

FLÁVIA AMATA MUDADO

**CIMENTAÇÃO ADESIVA DE CERÂMICAS À BASE DE
ZIRCÔNIA**

BELO HORIZONTE

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

2012

FLÁVIA AMATA MUDADO

CIMENTAÇÃO ADESIVA DE CERÂMICAS À BASE DE ZIRCÔNIA

Monografia apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da UFMG como parte do requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Dentística

Orientador: Prof. Dr. Hugo Henriques Alvim

Belo Horizonte

2012

DEDICATÓRIA

Aos **Meus Pais**, que têm vibrado pelas mais simples vitórias da minha vida. Por apoiarem e incentivarem todos os meus sonhos.

Ao **Rodrigo** por estar ao meu lado sempre, sem medir esforços, me enchendo de amor e carinho. Por todos os momentos de aprendizado, incentivo e motivação. Fonte de inspiração e um dos maiores motivos por eu estar aqui hoje.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À **Deus**, porque sempre me rege, me guia e me guarda. Por abençoar todos os caminhos por mim trilhados, e por sempre colocar pessoas queridas na minha vida.

Aos meus queridos **Nando e Mari**, por existirem na minha vida e estarem presentes sempre, dividindo comigo todos os momentos.

Ao meu Orientador, **Prof. Dr. Hugo Henriques Alvim**, por toda atenção, dedicação e confiança depositadas em mim. Não tenho como agradecer a oportunidade de ter sido orientada por você. Sempre compreensivo, amigo, disposto a ajudar, orientando com paciência e sabedoria.

Ao **Prof.Dr. Lincoln Dias Lanza**, pelos ensinamentos e oportunidades oferecidas. Parte do meu despertar para a Dentística devo a você, a quem sempre admirei desde a graduação.

Ao **Prof. Dr. Luiz Thadeu de Abreu Poletto**, por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus queridos **amigos e colegas de especialização**, por poder contar com vocês em todos os momentos. Em especial às minhas queridas **Nina e Débora**: a presença de vocês tornou tudo mais divertido e tranquilo. Obrigada por todos os momentos!

Aos **Professores** que fizeram parte deste curso, por participarem da minha formação doando conhecimento e experiência.

Aos Funcionários **Margarida, Cristina e Joaquim**, pela convivência e carinho com que sempre me trataram.

Aos meus **Pacientes**, pela colaboração e paciência, sendo incansáveis durante os atendimentos.

À **Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais**.

Tenho orgulho em ter me formado nessa faculdade, que além do poderoso instrumento de trabalho, proporcionou a convivência com pessoas tão queridas a mim. Com respeito, admiração e gratidão, exaltarei sempre o nome desta instituição.

Ao Laboratório **CORTEC**, em especial ao **Telmo e Séfora**, por contribuírem de maneira significativa com este trabalho.

À **3M ESPE**, por todo material gentilmente cedido para este estudo.

Aos funcionários do **Departamento de Dentística**, por sempre estarem solícitos em ajudar.

RESUMO

As cerâmicas de alto conteúdo cristalino, como a zircônia, apresentam ótimas propriedades mecânicas quando comparadas às cerâmicas convencionais, sendo cada vez mais empregadas como materiais restauradores indiretos. Entretanto, seu sucesso também depende da formação de uma união confiável com os agentes de cimentação. O aumento do conteúdo cristalino modificou as características de adesão entre cerâmica e cimento resinoso, não existindo um protocolo de cimentação bem estabelecido na literatura. Este trabalho tem como objetivo o estudo da resistência de união dos cimentos resinosos às cerâmicas de zircônia correlacionando aos diferentes tratamentos de superfície através de uma revisão de literatura. Estudos têm sugerido técnicas de cimentação específicas para as cerâmicas a base de zircônia. Estas técnicas incluem métodos de tratamento de superfície a exemplo do jateamento com óxido de alumínio ou com partículas de sílica, além do uso concomitante de materiais que promovam união química ao dióxido de zircônio. A realização de um tratamento de superfície aumentou consideravelmente os valores de resistência de união entre a cerâmica de zircônia e os cimentos resinosos de uma maneira geral, sendo que quando associado ao uso de primers ou cimentos contendo MDP, os valores de resistência de união são ainda melhores.

Palavras-chave: Zircônia. Tratamentos de superfície. Cimentação adesiva. Resistência.

ABSTRACT

Adhesive cementation of zirconia ceramics

High crystalline content ceramics, such as zirconia, show great mechanical properties when compared to conventional ceramics, being increasingly used as indirect restorative materials. However, its success also depends on the reliable bond formation with luting agents. The high crystalline content modified the adhesiveness between ceramic and resin cement, although there isn't any cementing protocol established in literature. The purpose of this study was to evaluate the bond strength of resin cements to zirconia ceramics through a literature review. Studies have suggested cementing techniques specific to the base ceramic zirconia. These techniques include methods of surface treatment such as the shot blasting with aluminum oxide or silica particles, and the concomitant use of materials which promote chemical bonding to zirconium dioxide. The realization of a surface treatment greatly increased the values of bond strength between the zirconia ceramic and resin cements in general, and when associated with the use of primers or cements containing MDP values of bond strength are even better.

Keywords: Zircon. Surface Treatments. Adhesive cementation. Resistance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EUA	Estados Unidos da América
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
MDP	Monômeros fosfatados
Y-TZP	Zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio
SIE	Selective Infiltration Etching – Técnica de condicionamento e infiltração seletiva
CAD-CAM	Computer Aided Design/Computed Aided Manufactured - Projeto Assistido por Computador/ Fabricação Assistida por Computador. Sistema computadorizado de produção de cerâmica.
Bis-GMA	Bisfenol glicidil metacrilato
EGDMA	Etilenoglicol dimetacrilato
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
UEDMA	Uretano dimetacrilato

LISTA DE SÍMBOLOS

μm	Unidade de comprimento (micrometro)
°C	Unidade de temperatura (graus Celsius)
mm	Unidade de comprimento (milímetro)
mm²	Unidade de área (milímetro quadrado)
Mpa	Unidade de resistência em geral – força / área
nm	Unidade de comprimento (nanômetro)
n=	Número de amostras por grupo
kgf	Unidade de força – carga aplicada (quilograma força)
%	Porcentagem
h	Horas

SUMÁRIO

1-	INTRODUÇÃO	12
2-	REVISÃO DE LITERATURA	17
	2.1- A Cerâmica de Zircônia	17
	2.2- Cimentos resinosos	21
	2.3- Tratamentos de Superfície	25
	2.4- União entre cimentos resinosos e zircônia	28
3-	DISCUSSÃO	47
4-	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS	56

INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

As cerâmicas são materiais utilizados com frequência na prática odontológica, demonstrando uma série de características extremamente desejáveis, como por exemplo, biocompatibilidade, alta resistência à compressão e abrasão, radiopacidade, estabilidade de cor, baixa condutividade térmica, reduzido acúmulo de placa bacteriana e estabilidade estética (BLATZ *et al*, 2003).

O recente aumento da demanda de restaurações estéticas de cerâmica pura, tem levado ao desenvolvimento de materiais com propriedades mecânicas otimizadas, como as cerâmicas à base de alumina e zircônia densamente sinterizadas (PICONE, MACCAURO, 1999) que, por sua vez, vêm sendo cada vez mais empregadas como materiais restauradores indiretos (PEJETURSSON *et al*, 2007).

