

Influência de Protocolos de Jateamento na Rugosidade da Superfície de uma Cerâmica de Zircônia Tetragonal Parcialmente Estabilizada por Ítria

Influence of Air Abrasion Protocols on the Surface Roughness of an Yttria Partially Stabilized Tetragonal Zirconia Ceramic

Hugo Ramalho SARMENTO¹, Fernanda CAMPOS², Rafael Santiago de SOUSA³, Maria Luiza Lima ALVES³, João Paulo Barros MACHADO⁴, Rodrigo Othávio de Assunção e SOUZA⁵

¹Mestrando em Prótese Dentária, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas/RS, Brasil.

²Mestranda em Prótese Dentária, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José dos Campos/SP, Brasil.

³Graduando em Odontologia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil.

⁴Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/LAS), São José dos Campos/SP, Brasil.

⁵Professor Adjunto da Disciplina de Prótese Fixa do Departamento de Odontologia Restauradora, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a influência de diferentes protocolos de jateamento na rugosidade superficial de uma cerâmica policristalina de zircônia tetragonal estabilizada com ítria (Y-TZP), assim como a topografia superficial da cerâmica após o tratamento.

Método: A partir de dois blocos cerâmicos (LAVA, 3M ESPE), obtiveram-se 54 espécimes (7,5x4x7,5mm), sendo estes regularizados com lixas d'água em granulação fina e sinterizados em forno específico do sistema cerâmico. Em seguida, os corpos de prova foram incluídos em resina acrílica e as superfícies a serem tratadas foram lixadas em politriz com lixas d'água em granulação decrescente (600 a 1.200), associadas a pastas de polimento de 10µm, 3µm e sílica coloidal em disco de feltro, sendo distribuídas aleatoriamente em 9 grupos, de acordo com os fatores "partícula" e "pressão" (n=6): Gr1- controle; Gr2- Al₂O₃(50µm)/2,5bar; Gr3- Al₂O₃(110µm)/2,5 bar; Gr4- SiO₂(30µm)/2,5bar; Gr5- SiO₂(30µm)/2,5bar; Gr6- Al₂O₃(50µm)/3,5bar; Gr7- Al₂O₃(110µm)/3,5bar; Gr8- SiO₂(30µm)/3,5bar; Gr9- SiO₂(30µm)/3,5bar. Após os tratamentos, a rugosidade das superfícies foi analisada por meio de um perfilômetro óptico digital e a morfologia, por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os dados (µm) obtidos foram submetidos à análise estatística por meio do teste de Dunnett (5%), ANOVA (2 fatores) e teste de Tukey (5%).

Resultados: O tipo de partícula (p=0,0001) e a pressão (p=0,0001) utilizada no jateamento influenciaram os valores de rugosidade entre os grupos experimentais (ANOVA). Os valores médios de rugosidade (µm) obtidos para os grupos experimentais (Gr2 a Gr9) foram, respectivamente: 0,37^D; 0,56^{BC}; 0,46^{BC}; 0,48^{CD}; 0,59^{BC}; 0,82^A; 0,53^{BCD}; 0,67^{AB}. A análise em MEV revelou que o Al₂O₃, independente do tamanho das partículas e da pressão utilizada, danificou a superfície dos espécimes, uma vez que foram observados danos superficiais na cerâmica, na forma de ranhuras e de lascamentos.

Conclusão: O jateamento com Al₂O₃(110µm)/3,5bar foi o tratamento que promoveu a maior rugosidade nas superfícies cerâmicas, embora não signifique que este protocolo promova melhor união cerâmica-cimento em relação aos demais tipos de jateamento.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of different air abrasion protocols on the surface roughness of an yttria-stabilized polycrystalline tetragonal zirconia (Y-TZP) ceramic, as well as the surface topography of the ceramic after the treatment.

Method: Fifty-four specimens (7.5x4x7.5mm) obtained from two ceramic blocks (LAVA, 3M ESPE) were flattened with fine-grit sandpaper and subjected to sintering in the ceramic system's specific firing oven. Next, the specimens were embedded in acrylic resin and the surfaces to be treated were polished in a polishing machine using sandpapers of decreasing abrasion (600- to 1,200-grit) followed by felt discs with 10µm and 3µm polishing pastes and colloidal silica. The specimens were then randomly assigned to 9 groups, according to factors "particle" and "pressure" (n=6): Gr1- control; Gr2- Al₂O₃(50µm)/2.5 bar; Gr3- Al₂O₃(110µm)/2.5 bar; Gr4- SiO₂(30µm)/2.5 bar; Gr5- SiO₂(30µm)/2.5 bar; Gr6- Al₂O₃(50µm)/3.5 bar; Gr7- Al₂O₃(110µm)/3.5 bar; Gr8- SiO₂(30µm)/3.5 bar; Gr9- SiO₂(30µm)/3.5 bar. After treatments, surface roughness was analyzed by a digital optical profilometer and the morphology was examined by scanning electron microscopy (SEM). Data (µm) were subjected to statistical analysis by Dunnett's test (5%), two-way ANOVA and Tukey's test (5%).

