILHO; ASSIS, PESSOA, 1998).

O glaze consiste em uma fina camada de pasta cerâmica com baixa temperatura de fusão aplicada sobre a superfície da mesma, seguida por sinterização (queima) a uma temperatura inferior à queima da respectiva cerâmica. A aplicação desta não é um requisito dos fabricantes, mas sim uma alternativa ao polimento. (AKSOY *et al.*, 2006; HAHNEL *et al.*, 2009). Na literatura não há consenso sobre a técnica de acabamento que promove a melhor lisura de superfície em cerâmicas. (HMAIDOUCH *et al.*, 2014; LAWAF *et al.*, 2016).

Han *et al.* (2014) verificou que a rugosidade da cerâmica feldspática polida é inferior à glazeada. De acordo com Dal Piva *et al.* (2018), amostras de YZHT e ZLS glazeadas são mais rugosas em comparação com as polidas, apesar da caracterização não ter sido objeto de teste neste estudo. O mesmo foi observado por Contreras *et al.* (2018) para FD estratificada ou em blocos para CAD/CAM. Estes dois últimos estudos (CONTRERAS *et al.*, 2018; DAL PIVA *et al.*, 2018) verificaram menor aderência de *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguinis* e *Candida albicans* sobre amostras polidas.

Lawaf *et al.* (2016) avaliaram a aderência de *Candida albicans* sobre porcelanas e observaram que a porcelana “como sinterizada” apresentou maior aderência bacteriana em comparação com a porcelana glazeada, mas não encontraram diferenças entre espécimes polidos e glazeados. A rugosidade resultante dos diferentes tratamentos de superfície não foi avaliada, limitando assim a comparação entre os dados.

6 CONCLUSÃO

Na Parte I pode-se concluir que a cerâmica à base de silicato de lítio reforçado por zircônia caracterizada em momentos de queimas diferentes (ZLS2) apresentou os menores valores de rugosidade espacial; a técnica de aplicação da caracterização de ZLS não influenciou o parâmetro de altura de rugosidade.

Na Parte II verificou-se que a maior rugosidade média (Ra) foi encontrada para o grupo silanizado (S), e a aplicação de glaze tornou todos os tratamentos de superfície da cerâmica infiltrada por polímero (PIC) semelhantes entre si; o fator glaze somente influenciou a rugosidade das superfícies jateadas e silanizadas, sendo que a presença do glaze reduziu a rugosidade média em altura (Ra).

REFERÊNCIAS

AHANGARI, A. Hassan *et al.* The effect of two shading techniques on value of zirconia-based crowns. **Journal of Dentistry**, Shiraz, v. 16, n. 2, p. 129-133, jul. 2015.

AKSOY, G. *et al.* Effect of various treatment and glazing (coating) techniques on the roughness and wettability of ceramic dental restorative surfaces. **Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 254-259, 2006.

AL-HAJ, Husain N.; CAMILLERI, J.; ÖZCAN, M. Effect of polishing instruments and polishing regimens on surface topography and phase transformation of monolithic zirconia: an evaluation with XPS and XRD analysis. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, Amsterdam, v. 64, p. 104-112, 2016.

AL-RADHA, A. S. *et al.* Surface properties of titanium and zirconia dental implant materials and their effect on bacterial adhesion. **Journal of Dentistry**, Kidlington, v. 40, n. 2, p. 146-153, 2012.

AMER, R. *et al.* Threebody wear potential of dental yttrium-stabilized zircônia ceramic after grinding, polishing, and glazing treatments. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, St. Louis, Mosby, v. 112, n. 5, p. 1151-1155, nov. 2014.

ANAMI, L. C. *et al.* Morphology and bacterial colonisation of tooth/ceramic restoration interface after different cement excess removal techniques. **Journal of Dentistry**, Kidlington, v. 40, n. 9, p. 742-749, set. 2012.

BERNARDES FILHO, R.; ASSIS, O. B. G.; PESSOA, J. D. C. Relação entre parâmetros de rugosidade obtidos por microscopia de foça atômica e por microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Aplicação no Vácuo**, São Paulo, v. 17, n. 2, 1998.

BERNARDI JUNIOR, Alcindo; ANAMI, Lilian Costa. **Micrografias de Amostras Representativas da Parte I do Estudo. 2019.** 1 fotografia.

BERNARDI JUNIOR, Alcindo; ANAMI, Lilian Costa. **Micrografias de Amostras Representativas da 2ª Fase do Estudo, aumento de 500 x. 2019.** 1 fotografia

CONTRERAS, L. P. C. *et al.* Effects of manufacturing and finishing techniques of feldspathic ceramics on surface topography, biofilm formation, and cell viability for

human gingival fibroblasts. **Operative Dentistry**, Seattle, v. 43, n. 6, p. 593-601, nov./dez. 2018.

DAL PIVA, A. *et al.* Monolithic ceramics: effect of finishing techniques on surface properties, bacterial adhesion and cell viability. **Operative Dentistry**, Seattle, v. 43, n. 3, p. 315-325, 2018.

DENRY, I.; KELLY, J. R. Emerging ceramic-based materials for dentistry. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 93, n. 12, p. 1235-1242, 2014.

ELSHAHAWY, W. M.; WATANABE, I. ; KRAMER, P. In vitro cytotoxicity evaluation of elemental ions released from different prosthodontic materials. **Dental Materials**, Kidlington, v. 25, n. 12, p. 1551-1555, dez. 2009.

