

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Mariane Cássia Fabiane

**INFLUÊNCIA DE ACABAMENTOS DE SUPERFÍCIE NO
DESEMPENHO MECÂNICO DE ZIRCÔNIAS
MONOLÍTICAS**

Passo Fundo

2022

Mariane Cássia Fabiane

**INFLUÊNCIA DE ACABAMENTOS DE SUPERFÍCIE NO
DESEMPENHO MECÂNICO DE ZIRCÔNIAS
MONOLÍTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação da profa. Paula Benetti

Passo Fundo

2022

Folha reservada para
Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ata de aprovação fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

Folha reservada para
Ficha catalográfica

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Mariane Cássia Fabiane

Nascida em 9 de agosto de 1994 na cidade de Lagoa Vermelha RS, a autora é cirurgiã dentista graduada pela Universidade do Alto Uruguai e das Missões, Erechim em 28 de janeiro de 2018, sob orientação do Prof. Dr. Bruno Emmanuelli, com o trabalho de conclusão de curso intitulado “Bruxismo do sono na infância e fatores relacionados - revisão de literatura”. Foi monitora da disciplina de Oclusão durante dois semestres da graduação, fez estágio de extensão supervisionado como dentista do CEO Erechim nas disciplinas de Periodontia e Pacientes com Necessidades Especiais. No mestrado prestou estágio de docência nas disciplinas de Odontopediatria: Clínica materno infantil e na clínica da criança e do adolescente. Atualmente é Cirurgiã Dentista Clínica Geral atuando nas áreas de Odontopediatria e Periodontia em Clínica Neckel Passo Fundo/RS, e como Dentista na Clínica de Radiologia (Clínica Imagem) em Lagoa Vermelha/RS.

AGRADECIMENTOS

Não poderia começar a escrever a folha mais importante da minha dissertação de outra forma. Talvez a folha que descreva melhor que qualquer metodologia como cheguei até aqui. Toda a descrição se dará com o mesmo amor e agradecimento estendo esse carinho a todos aqui citados. Quero descrever meus agradecimentos fazendo analogia a uma viagem de trem. Começo com palavras que descrevam gratidão suprema à Deus que me deu a vida e a possibilidade de viajar por um caminho lindo. A quem me amou desde os meus primeiros dias, que me receberam nesse trem e nessa viagem, meus pais, os tão ferozmente maquinistas que conduziram a viagem que iniciei a dois anos atrás com amor, aconchego e felicidade até pelos caminhos mais difíceis mas que nunca largaram a direção e que pelo caminho me ensinaram tantos valores. Minha gratidão à minha orientadora Paula Benetti, que foi uma parceira para planejar a viagem. Que me mostrou um roteiro até então desconhecido e que me ajudou a estudá-lo com paciência, compreensão e muita maestria. Sem você, minha orientadora do latim “O mesmo que: professora, formadora, preceptora” nada teria sido possível, pois teus ensinamentos me guiaram e me trouxeram até aqui. Nesse

agradecimento estendo também às colegas de grupo de pesquisa: Larissa, Diana, Fernanda. Aos amigos Jonathan e Rafaela, pelas incansáveis caronas e ajudas para lixar as amostras que tanto foram difíceis pra mim. Pelas incansáveis conversas, amizade verdadeira, conselhos, troca infinita de amizade e aconchego. Obrigada amigos, por compartilharem desse trem e dessa viagem, em meio a uma loucura pandêmica e ainda assim, criar laços e deixar um pouco de cada um marcado um no outro. Ao meu companheiro de viagem, que mesmo de longe (muitos km reais) e mesmo assim se mostrou presente, em seu apoio, carinho mostrando que é preciso olhar pela janela enquanto se viaja, Kaique. Ao finalizar essa estação e descer desse trem, hoje, me sinto agradecida. Não só pelo caminho percorrido mas por tudo que foi vivido. Pelas risadas, pelos ensinamentos, por ter aprendido tanto com pessoas tão maravilhosas. Minha gratidão a todos os professores, funcionários e colaboradores da Universidade de Passo Fundo, aos professores da banca pelo tempo disponibilizado e carinho ao ler minha dissertação e estarem participando de um momento tão especial da minha vida. Essa viagem foi completa e é recordada através de sorrisos de cada um que passou por esse trem. Obrigada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
3. PROPOSIÇÃO	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS	36
5. RESULTADOS	45
6. DISCUSSÃO	46
7. CONCLUSÕES	52
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
9. REFERÊNCIAS	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos materiais cerâmicos e de acabamento que serão utilizados no estudo.....36

Tabela 2 – Tratamentos de superfície realizados.....40

Tabela 3 – Média e desvio padrão (\pm) da resistência biaxial dos diferentes grupos.....45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bloco de zircônia com medidas para corte.....	37
Figura 2: Cortes de zircônia para confecção dos cilindros.....	38
Figura 3: Corte dos cilindros de zircônia em corpos de prova não sinterizados em formato de disco	38
Figura 4: Aplicação Glaze estratificado	41
Figura 5: Realização Acabamento	42
Figura 6: Realização Polimento.	43

RESUMO

Objetivos: o objetivo do trabalho foi verificar o efeito do acabamento de superfície na resistência à flexão biaxial de zircônias monolíticas de diferentes microestruturas: zircônia tetragonal policristalina parcialmente estabilizadas por 3mol% de óxido de ítria - 3YTZP (ZI) e zircônia parcialmente estabilizada 5% de óxido de ítria 5YPSZ (FX). Materiais e métodos: foram confeccionados corpos de prova (CP) de cada zircônia em forma de discos com 12 mm de diâmetro e 0,7 mm de espessura (N=80). Os CP foram divididos nos grupos experimentais conforme o tratamento de superfície empregado: zircônia sinterizada, S (ZI-S e FX-S); aplicação de overglaze pela técnica estratificada, ES (ZI-ES e FX-ES); acabamento com pontas diamantadas de granulação ultra-fina (FF) e polimento com pontas Optrafine®, AP (ZI-AP e FX-AP); e acabamento e polimento seguido de ciclo de queima estendido (annealing, A) (ZI-A e FX-A). As amostras foram submetidas à teste de resistência biaxial (3-point bending test, TPB) com carga monotônica compressiva a 0,5 mm/min, com os CP em imersão em água a 37° C. A influência do acabamento de superfície e do tipo de zircônia na resistência dos CPs foi avaliada por ANOVA 2 fatores e Tukey ($\alpha=0,05$). A influência dos tratamentos de superfície na resistência de cada uma das cerâmicas foi avaliada por ANOVA 1 fator e Tukey ($\alpha=0,05$). A confiabilidade estrutural dos materiais foi avaliada por análise de Weibull (módulo de Weibull e resistência característica). Resultados: ZI mostrou maior resistência biaxial que FX. Os diferentes acabamentos de superfície influenciaram na resistência desses materiais. Para ZI, os tratamentos AP e acabamento APA apresentaram resistência superior que ES e que as

amostras apenas sinterizadas (S) ($p < 0.001$). No grupo FX, o AP resultou em menor resistência do que os demais grupos. Para esta cerâmica, a aplicação de glaze (ES) e annealing após o acabamento e o polimento (APA) o aumentaram a resistência. Não houve diferença estatisticamente significativa de módulo de Weibull, que expressa confiabilidade, entre os grupos experimentais. Conclusão: os tratamentos de superfície têm efeito diferente na ZI e FX, como resultado de sua diferença em composição e microestrutura. Enquanto o AP aumenta a resistência biaxial da ZI, este tratamento é deletério para resistência da FX. Então, para FX, quando o acabamento e polimento da estrutura é necessário, a melhor conduta é submeter a restauração à um ciclo de queima estendido ou aplicação de overglaze para recuperação da resistência do material.

Palavras-chave: Cerâmica. Zircônia. Odontologia. Restauração. Resistência.

ABSTRACT¹

The objective of this work was to verify the effect of surface finish on the flexural strength of monolithic zirconia from monolithic zirconia of tetragonal structure stabilized by 3mol% zirconia stabilization oxide - 3YTZP (ZI) and zirconia preparation of 5% oxide of 5YPSZ yttria stabilization (FX). Specimens (CP) of each zirconia were constructed in the form of discs with 12 mm in diameter and 0.7 mm in thickness (N=80). The CPs were designed for the experimental groups according to interized surface treatment, S (ZI-S and FX-S); technical application of overglaze by the stratified, ES (ZI-ES and FX-ES); finishing with ultra-fine-grained diamond (FF) bits and polishing with Optrafine®, AP (ZI-AP and FX-AP) bits; and finishing and polishing followed by a long life cycle (annealing, A) (ZI-A and FX-A). The waters were the ones that were 3 (biaxial resistance test, compressive TPB at 0.5 mm/min), with CP under load at 37° C. The influence of the surface finish and the type of zirconia on the resistance of the CPs was by 2-way ANOVA and Tukey ($\alpha=0.05$). Each of the surface treatments on strength was an ANOVA 1 and Tukey influence factor ($\alpha=0.05$). The reliability of structural materials was characterized by Weibull analysis and strength. Results: ZI showed higher biaxial strength than FX. Different surface finishes influence the strength of these materials. For ZI, AP and APA finishing treatments showed superior strength than ES and S only sintered ($p<0.001$). In FX, too much

¹ Influence of surface finishing on the mechanical performance of monolithic zirconias

AP resulted in lower resistance than the groups. For this ceramic, an application of glaze (ES) and annealing after finishing and polishing (APA) increases the strength. There was no statistically significant difference in the Weibull module, which expressly, between the experimental groups. Therefore, surface treatments have different effect on ZI and FX as a result of their difference in composition and microstructure. While AP increases the biaxial strength of the ZI, this treatment is deleterious to the strength of the FX. So, FX, when finishing and polishing the structure is necessary, the best course of action is restoration to a prolonged firing cycle or application of overglaze to restore the material's strength.

Keywords: Ceramics. Zirconia. Dentistry. Restoration. Flexural Strength.

1. INTRODUÇÃO

As zircônias odontológicas são cerâmicas que possuem alto teor cristalino e evoluíram ao longo dos anos em busca de melhores propriedades estéticas. Esses materiais policristalinos foram introduzidos na Odontologia para substituir estruturas metálicas e nesses casos eram recobertas com uma porcelana de cobertura (restauração bicamada) devido a seu baixo conteúdo estético (ZHANG & LAWN, 2017; MEIRELLES, 2019).

No entanto, problemas associados ao desempenho clínico dessas restaurações foram relatadas, em particular, lascamento e delaminação da porcelana de cobertura. Apesar de sua superioridade mecânica, zircônias Y-TZP são muito opacas e eram dependentes de outros materiais para ganho estético. (ZHANG et al., 2012; SAILER et al., 2015; PJETURSON et al., 2015; WENDLER et al., 2015; ZHANG e KELLY, 2017; MEIRELLES et al., 2020). Para contornar os problemas mecânicos apresentados pelas restaurações de zircônia multicamadas e problemas relacionados à estética (opacidade) desses materiais foram desenvolvidas novas zircônias para uso monolítico (uma camada) (STAWARCZYK et al., 2016; ZHANG & KELLY, 2017).