Results: The type of particle (p=0.0001) and the pressure (p=0.0001) used in the air abrasion protocols influenced the surface roughness values among the experimental groups (ANOVA). The mean surface roughness values (µm) obtained for the experimental groups (Gr2 to Gr9) were, respectively: 0.37^D; 0.56^{BC}; 0.46^{BC}; 0.48^{CD}; 0.59^{BC}; 0.82^A; 0.53^{BCD}; 0.67^{AB}. The SEM analysis revealed that Al₂O₃, regardless of the particle size and pressure used, caused damage to the surface of the specimens, as it produced superficial damages on the ceramic, in the form of grooves and cracks.

Conclusion: Al₂O₃ (110 µm/3.5 bar) air abrasion promoted the highest surface roughness on the ceramics, but it does not mean that this protocol promotes better ceramic-cement union compared to the other air abrasion protocols.

DESCRITORES

Materiais dentários; Porcelana dental; Óxido de alumínio; Dióxido de silício; Propriedades de superfície.

KEY-WORDS

Dental materials; Dental porcelain; Aluminum Oxide; Silicon dioxide; Surface properties.

INTRODUÇÃO

Atualmente, as cerâmicas à base de óxido de zircônio têm sido bastante estudadas devido às suas excelentes propriedades mecânicas, que são muito superiores em relação às demais cerâmicas odontológicas¹. A cerâmica policristalina à base de zircônia tetragonal parcialmente estabilizada por ítria (Y-TZP) é composta de dióxido de zircônio (ZrO_2) e exibe uma estrutura polimórfica, que pode se apresentar em diferentes fases cristalinas (monoclínica, tetragonal ou cúbica), sendo a fase variável de acordo com a temperatura². O óxido de ítrio (Y_2O_3) é um dos estabilizantes mais utilizados nesse tipo de cerâmica. Quando adicionado (de 3 a 6%) à zircônia pura, ele tem a função de estabilizá-la em temperatura ambiente na fase tetragonal, permitindo que este material seja passível de utilização, gerando assim um material cristalino de elevada resistência mecânica³.

Como os principais critérios para seleção de um material restaurador, seja para confecção de uma coroa ou de uma prótese parcial fixa (PPF), são a estética e a resistência à fratura em longo prazo, as cerâmicas de alta resistência, dureza e módulo de elasticidade, como as de Y-TZP, são materiais atrativos para confecção de *copings* e de infra-estruturas (IEs) de PPFs na região anterior e posterior, uma vez que elas possuem propriedades mecânicas superiores às demais cerâmicas^{1,4}.

Como exemplos de sistemas cerâmicos que utilizam a Y-TZP, destacam-se: Cerec inLab® (Sirona®, Bensheim, Alemanha), Lava® (3M ESPE®, Seefeld, Alemanha), Cercon® (Dentsply® Degussa®, York, PA, EUA) e Procera® Zirkon (Nobel Biocare®, Göteborg, Suíça)⁵.

Embora a cimentação convencional de restaurações de Y-TZP com agentes tradicionais (tais como fosfato de zinco ou ionômero de vidro modificado por resina) possa promover adequada fixação clínica da restauração protética, a cimentação adesiva é preferível por assegurar melhor retenção e resistência mecânica à restauração⁶⁻⁸.

Entretanto, a literatura tem demonstrado que a união entre agente cimentante e a cerâmica de Y-TZP ainda é bastante deficiente^{9,10}, muitas vezes limitando a sua indicação clínica, principalmente nos casos onde os preparos protéticos estão curtos ou com acentuada expulsividade (ex: prótese parcial adesiva – *inlay bridge*)¹¹⁻¹⁴. Embora o condicionamento com ácido hidrofluorídrico e a aplicação de agente de união silano em cerâmicas à base de sílica aumente a resistência de união entre restaurações *metal free* e os cimentos resinosos, estas técnicas não melhoram a resistência de união entre cerâmicas à base de zircônia, pois seu elevado conteúdo cristalino as torna resistentes ao ácido fluorídrico^{9,15,16}. Frente a este aspecto, diversos procedimentos clínicos e laboratoriais têm sido utilizados para melhorar a união entre as cerâmicas de Y-TZP e o cimento resinoso, como: jateamento com diversos tipos de partículas (ex: Al_2O_3), aplicação de soluções específicas (*primers*) e utilização de cimentos resinosos a base de MDP (ex: Pavana)^{11,12}.

A adesão entre cerâmica e cimento resinoso pode ser mais efetiva e durável se retenções micromecânicas estiverem presentes na superfície daquela, pois uma superfície cerâmica rugosa permite que o cimento resinoso penetre nas microretenções¹⁷. Objetivando aumentar a rugosidade da superfície cerâmica e consequentemente a resistência de união entre cerâmica de Y-TZP e cimento resinoso, diferentes protocolos de jateamento com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de sílica (SiO_2) têm sido utilizados^{11-14,18-20}. Sabe-se, entretanto, que a eficácia deste procedimento depende do tipo da partícula²¹. Por outro lado, o efeito do tamanho da partícula e da pressão utilizada no jateamento não é conhecido. Por este motivo o protocolo de jateamento de infra-estruturas cerâmicas não está definido²¹.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes protocolos de jateamento na rugosidade da superfície de uma cerâmica de Y-TZP assim como sua topografia após o tratamento. Baseado nos estudos disponíveis na literatura, a hipótese testada foi de que a rugosidade da superfície da cerâmica de Y-TZP é influenciada por diferentes tratamentos de superfície, sendo maior quando partículas maiores e pressão elevada são utilizadas.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados neste estudo, bem como suas respectivas marcas comerciais e fabricantes, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Nomes comerciais, tipos de material e fabricantes dos produtos a serem utilizados no experimento.