O óxido de zircônio (ZrO_2), ou zircônia, é um óxido metálico que foi identificado pelo químico alemão Martin Heinrich Klaproth em 1789. A zircônia é polimórfica na natureza, o que significa que ela exibe diferença de equilíbrio na estrutura cristalina em temperaturas diferentes, sem alterações na química. Ela se apresenta em três fases: monoclinica, estável até cerca de 1170°C; tetragonal de 1170°C até 2370°C; e cúbica, de 2379°C até a temperatura de fusão (2680°C). Os grãos tetragonais da zircônia, que são estáveis em temperaturas elevadas, podem ser mantidos assim à temperatura ambiente através da adição de óxidos metálicos (PICONI; MACCAURO, 1999). O óxido de ítrio (Y_2O_3) é o mais utilizado em biocerâmicas, por permitir uma maior resistência flexural quando comparado aos demais (CaO, MgO), apesar de seu processo de sinterização ser muito mais difícil. A cerâmica formada dessa adição é chamada de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (3%Y-TZP) (PICONI; MACCAURO, 1999).

A Y-TZP é uma cerâmica que tem interesse especial por sua propriedade de tenacificação por transformação (“transformation toughening”), fazendo com que ocorra uma mudança da fase tetragonal para monoclinica quando tensões são aplicadas. Essa transformação é associada a um aumento local de 3-5% em volume, o que resulta em tensões compressivas localizadas ao redor e nas bordas da trinca, atuando contra as tensões de tração que podem levar à fratura do material (PICONI; MACCAURO, 1999, VAGKOPOULOU *et al.*, 2009).

Embora a Y-TZP tenha sido usada como um biomaterial cerâmico em aplicações médicas desde o final dos anos 60, sua utilização na odontologia é relativamente recente e ocorreu seguindo os avanços da tecnologia CAD-CAM (BLATZ *et al.*, 2004; VAGKOPOULOU *et al.*, 2009).

Não obstante as propriedades mecânicas melhoradas serem importantes para o desempenho em longo prazo de um material cerâmico, a performance clínica das próteses fixas em cerâmica parece estar associada também ao processo de cimentação (THOMPSON *et al.*, 2004, CAVALCANTI *et al.* 2009). Desta forma, a cimentação para zircônia tem se tornado um tópico de grande discussão nos últimos anos (THOMPSON *et al.*, 2011).

Apesar da cimentação de restaurações de zircônia com cimentos tradicionais (fosfato de zinco ou ionôméricos modificados) garantir adequada fixação clínica e sucesso, a utilização de cimentos resinosos possui algumas vantagens em relação a outras classes de materiais, uma vez que apresentam baixa solubilidade ao meio bucal e característica estética melhorada. Porém, para que se alcance adequada resistência adesiva no uso dos cimentos resinosos em conjunto com sistemas cerâmicos, o tratamento superficial das restaurações é tido como essencial (DELLA

BONA *et al.*,2007^a; OYAGUE *et al.*,2009^a). Esse tratamento superficial destina-se a dois propósitos fundamentais que podem ocorrer simultânea ou separadamente, dependendo do procedimento adotado: gerar microrretenções superficiais que serão infiltradas pelo cimento resinoso criando uma retenção do tipo micromecânica, e ampliar a reatividade química da superfície com os produtos a serem aplicados para adesão química (BLATZ *et al.*,2003).

É importante e fundamental que o tratamento superficial selecionado seja coerente com o sistema cerâmico empregado, pois deve ocorrer uma concordância entre a composição/microestrutura do material restaurador e a técnica de tratamento de superfície (BLATZ *et al.*,2003).

Diversos métodos de tratamento superficial cerâmico têm sido relatados, destacando-se como mais comuns o condicionamento com ácido fluorídrico, silanização, jateamento com óxido de alumínio, jateamento com partículas diamantadas e jateamento com óxido de alumínio revestido por sílica (BLATZ *et al.*,2003). O domínio da técnica de cimentação para as cerâmicas a base de sílica é confiável, entretanto, as cerâmicas de alto conteúdo cristalino em sua composição possuem a fase vítrea muito reduzida ou até mesmo eliminada, o que modifica consideravelmente as características de união aos cimentos resinosos. Considerando que o condicionamento com ácido fluorídrico dissolve a fase vítrea da cerâmica, quando esta fase é reduzida nenhum tipo de ácido produz retenção micromecânica suficiente para o procedimento de união (DERAND; DERAND, 2000).

Vários mecanismos foram sendo introduzidos com o objetivo de melhorar a adesão. Dentre as alternativas propostas, pode-se incluir o jateamento, seja com óxido de alumínio de 50 μ m, ou com partículas de sílica, que podem variar de 30 μ m a 110 μ m,

representados pelos sistemas Cojet e Rocatec (3M ESPE), respectivamente (VALANDRO *et al.*, 2005; ATSU *et al.*, 2006); a deposição de estanho; o condicionamento com ácidos, o tratamento térmico; a aplicação de *primers* ou condicionadores para metal ou uma associação entre métodos.

Até o momento, não existe um consenso sobre o melhor método de tratamento de superfície para alcançar uma ótima união dos cimentos resinosos à zircônia. (QEBLAWI, 2010)

O objetivo deste trabalho envolve o estudo da resistência de adesão dos cimentos resinosos às cerâmicas de zircônia através de uma revisão de literatura, na qual avaliamos os principais trabalhos envolvendo tratamentos de superfície e resistência de união.

REVISÃO DE LITERATURA

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Quando se procura por fatores que possam melhorar a força de união de restaurações cerâmicas e agentes cimentantes as variáveis mais comumente estudadas e descritas na literatura são: o tratamento interno de superfície da restauração (seja mecânico ou químico) e as propriedades dos agentes cimentantes.

Antes de revisar o que a literatura tem disponível sobre a interação adesiva das restaurações de zircônia e os cimentos resinosos, é necessário conhecer um pouco mais sobre as características das cerâmicas a base de zircônia e tratamentos de superfície

2.1 - A CERÂMICA DE ZIRCÔNIA

A palavra cerâmica deriva do termo grego *keramike*, derivação de *keramos*, que significa argila. Os primeiros indícios das cerâmicas foram encontrados há quase 13 mil anos nas escavações do Vale do Nilo, no Egito. Desde o século X, a China já dominava a tecnologia da arte em cerâmica, a qual apresentava estrutura interna firme e cor muito branca, chegando à Europa apenas no século XVII onde ficou conhecida como “louças de mesa”. A partir de então, os europeus buscaram copiar a composição da porcelana chinesa. Entretanto, somente em 1717 é que se descobriram os segredos dos chineses, que confeccionavam as cerâmicas a partir de três componentes básicos: caulim (argila chinesa), sílica (quartzo) e feldspato (misturas de silicatos de alumínio, potássio e sódio) (DELLA BONA *et al.*, 2004).

Em 1774 o francês Alexis Duchateau, insatisfeito com sua prótese total confeccionada com dentes de marfim, decidiu troca-las por novas próteses de

cerâmica, por verificar a durabilidade, resistência ao manchamento e a abrasão deste material quando utilizado em utensílios domésticos. Com o auxílio de Nicholas Dubois de Chemant, a arte das cerâmicas foi introduzida na Odontologia (KELLY *et al.*, 1996).