O avanço das cerâmicas ao longo da história foi definido através de diferentes variantes: seleção do pó, aditivos de sinterização, tratamento térmico e outros fatores de processamento (ZHANG & LAWN, 2017). Consideradas como cerâmicas de alto desempenho as zircônias são fabricadas através da tecnologia CAD / CAM e conquistaram espaço na odontologia devido a suas excelentes propriedades mecânicas semelhantes ao metal, sua confecção tecnológica permitiu o

desenvolvimento de restaurações em zircônias monolíticas estéticas: zircônias translúcidas (HT) e as ultratranslúcidas (UT). O objetivo principal dos materiais é o desenvolvimento de cerâmicas que tenham uma estética superior com durabilidade de longo prazo (ZHANG & LAWN,2017).

Três fases microestruturais constituem esse material. Em temperatura ambiente encontra-se em sua fase monoclinica. Ao atingir 1,170°C atinge sua fase tetragonal e acima de 2370°C a fase cúbica. Entre as três fases, a tetragonal é a ideal em relação a melhores propriedades mecânicas. Para estabilizar essa fase em temperatura ambiente foi introduzido à essa fase o óxido de ítrio (ZHANG & LAWN,2017). A zircônia é considerada um material inteligente devido ao seu fenômeno transformação de fase (transformation toughening) da fase tetragonal para monoclinica em áreas sujeitas a estresse e cargas (ZHANG & KELLY, 2017).

A microestrutura e composição da zircônia tradicional (3YTZP) foram modificadas para aumentar sua translucidez, possibilitando adequação das novas zircônias às exigências estéticas das reabilitações odontológicas: a 2° geração (3YTZP) consiste em 3mol% de Y₂O₃, o tamanho de grão foi diminuído e conseqüentemente a transmissão de luz e estética foram melhoradas, com isso, a sinterização necessitou ser com temperaturas mais altas e o conteúdo da fase cúbica passou a 20-30% (STAWARCZYK et al., 2016; ZHANG & KELLY, 2017). Já a 3° geração (4-5YPSZ) é composta por 4mol% (4YTZP) ou 5mol% (5YPSZ) de ítria. Devido ao aumento da ítria, forma-se mais zircônia cúbica durante a sinterização (50-80%), e tem um tamanho de grão de 1 a 4 µm, obtendo uma maior translucidez (TP=43) (PENG et al., 2016; STAWARCZYK et al., 2016; MAO et al., 2018; ZHANG & LAWN, 2019; AHMED et al.,

2019). No entanto, a zircônia cúbica é mais fraca e frágil do que a tetragonal, o que compromete a resistência (resistência biaxial de 450 a 740 MPa).

Após a fresagem, as restaurações são sinterizadas em fornos específicos e podem ser finalizadas com polimento ou aplicação de vidro de baixa fusão (overglaze). Além disso, as restaurações monolíticas ou multicamadas são provadas e ajustadas clinicamente com pontas diamantadas, para adequação do assentamento, contatos proximais e oclusais. Frequentemente, os ajustes removem a camada de glaze e promovem aumento da rugosidade superficial, que deve ser ajustada às exigências clínicas por meio de polimento ou reaplicação de glaze (FRAGA et al., 2017; ZUCUNI et al., 2017; ZUCUNI et al., 2019; KAIZER et al., 2019). Devido às diferenças em composição e microestrutura, é possível que o impacto dos procedimentos de acabamento de superfície (desgaste, polimento e glaze) no desempenho mecânico das zircônias monolíticas seja diferente entre as gerações.

Os procedimentos de desgaste e polimento podem induzir a transformação de fase tetragonal para monoclínica, induzindo tensões compressivas que aumentariam a capacidade dessa superfície de se opor às forças que propagam trincas. Essa transformação de fase induzida pelo acabamento pode aumentar a resistência das zircônias, especialmente as de 2ª geração 3YTZP, que possui maior volume de fase tetragonal. A aplicação de glaze (overglaze) introduz uma camada de vidro sobre a superfície da restauração de zircônia. Após a aplicação, a restauração é levada a um ciclo de sinterização e submetida ao resfriamento à temperatura ambiente. A contração da zircônia e da camada de glaze pode gerar um complexo sistema de tensões de tração e compressão, que podem

impactar seu desempenho mecânico. Após acabamento, polimento ou aplicação de glaze, é possível a submissão das restaurações a um ciclo estendido de queima (annealing) para relaxamento ou liberação de tensões residuais, portanto, este ciclo pode ter influência no desempenho das zircônias monolíticas.

Há pouca literatura científica que aborde a influência dos diferentes acabamentos e polimentos no desempenho mecânico de zircônias monolíticas. Um complemento à excelência mecânica e a melhora estética encontrada nesses materiais ao longo dos anos é definitivamente conhecer o quanto os tratamentos de superfície influenciam no comportamento mecânico desses materiais.

Para analisarmos a flexão desses materiais o teste indicado pela literatura é o teste de flexão biaxial realizado em máquina de teste universal, onde a superfície tratada (acabamento, polimento, glaze, annealing) é submetida às forças de tração e uma força gradual de compressão é aplicada por um pistão plano de 1mm de diâmetro no centro da amostra até a fratura do disco. A análise de fratura dessas amostras são analisadas inicialmente por microscopia ótica e após em microscopia eletrônica de varredura determinando assim os resultados obtidos sobre a influência desses tratamentos no desempenho das zircônias de diferentes gerações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cerâmicas Odontológicas

As Cerâmicas Odontológicas destacam-se entre os materiais restauradores por sua estética, pois, possuem a capacidade de reproduzir os complexos fenômenos ópticos observados na estrutura dental, opalescência, fluorescência, e translucidez (BENETTI *et al.*, 2010; ANDRADE *et al.*, 2017). Esses materiais promovem uma estética superior além de estabilidade de cor (MAZARO *et al.*, 2016), alta durabilidade e baixo índice de acúmulo de biofilme em comparação com as resinas compostas (ROEHLING *et al.*, 2018).

Com o avanço do conhecimento desses materiais houve evolução estética e mecânica que permitiram o emprego em diferentes áreas clínicas desde a confecção de próteses protocolos, coroas totais e próteses fixas como em restaurações indiretas mais refinadas como onlays, inlays e facetas estéticas (KRISHNA *et al.*, 2009). São materiais indicados para restaurações em dentes escurecidos, elementos anteriores acometidos por alterações morfológicas: dentes conóides, diastemas, para reanatomizações estéticas ou restaurações extensas em dentes anteriores (fratura coronária, perda extensa do esmalte e má formações congênicas ou adquiridas (GRESNIGT *et al.*, 2011).

São classificados de acordo com sua composição estrutural: presença de fase vítrea ou cristalina. A fase vítrea possui as propriedades usuais de vidro como translucidez que aumenta significativamente a estética, porém apresenta maior fragilidade. A fase cristalina vem com o objetivo de melhorar a dispersão e a opacidade da luz tornando o material

mais resistente, pois, a presença de cristais melhora as propriedades mecânicas da cerâmica (BAJRAKTAROVA-VALJAKOVA *et al.*, 2018).

Cerâmicas policristalinas são conhecidas por serem constituídas somente por cristais. Por não conter matriz vítrea, são as que apresentam melhores propriedades mecânicas (resistência e tenacidade de fratura), entretanto, são as que possuem menor estética devido a sua menor translucidez e maior opacidade. O grupo é basicamente composto por Alumina e Zircônia (GOMES *et al.*, 2008; BONA, 2009; ANDRADE *et al.*, 2017).

2.2 Zircônias Odontológicas

Consideradas como cerâmicas de alto desempenho as zircônias são fabricadas através da tecnologia CAD / CAM e conquistaram espaço na odontologia devido a suas excelentes propriedades mecânicas semelhantes ao metal. Além disso, é considerada um material consagrado na odontologia protética pois seus avanços tecnológicos permitiram a satisfação das demandas estéticas através de restaurações livres de metal (STAWARCZYK *et al.*, 2019).

São cerâmicas que possuem alto teor cristalino e famosas conhecidas por suas ótimas propriedades mecânicas que estão diretamente relacionadas à presença de cristais de ítrio em sua composição (ZHANG & LAWN, 2017; MEIRELLES, 2019). A zircônia (Y-TZP) é um biomaterial atraente devido aos altos valores de resistência e de tenacidade à fratura, alta dureza, alta resistência ao desgaste, baixa condutividade térmica e elétrica, resistência à corrosão; e alto módulo de elasticidade (MEIRELLES, 2019). O avanço das cerâmicas ao longo da história foi

definido através de diferentes variantes: seleção do pó, aditivos de sinterização, tratamento térmico e outros fatores de processamento (ZHANG e LAWN,2017).

Três fases microestruturais constituem esse material. Em temperatura ambiente encontra-se em sua fase monoclinica. Ao atingir 1,170°C obtém sua fase tetragonal e acima de 2370°C a fase cúbica. Entre as três fases, a tetragonal é a ideal em relação a melhores propriedades mecânicas. Para estabilizar essa fase em temperatura ambiente foi introduzido o óxido de ítrio (ZHANG e LAWN,2017). São então divididas em três tipos de zircônica dependendo da fase onde estão estabilizadas: PSZ (partially stabilized zirconia), FSZ (fully stabilized zirconia) e TZP (tetragonal zirconia polycrystals) (GUESS *et al.*, 2011).

A zircônia é considerada um material inteligente devido ao seu fenômeno transformação de fase (transformation toughening) da fase tetragonal para monoclinica em áreas sujeitas a estresse e cargas (ZHANG e LAWN,2017). A literatura possui consenso que a zircônia tetragonal estabilizada com ítrio (YTZP) é um biomaterial inteligente que se modifica quando um estímulo é aplicado a ele reagindo através da mudança de fases (tetragonal- monoclinica-tetragonal) que pode resultar em propriedades mecânicas interessantes (PEREIRA *et al.*, 2018).

A exigência cada vez maior pela estética induziu grande avanço tecnológico desses materiais e permitiu o desenvolvimento de restaurações monolíticas estéticas: zircônias translúcidas (HT) e as ultratranslúcidas (UT) dividindo essa cerâmica em diferentes gerações (ZHANG & KELLY, 2017).