Marca Comercial	Tipo do Material	Fabricante
Lava®	Bloco Cerâmico Y-TZP	3M ESPE®, Seefeld, Alemanha
Sistema Rocatec®	Óxido de Alumínio (110 µm) revestido por sílica	3M ESPE®, Irvine, CA, EUA
Sistema Cojet®	Óxido de Alumínio (30 µm) revestido por sílica	3M ESPE®, Seefeld, Germany
Óxido de Alumínio (#50)	Óxido de Alumínio (50 µm)	Polidental® Ind. e Com. Ltda, São Paulo, SP, Brasil
Óxido de Alumínio (#110)	Óxido de Alumínio (110 µm)	Polidental® Ind. e Com. Ltda, São Paulo, SP, Brasil

A partir de dois blocos cerâmicos (LAVA, 3M ESPE) foram obtidos 54 espécimes nas dimensões de 7,5 x 7,5 mm e altura de, no mínimo, 3,0 mm. Nos blocos foi delimitada com grafite a área desejada e, em seguida, estes foram cortados em disco diamantado montado em peça de mão.

Com o auxílio de lixas d'água de granulação fina (nº 600 a 1.200), os espécimes obtidos tiveram suas superfícies regularizadas, de maneira que todas as faces

ficassem planas. Em seguida, os corpos de prova foram sinterizados em forno específico do sistema cerâmico (Lava® Furnace 200, 3M ESPE, Seefeld, Alemanha) de maneira a simular a condição clínica de uso dessas cerâmicas.

Com o auxílio de um molde confeccionado em silicone polimerizado por reação de adição, contendo seis compartimentos retangulares, cinquenta e quatro espécimes obtidas após sinterização foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente (Clássico® Produtos Odontológicos Ltda., São Paulo, SP, Brazil), de maneira que a face de maior área (5,25 x 5,25 mm) ficasse em contato com o silicone de adição (superfície a ser jateada). Devido à contração de sinterização, ocorre redução no volume dos corpos de prova em zircônia na ordem de 27-30%. Foram incluídos dois espécimes em cada retângulo do molde.

Após a polimerização da resina acrílica, cada bloco de resina foi removido do molde e as superfícies foram desgastadas com lixas d'água de granulação decrescente (120, 400, 600, 1.200, 1500 e 2000), sendo que a próxima granulação só era utilizada no momento que a resina acrílica e a superfície cerâmica estavam no mesmo nível. Então, a superfície dos corpos de prova foi polida com pastas de polimento para resina composta de granulação fina (10µm), e ultra-fina (3µm) (Diamond Excel®, FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brazil) seguido da sílica coloidal (Struers OPS, Struers Intellection, Brisbane, Australia), ambas em disco de feltro montado em Politriz.

Ao final da fase de polimento, obtém-se uma superfície lisa e brilhante. Os cinquenta e quatro espécimes obtidos após a fase de polimento foram aleatoriamente alocados em nove grupos (n=6), de acordo com os fatores principais “partícula” e “pressão” (Figura 1).



Figura 1. Espécimes incluídos em resina acrílica após polimento.

Previamente ao jateamento, os espécimes foram imersos em álcool isopropílico a 10%, dentro de um recipiente de vidro, e submetidos à limpeza em aparelho sônico durante 5 min (Vitasonic®, Vita Zanhfabrik, Alemanha). Então, foram posicionados sobre gases onde permaneceram por 10 min, para que se garantisse a completa evaporação do álcool.

Para realização do jateamento, utilizou-se um microjateador (Cojet-Prep®, 3M ESPE®, Seefeld,

Alemanha; h=43,44 mm, Ø= 26,6 mm, v= $2\pi r^2 h = 51.488.78 \text{ mm}^3$). A distância entre a superfície de jateamento e a ponta do microjateador foi padronizada em 10 mm e o tempo do jateamento de 20 s, para todos os grupos experimentais, exceto o grupo 1 (controle). As partículas incidiram perpendicularmente na superfície da cerâmica. Durante o jateamento, foram realizados movimentos circulares objetivando um jateamento uniforme ao longo de toda a superfície do espécime.

Considerando os fatores “partícula” em 4 níveis (Al₂O₃ 50µm, Al₂O₃ 110µm, SiO₂ 30 µm, SiO₂ 110 µm) e “pressão” em 2 níveis (2,5 bar e 3,5 bar) (esquema fatorial 4x2), 8 grupos foram constituídos. Um grupo controle (sem jateamento) também foi considerado.

Para análise qualitativa da geometria tridimensional (3D) e para mensuração da rugosidade da superfície cerâmica após jateamento, cinquenta e quatro corpos de prova, seis de cada grupo (Gr1 ao Gr9) foram analisadas em perfilômetro óptico digital (Wyko®, Modelo NT 1100, Veeco, EUA), o qual é conectado a uma unidade computadorizada contendo o programa computacional Wyko Vision 32 (Wyko®, Veeco, EUA) para análise dos dados (Figura 2). As medições dos parâmetros em 3D foram realizadas com um aumento de 20X e em uma área de 301,3 x 229,2 µm. Os valores de rugosidade foram obtidos em µm.