As restaurações de cerâmica *apresentavam* como principal desvantagem a alta taxa de fratura, dada pela propagação de trincas inerentes a esse material. Esta foi a razão pela qual os metais passaram a ser utilizados como infraestruturas para as porcelanas nos anos 60, por terem alto módulo de elasticidade. A união conseguida entre metal e cerâmica impede a flexão e a deformação das cerâmicas, reduzindo a propagação de trincas e assegurando a longevidade das coroas (WALL E CIPRA, 1992) .

McLean e Hughes (1965) desenvolveram a primeira cerâmica reforçada pela modificação da fase cristalina através da adição de cristais de alumina, a fim de ser empregada como material para infraestrutura. Três materiais (porcelana, porcelana reforçada com 40% de cristais de alumina e vidro) com e sem glaze, e duas velocidades de resfriamento (rápido e lento) foram avaliados em relação à resistência à fratura, em barras e discos. Discos também foram avaliados em relação à máxima tensão suportada, em dispositivo específico para o teste. E, ainda, foi realizado teste de absorção de água. Os resultados evidenciaram que a resistência à fratura da porcelana reforçada foi quase o dobro em relação à convencional. A máxima tensão suportada pela porcelana reforçada foi de 5:1 em relação à porcelana convencional. Além disso, a porcelana reforçada não dependia da presença de glaze para redução da propagação de trincas. Desde então, o enfoque primário foi de melhorar, principalmente, a resistência à fratura das infraestruturas

cerâmicas e, conseqüentemente, sua longevidade clínica. Assim, introduziram-se as cerâmicas policristalinas a base de óxido de zircônio.

O interesse na utilização da zircônia como biomaterial odontológico partiu de sua boa estabilidade química e dimensional, resistência mecânica, dureza e um módulo de Young da mesma magnitude do aço inoxidável (PICONI; MACCAURO, 1999).

Segundo Sadan et al. (2005), a zircônia apresenta três formas cristalográficas: monoclínica, tetragonal e cúbica dependendo da adição de componentes estabilizadores como cálcio (CaO), magnésio (MgO), ítria (Y_2O_3) ou céria (CeO_2). Estes componentes estabilizam a fase tetragonal metaestável a temperatura ambiente.

A concentração do agente estabilizador tem um papel determinante no desempenho do material sob fadiga. Quando adicionada uma grande quantidade (8-12%) deste agente, uma fase cúbica totalmente estabilizada pode ser produzida, o que inviabiliza a transformação de fase tetragonal-monoclínica, resultando num pior desempenho. No entanto, ao adicionar quantidades menores (3-5% em peso), é produzida zircônia tetragonal parcialmente estabilizada. A zircônia tetragonal é estável em temperatura ambiente, porém, sob tensão, esta fase pode sofrer alteração para a fase monoclínica, com um aumento subsequente de cerca de 4,5% em volume. Este mecanismo, conhecido como “tenacificação por transformação” ou “transformation toughening”, é o principal responsável pelas propriedades mecânicas superiores da zircônia (PICONI; MACCAURO, 1999 e DENRY; KELLY, 2008).

O tamanho do grão também desempenha um papel importante nas propriedades mecânicas do material. Um tamanho de grão crítico existe para se obter uma estrutura tetragonal metaestável à temperatura ambiente, sendo que este deve ser

inferior a 0,8 μm . Grãos maiores que 0,8 μm promovem a transformação de fase espontânea, ao passo que, quando a estrutura for formada por grãos extremamente finos ($\sim 0,2 \mu\text{m}$), a transformação tetragonal-monoclínica pode ser inibida (PICONI; MACCAURO, 1999 e DENRY; KELLY, 2008).

Considerando que os precipitados tetragonais metaestáveis poderiam se transformar em fase monoclínica, pelo avanço de uma trinca no material, a expansão em volume resultante desta transformação teria um efeito positivo quando consideramos que esta expansão comprime a trinca, se opondo à sua propagação. Desta forma, esta alteração dimensional consome energia da trinca e pode impedir sua propagação (GUAZZATO *et al.*, 2004).

Outra característica interessante da transformação de fases nas cerâmicas de zircônia é a formação de camadas compressivas na superfície. Isto é resultado da espontânea transformação de fase tetragonal-monoclínica das partículas de zircônia na superfície, ou perto dela, devido à ausência de compressão hidrostática. Na superfície, grãos tetragonais podem se transformar em monoclínicos através de tratamentos de superfície, que podem induzir tensões compressivas numa profundidade de alguns micrômetros (GUAZZATO *et al.*, 2004).

A preocupação maior referente ao uso da zircônia é a sua degradação em baixas temperaturas ($< 300^\circ\text{C}$), na presença de umidade. O envelhecimento ocorre por uma lenta transformação da fase tetragonal para fase monoclínica, que é estável na presença de água ou vapor de água. A degradação em baixa temperatura inicia-se na superfície policristalina e progride em direção ao interior do material. A transformação de um grão provoca o aumento no volume causando tensões nos grãos vizinhos e provocando o aparecimento de microtrincas. A penetração de água

provoca uma degradação superficial transformando os grãos vizinhos. A transformação inicial de grãos específicos pode ser devido ao estado de desequilíbrio microestrutural ocasionado por diferentes fatores: tamanho maior de grãos, por uma menor quantidade de ítrio, por uma orientação específica da superfície, a presença de tensão residual ou a presença de fase cúbica (CHEVALIER *et al.*, 2004).

O processo de obtenção de zircônia parcialmente estabilizada mais utilizado e também o mais descrito na literatura é o Y-TZP. Policristais de zircônia tetragonal estabilizados por ítria (3 mol%) resultam em um material cerâmico de elevada tenacidade e dureza, usado em sistemas como o LAVA (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA), CERCON (Dentsply, York, Pennsylvania, EUA), Procera (Nobel Biocare, Gotemburgo, Suécia) e YZ Ceram (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha) (DENRY; KELLY, 2008).

O In-Ceram® Zircônia utiliza a céria como agente estabilizador da zircônia, porém pouco se sabe sobre a influência que a céria exerce sobre as propriedades da zircônia. É comprovado que o sistema Ce-ZrO₂ possui propriedades superiores aos sistemas que incorporam MgO e CaO e que parece não apresentar envelhecimento (DENRY; KELLY, 2008 e LUGHI; SERGO, 2010).

2.2 – CIMENTOS RESINOSOS

Os cimentos dentários, quando utilizados para cimentar restaurações indiretas, têm o propósito de selar a fenda existente entre o dente e a restauração correspondente, e aumentar a sua fixação no dente preparado, conferindo retenção, resistência à restauração e ao remanescente dentário, promovendo vedamento marginal e favorecendo a longevidade dos trabalhos protéticos. Portanto, um agente cimentante

ideal deveria ter resistência mecânica e ser insolúvel aos fluidos orais (RIBEIRO *et al.*, 2008).

O cimento de fosfato de zinco tem sido utilizado na odontologia por mais de um século e sua confiabilidade clínica é bem estabelecida. É obtido através de uma reação ácido-base iniciada através da mistura do pó (composto por 90% de óxido de zinco e 10% de óxido de magnésio) com o líquido, que consiste aproximadamente de 67% de ácido fosfórico tamponado com alumínio e zinco. É um dos cimentos mais utilizados na cimentação de coroas, visto que apresenta baixo custo, facilidade de trabalho e boas propriedades mecânicas, e ainda apresenta uma pequena espessura de película, devido ao seu bom escoamento, o que favorece o assentamento final da prótese (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Desde o início dos anos 50, os cimentos resinosos – com sua formulação inicial baseada no polímero de metacrilato de metila – têm sido usados na odontologia, inicialmente de maneira limitada, devido à microinfiltração e às restringidas características de manipulação. Entretanto, com o advento da técnica do ataque ácido para unir a resina ao esmalte, com o desenvolvimento das resinas compostas e a descoberta de novas moléculas e técnicas de união com os diferentes substratos, o seu uso tem sido cada vez mais recorrente e têm sido desenvolvida uma grande variedade de cimentos resinosos com o desempenho clínico bastante satisfatório (DeGOES, 1998).