Translucidez é a propriedade óptica que representa a capacidade de um meio/material de permitir a passagem/transmissão de luz através dele. As

propriedades ópticas do dente humano e todas as suas características são determinadas pela sua microestrutura. O dente é formado pelo esmalte em sua porção mais superficial e pela dentina em sua porção mais interna. A dentina é composta pelos túbulos dentinários e em menor quantidade por fibras de colágeno reforçadas por cristais de hidroxiapatita. A propagação e o espalhamento da luz através da dentina é então, influenciada pelo volume dos túbulos e pela forma e distribuição dos cristais. Observa-se que ao contrário do esmalte a refração da luz na dentina varia de acordo com a sua estrutura. A translucidez é um dos fatores fundamentais e possui influência direta no desempenho estético ao realizar restaurações dentárias (LEE, 2005). A translucidez varia de acordo com o material escolhido. Em cerâmicas odontológicas, o tipo de cerâmica escolhida, bem como o grau de cristalização influenciam a translucidez. Sabe-se que nesses materiais a translucidez ou sua opacidade estão associadas com o espalhamento de luz nas interfaces entre cristais presentes na matriz e são alterados pelos índices de refração (CHARISIS *et al.*, 2006).

A zircônia (Y-TZP) é descrita como uma cerâmica extremamente atrativa pois apresenta altos valores de resistência, entre outras diversas propriedades mecânicas favoráveis (FRAGA *et al.*, 2017). Contudo apesar de sua grandeza mecânica em relação às cerâmicas vítreas, sua propriedade óptica de opacidade é muito elevada tendo índice de translucidez afetado de forma negativa (MEIRELLES, 2019).

Dessa forma, os avanços em busca de uma melhor translucidez deram espaço às diferentes gerações de zircônias encontradas na Odontologia atual.

2.2.1 Zircônia de primeira geração (3Y-TZP)

As zircônias de 1ª e 2ª geração (zircônia tetragonal policristalina parcialmente estabilizadas por 3mol% de óxido de ítria) tem sido utilizada como material estrutural para prótese dentária décadas. Possuem biocompatibilidade, alta resistência à flexão, estabilidade química, estabilidade de cor, baixa condutividade térmica, boa resistência ao acúmulo de biofilme, porém são cerâmicas que possuem menor translucidez quando comparadas às vitrocerâmicas (DOS SANTOS *et al.*, 2019).

Por deficiência estética, são tradicionalmente recobertas com uma camada de porcelana (estratificação) ou unidas à uma cobertura de dissilicato de lítio (técnica CAD-on) para adequação da estética. Porém, seu uso tornou-se limitado após problemas associados ao desempenho clínico dessas restaurações de multicamadas, mais especificamente na porcelana de cobertura (ZHANG *et al.*, 2012; SAILER *et al.*, 2015; PJETURSON *et al.*, 2015; WENDLER *et al.*, 2015; ZHANG e KELLY, 2017; MEIRELLES *et al.*, 2020). Apesar de suas excelentes propriedades mecânicas, esse material possui alta opacidade, limitando seu uso individual para restaurações estéticas.

A opacidade da 3Y-TZP é explicada através de um fenômeno óptico relacionado ao espalhamento da luz dentro do material mediante diferentes componentes da estrutura: poros, defeitos e contornos de grãos. A zircônia monolítica de primeira geração apresentou alta opacidade explicada pela alta quantidade de alumina e pelo tamanho do óxido de alumínio (VILA NOVA *et al.*, 2020). A sinterização desse material em temperaturas mais altas a fim de aumentar sua densidade e reduzir a concentração da alumina foi uma tentativa de melhorar as propriedades

estéticas. Contudo, não houve resultado quando aplicada à restaurações monolíticas com 1 mm ou mais de espessura, pois a 3Y-TZP ainda nessa espessura demonstra-se opaca e pouco estética (NORDAHL *et al.*, 2015; TANAKA *et al.*, 2016; OTONNI e BORBA, 2018).

Para contornar as limitações encontradas nesse material foram desenvolvidas novas zircônias para uso monolítico (uma camada) com modificações microestruturais e em sua composição para melhorar a translucidez sem perder suas propriedades mecânicas (TANAKA *et al.*, 2016; ZHANG e KELLY, 2017; VILA NOVA *et al.*, 2020; MEIRELLES *et al.*, 2020).

2.2.2 Zircônia de segunda geração (3Y-TZP-HT)

A segunda geração desse material caracterizou-se por maior translucidez através da redução da concentração de grãos de óxido de alumina (AL₂O₃). A síntetização em elevada temperatura também diminuiu a porosidade do material e conservaram as excelentes propriedades mecânicas (PEREIRA *et al.*, 2018), (STARWARCZYK *et al.*, 2017). Essa geração permitiu combinar importantes propriedades (estética e mecânica) deixando o material ainda mais próximo do sucesso para substituir dentes. Essa evolução permitiu além de evitar falhas eliminando a porcelana de cobertura sucesso no custo de fabricação confiabilidade e longevidade dessas restaurações (DOS SANTOS *et al.*, 2019). Porém, mesmo apresentando melhora em relação às propriedades ópticas esses materiais ainda não eram comparáveis as cerâmicas vítreas ou vitrocerâmicas. Nesse contexto, em busca de um material ainda mais translúcido foi modificada a estrutura através da redução de óxido de

alumínio e aumento de óxido de ítrio (4-5%) que resultou na terceira geração de zircônia, com alta translucidez (VILA NOVA *et al.*, 2020).

2.2.3 Zircônia de terceira geração (UT, 4YPSZ, 5Y-PSZ)

As cerâmicas de terceira geração ultratranslúcidas (UT, 4YPSZ, 5Y-PSZ) surgiram apesar da melhora em relação às propriedades ópticas da zircônia da segunda geração, pois, elas ainda não eram comparáveis as cerâmicas vítreas ou vitrocerâmicas (ZHANG *et al.*, 2013; STARWARCZYK *et al.*, 2017). Essa geração se difere pelo aumento da quantidade do óxido de ítrio (>3 mol% Y-TZP) possibilitando o surgimento simultâneo das fases cúbicas e tetragonal. Contudo, apesar de serem caracterizadas como zircônias ultratranslúcidas, essas zircônias exibem uma deficiência em suas propriedades mecânicas que ocorre pelo aumento da sua fase cúbica (ZHANG e LAWN, 2018). O aumento na proporção da fase cúbica melhora as propriedades ópticas, pois seus cristais possuem características isotrópicas, atenuando a dispersão da luz. Já sua propriedade mecânica deficiente se dá através de sua incapacidade de transformação para a fase monoclinica durante grandes cargas ou estresse (PEREIRA *et al.*, 2018). As aplicações em restaurações minimamente invasivas foram consideradas em inlays e onlays, porém, continuam em observação sendo necessário o cuidado na aplicabilidade dessas restaurações (ZHANG e LAWN, 2018).

2.3 Tratamentos de superfície

A reabilitação oral através dos diferentes materiais restauradores é capaz de devolver ao paciente a função mastigatória adequada, estética e reestabelecer a dimensão vertical (GRASSI, 2016). O sucesso clínico e a longevidade das restaurações cerâmicas estão diretamente relacionados ao controle biomecânico da oclusão através do ajuste clínico que remove contatos prematuros ou contornos inadequados (MAI *et al.*, 2019).

O ajuste clínico costuma remover a última camada desse material, que é a camada mais polida resultando em uma superfície mais rugosa que ao longo do tempo pode causar diferentes complicações clínicas desde o desgaste do elemento antagonista ao acúmulo de placa bacteriana (MAI *et al.*, 2019).

Os tratamentos de superfície conseguem devolver suavidade à superfície desses materiais através de diversos métodos de acabamento e polimento muitas vezes realizados pelo próprio dentista na cadeira odontológica demonstrando eficácia na lisura superficial desses materiais. (HAMAD *et al.*, 2019).

2.3.1 Acabamento e Polimento

Atualmente, diferentes materiais para realização de acabamento e polimento das restaurações em consultório foram desenvolvidos. Materiais de acabamento envolvem o uso de pontas diamantadas que possuem diferentes tamanhos de grão e discos de acabamento. O polimento pode ser realizado com diferentes tipos de borrachas abrasivas ou siliconadas, pedras de polimentos, lixas, e pastas de diamantes. Entre suas principais vantagens estão a simplicidade, rapidez e eficiência para realizar polimento adequado em tempo reduzido de trabalho (CHIORLIN,

2020). Ainda, são procedimentos que permitem a liberdade de repolimento das peças durante as consultas periódicas (GRASSI, 2016)

Os materiais utilizados para polimento tem sua eficácia diretamente relacionada com a sua composição, como tipo e a forma dos compostos abrasivos, a forma como são utilizados, ao uso ou não de refrigeração com água e a utilização de pastas diamantadas (CHIORLIN,2020).

Diferentes sistemas de acabamento e polimento intraorais estão disponíveis na Odontologia com objetivo de alcançar de lisura superficial e diminuição do acúmulo de biofilme devido a menor rugosidade superficial além da redução das fraturas nas restaurações. Assim, a relevância no processo de polimento intraoral permite a manutenção da saúde bucal do paciente e a longevidade do tratamento restaurador (GONZALEZ *et al.*, 2012; CHIORLIN, 2020).

Além disso, a literatura salienta que tanto o polimento como as condições de sinterização e o tipo de cimento escolhidos são fatores que influenciam na cor final das zircônias monolíticas (SAKER e OZCAN, 2020), podendo ser influenciada não só pelo polimento, mas também pela marca do material e sua espessura.

Estudos na literatura relataram que o polimento pode ser tão eficaz quanto glaze na redução da rugosidade da superfície da zircônia monolítica Contudo muitos estudos ainda relatam e defendem que o glaze é o melhor procedimento para obtenção de superfície polida e lisa (HAMAD *et al.*, 2019). Em consenso Vilanova em 2020, concorda que devido à dureza dos materiais de zircônia, os ajustes feitos geralmente com pontas diamantadas afetam diretamente a camada de glaze consequentemente a suavidade da superfície, tornando a mesma áspera e próspera a causar maior desgaste do dente antagonista além de favorecer

o acúmulo de placa bacteriana. Ainda, esses processos podem levar a um maior estresse na superfície cerâmica e aumentar problemas relacionados à degradação do material. Em contrapartida Preis *et. al.* (2016) ressaltam que o polimento periódico tende a diminuir a concentração de estresse e aspereza das restaurações. Mas salientam que a literatura é escassa em estudos que avaliem os efeitos do repolimento a longo prazo.

2.3.2 Glaze

O glaze é um vidro de baixa fusão que é adicionado à superfície da restauração e sofre uma queima a em temperatura específica. Pode ser aplicado de duas diferentes formas: Glaze em Spray ou pela técnica estratificada: pó+líquido. Restaurações que possuem suas superfícies glazeadas apresentam menos acúmulo de placa e uma superfície mais lisa e brilhosa, além de diminuir a exposição da restauração à cavidade oral (GUAZZATO *et al.*,2004; KUMCHAI *et al.*, 2018). No entanto, estudos na literatura mostram que o glaze não aumenta a resistência à flexão (GRIGSS *et al.*,1996; GUAZZATO *et al.*,2004; KUMCHAI *et al.*, 2018). Observa-se que o glaze seja popular para garantir uma superfície de alto brilho camadas glazeadas podem se desgastar da restauração dentro de 6 meses após a restauração (MAI *et al.*,2019).