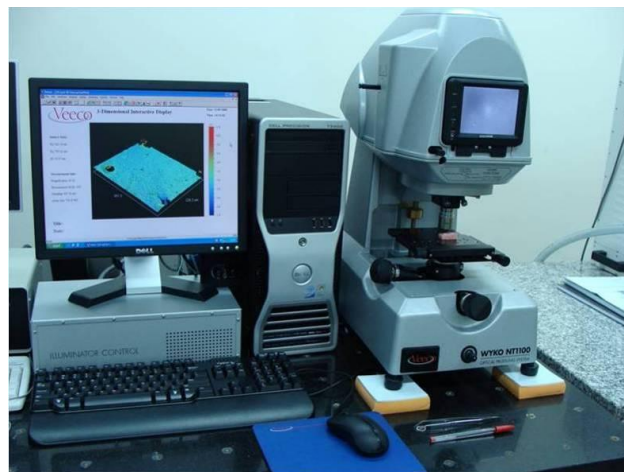


Figura 2. Perfilômetro óptico digital.

Para avaliar a influência dos tratamentos propostos neste estudo na topografia da superfície dos espécimes, foram obtidas fotomicrografias em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de dois espécimes representativos de cada grupo. Foi utilizado um aumento de 5.000X.

Previamente à metalização, os corpos de prova foram limpos em etanol a 99,9% com alta frequência (35 kHz) em ultrassom (Vitasonic II®, Vita Zanhfabrik, Alemanha) durante 10 minutos, sendo que as partículas de Al₂O₃ e SiO₂ não passaram por esse processo. Em seguida, estes foram posicionados em uma plataforma de alumínio *stub*, e realizou-se um recobrimento com fina camada condutora de ouro (50 a 100 Ångstron), depositado via vaporização ou *sputtering* iônico na máquina metalizadora Emitech® K550X (Emitech®, Ashford Kent, Inglaterra).

A análise topográfica das superfícies foi

realizada por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura marca Leo®, modelo 1430 VP (Zeiss®, Cambridge, Inglaterra), equipado com software digital.

Neste estudo, cuja unidade experimental é o bloco cerâmico, os fatores em estudo são: “partícula” em 4 níveis (Al_2O_3 50 μm , Al_2O_3 110 μm , SiO_2 30 μm e SiO_2 110 μm), “pressão” em 2 níveis (2,5 bar e 3,5 bar), seguindo o esquema fatorial 4 x 2 (8 grupos experimentais). Um grupo controle também foi considerado (Controle -), totalizando ao final 9 grupos experimentais.

A análise estatística deste experimento foi dividida em duas partes:

Parte 1- Comparação dos grupos controles com os grupos experimentais: a forma de análise desses dados foi realizada mediante o teste de Dunnett (5%), no qual o grupo controle foi comparado com os demais grupos experimentais.

Parte 2- Comparação dos grupos experimentais entre si: a forma de análise desses dados foi realizada mediante a análise de variância (ANOVA) 2-fatores, sendo um fator com quatro níveis e um fator com dois níveis e pelo teste de comparação múltipla de Tukey (5%).

Para realização dos testes estatísticos em questão, os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio dos programas computacionais: Minitab® (Minitab®, versão 14.12, 2004), Prism® (GraphPad®, versão 5.0) e Statistix® (Analytical Software Inc., versão 8.0, 2003).

RESULTADOS

Os valores de rugosidade média ($\pm$ desvio padrão) obtidos para os grupos experimentais e o

controle estão expostos na Tabela 2. Por meio do teste de Comparação Múltipla de Dunnett verificou-se que todos os grupos experimentais apresentaram valores de rugosidade média superiores estatisticamente ao grupo controle ($p < 0.05$) (Tabela 3).

Verificou-se, com o teste ANOVA (Tabela 4), que os fatores “partícula” e “pressão” apresentaram significância estatística ($p < 0,05$), isto é, os valores de rugosidade variaram estatisticamente entre os grupos experimentais.

A relação entre a rugosidade e os protocolos de jateamento utilizados, está representada graficamente pela Figura 3.

Os resultados ilustrados na Tabela 4 mostram que quando a cerâmica foi jateada com Al_2O_3 (110 μm) e pressão de 3,5 bar^A apresentou o maior valor médio de rugosidade. Entretanto, quando comparado com o grupo tratado com SiO_2 (110 μm) e pressão de 3,5 bar^A, não houve diferenças estatisticamente significante.

A análise em MEV demonstrou que os corpos de prova cerâmicos submetidos aos protocolos de jateamento utilizados neste estudo apresentaram alterações em sua superfície quando comparados ao grupo controle. Já nos grupos jateados com SiO_2 , não foi possível identificar danos superficiais na cerâmica, mas sim a presença de uma camada irregular de sílica sobre as superfícies dos espécimes.

Complementando os dados da microscopia, a análise da geometria tridimensional revelou um aumento do padrão de rugosidade em relação ao grupo não jateado. Fotomicrografias representativas das superfícies cerâmicas do grupo controle assim como dos grupos submetidos aos protocolos de jateamento por meio de Al_2O_3 e SiO_2 bem como as imagens em 3D dessas superfícies em perfilometria óptica, estão representadas pelas Figuras 4ab, 5ab e 6ab, respectivamente.