FAIRHURST, C. W. *et al.* The effect of glaze on porcelain strength. **Dental Materials**, Kidlington, v. 8, n. 3, p. 203-207, maio. 1992.

GRACIS, S. *et al.* A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. **International Journal of Prosthodontics**, Lombard IL, v. 28, n. 3, p. 227-235, maio/jun. 2015.

GREEN, D. J.; TANDON, R.; SGLAVO, V. M. Crack arrest and multiple cracking in glass through the use of designed residual stress profiles. **Science**, Washington, v. 283, n. 5406, p. 1295-1297, fev. 1999.

GRENADE, C. *et al.* Biocompatibility of polymer-infiltrated-ceramic-network (PICN) materials with human gingival fibroblasts (HGFs). **Dental Materials**, Kidlington, v. 32, n. 9, p. 1152-1164, 2016.

HAHNEL, S. *et al.* Surface characterization of dental ceramics and initial streptococcal adhesion in vitro. **Dental Materials**, Kidlington, v. 25, n. 8, p. 969-975, ago. 2009.

HAN, G. J. *et al.* Performance of a novel polishing rubber wheel in improving surface roughness of feldspathic porcelain. **Dental Materials Journal**, Tokyo, v. 33, n. 6, p. 739-748, 2014.

HMAIDOUCH, R. *et al.* Surface roughness of zirconia for full-contour crowns after clinically simulated grinding and polishing. **International Journal of Oral Science**, Chengdu, v. 6, n. 4, p. 241-246, dez. 2014.

KIM, H. K.; KIM, S. H. Effect of the number of coloring liquid applications on the optical properties of monolithic zirconia. **Dental Materials**, Kidlington, v. 30, n. 9, p. 229-237, set. 2014.

LAWAF, S. *et al.* Effect of surface treatments of porcelain on adhesion of *Candida albicans*. **General Dentistry**, Chicago, v. 64, n. 4, p. 1-4, jul./ago. 2016.

LIM, H. N. *et al.* Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials. **Journal of Prosthetic Dentistry**, St. Louis, Mosby, v. 104, n. 4, p. 293-246, out. 2010.

LIN, W. S. *et al.* The effect of core material, veneering porcelain, and fabrication technique on the biaxial flexural strength and weibull analysis of selected dental ceramics. **Journal of Prosthodontics**, Philadelphia, v. 21, n. 5, p. 353–362, jul. 2012.

MATOS, Jefferson David Melo de; GRANGEIRO, Manasses Tércio Vieira. **Passos Para Confecção dos Cilindros de Feldspática**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Cilindro Fixado a Máquina de Cortes de Precisão**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Discos de YZHT, FD e ZLS**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Forno Sirona inFire HTC Speed para realização da sinterização dos espécimes**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Forno VACUMAT 6000 MP para cristalização dos espécimes ZLS2 e das queimas de caracterização e glaze de todos os espécimes**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Sequência laboratorial para caracterização da superfície dos espécimes das cerâmicas feldspáticas**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Sequência laboratorial para caracterização da superfície dos espécimes das cerâmicas**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Máquina de polimento, EcoMet / AutoMet 250, Buehler Illinois, EUA**. 2019. 1 fotografia.

_____. **Desenho esquemático das leituras realizadas para análise de rugosidade dos discos cerâmicos.** 2019. 1 fotografia.

MIYAHITA, E.; PELLIZER, E. P.; KIMPARA, E. T. **Reabilitação Oral Contemporânea Baseada em Evidências Científicas.** Nova Odessa, SP: Napoleão, 2014.

PEREIRA, S. M. B. *et al.* Bacterial colonization in the marginal region of ceramic restorations: effects of different cement removal methods and polishing. **Operative Dentistry**, Seattle, v. 41, n. 6, p. 642-654, out. 2016.

PEREIRA-CENCI, T. *et al.* In vitro Candida colonization on acrylic resins and denture liners: influence of surface free energy, roughness, saliva, and adhering bacteria. **International Journal of Prosthodontics**, Lombard IL, v. 20, n. 3, p. 308-310, maio/jun. 2007.

RASHID, Haroon. The effect of surface roughness on ceramics used in dentistry: a review of literature. **European Journal of Dentistry**, Ankara, v. 8, n. 4, p. 571-579, out./dez. 2014.

RINKE, S.; FISCHER, C. Range of indications for translucent zirconia modifications: clinical and technical aspects. **Quintessence International**, Berlin, v. 44, n. 8, p. 557-566, 2013.

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

SHIRTCLIFFE, Neil J. *et al.* An introduction to superhydrophobicity. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 15, n.161, p. 124-138, dez. 2010.

STAWARCZYK, B. *et al.* Two-body wear of monolithic, veneered and glazed zirconia and their corresponding enamel antagonists. **Acta Odontologica Scandinavica**, Oslo, v. 71, n. 1, p. 102-112, jan. 2013.

STEVENSON, B.; IBBETSON, R. The effect of the substructure on the colour of samples/ restorations veneered with ceramic: a literature review. **Journal of Dentistry**, Kidlington, v. 38, n. 5, p. 361-368, maio 2010.

SWAIN, M. V. *et al.* Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. **Dental Materials**, Washington, v. 32, n. 1, p. 32-42, jan. 2016.

WENNERBERG, A.; ALBREKTSSON, Tomas. Suggested guidelines for the topographic evaluation of implant surfaces. **International Journal of Oral and Maxillofacial Implants**, Lombard IL, v. 15, n. 3, p. 331-344, 2000.