2.3.3 Annealing

Após tratamentos de superfície iniciais (acabamento, polimento, glaze) as zircônias podem ainda receber um quarto tratamento complementar que se define como uma queima estendida (annealing do inglês-recozimento) dessas peças, onde através do aquecimento controlado propagar o relaxamento e liberação de tensões residuais desses materiais.

2.4 Resistência das Zircônias

No meio bucal, as restaurações de cerâmica estão sujeitas à diferentes desafios: cargas cíclicas, umidade, mudanças de pH e temperaturas variadas (FRAGA *et al.*, 2017). Sabe-se que a composição da zircônia influencia diretamente e fortemente suas propriedades mecânicas e ópticas. Propriedades mecânicas como alta dureza e tenacidade à fratura caracterizam positivamente Y-TZP na odontologia. Porém, seu desempenho clínico sempre foi questionado perante sua fragilidade quando comparado a coroas metalocerâmicas (CARRABA *et al.*, 2017).

Carrabba e colaboradores, em 2017, compararam três diferentes composições de zircônia policristalina tetragonal Y-TZP: Aadvá ST (ST), Aadvá EI (EI) e Aadvá NT (NT) e Dissilicato de Lítio (DL) quanto à resistência à flexão. Os resultados encontrados mostraram a resistência à flexão diminuiu na seguinte ordem: ST, EI, NT, DL mostrando que zircônias policristalinas são menos translúcidas mas possuem maior resistência à flexão que o DL. Além disso, os autores salientam que o aumento do teor de ítria possui influência nas principais propriedades mecânicas das cerâmicas Y-TZP.

Em relação aos tratamentos de superfície estudos na literatura são observados ao longo dos anos, em 2004 Guazzato e colaboradores investigaram a influência do jateamento, polimento e tratamento térmico na resistência à flexão da zircônia (Y-TPZ). Em seus resultados os autores concluíram que o polimento pode remover a camada de tensão de compressão diminuindo assim a resistência à flexão.

Dez anos seguintes Gungor e colaboradores em 2014 avaliaram o efeito de tratamentos de superfície na transformação de fase e rugosidade superficial diferentes cerâmicas (porcelana/zircônia bicamadas). Os autores concluíram que os tratamentos de superfície afetaram a transformação de fase das zircônias aumentando a fase monoclinica.

Em 2019, Hamad e colaboradores, avaliaram a rugosidade e topografia da superfície de diferentes materiais à base de zircônia (3 grupos estratificados e 2 monolíticos) e encontraram resultados interessantes: a rugosidade da superfície da zircônia monolítica e em camadas foi melhorada pelo polimento. A zircônia monolítica apresentou menor rugosidade superficial que a zircônia em camadas. Porém, o polimento com pasta de diamante sozinho não proporcionou melhora significativa na rugosidade da superfície de nenhum dos materiais.

Preis e colaboradores (2015) avaliaram especificamente kits de polimentos variados: Komet Ceramic kit (Brasseler) de 2 e 3 etapas; Optrafine (Ivoclar Vivadent); Zenostar (Wieland); CeraGlaze (NTI-Kahla); AllCeramic (Kenda); Zircovis(Kenda); CeraMaster/CeraMaster Coarse (Shofu); Diacera (EVE); Zirconia polishers 17 (Zirkonzahn); Diaceram (Diaswiss); Zirconia polishers (Meisinger); Dia Blue O-Cera (Topdent, Kentzler-Kaschner), e concluíram que a maioria dos kits disponíveis foram eficazes na redução da rugosidade superficial da

zircônia, mas que deve-se salientar que a aplicação sequencial de todos os passos de polimento precisam ser seguidos conforme orientação dos fabricantes visto que, a redução da rugosidade foi observada a partir do segundo passo de polimento.

Nos anos seguintes, Botelho *et al.*, (2018) e colaboradores investigaram o efeito de técnicas de acabamento de superfície em relação à resistência à flexão biaxial de (3Y-TZP). As amostras foram tratadas em um lado com um único ou uma combinação dos seguintes tratamentos: brocas diamantadas e/ou carboneto de tungstênio sem água, abrasão por partículas de ar, polimento de ponta de borracha em uma peça de mão contra-ângulo, ou nenhum tratamento (controle). Afirmaram ainda que brocas de carboneto de tungstênio não são recomendadas para acabamento de zircônia e salientaram que outras marcas de materiais Y-TZP também devem ser testadas para aumentar a validade externa dos resultados.

Vila-Nova e colaboradores em 2020, investigaram o efeito de diferentes acabamentos e polimento de superfície em relação à resistência à flexão, transformação de fase e topografia superficial de uma zircônia ultratranslúcida. O acabamento e o polimento influenciaram diretamente à resistência à fratura. Em relação ao polimento os grupos que apresentaram maior resistência foram os que utilizaram materiais polidores de borracha. Em contrapartida, no acabamento ao usar pontas diamantadas houve redução na resistência à flexão da zircônia. Em relação ao glaze os autores mostraram resultados onde a resistência à fratura foi significativamente menor em todos os grupos que foram submetidos ao glaze em comparação com os outros métodos e o controle. O estudo afirmou dessa forma que o polimento é essencial após os ajustes com brocas diamantadas, sendo esse o melhor protocolo.

Diferentes protocolos para acabamento e polimento de zircônia monolítica em relação à topografia de superfície, transformação de fase e adesão bacteriana foram avaliados por Mai e colaboradores em 2019, e em consenso com a literatura concluíram que a seleção aprimorada e cuidadosa do sistema de polimento é essencial para garantir ótimos resultados microestruturais e biológicos. Além disso é ressaltaram que fatores extrínsecos e intrínsecos influenciam a característica final da superfície. Nesse estudo os protocolos tratamento de superfície Os autores observaram que o acabamento com pontas diamantadas não enfraqueceu a zircônia mas deixou a superfície mais áspera, exigindo assim, polimento após o acabamento. (intervenções extrínsecas) se mostraram clinicamente indispensáveis para o sucesso das restaurações.

O impacto das estratégias de polimento nas propriedades da zircônia foram avaliados por Pfefferle e colaboradores em 2019 e esses autores observaram que o polimento melhorou as propriedades ópticas e as mecânicas de suas amostras. Observaram que a utilização de um protocolo de polimento de duas etapas foi melhor pois resultou em uma diminuição rugosidade da superfície, e salientaram que o uso de uma pasta de polimento e a aplicação de polimento em duas etapas aumentou a resistência à flexão.

Zucuni e colaboradores também em 2019, conduziram um estudo que teve como objetivo avaliar os efeitos de vários sistemas de polimento associados ou não ao acabamento com diamante na topografia, rugosidade e no comportamento à fadiga de (Y-TZP). Em relação ao acabamento os autores observaram que a ponta diamantada causou maior rugosidade superficial gerando defeitos e arranhões nas amostras. Em relação ao polimento, os procedimentos associados ou não ao acabamento reduziram

a rugosidade superficial diminuindo assim a quantidade e as marcas causadas pela broca, mas, não conseguiram a suavidade inicial das amostras sinterizadas. Em relação as mudanças de fases os autores observaram que todos os grupos tratados tiveram um aumento no conteúdo da fase monolítica em comparação com as amostras não tratadas. Uma pequena redução na fase monoclinica após procedimentos de acabamento/polimento foi observada. Em relação à fratura, nas amostras testadas a fratura começou no lado oposto da carga onde estava a maior concentração de tensão de tração (tratamento).

Ainda não há um consenso na literatura em relação a velocidade da peça de mão, qual característica abrasiva devem possuir os polidores, qual a carga de polimento e qual o tempo de aplicação devendo dessa forma seguir as recomendações do fabricante. Além disso, também não há consenso sobre qual material possui mais eficiência para polimento desses materiais, mas sabe-se que o uso da pasta polidora é vantajoso (PREIS *et al.*, 2015).

Efeitos de vários protocolos e sistemas para acabamento e polimento de zircônia monolítica em relação à topografia de superfície, transformação de fase e adesão bacteriana foram avaliados por Mai e colaboradores (2019). Os autores concluíram que as diferenças nos protocolos de tratamento de superfície e sistemas de polimento levaram a diferentes rugosidades, diferentes transformações do cristal de zircônia e características de adesão bacteriana. O protocolo de polimento em etapas, o uso de acabamento com granulação grossa e brocas de polimento de grão médio, foi a chave para alcançar uma superfície lisa satisfatória.

Relacionando os tratamentos de superfície às propriedades ópticas das zircônias, o estudo de Saker e Ozcan em 2020, onde os autores

avaliaram o impacto da espessura de zircônia monolítica sobre suas propriedades de cor após diferentes procedimentos de acabamento e polimento de superfície, e após envelhecimento em solução de café. Os autores utilizaram dois tipos diferentes de marcas monolíticas de zircônia: Prettau Anterior (PA) e DD Cubex2 (DDC) com três espessuras diferentes: 0,5, 1 e 1,5 (10 mm de diâmetro) foram testados. As propriedades de cor foram avaliadas após vários procedimentos de acabamento de superfície (glaze, ajuste com brocas + glaze, polimento, ajuste com brocas + polimento) e após 5.000 ciclos em solução de café. Os autores concluíram que: as propriedades ópticas das cerâmicas monolíticas de zircônia podem ser influenciadas principalmente pela espessura do material, pela marca mas também pela escolha de procedimento de acabamento polimento da superfície, ressaltando a importância desses procedimentos na clínica diária (SAKER & OZCAN, 2020).

3. PROPOSIÇÃO

Esse estudo tem como objetivo avaliar o efeito do acabamento de superfície na resistência à flexão biaxial de zircônias monolíticas de diferentes microestruturas: 3YTZP (ZI) e 5YPSZ (FX).

H1: os diferentes acabamentos de superfície têm influência na resistência biaxial e confiabilidade estrutural das zircônias.

H2: a zircônia 3YTZP é mais resistente e apresenta maior confiabilidade estrutural que a zircônia 5YPSZ.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os materiais utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Materiais e instrumentos utilizados na confecção dos corpos de prova e acabamentos de superfície.