Os cimentos resinosos são variações de resinas de Bis-GMA e outros metacrilatos. A base composicional dos cimentos resinosos é um sistema monomérico Bis-GMA (Bisfenol – metacrilato de glicidila) ou UEDMA (Uretano dimetacrilato) em combinação à monômeros de baixa viscosidade (TEGDMA, EGDMA), além de

cargas inorgânicas (lítio, alumínio e óxido de silício) tratadas com silano (ANUSAVICE, 2005; DIAZ-ARNOLD, 1999). Para completar a composição, a resina aglutinante foi combinada com partículas cerâmicas e sílica coloidal. As partículas inorgânicas se apresentam nas formas angulares, esféricas ou arredondadas, com conteúdo de peso variando entre 33 a 77% e diâmetro variável entre 10 a 15µm, dependendo do produto (DIAZ-ARNOLD, 1999).

Estes cimentos apresentam menor percentual volumétrico de partículas incorporadas à matriz orgânica com o objetivo de adequar sua viscosidade às condições específicas e desejáveis de cimentação (DeGOES, 1998).

ROSENSTIEL *et al.* (1998) relataram alguns aspectos importantes relacionados aos cimentos de uso odontológico e aos agentes resinosos de fixação. Ressaltaram que o cimento de fosfato de zinco é considerado o cimento mais popularmente utilizado, tendo como principais desvantagens a solubilidade e a falta de adesão e que estes problemas não estariam presentes utilizando sistemas resinoso de fixação. Sobre os sistemas resinosos, ressaltaram que a biocompatibilidade estaria diretamente relacionada ao grau de conversão dos monômeros em polímeros. As causas de irritação pulpar e sensibilidade pós operatória que ocorrem frequentemente, estariam associadas provavelmente a erros de técnica, como consequência de contaminação bacteriana ou ressecamento da dentina. Comentaram ainda, que um agente de fixação ideal deveria prover uma união estável entre a estrutura dentária e a restauração e, através da sua resiliência, aumentar a resistência à fratura da restauração.

Segundo PIWOWARCZYK *et al.* (2003), cimentos resinosos apresentam maior resistência flexural e compressiva. Um cimento resistente distribui melhor as

tensões, tem uma menor probabilidade de falha e grande possibilidade de atingir o sucesso clínico.

Além disso, fatores como biocompatibilidade, sensibilidade pós-operatória, desempenho clínico, estética e facilidade de trabalho devem ser considerados na escolha de um cimento.

Em um estudo sobre adesão, SÖDERHOLM *et al.* (1996) afirmaram que o sucesso de uma fixação adesiva depende da união química com a superfície interna da restauração. Também relataram que os sistemas de fixação resinosos são menos solúveis na cavidade oral que a maioria dos cimentos odontológicos.

Segundo a especificação nº 27 (ANSI/ADA ISO 4049), esses cimentos podem ser classificados pelo modo de polimerização, que pode ser através de reações químicas, fotoativadas ou da combinação de ambas – dual. Contudo, esta classificação limitada categoriza os cimentos unicamente pelo mecanismo de polimerização e não descrevem o esquema de adesão ou união que utilizam. A maioria dos autores recentemente vem utilizando outra classificação, baseada no mecanismo que os cimentos utilizam para se unir às estruturas dentárias: Cimentos de condicionamento total; cimentos autocondicionantes; e cimentos auto-adesivos.

Os cimentos auto-adesivos, mais recentes e modernos no mercado, foram projetados para superar as limitações dos cimentos tradicionais e resinosos, simplificando o processo de adesão dos cimentos resinosos de condicionamento total e dos autocondicionantes (BURGUESS *et al.*, 2010). Em sua matriz orgânica foram incluídos metacrilatos de ácido fosfórico multifuncionais, ou simplesmente monômeros ácidos, que interatuam com a hidroxiapatita das estruturas dentais.

Revisando as publicações dos últimos anos, encontramos uma grande quantidade de artigos que avaliam a interação de inúmeros cimentos resinosos com a zircônia (especialmente Y-TZP), sendo evidente um aumento nesta linha de pesquisa desde 2008. É possível que este aumento de publicações seja maior pela presença de marcas comerciais que oferecem infraestruturas de zircônia, evidentemente pelo sucesso clínico que esta representa, e pela evolução dos cimentos resinosos até os atuais cimentos resinosos auto-adesivos. Diversas pesquisas têm procurado a melhora da união destas infraestruturas aos cimentos resinosos, testando diversos agentes e tratamentos de superfície, ainda sem chegar a um consenso (ABOUSHELIB *et al.*, 2008 e 2009; ZHANG *et al.*, 2010; YUN *et al.*, 2010; KITAYAMA *et al.*, 2010; QEBLAWI *et al.*, 2010; ABOUSHELIB *et al.*, 2011).

2.3 – TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE PARA AS CERÂMICAS DE ZIRCÔNIA

A literatura é vasta em informações sobre a aplicação da zircônia na odontologia e, apesar de apresentar um desempenho mecânico (resistência à fadiga) superior, existem alguns problemas associados à zircônia, como por exemplo, a adesão (THOMPSON *et al.*, 2011).

Técnicas de cimentação convencional utilizadas com a zircônia não promovem valores de resistência adesiva suficientes (BLATZ *et al.*, 2003; BLATZ *et al.*, 2004).

O protocolo de cimentação adesiva para as cerâmicas a base de sílica é bem descrito na literatura, sendo suscetíveis ao condicionamento com ácido fluorídrico (que, por sua vez, modifica as superfícies das cerâmicas a base de sílica em superfícies rugosas, o que melhora a molhabilidade e aumenta a área de superfície para união mecânica) e passíveis de serem silanizadas (BLATZ *et al.*, 2003).

Entretanto, a zircônia é um material policristalino, com a fase vítrea reduzida ou eliminada, sendo que o condicionamento com ácido não produz qualquer modificação em sua superfície, enquanto que a aplicação do agente silano sobre a superfície é ineficaz, devido à ausência de sílica na matriz cerâmica (BLATZ *et al.*, 2003).

Diversos autores sugerem que materiais cerâmicos de alta resistência como a zircônia, requerem técnicas adesivas alternativas para obtenção de união satisfatória aos materiais resinosos (BLATZ *et al.*, 2004; ATSU *et al.*, 2006; LUTHY *et al.*, 2006; YOSHIDA *et al.*, 2006; LEE *et al.*, 2007; WOLFART *et al.*, 2007)

O jateamento com partículas de óxido de alumínio tem sido relatado como um dos tratamentos de superfície mais utilizados por sua capacidade de aumentar, mecanicamente, a rugosidade da zircônia, e conseqüentemente, a área de superfície da cerâmica, facilitando o embricamento micromecânico da resina (WOLFART *et al.*, 2007). Por outro lado, este jateamento na superfície interna da cerâmica Y-TZP pode criar microtrincas na superfície da cerâmica, enfraquecendo o material ao longo do tempo (THOMPSON *et al.*, 2004).