Tabela 2. Valores de rugosidade média (μm) $\pm$ desvio padrão (DP) segundo os fatores “partícula” e “pressão” *n=6

Grupo	Partícula	Tamanho	Pressão	Rugosidade média (μm) $\pm$ DP
Gr1 (controle)	—	—	—	0,1053 $\pm$ 0,0564
Gr2	Al_2O_3	50 μm	2,5	0,3667 $\pm$ 0,0234
Gr3	Al_2O_3	110 μm	2,5	0,5650 $\pm$ 0,1316
Gr4	SiO_2	30 μm	2,5	0,4600 $\pm$ 0,1176
Gr5	SiO_2	110 μm	2,5	0,4783 $\pm$ 0,0970
Gr6	Al_2O_3	50 μm	3,5	0,5783 $\pm$ 0,1373
Gr7	Al_2O_3	110 μm	3,5	0,8233 $\pm$ 0,0327
Gr8	SiO_2	30 μm	3,5	0,5333 $\pm$ 0,0706
Gr9	SiO_2	110 μm	3,5	0,6717 $\pm$ 0,0431

Tabela 3. Resultado do teste de Dunnett (5%) estabelecido na comparação entre os grupos experimentais em relação ao grupo controle (Gr1).

Grupo	Média (μm)	Limite inferior	Diferença das médias	Limite superior	Valor crítico para comparação	p
Gr1	0,1053	—	—	—	2,760	—
Gr2	0,3667	0,1197	0,2613	0,4029		0,0001*
Gr3	0,5650	0,3181	0,4597	0,6013		0,0001*
Gr4	0,4600	0,2131	0,3547	0,4963		0,0001*
Gr5	0,4783	0,2314	0,3730	0,5146		0,0001*
Gr6	0,5783	0,3314	0,4730	0,6146		0,0001*
Gr7	0,8233	0,5764	0,7180	0,8596		0,0001*
Gr8	0,5333	0,2864	0,4280	0,5696		0,0001*
Gr9	0,6717	0,4247	0,5663	0,7079		0,0001*

* $p < 0,05$

Tabela 4. Comparação dos valores médios de rugosidade para os grupos experimentais. *n=6 (Teste de Tukey).

Partícula	Pressão (bar)	Média de rugosidade (μm)	Grupos homogêneos		
Al_2O_3 110 μm	3,5	0,8233	A		
SiO_2 110 μm	3,5	0,6717	A B		
Al_2O_3 50 μm	3,5	0,5783	B C		
Al_2O_3 110 μm	2,5	0,5650	B C		
SiO_2 30 μm	2,5	0,5650	B C		
SiO_2 30 μm	3,5	0,5333	B C D		
SiO_2 110 μm	2,5	0,4783	C D		
Al_2O_3 50 μm	2,5	0,3667	D		

*letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa.

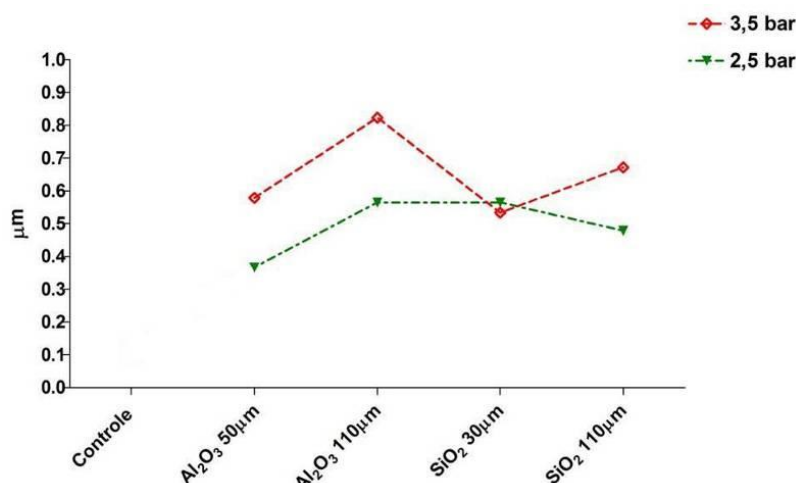
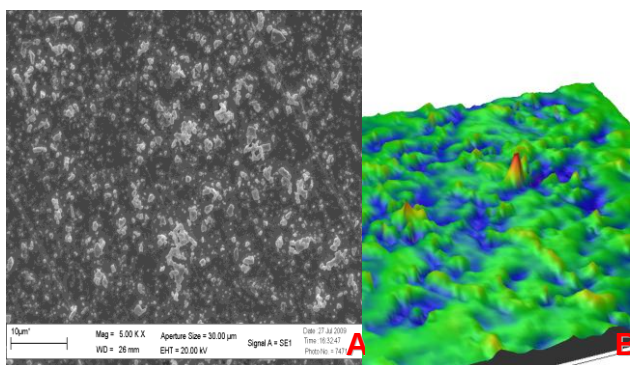
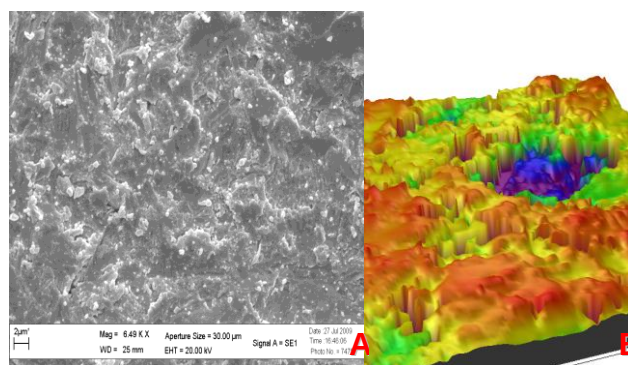
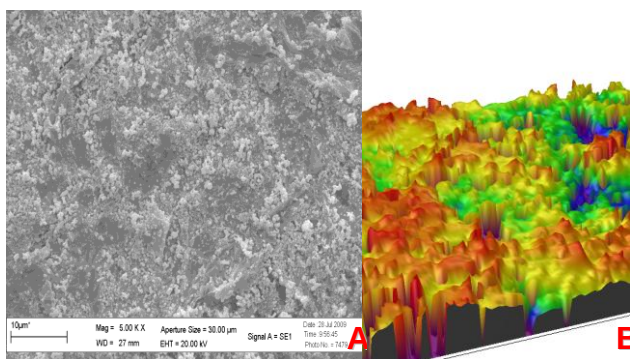
Figura 3. Representação gráfica dos valores de rugosidade (μm) entre os grupos experimentais quando submetidos aos diferentes tratamentos de superfície.