Material	Fabricante	Composição (%vol)	CET ($10^{-6}/K$)
Ceramill Zolid ZI (3YTZP)	Amann Girrbach	ZrO ₂ + HfO ₂ + Y ₂ O ₃ - $\geq 99,0$; Y ₂ O ₃ - 4,5–5,6; HfO ₂ - ≤ 5 ; Al ₂ O ₃ - $\leq 0,5$; outros óxidos - ≤ 1	10,4 \pm 0,5
Ceramill Zolid FX White (5YPSZ)	Amann Girrbach	ZrO ₂ + HfO ₂ + Y ₂ O ₃ - $\geq 99,0$; Y ₂ O ₃ - 6,7 – 7,2; HfO ₂ - ≤ 5 ; Al ₂ O ₃ - $\leq 0,5$; outros óxidos - ≤ 1	10,4 \pm 0,5
Vita Akzent®	Vita Zahnfabrik	Vidro de baixa fusão – técnica pó e líquido	9,3 \pm 0,5
Ponta diamantada	KG Sorensen	Aço inoxidável e diamante (30 μ m)	-
Optrafine®	Ivoclar Vivadent	Ponta de silicone com partículas de diamante	-
Escovas de nylon Optrafine HP	Ivoclar Vivadent	Fibras sintéticas de nylon	-

4.2 Confecção dos corpos de prova

Os corpos prova foram confeccionados a partir da usinagem de blocos cerâmicos não-sinterizados (Figura 1) onde foram inicialmente cortados com disco diamantado (0,38mm de espessura) em cortadeira metalográfica (modelo Miniton Struers, Copenhagen, Denmark) a uma velocidade de 250 rpm e sob refrigeração com água.



Figura 1. Imagem da divisão inicial para corte do bloco em sua configuração comercial.

Após corte inicial, os blocos foram fixados em dispositivo metálico para usinagem em torno mecânico em formato de cilindros (Figura 2) na oficina da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo (UPF), RS - Brasil. Os cilindros foram seccionados em discos em cortadeira metalográfica a 250rpm, sob refrigeração com água (Figura 3).



Figura 2. Obtenção de cilindros de zircônia não sinterizadas para posterior corte em discos.

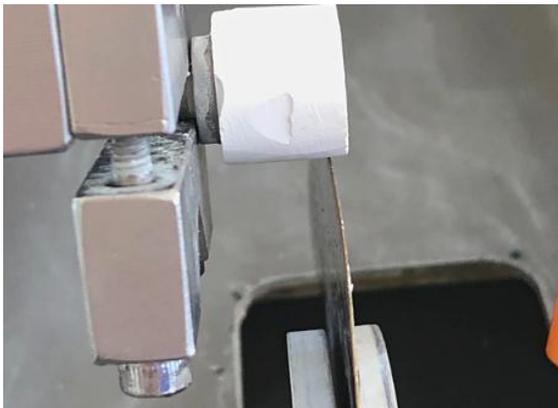


Figura 3. Corte dos cilindros de zircônia em corpos de prova não sinterizados em formato de disco.

Os discos não sinterizados receberam acabamento com lixas de granulação 800 e 1000, obtendo a seguinte dimensão final: 0.9 mm de espessura x 14.8 mm de diâmetro, considerando a contração que a zircônia sofre após a sinterização (em torno de 23%), para obtenção de dimensão final de 0.7mm x 12 mm após a sinterização (paquímetro digital, Mitutoyo Corporation, Tokyo, Japan).

A sinterização foi realizada em forno (MVR-Besser Digital) de acordo com protocolo para zircônia de recomendação do fabricante (Patamar 1: 5° por min até 900°, permanece 25 min em 900°. Patamar 2: 5° por min até 1550° com permanência de 120 min. Patamar 3: 7° por min com resfriamento à 900° permanecendo por 10 min. Patamar 4: 10° por min, resfriamento até 300°. Tempo total de queima e resfriamento: 10 horas para ambas as zircônias). Após a sinterização, as dimensões finais das amostras foram novamente conferidas com o auxílio de paquímetro digital.

Os corpos de prova de cada zircônia foram divididos aleatoriamente nos grupos experimentais, de acordo com o acabamento de superfície designado (Figura 5). O valor amostral foi definido com o auxílio de um estudo prévio, o cálculo amostral foi realizado utilizando uma calculadora disponível online: www.epibioestat.ucsf.edu/drc/.

4.3 Acabamentos de superfície

Todos os acabamentos de superfície (Tabela 2) foram realizados por um operador treinado com o objetivo de obter uma padronização da

espessura/desgaste em todas as amostras. Os tratamentos de superfície foram realizados em apenas um lado da amostra, que foi posteriormente submetido às tensões de tração no teste de resistência à flexão biaxial.

Tabela 2: Descrição dos acabamentos de superfície realizados

SIGLA	Tratamento de superfície	Descrição
S	<i>Sinterização sem acabamento de superfície</i>	Grupo controle composto por amostras apenas sinterizadas e não passaram por nenhum acabamento de superfície.
AP	<i>Acabamento Polimento</i>	Acabamento: Ponta diamantada #2135FF. Polimento: Kit de polimento OptraFine (Ivoclar).
A	<i>Acabamento, polimento + annealing</i>	Após acabamento e polimento, 20 amostras de cada cerâmica foram levadas novamente ao forno e submetidas à um ciclo de annealing.
ES	<i>Glaze estratificado (pó+líquido)</i>	Aplicação de uma fina camada de Pó + Líquido sobre 20 amostras e posterior glaze das mesmas.

4.3.1 Sinterização (S)

As amostras recém-sinterizadas conforme o protocolo descrito anteriormente e que não receberam nenhum outro acabamento de superfície consistiram no grupo-controle do estudo (S).

4.3.2 Overglaze técnica de estratificação (ES):

Overglaze é a aplicação de vidro de baixa fusão com coeficiente de expansão térmico compatível sobre a superfície das zircônias. Para a técnica de estratificação, o pó foi misturado com líquido modelador de acordo com as orientações do fabricante (1:2) até obter uma pasta homogênea e cremosa (Figura 4A). Uma fina camada foi aplicada sobre a superfície das amostras com o auxílio de um pincel (#00, Condor, São Bento do Sul, Brasil) (Figura 6B). O glaze foi sinterizado de acordo com as instruções do fabricante (temperatura inicial de 500°C, mantida por 4 min para pré-secagem a uma taxa de aquecimento de 80°C/min até uma temperatura final de 900°C e mantida por 1 min) (Pereira *et al.*,2018).

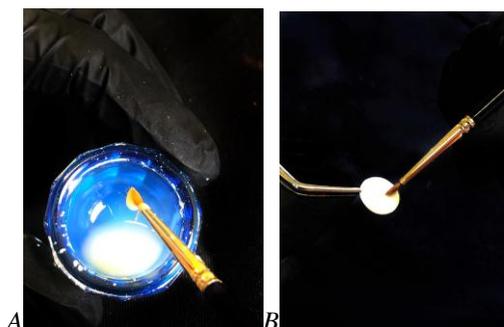


Figura 4. A- Mistura do pó e líquido modelador de glaze, B – aplicação de glaze sobre a zircônia.

4.3.3. Acabamento e polimento (AP)

Inicialmente, a superfície das amostras foi pintadas com caneta permanente para controle da área submetida aos acabamentos (Figura 5A). O acabamento foi realizado ponta diamantada #2135FF em alta-rotação e

sob refrigeração com água, até a remoção da camada mais superficial da área marcada (Figura 5B). As pontas foram trocadas por novas a cada 10 amostras.

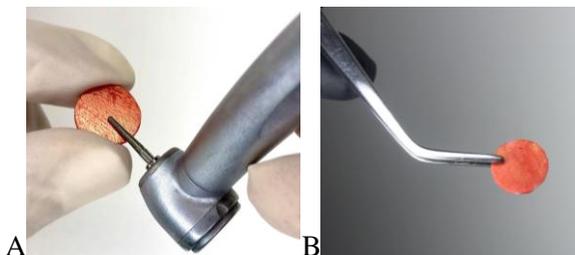


Figura 5. A. Delimitação da área a ser submetida a acabamento e polimento. B. posicionamento da ponta diamantada para realização do acabamento.

O polimento foi realizado com pontas de borracha e pasta de polimento do Kit de polimento OptraFine (Ivoclar): 1- (dark blue), 3- OptraFine HP escova de polimento (nylon) e pasta diamantada Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein até a remoção total das ranhuras observadas após acabamento com o uso de refrigeração (Figura 6).



Figura 6. Materiais e técnica utilizada no polimento das amostras de zircônia.

4.3.5 Anneling (A)

Após acabamento e polimento, as amostras designadas ao grupo (A) foram levadas novamente ao forno e submetidas à um ciclo de annealing em forno Vacumat 600MP (Vita Zahnfabrik) seguindo as orientações do fabricante (tempo de fechamento 18s, taxa de aquecimento 65°C/min, temperatura final 1050°C, manutenção de 15 min, seguido de resfriamento lento 25°C/min) (ZUCUNI *et al.*, 2017).

4.4 Teste de resistência a flexão biaxial

O teste de flexão biaxial foi realizado em uma máquina de teste universal, onde os discos de zircônia foram posicionados concêntricamente sobre três esferas em uma base metálica. A superfície tratada (acabamento, polimento, glaze, annealing) foi submetida às forças

de tração (para baixo). Os espécimes foram imersos em água a 37°. Uma força gradual (0,5 mm/min) e de compressão foi aplicada por um pistão plano de 1mm de diâmetro no centro da amostra até a fratura do disco. A força máxima de fratura foi calculada pela equação (ISO 6872.2:2008).

$$\sigma = -0.2387 P(X - Y)/b^2 \quad (1)$$

Onde σ representa a resistência à flexão, P é a carga de fratura (em Newtons) e x e y são dados pelas seguintes equações:

$$X = (1 + \nu) \ln (r_2/r_3)^2 + [(1 - \nu)/2] (r_2/r_3)^2 \quad (2)$$

$$Y = (1 + \nu)[1 + \ln (r_1/r_3)^2] + (1 - \nu) (r_1/r_3)^2 \quad (3)$$

Onde: ν representa o coeficiente de Poisson (0,30) , r_1 é o raio do círculo de suporte em mm, r_2 é o raio da área sujeita a forças durante o teste em mm, r_3 é o raio da amostra em mm e b é a espessura do disco na região da fratura em mm.

4.2.1 Análise estatística

Os dados foram analisados por ANOVA de dois fatores (zircônia e tratamento de superfície) e ANOVA de um fator e Tukey ($\alpha=0,05$). A confiabilidade estrutural dos materiais foi avaliada por análise de Weibull (módulo de Weibull e resistência característica).

5. RESULTADOS

A média e o desvio padrão para os valores de resistência à flexão biaxial estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de resistência à flexão biaxial dos diferentes grupos

Grupo	Média (MPa)	Desvio padrão
ZI_AP	1036,4 A	241,3
ZI_APA	814,4 AB	185,7
ZI_ESTR	535,6 C	108,7
ZI_S	659,0 BC	188,0
FX_AP	348,6 c	109,1
FX_APA	472,2 ab	127,5
FX_ESTR	517,2 a	135,3
FX_S	392,3 bc	109,8

*Letras iguais na mesma coluna indicam semelhança estatística para cada uma das zircônias.