Mediante a possibilidade de tornar as superfícies das cerâmicas reforçadas mais reativas à interação adesiva, os métodos de silicatização superficial têm ganhado foco nas pesquisas. Em 1984 foi lançado o primeiro sistema de silicatização superficial (Silicoater), baseado na incidência de uma chama do gás butano contendo óxidos de silício que são então depositados na superfície “queimada” (JANDA *et al.*, 2003). Posteriormente, em 1989 foi lançado o sistema laboratorial ROCATEC que realizava a silicatização de superfícies metálicas pelo jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica, passando posteriormente

a ser empregado em cerâmicas (KERN e THOMPSON, 1995). Este revestimento de sílica fica aderido à cerâmica jateada, produzindo melhoria na interação química adesiva (BLATZ *et al.*,2003; SOARES *et al.*,2005). Vários outros sistemas foram idealizados para estes propósitos, como a caneta Pyrosil (JANDA *et al.*,2003), o sistema COJET (SOARES *et al.*,2005) entre outros.

Em adição aos processos de silicatização, o desenvolvimento de novos monômeros resinosos que pudessem interagir melhor com a superfície de óxidos metálicos culminou com a performance melhorada dos cimentos contendo MDP (10-metacriloidecilo dihidrogênio fosfato) na resistência de união ao substrato de zircônia (KERN e WEGNER,1998; WOLFART *et al.*,2007; OYAGUE *et al.*,2009 a,b).

Estes monômeros, assim como os silanos, são moléculas bifuncionais que se unem em uma extremidade aos óxidos metálicos da cerâmica e, na outra, apresentam grupamentos que copolimerizam com a matriz resinosa dos cimentos. (KERN e WEGNER,1998; WOLFART *et al.*,2007; OYAGUE *et al.*, 2009 ^{a,b}; PIASCIK *et al.*, 2009).

Através de outro método ainda pouco estudado, diferentes substâncias foram colocadas na superfície de cerâmica à base de zircônia pelo princípio do condicionamento e infiltração seletivos (*selective infiltration etching - SIE*), promovendo poros em escala nanométrica e rugosidade aumentada (CASUCCI *et al.*, 2009), os quais permitiram a infiltração de cimento resinoso e resistência de união alta e durável (ABOUSHELIB *et al.*,2007,2008). Ao trabalhar com metodologia semelhante, Casucci *et al.* (2009) demonstrou rugosidade superficial aumentada para o método SIE e também para o uso de condicionamento com ácido clorídrico aquecido, o que poderia ampliar a resistência adesiva por retenção micromecânica.

2.4 – UNIÃO ENTRE CIMENTOS RESINOSOS E ZIRCÔNIA

Nos últimos anos, diversos trabalhos foram realizados buscando analisar a resistência de união dos cimentos resinosos às infraestruturas à base de zircônia, principalmente avaliando diferentes tratamentos superficiais mecânicos e químicos.

Os métodos normalmente empregados para avaliar resistência adesiva são os ensaios de tração e cisalhamento. Os testes de cisalhamento são menos confiáveis que os testes de tração quando se objetiva avaliar a resistência da interface adesiva (DELLA BONA e VAN NOORT, 1995). Os testes de cisalhamento são norteados pela resistência coesiva do material de base, neste caso, cerâmica, sendo este fato um resultado inerente à geometria do ensaio. Em seu estudo, Della Bona e van Noort (1995) afirmam ainda que os resultados obtidos nos testes de cisalhamento são relacionados à resistência do material de base em suportar as tensões geradas, e não em função da resistência da interface adesiva. Em contrapartida, os testes de tração tendem a produzir fraturas na interface adesiva, gerando dados mais representativos em relação à área adesiva, do que em função do material de base. A metodologia de microtração, uma variação do teste de tração, desenvolvida por Sano *et al.* (1994) facilita a verificação da real magnitude da resistência e principalmente caracteriza de forma mais precisa o padrão de fratura, pois limita a ação das forças de tração em uma pequena área da interface adesiva.

Kern e Thompson (1995) avaliaram diferentes métodos adesivos na resistência de uma cerâmica a base e alumina infiltrada por vidro, bem como sua estabilidade em longo prazo e, determinaram os modos de fratura através de microscopia eletrônica de varredura. Todas as amostras de cerâmica foram jateadas com óxido de alumínio de 110 µm e divididas em seis grupos, de acordo com os métodos propostos de

adesão: 1- Cimentação com cimento a base de Bis-GMA (Twinlook); 2- Aplicação de silano para cerâmica (ESPE Sil) e o cimento a base de Bis-GMA; 3- Silicatização (Rocatec - 3M ESPE), silanização e cimento a base de Bis-GMA; 4- Silicatização (Sistema Silicoater MD), silanização e cimento a base de Bis-GMA; 5 e 6 – Ambos foram cimentados com cimento resinoso contendo MDP, um grupo cimentado com Panavia EX e outro com Panavia TPN-S. Após os procedimentos de cimentação, cada grupo foi subdividido em três grupos de acordo com o tempo de armazenagem e os ciclos de termociclagem: 24h imersos em saliva artificial a 37°C, 30 dias em saliva artificial e termociclagem totalizando 7500 ciclos e, 150 dias com corpos imersos em saliva artificial, totalizando 37500 ciclos. O grupo jateado e cimentado com o cimento à base de Bis-GMA foi o que apresentou menores valores, independente do tempo analisado (26,75MPa/1dia, 2,34MPa/30dias, 0,0MPa/150dias). A adição do agente silano a este grupo aumentou a resistência inicial, sendo reduzido drasticamente após a termociclagem. o sistema de silicatização, juntamente com a silanização, aumentou a resistência de união e esta permaneceu estatisticamente semelhante após 150 dias (48,35MPa/1dia, 49,49MPa/30dias, 49,85MPa/150dias). A silicatização térmica também promoveu aumento nos valores de resistência iniciais, mas houve grande redução após 150 dias (49,85MPa/1dia, 46,86MPa/30dias, 1,97MPa/150dias). Os cimentos que apresentam MDP em sua composição obtiveram os maiores valores de resistência (Panavia EX 54,09MPa/1dia, 48,19MPa/30dias, 41,17MPa/150dias e Panavia TPN-S 59,67MPa/1dia, 38,54MPa/30dias, 35,75MPa/150dias), não havendo diferença estatisticamente significante entre eles. Na microscopia eletrônica de varredura foi possível observar que os grupos que obtiveram valores mais baixos de resistência

sofreram falha do tipo adesiva, enquanto que os grupos que resultaram em valores mais altos sofreram falhas do tipo coesiva ou mistas.