Figura 4ab: Aspecto da superfície cerâmica não jateada (controle). a) Fotomicrografia (5.000X); b) Representação em 3D.

Figura 5ab: Aspecto da superfície cerâmica após jateamento com Al_2O_3 110 μm /3,5 bar: a) Fotomicrografia (5.000X); b) Representação em 3D.Figura 6ab: Aspecto da superfície cerâmica após jateamento com SiO_2 110 μm /3,5 bar: a) Fotomicrografia (5.000X); b) Representação em 3D.

DISCUSSÃO

A avaliação das alterações superficiais representa um procedimento preliminar para avaliar a qualidade de um tratamento de superfície em termos de benefícios ou agressividade. O uso de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Perfilometria Óptica, combinando imagens bidimensionais com a rugosidade média da superfície, que pode ser qualitativamente determinada e convertida em uma leitura numérica da topografia do substrato²², nos dá informações sobre o comportamento dos substratos diante dos tratamentos de superfície testados^{12,23}. No entanto, a rugosidade

superficial de espécimes de zircônia submetidos a diferentes tratamentos também tem sido realizada por meio da microscopia confocal^{24,25}. Embora este método permita a análise detalhada da topografia de um espécime em alta resolução (0,2 µm), seu uso não é tão comum quanto às outras técnicas como a perfilometria tátil ou óptica²⁵.

Outro método de avaliação de superfície seria a microscopia de força atômica. O uso combinado de MEV e microscopia de força atômica tem ganhado popularidade nos últimos anos para analisar modificações na topografia superficial da zircônia^{22,26}. Desta forma, não é possível encontrar na literatura uma metodologia padronizada para análise de superfícies de corpos de prova. No presente estudo, optou-se pela análise por meio da perfilometria óptica digital, principalmente devido à sua alta precisão, equivalente a menos de 0,1 nm, o que aumenta a confiabilidade dos resultados. A microscopia eletrônica de varredura foi empregada como análise comparativa.

A hipótese de que a rugosidade da superfície cerâmica de Y-TZP é influenciada pelo tipo de tratamento de superfície empregado foi aceita.

Os resultados deste estudo mostraram que os tratamentos de superfície aumentaram significativamente a rugosidade da cerâmica. Estes achados corroboram os de um estudo recente²², o qual utilizou microscopia de força atômica, revelou um aumento significativo na rugosidade da superfície cerâmica de Y-TZP do grupo controle (9,39 ± 3,1 nm^c) para os grupos em que foi empregada silicatização (22,10 ± 10,3 nm^b) ou jateamento (45,77 ± 19,9 nm^a). O jateamento com óxido de alumínio produz irregularidades superficiais na cerâmica, o que aumenta o embricamento mecânico do agente cimentante, criando uma forte interdigitação micromecânica²⁷.

Em um estudo recente²⁸, foi observado que, quando a pressão de jateamento em cerâmicas de Y-TZP aumentou de 0,05 para 0,25 MPa, alcançou-se maior rugosidade da superfície. Por outro lado, em nosso estudo, o tratamento com SiO₂ a 3,5 bar, mesmo proporcionando valor de rugosidade média superior, não diferiu estatisticamente do grupo em que foi utilizado SiO₂ de 30 µm a 2,5 bar. O mesmo não ocorreu nos outros grupos experimentais, pois o aumento da pressão de jateamento, resultou em maiores valores de rugosidade média²⁸.

Em um estudo similar¹², foram avaliados os efeitos dos tratamentos de superfície na topografia de uma cerâmica aluminizada reforçada por zircônia. A análise dos espécimes em perfilometria óptica mostrou que as médias de valores de rugosidade foram similares para o grupo controle e o em que foi empregado condicionamento com ácido fluorídrico, mas um aumento estatisticamente significativo foi observado após o jateamento ou silicatização. Estes achados estão de acordo com os resultados deste trabalho, visto que quando os grupos experimentais foram comparados com o grupo controle, foi encontrada diferença estatisticamente significativa¹².

Assim como observado por outros autores¹³, que avaliaram a rugosidade de superfícies de zircônia

polidas, jateadas com Al₂O₃ de 110 µm ou silicatizadas com SiO₂ de 110 µm, no presente trabalho não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os valores de rugosidade dos grupos tratados com jateamento ou silicatização, quando partículas de mesmo tamanho, utilizando-se a mesma pressão de jateamento, foram utilizadas.