A partir da análise dos dados obtidos o estudo mostrou que o tipo de zircônia teve influência no resultado de resistência à flexão biaxial ($p < 0.001$): ZI é mais resistente que FX (Tabela 3). Os grupos ZI_ESTR e FX_EXTR mostraram semelhança estatística.

Os diferentes acabamentos de superfície também influenciaram na resistência desses materiais, porém os resultados desses tratamentos variaram conforme a cerâmica. Para ZI, os tratamentos AP e APA apresentaram resistência superior à aplicação de glaze ES e que as amostras apenas sinterizadas (S) ($p < 0.001$). O glaze e a sinterização

mostraram valores semelhantes entre si e mais baixos do que os demais tratamentos de superfície.

No grupo FX, o AP resultou em menor resistência do que os demais grupos. A aplicação de glaze (ES) e annealing após o acabamento e o polimento (APA) o aumentaram a resistência desta cerâmica.

Não houve diferença estatisticamente significativa de módulo de Weibull, que expressa confiabilidade, entre os grupos experimentais (Figura 7).

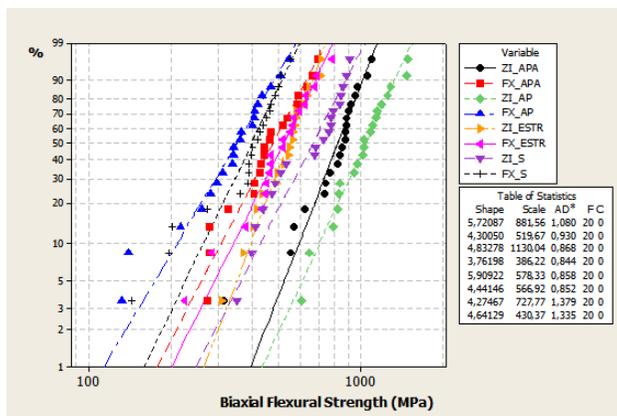


Figura 7. Distribuição de Weibull para os grupos experimentais. Os valores de módulo de Weibull (Shape) e de resistência característica (Scale) são apresentados no quadro à direita.

6. DISCUSSÃO

As zircônias são materiais que se destacam dentro das cerâmicas por apresentarem características exclusivas como suas excelentes propriedades mecânicas e a possibilidade de propriedades estéticas melhoradas ao longo dos anos. São materiais usados rotineiramente na clínica odontológica que possibilitam diferentes restaurações e reabilitações orais por terem características ópticas semelhantes ao esmalte dental (ZHANG e KELLY, 2017; FRAGA *et al.*,2017; CARRABA *et al.*,2017; ZUCUNI *et al.*,2019).

São produzidas através dos sistema CAD-CAM e possuem seu detalhamento realizado em laboratório, passando assim, por diferentes procedimentos até sua entrega final. Ainda, ao chegar ao consultório, muitas restaurações precisam de ajustes oclusais para que se adaptem à oclusão do paciente, sendo realizados acabamentos e polimentos variados a fim de obter excelência, longevidade e sucesso nessas restaurações

Os diferentes processos que esse material passa até chegar em sua função final (estética e mastigatória) podem gerar estímulos bons ou ruins, visto que são materiais inteligentes que sofrem transformação de fase quando submetidos a diferentes forças extrínsecas alterando suas características originais. Esses estímulos são conhecidos como tensões residuais. As tensões residuais podem ser benéficas ou deletérias aos materiais (LU, 1996). Descrevem-se tensões de tração e compressão. A primeira prejudica a superfície do material reduzindo a resistência mecânica à tração; tensão de compressão reforçam o material, aumentando a resistência mecânica à tração (MEIRELLES, 2019; BENETTI *et al.*, 2013).

Diante disso, esse estudo e seu objetivo buscou descrever detalhadamente quais tratamentos de superfície são realmente prejudiciais

e quais são benéficos para diferentes zircônias utilizadas hoje na Odontologia.

Os resultados encontrados compilam com a literatura (MEIRELLES, 2019), onde já é consagrada maiores valores de resistência das zircônias de primeira geração (3Y-TZP), que explica-se pelo alto teor cristalino e altos valores de resistência e de tenacidade à fratura (NAKAMURA *et al.*, 2016; CHURCH *et al.*, 2017; ZHANG e KELLY, 2017; FRAGA *et al.*, 2017; CARRABA *et al.*, 2017; KWON *et al.*, 2018; WEIGL *et al.*, 2018; ZUCUNI *et al.*, 2019).

Através dos dados obtidos nesse estudo a segunda hipótese foi aceita onde a zircônia 3YTZP é mais resistente e apresenta maior confiabilidade estrutural que a zircônia 5YPSZ. A 3Y-TZP apresentou maior resistência a flexão biaxial que a cerâmica de terceira geração ultratranslúcida (5Y-PSZ). Apesar da melhora em relação às propriedades ópticas com aumento da quantidade do óxido de ítrio (>3 mol% Y-TZP) valores menores em resistência para esse material como já descrito na literatura foram também encontrados nesse estudo onde essa zircônia apresentou menor resistência à flexão biaxial que a (3Y-TZP) (ZHANG *et al.*, 2013; STARWARCZYK *et al.*, 2017; ZHANG e KELLY, 2017; CARRABA *et al.*, 2017; KWON *et al.*, 2018; ZUCUNI *et al.*, 2019; DOS SANTOS *et al.*, 2019, PEREIRA *et al.*, 2018).

Ambas as zircônias foram submetidas a diferentes tratamentos de superfície preconizados por diversos estudos na literatura (ZUCUNI *et al.*, 2019; PFEFFERLE *et al.*, 2019; PREIS *et al.*, 2015; MAI *et al.*, 2019; SAKER e OZCAN, 2020; VILA-NOVA *et al.*, 2020) e os resultados obtidos no estudo aceitam parcialmente a primeira hipótese do estudo, pois os diferentes acabamentos de superfície têm influência na resistência

biaxial, contudo não alteram a confiabilidade estrutural das zircônias. Observa-se que, além de influenciar na resistência desses materiais, ambas as zircônias se comportam de forma diferente quando expostas aos acabamentos de superfície, salientando que ambas possuem características individuais de resistência para cada tratamento realizado evidenciando a importância da individualização dos protocolos de acabamento de superfície. O estudo de Gungor e colaboradores em 2014, comparou duas cerâmicas (Kavo e Noritake) e observaram que os tratamentos de superfície afetaram: transformação de fase, rugosidade da superfície e resistência à flexão biaxial de forma diferente conforme a composição e microestrutura da cerâmica.

Descrevendo suas características individuais podemos citar que o acabamento e polimento tiveram resultados superiores para (3Y-TZP) demonstrando que esses tratamentos geraram tensões de compressão na superfície desse material, aumentando assim sua resistência em consenso com estudos na literatura (PREIS *et al.*, 2015, ZUCUNI *et al.*, 2018). Esse aumento pode ter sido por alteração de fase (tetragonal para monoclínica) ou pela própria ação dos polidores. Nessa cerâmica, o annealing se mostrou semelhante ao resultado obtido com as amostras controle (S), demonstrando que o annealing nessa zircônia gerou relaxamento das tensões compressivas modificando a resistência pré-alcançada com o acabamento e o polimento inicialmente realizados. O glaze mostrou dados semelhantes ao grupo-controle (S) não resultando em benefício adicional em resistência para ZI. Os resultados do presente estudo confirmam os achados de Zucuni em 2018, que mostra que o tratamento térmico realizado e o glaze após desgaste (acabamento) levaram a uma redução da resistência, enquanto que o grupo onde realizou-se o polimento apresentou

o mais alto valor de resistência. Em contrapartida, Guazzato e colaboradores em 2004, encontraram resultados opostos ao estudo, onde descreveram que o polimento fino pode remover a camada de tensão compressiva diminuindo a resistência média à flexão onde em seus resultados a melhor resistência à flexão foi relacionada com o jateamento. Ao avaliarem especificamente polimento, Zucuni e colaboradores em 2018, evidenciaram que após o acabamento é obrigatória a realização do polimento em cerâmica Y-TZP. Ao avaliar especificamente o acabamento Botelho e colaboradores em 2018 ressaltaram que o acabamento com broca diamantada não enfraqueceu suas amostras de zircônia, mas que as amostras submetidas ao acabamento requerem obrigatoriamente mais polimento. Em complemento a aplicação de polimento em duas etapas parece ser um protocolo positivo pois aumentou a resistência à flexão biaxial (PFEFFERLE *et al.*, 2019).

Ao contrário, para FX (5Y-PSZ), o glaze estratificado mostrou-se o acabamento mais efetivo e seguro para aumentar a resistência à flexão biaxial em relação ao grupo-controle (S). O acabamento e polimento foram deletérios para a resistência dessa cerâmica. A ação da ponta diamantada e dos discos de polimento podem ter gerado defeitos superficiais ou mesmo ter resultado em tensões de tração na superfície, enfraquecendo o material que possui menor tenacidade do que a ZI. Isso pode ser clinicamente preocupante, pois invariavelmente as restaurações cerâmicas precisam de ajuste de contorno ou oclusal, que é realizado com pontas diamantadas ultra-finas sob refrigeração e polimento. Por isso, o ciclo de queima adicional (annealing) mostrou-se o acabamento de superfície com papel relevante após acabamento e polimento desta zircônia, pois foi capaz de recuperar significativamente a resistência à

flexão biaxial, de forma semelhante ao grupo-controle e ao que recebeu aplicação de glaze. Esse resultado possibilita uma nova opção quando o acabamento e polimento são utilizados nessa cerâmica: para FX, após acabamento e polimento o annealing deve ser realizado.

Ou seja, pode-se afirmar que a eleição dos acabamentos de superfície depende de qual cerâmica o profissional irá escolher. Para zircônia (3Y-TZP) o acabamento e polimento parece ser a escolha padrão ouro para obtenção de maior resistência do material. O annealing nessa cerâmica parece não ser necessário, visto que, não demonstrou resistência estatisticamente significativa. Já para Fx (5Y-PSZ) o glaze estratificado se mostrou mais efetivo na manutenção da resistência desse material e o acabamento e polimento quando realizados sozinhos devem ser evitados, pois, nesse estudo enfraqueceram a cerâmica. Nessa cerâmica sugere-se que se necessário realizar o acabamento e polimento que após seja dessa forma realizada a etapa de annealing para reestabelecer a resistência.

O acabamento e polimento devem ser realizados ambos com refrigeração e com brocas diamantadas de baixa granulação (FF) visto que as ranhuras causadas nas cerâmicas podem ser um fator prejudicial ao realizar esses procedimentos esse fator foi também observado por Zucuni e colaboradores em 2019. Além disso, os resultados do presente estudo também compilam com resultados obtidos por Botelho e colaboradores em 2018 onde as pontas diamantadas não enfraqueceram a zircônia mas que a superfície se tornou áspera, exigindo assim, polimento após o acabamento. O glaze é um dos procedimentos que foi efetivo para FX, mas tem sua limitação de ser confeccionado apenas em laboratório e por isso demandar maior tempo clínico. O annealing apesar de não ter sido

efetivo para Zi é um tratamento extremamente importante para Fx quando essa cerâmica é submetida à acabamento e polimento.