Kern e Wegner (1998) avaliaram o efeito de diferentes métodos de união sobre a superfície da zircônia. Presumiram que os métodos de união apropriados para a cerâmica à base de alumina infiltrada por vidro também poderia ser utilizados para a Y-TZP. Para avaliar esta hipótese, aplicaram jateamento de óxido de alumínio e limpeza em ultrassom com álcool 96% por 3 minutos em todas as amostras e usaram sete tipos diferentes de sistemas adesivos: 1- sistema resinoso convencional a base de Bis-GMA; 2- Silano anterior à aplicação do mesmo cimento; 3- Tratamento triboquímico (sistema Rocatec), que emprega jateamento com partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica e silano, seguido da utilização do Bis-GMA.; 4- Acrilização e cimento à base de Bis-GMA.; os grupos 5 e 6 aplicaram dois cimentos resinosos à base de MDP (Panavia EX e Panavia 21 EX); 7- Cimento resinoso modificado por ácido. Foram testados por meio de ensaio de microtração em dois tempos: 3 e 150 dias em água destilada a 37°C mais termociclagem. Os resultados mostraram que o jateamento abrasivo produz rugosidade, porém limitada e com ranhuras rasa, se comparado ao jateamento de metais (14,0 MPa/3 dias e 0,0Mpa/150 dias). A adição de silano não aumentou a resistência adesiva (15,1 MPa/3 dias e 0,0Mpa/150 dias), indicando que o silano não se liga à Y-TZP, uma vez que essa não contém sílica. A silicatização térmica aumentou a resistência inicial, mas não gerou uma ligação durável (29,2 MPa/3 dias e 12,8Mpa/150 dias). A acrilização (39,2MPa/3 dias e 0,0Mpa/150 dias) e o cimento ácido (31,6 MPa/3 dias e 4,3Mpa/150 dias) também não foram estáveis. Os únicos grupos que não sofreram diminuição estatisticamente significativa da resistência após 150 dias foram os cimentos modificados com MDP (Panavia EX 48,8 MPa/3 dias e 39,8 Mpa/150 dias

e Panavia 21 EX 47,1 MPa/3 dias e 37,4Mpa/150 dias). Como conclusão, os autores sugerem a existência de uma ligação química entre esse cimento e a zircônia.

Com o objetivo de determinar se a resistência de união é dependente do tratamento de superfície para cerâmicas de elevado conteúdo cristalino, Derand e Derand (2000) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre agentes cimentantes e cerâmica à base de zircônia, submetidas a cinco diferentes tratamentos: jateamento com óxido de alumínio com partículas de 250 μ m, jateamento com óxido de alumínio com partículas de 50 μ m, jateamento com óxido de alumínio com partículas de 50 μ m associado ao condicionamento com ácido fluorídrico (38%), asperização com ponta diamantada e sem tratamento. As superfícies foram tratadas com silano e cimentadas com três sistemas de fixação: Panavia 21 (Kuraray), Twinlook (Kulzer) e Superbond C&B (Sun Medical). As amostras foram avaliadas após diferentes condições de armazenagem: 5 horas em ambiente seco, 1 dia, 1 semana e 2 meses em água destilada (35°C). Após ensaio de cisalhamento e análise, observou-se que todas as amostras falharam na interface cerâmica-cimento. A rugosidade causada pela ponta diamantada resultou em maior valor de resistência de união para o cimento Superbond. O condicionamento com ácido fluorídrico não aumentou os valores de forma significativa. A armazenagem por uma semana em água aumentou os valores de adesão em cerca de 20% em relação aos demais grupos. Os maiores valores de resistência de união foram apresentados pelo cimento Superbond. Os autores observaram que ainda não foi possível estabelecer um tratamento padrão para as cerâmicas de elevado conteúdo cristalino e, por apresentarem redução da fase vítrea, são ácido-resistentes.

Em uma revisão da literatura sobre adesão a cerâmicas, Blatz *et al.*(2003) relataram que materiais cerâmicos oferecem ótimas propriedades ópticas para restaurações

altamente estéticas. A fragilidade inerente a alguns materiais cerâmicos, modalidades de tratamento específico, e certas situações clínicas exigem cimentação resinosa da restauração concluída em cerâmica às estruturas dentais, de modo a garantir longo prazo de sucesso clínico. Embora a adesão para cerâmicas a base de sílica seja bem pesquisada e documentada, poucos estudos *in vitro* sobre a adesão de cerâmicas de alta resistência foram identificados na literatura. Os dados disponíveis sugerem que a adesão a esses materiais é menos previsível e requer métodos de ligação substancialmente diferentes do que as cerâmicas a base de sílica. Outros estudos *in vitro*, bem como ensaios clínicos controlados, são necessários.

Com o objetivo de avaliar e comparar a resistência de união de diferentes silanos e cimentos para zircônia, Blatz *et al.* (2004) jatearam todas as amostras de zircônia com partículas de óxido de alumínio 50µm e dividiram em 4 grupos: 1- Clearfil SE Bond/Porcelain Bond Ativador com cimento Panavia F; 2- Clearfil SE Bond/Porcelain Bond Ativador com cimento RelyX ARC; 3- Ceramic primer/ Single Bond com cimento RelyX ARC; 4- Cimento Panavia F sem aplicação de silano. Os espécimes foram armazenados em água destilada por 3 e 180 dias antes do teste de cisalhamento. As amostras de 180 dias foram termocicladas por 12.000 ciclos. Os autores observaram que o envelhecimento artificial reduz significativamente a resistência de união e que, o agente silano que contém o monômero fosfato em sua composição proporciona uma adesão superior para qualquer um dos dois cimentos.

Atsu *et al.* (2006) compararam os efeitos da abrasão por jateamento de partículas, silanização, silicatização triboquímica, e uma combinação de agente adesivo/silano na resistência de união da cerâmica Cercon, a base de óxido de zircônio, empregando o cimento resinoso com MDP, Panavia F. Sessenta blocos

(5x5x1,5mm) de cerâmica de óxido de zircônio (Cercon) e cilindros de resina composta (Z-250) (3x3x3mm) foram preparados. As superfícies cerâmicas foram jateadas com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) de 125 μm e, em seguida, divididos em 6 grupos ($n = 10$), que foram posteriormente tratados da seguinte forma: Grupo C, sem tratamento controle; Grupo SIL, silanizada com um agente silano (Clearfil Porcelain Bond Activator); Grupo BSIL, aplicação do adesivo 10-di-Metacrilóiloxidecil monômero fosfato (MDP) e adesivo (Clearfil Liner Bond 2V / Porcelain Bond Activator); Grupo SC, revestimento de sílica usando partículas 30 μm de Al_2O_3 modificadas por sílica (Cojet System); Grupo CNSIL, revestimento de sílica e silanização (Cojet System) e Grupo SCBSIL, revestimento com sílica, silanização e agente adesivo contendo MDP. As resistências de união (média \pm DP; em MPa) dos grupos foram as seguintes: Grupo C, 15,7 \pm 2,9; Grupo SIL, 16,5 \pm 3,4; Grupo BSIL, 18,8 \pm 2,8; Grupo SC, 21,6 \pm 3,6; Grupo CNSIL, 21,9 \pm 3,9 e Grupo SCBSIL, 22,9 \pm 3,1. A resistência ao cisalhamento foi significativamente maior no grupo SCBSIL que nos Grupos C, SIL, e BSIL, mas não diferiram significativamente dos grupos SC e CNSIL. Os modos de falha foram principalmente adesiva na interface entre a zircônia e o agente cimentante nos grupos C e SIL, e principalmente mista ou coesiva nos Grupos de SC, CNSIL e SCBSIL. Os autores concluíram que a silicatização pelo método COJET e a aplicação de um agente adesivo contendo MDP aumentou a resistência ao cisalhamento entre cerâmica de óxido de zircônio e agente resinoso (Panavia F).