Algo interessante e contraditório ao encontrado em outros resultados deste estudo ocorreu quando partículas de Al₂O₃ de 50 µm a 2,5 bar foram utilizadas no tratamento. Esse jateamento levou aos menores valores de rugosidade entre os tratamentos utilizados neste estudo, sendo inferior estatisticamente até mesmo ao grupo em que foram utilizadas partículas de SiO₂ de 30 µm a 2,5 bar. Este achado pode nos levar a supor que a silicatização, até determinado tamanho de partícula utilizada, é mais eficiente do que o jateamento com Al₂O₃ em gerar maior rugosidade. Entretanto, quando as partículas de tamanho maior são utilizadas, por volta de 110 µm, a silicatização e o jateamento se equivalem ou até mesmo o jateamento é superior em gerar microretenções na cerâmica de Y-TZP.

Neste estudo, os corpos de prova jateados com Al₂O₃, independente do tamanho das partículas e da pressão utilizada, foram danificados pelo jateamento, uma vez que foram observados danos superficiais na cerâmica, na forma de ranhuras e de lascamentos, gerando irregularidades, as quais foram responsáveis pelo aumento da rugosidade da superfície. Já nos grupos jateados com SiO₂, não foi possível identificar danos superficiais na cerâmica, mas sim a presença de uma camada irregular de sílica sobre a superfície dos espécimes. Estes achados foram previamente encontrados⁸, sendo que partículas maiores, de 100 µm, foram utilizadas. O autor concluiu que a silicatização depositou uma camada de sílica nas superfícies cerâmicas devido à alta pressão no impacto das partículas de Al₂O₃ modificadas por sílica no substrato condicionado.

Outros autores afirmaram ainda que a cobertura triboquímica proporciona, supostamente, retenção mecânica ultrafina e incorporação de superfícies tratadas com partículas de sílica. Entretanto, alterações na topografia da superfície de cerâmica não tem sido exatamente quantificadas. Em outro estudo, em MEV, de corpos de prova de Y-TZP previamente jateados, observou-se diferenças entre a topografia da superfície dos grupos jateados com Al₂O₃ (Grupos C, SIL e BSIL) e os cobertos com sílica (Grupos SC, SCSIL e SCBSIL)⁷. Também foi possível perceber a fina textura de superfície encontrada nos espécimes tratados com Cojet[®] em comparação com aquelas jateados apenas com Al₂O₃ de 125 µm²².

Em relação à silicatização, diferenças no tamanho das partículas e tempo de aplicação podem induzir discrepâncias nos resultados alcançados: a pressão excessivamente alta durante o jateamento pode dar início a uma transição de fase, e acelerar a formação de micro-fissuras, reduzindo assim as propriedades mecânicas da zircônia²¹. Desta forma, mesmo que um dos protocolos de silicatização empregados neste estudo (SiO₂ 110 µm a 3,5 bar) tenham alcançado valores de

rugosidade que se assemelham ao tratamento com Al_2O_3 de 110 μm a 3,5 bar, não há garantias de que este tratamento seja efetivo na união entre cimento resinoso e cerâmica de Y-TZP. Estudos que empreguem testes mecânicos, como o cisalhamento, por exemplo, devem ser realizados para que este protocolo de jateamento seja avaliado.

A cobertura com sílica deve promover uma adesão química na interface cerâmica-cimento resinoso, mas não resulta em uma considerável modificação da superfície. Mudanças no tamanho da partícula e tempo de aplicação devem ser mais profundamente avaliados, embora tratamentos mais agressivos possam levar à formação de micro-fissuras, comprometendo a qualidade do substrato¹⁰.

Contrariamente ao observado neste estudo, outros autores afirmaram que, frequentemente, o efeito do condicionamento é limitado à formação de poucas interdigitações como uma consequência da excessiva dureza da zircônia. Entretanto, segundo estes autores, esta superfície ligeiramente jateada pode ser eficaz na garantia de uma resistência de união confiável quando utilizados simultaneamente a agentes de cimentação que podem interagir quimicamente com a camada externa do óxido de zircônio (isto é, cimentos à base de MDP - 10-metacrilóxido de dihidrogênio fosfato)²².

Estudos têm relatado que o jateamento pode não ser efetivo por criar apenas pequenas irregularidades superficiais, sem promover retenção mecânica²⁹. Adicionalmente, o jateamento também pode danificar significativamente a superfície da zircônia, criando trincas e crateras, diminuindo, desta maneira, a resistência mecânica do material cerâmico, o que está diretamente relacionado ao tamanho e ao tipo de partícula utilizada no jateamento⁴, embora melhorem a união micromecânica ao cimento. Diante dos resultados apresentados, podemos afirmar que os tratamentos de superfície são efetivos em gerar microrretenções na superfície de cerâmicas de Y-TZP, entretanto análises adicionais envolvendo ensaios de resistência de união utilizando estes mesmos protocolos de jateamento, bem como envelhecimento dos espécimes com ciclagem térmica devem ser delineados com o intuito de avaliar a real influência desses protocolos na durabilidade da união desta interface. Ensaios clínicos randomizados adicionais também são necessários para prever de maneira real o comportamento clínico de coroas ou próteses fixas com infra-estrutura em Y-TZP com superfícies previamente tratadas.