Esse estudo ainda, salienta a importância da sequência de protocolo de acabamento e polimento em fases mostrando que o mesmo foi efetivo e realizado de acordo com as recomendações do fabricante e com o uso de pasta diamantada. E em consenso com a literatura (MAI *et al.*, 2018), este estudo prioriza a seleção aprimorada e cuidadosa do sistema de acabamento de superfície para garantir além de ótimos resultados microestruturais e biológicos uma seleção mais específica visto resultados específicos de resistência à flexão biaxial para cada zircônia foram encontrados, selecionando assim os melhores acabamentos de superfície específicos para cada uma.

7. CONCLUSÕES

O comportamento em relação à resistência biaxial de Zi (3Y-TZP) e Fx (5Y-PSZ) são diferentes entre si e variam de acordo com o acabamento de superfície realizado. A cerâmica Zi (3Y-TZP) é mais resistente à flexão biaxial que Fx (5Y-PSZ) em todos os acabamentos de superfície realizados. Acabamento, polimento são os acabamentos de superfície recomendados para Zi (3Y-TZP), pois aumentam significativamente a resistência desse material. A exposição ao annealing ou aplicação de glaze não se faz necessário do ponto de vista mecânico para esta cerâmica. O glaze estratificado mostrou-se a melhor escolha para acabamento de superfície de Fx (5Y-PSZ) pois apresentou valores elevados de resistência biaxial em comparação aos outros tratamentos

realizados. Fx demonstrou-se uma cerâmica sensível às tensões geradas pelo acabamento e polimento, por isso, quando necessário realizar acabamento e polimento em consultório dessa cerâmica, recomenda-se um ciclo estendido de annealing pois essa etapa foi essencial para recuperar a resistência que é perdida pelo acabamento e polimento.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há conflito de interesse na realização desta pesquisa.

Sugere-se que mais estudos sejam realizados para definir outros fatores importantes relacionados aos acabamentos de superfície (rugosidade superficial, resistência à fratura, avaliação de translucidez) de forma mais específica como foi realizado nesse estudo para resistência.

9. REFERÊNCIAS

AHMED, M.K; RAMADAN, R; EL-DEK, S.I; USKOKOVIC,V. Complex relationship between alumina and selenium-doped carbonated hydroxyapatite as the ceramic additives to electrospun polycaprolactone scaffolds for tissue engineering applications. Journal of Alloys and Compounds, v.801, n.7 p.70-8, 2019.

AL-HAMAD. A.Q.K; AL-RASHDAN, A.B; AL-OMARI, M.W; BABA, Z.N. Comparison of the Fit of Lithium Disilicate Crowns made from Conventional, Digital, or Conventional/Digital Techniques. *Journal of Prosthodontics*, p.1-7, 2018.

AL-THAGAFI, R.; AL-ZORDKB, W.; SAKE, S. Influence of Surface Conditioning Protocols on Reparability of CAD/CAM zirconia reinforced lithium silicate ceramic. *J Adhes Dent*, v.18, n.2, p. 135-141, 2016.

AMARAL, M. BELLI,R; CESAR,F.P; VALANDRO,F; PETSCHILT,A; LOHBAUER,U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent*, v. 42, n.1, p. 90-98, 2014.

AMOROSO, A. P. FERREIRA,M.B; TORCATO, L.B; PELLIZZER,E.P; MAZARO,J.V.Q; GENNARI,H.F. Cerâmicas Odontológicas: Propriedades, Indicações E Considerações Clínicas. *Rev Odontol Araç*, v. 33, n. 2, p. 19–25, 2012.

ANDRADE, A. SILVA, I.V.S; VASCONCELOS, M.G; VASCONCELOS, R.G. Cerâmicas odontológicas: Classificação, Propriedades e Considerações Clínicas. *Rev. Salusvita (Online)*, v.36, n.4, p.1129-1152, 2017.

ATTIA, A.; LEHMANN, F.; KERN, M. Influence of surface conditioning and cleaning methods on resin bonding to zirconia ceramic. *Dental Materials*, v.23, n.3, p.207-213, 2011.

BAJRAKTAROVA-VALJAKOVA, E. KORUNOSKA-STEVKOVSKA, V; KAPUSEVSKA, B; GIGOVSKI, N; BAJRAKTAROVA-MISEVSKA, C; GROZDANOV, A. Contemporary dental ceramic materials, a review: Chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open Access Maced J Med Sci*, v. 6, n. 9, p. 1742–1755, 2018.

BELLI, R. GEINZER, E; MUSCHWECK, A; PETSCHULT, U. Mechanical fatigue degradation of ceramics versus resin composites for dental restorations. *Dental Materials*, v.30, n.4, p. 424-432, 2014.

BENETTI, P.; KELLY, J.R.; DELLA BONA, A. Analysis of thermal distributions in veneered zirconia and metal restorations during firing. *Dental Materials*, v.29, n.11, p.1166-1172, 2010.

BONA, A. DELLA; KELLY, J. R. The clinical success of all-ceramic restorations. *JADA*, v. 139, p. 8–13, 2008.

BONA, A. D; BORBA, M; BENETTI, P; YUANYUAN, D; GRIGGS, J.A. Three-dimensional finite element modelling of all-ceramic restorations based on micro-CT. *Journal dentistry*, v.41, n.5, p. 412-419, 2013.

BOTELHO, G.M; DANGAY, S; SHIH, K; LAM, H.Y.W. The effect of surface treatments on dental zirconia: An analysis of biaxial flexural strength, surface roughness and phase transformation. *Journal of Dentistry*, 2018.

BURKE, T; FLEMING, G; NATHANSON, D; MARQUIS, P. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. *J Adhes Dent*, v. 4, n. 1, p. 7–22, 2002.

CARRABBA, M. KEELING, J.A; AZIZ, A; VICHI, A; FONZAR, R.F; WOOD, D; FERRARI, M. Translucent zirconia in the ceramic scenario for monolithic restorations: A flexural strength and translucency comparison test. *J Dent*, v. 60, n. 2017, p. 70–76, 2017.

CHARISIS, D; KOUTAYAS, S.O; KAMPOSIORA, P; DOUKOUDAKIS, A. Spectrophotometric Evaluation of the Influence of Different Backgrounds on the Color of Glass-Infiltrated Ceramic Veneers. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, v.1, n.2, 2006.

CHIORLIN, A.B. Efeito do polimento de consultório (chairside polishing) em cerâmica monolíticas para sistema CAD/CAM após imersão em soluções ácidas/corantes: caracterização da superfície e características ópticas. (Trabalho de conclusão de curso) - Faculdade de Odontologia UNESP São Paulo, 2020.

CHURCH, T. D. JESSUP, J; GUILLORY, V; VANDEWALLE, K. Zirconium Oxide Materials. *Gen Dent*, v. 53, n. 398, p. 48–52, 2017.

CONRAD, H. J.; SEONG, W. J.; PESUN, I. J. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J Prosthet Dent*, v. 98, n. 5, p. 389–404, 2007.

CORREIA, A. R. M. FERNANDES, J.C.A; CARDOSO, J.A.P; SILVA, C.F.C. CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa. *Rev Odontol UNESP*, v. 35, n. 2, p. 183–189, 2006.

DOS SANTOS, C; ROSA, A.G; QUINTINO, N.M. et al. Effect of surface finishing and thickness on the translucency of zirconia dental ceramics. *Ceramics International*. 2019.

ELSAKA, S. E. Optical and Mechanical Properties of Newly Developed Monolithic Multilayer Zirconia. *J Prosthodont*, v. 28, n. 1, p. 279–284, 2019.

FRAGA, S. AMARAL, M; BOTTINO, M.A; VALANDRO, L.F; KLEVERLAAN, J.C; GRESSLERMAY, L. Impact of machining on the

flexural fatigue strength of glass and polycrystalline CAD/CAM ceramics. *Dent Mater*, v. 33, n. 11, p. 1286–1297, 2017.

GUAZZATO, M. ALBAKRY, S.P. RINGER, M.V. Swain, Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics, *Dent. Mater*, v.20, n.5, p. 449–456, 2004.

GHERLONE, E; MANDELLI, F; CAPPARÊ, P; PANTALEO, G; TRAINI, T; FERRINI, F. 3 years retrospective study of survival for zirconia-based single crowns fabricated from intraoral digital impressions. *Journal dentistry*, v.42, n.9, p.1151-1155, 2014.

GRESNIGT, M.; OZCAN, M.; KALK,W. Esthetic rehabilitation of anterior teeth with porcelain laminates and sectional veneers. *The European journal of esthetic dentistry : official journal of the European Academy of Esthetic Dentistry*, v.77, p-1-8, 2011.

GUESS, P.C. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent. Clin.* v.55, n 2, p.333-352, 2011.

GRASSI, P. D. A importância dos princípios da oclusão na prática odontológica. Trabalho de Conclusão de Curso. *Universidade Estadual de Londrina*, 2016.

GRIGSS, J.A; THOMPSON, J.Y; ANUSAVICE, K.J. Effects of flow size and auto-glazed treatment on porcelain strength. *J Dent Res*, Chicago, v.75, n.6, p. 1414-1417, 1996.

GOMES, E. A. ASSUNÇÃO, G.W; ROCHA, P.E; SANTOS, H.P. Cerâmicas odontológicas: o estado atual. *Cerâmica*, v. 54, n. 331, p. 319–325, 2008.

GÜNGÖR, B.M; YILMAZ, H; DDS, NEMLI, K.S; BAL, T.B; AYDIN, C. Effect of surface treatments on the biaxial flexural strength, phase transformation, and surface roughness of bilayered porcelain/zirconia dental ceramics. *The journal of prosthetic dentistry*. v.103, n.6, p.585-594.

GRESNIGT, M.; ÖZCAN, M. Esthetic rehabilitation of anterior teeth with porcelain laminates and sectional veneers. *J Can Dent Assoc*, v. 77, p. 1–8, 2011.

HARDER, S.WOLFART, S; ESCHBACH, S; KERN, M. Eight-year outcome of posterior inlay-retained all-ceramic fixed dental prostheses. *J Dent*, v. 38, n. 11, p. 875–881, 2010.

JOHNSTON, W.M. Review of Translucency Determinations and Applications to Dental Materials. *Jounal of Esthetic Restorative Destistry*, v.26, n4, 2014.

KAIZER, M. R. MORAES, R.R; CAVA, S.S; ZHANG, Y. The progressive wear and abrasiveness of novel graded glass/zirconia

materials relative to their dental ceramic counterparts. *Dent Mater*, v. 35, n. 5, p. 763–771, 2019.