Yoshida *et al.* (2006) realizaram ensaio de cisalhamento para avaliar a resistência de união de um cimento resinoso ao óxido de zircônio puro e à zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP), bem como o efeito do MDP Primer e do Zirconate Primer como tratamento. Metade das amostras não recebeu tratamento e

na outra metade foram aplicados vários primers com diferentes concentrações (monômero MDP foi adicionado ao MDP Primer em diferentes concentrações e o agente de união zirconato, foi ainda adicionado ao Zirconate Primer em concentrações variadas). Na Y-TZP também foi utilizado um primer cerâmico. O ensaio de cisalhamento ocorreu em dois tempos 24h e 24 mais 10.000 termociclos. Os autores observaram que a mistura do monômero MDP e o agente de união zirconato foi efetiva para união forte entre o cimento resinoso e zircônia.

Aboushelib *et al* (2007) desenvolveram o método de condicionamento e infiltração seletiva (“*selective infiltration etching*”) para uso nas cerâmicas Y-TZP. Seu estudo avaliou a resistência de união de zircônia-resina, e sua durabilidade, usando este novo método. Discos de cerâmica Y-TZP foram jateados com partículas de óxido de alumínio (110 μ m) e divididos em 4 grupos (n = 18). Um grupo teste recebeu técnica de condicionamento e infiltração seletiva, sendo cimentado com Panavia F, e os três outros grupos foram cimentados com Panavia F 2.0®, RelyX ARC, e Bistite II DC. Os ensaios de resistência à microtração foram realizados imediatamente, após 1, 2 e 3 semanas e, após 1 mês de armazenamento em água. Microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para examinar os palitos fraturados. Houve diferenças significativas nos valores iniciais (MPa) entre as 4 técnicas de colagem (P<0.001). Espécimes colados com Panavia F 2.0, RelyX ARC, ou Bistite II DC resultaram em uma média de 23,3; 33,4; 31,3 MPa, respectivamente, enquanto a maior resistência da união de 49,8 \pm 2,7 MPa foi conseguida para a técnica de condicionamento e infiltração seletiva com Panavia F 2.0. Para os materiais utilizados neste estudo e nas mesmas condições de teste, a técnica de condicionamento e infiltração seletiva foi considerada um método confiável para o estabelecimento de um vínculo forte e durável com materiais à base de zircônia.

O estudo do efeito do tratamento de superfície de restaurações de cerâmica pura infiltradas por vidro do sistema In-Ceram Zircônia também foi testado por Della Bona *et al.* (2007a), que avaliaram a hipótese de que o sistema de silicatização (Cojet, 3M-ESPE) produz valores maiores de resistência adesiva do que os demais tratamentos de superfície utilizados. Para testar tal hipótese foram confeccionados corpos de prova (n = 60) de cerâmica In-Ceram Zircônia. Os espécimes foram divididos em três grupos (n = 20), de acordo com o tratamento de superfície aplicado: I - ácido hidrófluorídrico a 9,5% por 1 minuto; II - jateamento com óxido de alumínio 25 µm por 10s; III - silicatização por 10s. Em seguida, foram aplicados silano e adesivo a fim de cimentar um cilindro resinoso. As amostras foram submetidas a testes mecânicos (cisalhamento e tração), que revelaram, após análise estatística dos resultados, que o grupo III (silicatização) demonstrou aumento significativo na média de resistência adesiva em ambos os testes, confirmando a hipótese inicial.

Em outro estudo, Della Bona *et al.* (2007b) realizaram a avaliação da estrutura topográfica da cerâmica In-Ceram Zircônia. Foram confeccionadas amostras experimentais da cerâmica que foram submetidas a diversos testes quantitativos e qualitativos, como microestrutura, composição e propriedades físicas. Os corpos-de-prova foram analisados em quatro situações distintas: polimento somente, condicionamento da superfície com ácido fluorídrico a 9,5% por 90s, jateamento com partículas de óxido de alumínio com 25 µm por 15s e jateamento com partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica com partículas de 30 µm por 15s. Os resultados da análise de rugosidade superficial demonstraram que essa rugosidade é maior quando é utilizado a silicatização ou jateamento óxido de alumínio do que quando realizado polimento somente ou condicionamento com ácido fluorídrico.

Assim demonstrou-se que a cerâmica In-Ceram Zircônia é ácido resistente e que o jateamento da superfície da cerâmica com partículas abrasivas pode melhorar o mecanismo de adesão dos cimentos resinosos. Concluíram também que o jateamento com partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica proporcionou um aumento de 76% do conteúdo de silício em comparação ao polimento somente, o que poderia beneficiar a união química resina/cerâmica por meio do agente silano.

Wolfart *et al.* (2007) avaliaram *in vitro* a resistência e a durabilidade adesiva de dois cimentos resinosos com uma cerâmica de zircônia estabilizada por ítrio (Cercon Degudent, Hanau, Germany) após diferentes tratamentos de superfície. Concluíram que a resistência adesiva foi influenciada em ambos os diferentes métodos de condicionamento de superfície e as condições de armazenamento. Os espécimes jateados e cimentados com cimento resinoso contendo MDP (Panavia F) mostraram as maiores resistências adesivas. Uma pequena diminuição da resistência adesiva foi observada acima de 150 dias de armazenagem e ciclos térmicos, porém, sem relevância estatística. O grupo éster fosfatado do monômero adesivo MDP une diretamente aos óxidos metálicos, portanto, sugerem uma união química entre MDP e os óxidos de alumínio e zircônia. De acordo com o estudo, esses achados indicam que não somente a limpeza, mas a asperização e a ativação da superfície com o jateamento de partículas de óxido de alumínio previamente à união adesiva e o uso do cimento resinoso contendo MDP é necessário para se conseguir uma união durável das cerâmicas de zircônia densamente sinterizadas.

Aboushelib *et al.* (2008) avaliaram a resistência adesiva da interface resina/ zircônia usando um tratamento superficial infiltrativo seletivo (SIE) e 5 novos agentes de ligação silano. Foram confeccionados discos de zircônia (Procera Zircônia, NobelBiocare, Goteborg, Sweden) e estes foram divididos em 2 grupos testes, em

um deles usou-se a cerâmica controle sem tratamento e o outro que recebeu o SIE, que consiste no jateamento com óxidos inorgânicos. Depois de lavados e secos foram aplicados 5 diferentes tipos de agente silano de diferentes composições. Discos de resina composta (Tetric Ivo Ceram) foram cimentados aos discos com superfície tratada usando o cimento contendo MDP (Panavia F). Os blocos foram cortados em barras e submetidos a teste de tração. A análise dos dados revelou uma diferença significativa entre os dois tipos de tratamento superficial, os 5 tipos de agente silano e também da interação entre o tratamento superficial e o silano utilizado, sendo o grupo controle o de pior resistência adesiva. O microscópio eletrônico de varredura revelou que o tratamento superficial infiltrativo seletivo resultou na criação de uma superfície altamente retentiva e capaz de se aderir com o adesivo escolhido. Além da modificação superficial, a SIE modificou quimicamente a superfície da zircônia, deixando-a mais reativa para a aplicação do silano.

Re *et al.* (2008) avaliaram a resistência ao cisalhamento de dois cimentos resinosos contendo monômero fosfatado (RelyX Unicem - 3M ESPE e Panavia F 2.0 Kuraray) para superfície de zircônia de dois fabricantes submetidas a três tratamentos de superfície. Quarenta amostras de zircônia para um fabricante (Lava- 3M ESPE) e quarenta para outro (Cercon – Dentsply) foram submetidas a quatro grupos de tratamento: sem nenhum tratamento, jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50µm, jateamento com partículas de óxido de alumínio de 110µm e silicatização (sistema Rocatec – 3M ESPE) associado a silanização (ESPE Sil – 3M ESPE). Os dois cimentos foram depositados na superfície cerâmica com o auxílio de uma matriz metálica. Pode-se concluir que a rugosidade da superfície dada por jateamento aumentou a resistência de união dos cimentos para a zircônia, sendo que o Panavia F 2.0 foi menos influenciado pelos tratamentos que o RelyX Unicem.