CONCLUSÃO

Diante da metodologia empregada e dos resultados obtidos, parece lícito concluir que:

a) Partículas de Al_2O_3 de 110 μm /3,5 bar promoveram os maiores valores de rugosidade entre os grupos experimentais;

b) O jateamento com Al_2O_3 , independente do tamanho das partículas e da pressão utilizada, promoveu danos superficiais na cerâmica, na forma de ranhuras e

de lascamentos, diferente do observado nos grupos jateados com SiO_2 , com a presença de uma camada irregular de sílica sobre a superfície dos espécimes.

Agradecimentos

Ao Técnico em Prótese Dental Alberto Calasans (Laboratório Alberto Calasans/ São Paulo) pela sinterização dos corpos de prova cerâmicos (LAVA) e ao Professor Dr. Tibério Andrade Passos pela presteza na realização das análises em microscopia.

REFERÊNCIAS

1. Sundh A, Molin M, Sjögren G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent Mater* 2005; 21(5):476-82.
2. Xible AA, De Jesus Tavares RR, de Araujo CR, Bonachela WC. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2006; 95(3):224-9.
3. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999; 20(1):1-25.
4. Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Thompson VP. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004; 71(2):381-6.
5. McLaren EA, Giordano RA, Pober R, Abozenada B. Material testing and layering techniques of a new two-phase all glass veneering porcelain. *Quintessence Dent Technol* 2003; 26:69-81.
6. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater* 2005; 21(12):1158-62.
7. Atsu SS, Kilcarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006; 95(6): 430-6.
8. Burke FJ, Flemming GI, Nathanson D, Marquis PM. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. *J Adhes Dent* 2002; 4(1):7-22.
9. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000; 13(2):131-5.
10. Valandro LF, Özcan M, Amaral R, Leite FP, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to silica-coated and silanized In-Ceram Zirconia before and after aging. *Int J Prosthodont* 2007; 20(1):70-2.
11. Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of Surface Treatments on the Resin Bond to Zirconium-Based Ceramic. *Int J Prosthodont* 2005; 18(1):60-5.
12. Della Bona A, Borba M, Benetti P, Cecchetti, D. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. *Braz Oral Res* 2007; 21(1):10-5.
13. Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J* 2008; 27(3):448-54.
14. Tsukakoshi M, Shinya A, Gomi H, Lassila LVJ, Vallittu PK, Shinya A. Effects of dental adhesive cement and surface treatment on bond strength and leakage of zirconium oxide ceramics. *Dent Mater J* 2008; 27(2):159-71.
15. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cements to ceramics. *Dent Mater* 2003; 19(8):725-31.
16. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Bonding of dualcured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester

- monomer and zirconate coupler. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 77(1):28-33.
17. Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MA, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 ceramic. *Int J Prosthodont* 2003; 16(3):277-282.
 18. Valandro LF, Mallmann A, Della Bona A, Bottino MA. Bonding to densely sintered alumina- and glass infiltrated aluminum / zirconium-based ceramics. *J Appl Oral Sci* 2005; 13(1):47-52.
 19. Valandro LF, Özcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Della Bona A. Bond strength of resin cement to high- alumina and zirconia-reinforced the effect of surface conditioning. *J Adhes Dent* 2006; 8(3):175-81.
 20. Bindl A, Luthy H, Mormann WH. Thin-wall ceramic CAD/CAM crown copings: strength and fracture pattern. *J Oral Rehabil* 2006; 33(7):520-8.
 21. Sato H, Yamada K, Pezzotti G, Nawa M, Ban S. Mechanical properties of dental zirconia ceramics changed with sandblasting and heat treatment. *Dent Mater J* 2008; 27(3):408-14.
 22. Oyague RC, Monticelli F, Toledano M, Osorio E, Ferrari M, Osorio R. Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. *Dent Mater* 2009; 25(2):172-9.
 23. Della Bona A, Anusavice KJ, Hood JAA. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. *Int J Prosthodont* 2002; 15(3):248-53.
 24. Cavalcanti AN, Pilecki P, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Gianinni M, Marchi GM. Evaluation of the surface roughness and morphologic features of Y-TZP ceramics after different surface treatments. *Photomed Laser Surg* 2009; 27(3):473-9.
 25. Al-Shammery HA, Bubbs NL, Youngson CC, Fasbinder DJ, Wood DJ. The use of confocal microscopy to assess surface roughness of two milled CAD-CAM ceramics following two polishing techniques. *Dent Mater* 2007; 23(6):736-41.
 26. Casucci A, Osorio E, Osorio R, Monticelli F, Toledano M, Mazzitelli C, Ferrari M. Influence of different surface treatments on surface zirconia frameworks. *J Dent* 2009; 37(11):891-7.
 27. Michida SM, Valandro LF, Yoshiga S, Andreatta Filho OD, Balducci I, Bottino M A. Effect of surface treatment of a glass-infiltrated alumina ceramic on the microtensile bond strength. *J Appl Oral Sci* 2003; 11(4):361-6.
 28. Kern M, Barlooi A, Yang B. Surface Conditioning Influences Zirconia Ceramic Bonding. *J Dent Res* 2009; 88(9):817-22.
 29. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: Adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995; 73(3):240-91.

Recebido/Received: 22.03.10

Revisado/Reviewed: 04.10.10

Aprovado/Approved: 15.01.11

Correspondência:

Rodrigo Othávio de Assunção e Souza

Rua Praia de Guajirú, 9215.

Ponta Negra, Natal/RN, Brasil.

CEP: 59.092-220

Telefone: (84) 9917-7274

E-mail: roasouza@yahoo.com.br