KRISHNA, J. V.; KUMAR, V. S.; SAVADI, R. C. Evolution of metal-free ceramics. *J Indian Prosthodont Soc*, v. 9, n. 2, p. 70–75, 2009.

KINA S. Cerâmicas Dentárias. *Rev. dental press estét*, v.2, n.2, p.111-128, 2005.

KWON, S. J. LAWSON, C.N; MCLAREN, E.E; NEJAT, H.A; BURGESS, J.O. Comparison of the mechanical properties of translucent zirconia and lithium disilicate. *JPD*, v. 120, n. 1, p. 132–137, 2018.

LAMEIRA, D.P; SILVA, B.A.W; SILVA, F.A. Fracture Strength of Aged Monolithic and Bilayer Zirconia-Based Crowns. *Biomed Research International*, v.2015, p. 1-7.

LEE, Y.-K. Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *J. Biomed. Opt*, v. 20, n. 4, p. 1–9, 2015.

LU, J. “Handbook of Measurement of Residual Stresses”, Fairmont Press, Lilburn, 1996. USA, p.238.

MAI, H. N. HONG, H.S; KIM, H.S; LEE, H.D. Effects of different finishing/polishing protocols and systems for monolithic zirconia on surface topography, phase transformation, and biofilm formation. *J Adv Prosthodont*, v. 11, n. 2, p. 81–87, 2019.

MALHEIROS, A. S.; FIALHO, F. P.; TAVAREZ, R. R. J. Cerâmicas ácido resistentes: a busca por cimentação resinosa adesiva. *Cerâmica*, v. 59, n. 349, p. 124–128, 2013.

MAI, N.H; HONG, H.S; KIM, H.S; LEE, H.D. Effects of different finishing/polishing protocols and systems for monolithic zirconia on surface topography, phase transformation, and biofilm formation. *J Adv Prosthodont*, 2019.

MAO, L. KAIZER, M.R; ZHAO, M; GUO, B; SONG, Y.F; ZHANG, Y. Graded Ultra-Translucent Zirconia (5Y-PSZ) for Strength and Functionalities. *J Dent Res*, v. 97, n. 11, p. 1222–1228, 2018.

MAZARO, J. V. Q. ZAVANELLI, C.A; SVERSUT, R; MENDES, J.O; ANTENUCCI, F.M.R; ZAVANELLI, A.R. Cerâmicas Monolíticas : Apenas Mais Uma Opção Clínica ? v. 4, n. 7, 2016.

MCLEAN, J. W. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent*, v. 85, n. 1, p. 61–66, 2001.

MEIRELLES, P. D. *Análise De Tensões Residuais Em Sistemas Cerâmicos*. 2019. Tese (Doutorado em Odontologia/Clínica Odontológica) - Faculdade de Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

MUNDHE, K; JAIN, V; PRUTHI, G; SHAH, N. Clinical study to evaluate the wear of natural enamel antagonist to zirconia and metal ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v.114, n.3, p. 358-36, 2015.

NAKAMURA, K. MOUHAT, M; NERGARD, M.J; LÆGREID, J.S; KANNO, T; MILLEDING, P; ÖRTENGREN, U. Effect of cements on fracture resistance of monolithic zirconia crowns. *Acta Odontol. Scand.*, v. 2, n. 1, p. 12–19, 2016.

NEIS, C. A. ALBUQUERQUE, G.L.N; ALBUQUERQUE, S.I; GOMES, A.E; FILHO, S.B.C; FEITOSA, P.V; SPAZZIN, A.O; BACCHI, A. Surface treatments for repair of feldspathic, leucite- and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. *Braz Dent J*, v. 26, n. 2, p. 152–155, 2015.

ORTIZ, A.L; RODRIGUES, C.S; GUIBERTEAU, F; ZHANG, Y. An in situ and ex situ study of the microstructural evolution of a novel lithium silicate glass-ceramic during crystallization firing. *Dental Materials*, v.36, n.5, 2020.

OSORIO, E; TOLEDANO, M; SILVEIRA, B.L; OSÓRIO, R. Effect of different surface treatments on In-Ceram Alumina roughness. An AFM study. *J Dent*, v. 38, n. 2, p. 118–122, 2010.

OZER, F; NADEN, A; TURP, V; MANTE, F; SEN, D; BLATZ, M. Effect of thickness and surface modifications on flexural strength of monolithic zirconia. *JPD*, v. 119, n. 6, p. 987–993, 2018.

PENG, Z; RAHMAN, A.I.M; ZHANG, Y; YIN, L. Wear behavior of pressable lithium disilicate glass ceramic. *J. Biomed. Mater. Res.*, v. 104, n. 5, p. 968–978, 2016.

PEREIRA, G. K. R; GUILARDI, L.L; CORNELIS, D.S.K; KLEVERLAAN, J; RIPPE, P.M; VALANDRO, F. Mechanical reliability, fatigue strength and survival analysis of new polycrystalline translucent zirconia ceramics for monolithic restorations. *J Mech Behav Biomed Mater*, v. 85, p. 57–65, 2018.

PJETURSSON, B.E; SAILER, I; ALEXANDROVICH, N; MARCELZWAHLEN, M; STEFANTHOMA, D. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dental Materials*, v. 31, n. 6, p. 624-639, 2015.

PRADO, M. *et al.* Ceramic surface treatment with a single-component primer: Resin adhesion to glass ceramics. *J Adhes Dent*, v. 20, n. 2, p. 99–105, 2018.

PEREIRA, K.R.G; GUILARDI, F.L; DAPIEVE, S.K; KLEVERLAAN, J.C; RIPPE, P.M; VALANDRO, F.L. Mechanical reliability, fatigue strength and survival analysis of new polycrystalline translucent zirconia ceramics for monolithic restorations. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2018.

PREIS, V The effectiveness of polishing kits: influence on surface roughness of zirconia. *International Journal of Prosthodontics*, v. 28, n. 2, 2015.

PFEFFERLE, R; LÜMKEMANN, N; WIEDENMANN, F; STAWARCZYK, B. Different polishing methods for zirconia: impact on surface, optical, and mechanical properties. *Clinical Oral Investigations*, 2019.

PROCHNOW, C; MARCHIONATTI, E.M.A; BALDISSARA, P; VALANDRO, L.F; WANDSHER, F.V. Effect of etching with distinct hydrofluoric acid concentrations on the flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *J. Biomed. Mater. Res.*, v. 105, n. 4, p. 885–891, 2017.

ROCHA, L.S. et al. Efeito de diferentes tempos de condicionamento ácido na carga de fratura de vitrocerâmicas. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

ROEHLING, S; ASTASOV- FRAUENHOFFER, M; HAUSER- GERSPACH, I; BRAISSANT, O; WOELFLER, H; WALTIMO, T; KNIHA, H; GAHLERT, M. In Vitro Biofilm Formation on Titanium and Zirconia Implant Surfaces. *J Periodontol*, v. 88, n. 3, p. 298–307, 2017.

ROEHLING, S.; SCHLEGEL, K.A.; WOELFLER, H.; GAHLERT, M. Performance and outcome of zirconia dental implants in clinical studies: A meta-analysis. *Clin Oral Impl Res*, v. 29, n. 16, p. 135–153, 2018.

SAILER, I; GROHMANN, P; BINDL, A; HÄMMERLE, C; MEHL, A. Three-unit posterior zirconia-ceramic fixed dental prostheses (FDPs)

veneered with layered and milled (CAD-on) veneering ceramics: 1-year follow-up of a randomized controlled clinical trial. Quintessence International, v.46, n.10, p. 871-880, 2015.

SAKER, S.; ÖZCAN, M. Effect of surface finishing and polishing procedures on color properties and translucency of monolithic zirconia restorations at varying thickness. *J Esthet Restor Dent*, v. 2020

SMITH, R. L; VILLANUEVA, C; ROTHROCK, K.J; GARCIA-GODOI, E.C; STONER, R.B; PIASCIK, R.J; THOMPSON, Y.J. Long-term microtensile bond strength of surface modified zirconia. *Dent Mater*, v. 27, n. 8, p. 779–785, 2011.

STAWARCZYK, B; FREVER, K; ENDER, A; ROOS, M; SENER, B; WIMMER, T. Comparison of four monolithic zirconia materials with conventional ones: Contrast ratio, grain size, four-point flexural strength and two-body wear. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, v.59, p. 128-138.

TANAKA, R. FUJISHIMA, A; SHIBATA, Y; MANABE, A; MIYAZAKI, T. Cooperation of Phosphate Monomer and Silica Modification on Zirconia. *J Dent Res*, v. 87, n. 7, p. 666–670, 2014.

WEIGL, P; SANDER, A; YANYUN, W; FELBER, R; LAUER, C.H; ROSENTRITT, M. In-vitro performance and fracture strength of thin monolithic zirconia crowns. *J Adv Prosthodont*, v. 10, n. 2, p. 79–84, 2018.

ZHANG, Y; KIM, W.J; BHOWMICK, S; THOMPSON, V.P; REKOW, E.D. Competition of fracture mechanisms in monolithic dental ceramics: Flat model systems. *Journal of Biomedical Materials Research*, v.88, n.2, p.402-411, 2009.

ZHANG, Y; CHAI, H; LEE W. J; LAWN, B.R. Chipping Resistance of Graded Zirconia Ceramics for Dental Crowns. *J Dent Res*, v.3, n.93, p.311-315, 2012.

ZHANG, Y; LEE, W. J; SRIKANTH, R; LAWN, B.R. Edge chipping and flexural resistance of monolithic ceramics. *Dent Mater*, v.29, n.12, p.1201–1208, 2013.

ZHANG, Y; KELLY, J.R. Dental Ceramics for Restoration and Metal Veneering. *Dental Clinics*, v.61, n.4, p.797-819, 2017.

ZHANG, Y.; LAWN, B. R. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent 77Res*, v.97, n.2, p.140–147, 2017.

ZUCUNI, C. P; GUILARDI, L.F; RIPPE, M.P; PEREIRA, G.K.P; VALANDRO, F.

Fatigue strength of yttria-stabilized zirconia polycrystals: Effects of grinding, polishing, glazing, and heat treatment. *J Mech Behav Biomed Mater*, v. 75, p. 512–520, 2017.

ZUCUNI, C.P; DAPIEVE, K.S; RIPPE, M.P; PEREIRA, G.K.R; BOTTINO, M.C; VALANDRO, L.F. Influence of finishing/polishing on

the fatigue strength, surface topography, and roughness of an yttrium-stabilized tetragonal zirconia polycrystals subjected to grinding. *J Mech Behav Biomed Mater*, v. 93, n. 2019, p. 222–229, 2019.

WENDLER, M; BELLI, R; PETSCHLT, A; LOHBAUER, U. Characterization of residual stresses in zirconia veneered bilayers assessed via sharp and blunt indentation. *Dental Materials*, v.31, n.8, p.948-957, 2015.

.

.

.