Em mais um trabalho, Aboushelib *et al.* (2009), testaram o método de infiltração seletiva de superfície tido como método capaz de criar uma superfície retentiva, na qual o cimento resinoso pode infiltrar-se. O objetivo desse estudo foi avaliar a resistência em longo prazo de cimentação adesiva da zircônia, utilizando a infiltração seletiva como tratamento de superfície e quatro novos primers. Quarenta discos de zircônia sofreram infiltração seletiva e foram separados em quatro grupos, sendo que em cada grupo foi aplicado um *primer* fabricado pelos autores. As amostras foram submetidas a teste de microtração imediatamente após a cimentação e após 90 dias de armazenamento em água. A ativação dos *primers* e o tipo de fratura foram analisados em espectroscopia de infravermelho. O armazenamento em água resultou em diminuição da assistência adesiva para todos os *primers* testados além de aumentar as fraturas adesivas (interface). A espectroscopia mostrou que todos os *primers* haviam sido devidamente ativados previamente a sua utilização. Concluiu-se que a resistência em longo prazo da cimentação adesiva da zircônia está diretamente relacionada aos aspectos químicos dos materiais utilizados, e que, materiais mais hidrofóbicos deveriam ser pesquisados e produzidos para resistir aos efeitos prejudiciais da hidrólise.

Cavalcanti *et al.* (2009) avaliaram a influência dos tratamentos de superfície e de *primers* metálicos na resistência adesiva de cimentos resinosos à zircônia parcialmente estabilizada por ítrio (Y-TZP) (Cercon Smart Ceramics, Degudent, Hanau, Germany). Duzentos e quarenta placas de cerâmica Y-TZP foram divididas aleatoriamente em 24 grupos ($n = 10$) de acordo com a combinação do tratamento de superfície (controle, abrasão com partículas de Al_2O_3 , Er: YAG), *primer* para metal (controle, Alloy Primer, Metal Primer II ou Metaltite) e cimento resinoso (Calibra [Bis-GMA] ou Panavia F2.0 [MDP]). Fragmentos de dentina (0,8 mm de

diâmetro) foram fixados nas superfícies cerâmicas com os cimentos resinosos. Micro-cisalhamento foi realizado com 1mm/min de velocidade até a falha, e as superfícies cerâmicas foram analisadas após descolagem. Mudanças na topografia após tratamentos de superfície foram avaliadas com microscopia eletrônica de varredura. Os tratamentos de superfície alteraram significativamente a topografia da cerâmica Y-TZP. Abrasão do ar resultou em aumento da resistência de união para ambos os cimentos resinosos. No entanto, o uso do *laser* ou jateamento resultou em maior resistência de união com o cimento a base de Bis-GMA do que com o cimento a base de MDP. Ambos os cimentos apresentaram comportamento semelhante em superfícies sem tratamento. Os três *primers* para metal aumentaram significativamente a resistência de união, independentemente do tratamento de superfície e do cimento. Falhas adesivas foram as mais prevalentes. Abrasão a ar com partículas de Al_2O_3 e aplicação de *primers* metálicos gera maior resistência de união a Y-TZP para ambos os cimentos resinosos.

No mesmo ano, Cavalcanti *et al.* realizaram uma revisão de literatura com o objetivo de apresentar conceitos fundamentais para aplicação clínica da zircônia (Y-TZP). Os autores compreenderam que: jateamento com partículas de óxido de alumínio (silanizados ou não) apresenta-se como o tratamento de superfície mais frequentemente indicado para melhorar a união entre os cimentos resinosos à Y-TZP. Embora estudos tenham indicado que alguns tratamentos de superfície podem reduzir as propriedades mecânicas da Y-TZP, este efeito pode estar relacionado com a técnica de jateamento. O uso de monômeros funcionais especiais pode unir quimicamente ao dióxido de zircônio, parecendo melhorar a qualidade da união entre cimento resinoso e cerâmica. Esses monômeros são encontrados tanto em cimento resinoso quanto *primer*. Apesar de vários estudos científicos disponíveis,

estudos clínicos são necessários para avaliar o comportamento em longo prazo das restaurações Y-TZP e estabelecer quais materiais e técnicas devem ser recomendados para cimentação dessas restaurações.

Considerando que o jateamento causa danos na superfície da cerâmica, uma técnica de união para a zircônia seria através da interação química entre a zircônia e os sistemas de cimentação. De Souza *et al.*(2010) analisaram efeito de *primers*, sistemas de cimentação e envelhecimento na resistência adesiva da zircônia. As amostras de zircônia (LAVA FRAME) foram tratadas quimicamente com Alloy Primer (Kuraray), ou com Epiguard Primer (Kuraray), ambos contendo o monômero ácido funcional (MDP), sendo que o primeiro possui outro monômero, em sua composição, o qual apresenta uma ligação direta com metais nobres. O grupo controle não recebeu nenhum tratamento. As amostras foram cimentadas com RelyX Unicem (3M ESPE) ou com Panavia 21(Kuraray). Os ensaios de micro-tração foram realizados em dois tempos, 24 horas ou 60 dias mais termociclagem (5000 ciclos), após cimentação. Os autores observaram que os grupos tratados com o Alloy Primer apresentaram valor de união mais alto que os grupos tratados com o Epiguard Primer e que os grupos controle tiveram valores de união menor. Quanto ao agente de cimentação, o RelyX Unicem promoveu resistência de união maior quando comparado ao Panavia 21. A média de resistência de união diminuiu após o processo de envelhecimento. Relataram ainda que a aplicação de *primer* contendo MDP pode aumentar a resistência de união entre a zircônia e o sistema de cimentação, sem nenhum tratamento mecânico dependendo do sistema de cimentação utilizado. Concluíram que o tratamento químico pode resultar em uma alternativa confiável para alcançar resistência de união.

Yun *et al.* (2010) estudaram a influencia do jateamento e de *primers* metálicos na resistência ao cisalhamento de três diferentes cimentos resinosos para uma zircônia de alto conteúdo cristalino (Y-TZP). As amostras de zircônia (Rainbow –Dentium) foram divididas em 12 grupos, de acordo com o tratamento (controle, jateamento, aplicação de *primer* metálico, jateamento mais aplicação de *primer* metálico), e com o cimento resinoso (dupla polimerização: Panavia F 2.0 – Kuraray; polimerização química: Superbond C&B – Sunmedical; autoadesivo: MBond Tokuyama Dental Corp.). Os *primers* utilizados foram produzidos e recomendados pelos mesmos fabricantes para cada cimento resinoso. Após os procedimentos de cimentação, as amostras foram armazenadas por 24 horas à 37°C e termocicladas por 5000 ciclos e, em seguida, submetidas ao ensaio de cisalhamento. Concluíram que o tratamento de superfície somente com *primers* metálicos pode não garantir união durável da zircônia à cimentos resinosos e que o jateamento associado a *primers* foi eficaz para os três cimentos testados especialmente para Panavia F 2.0. Assim, consideraram necessário o desenvolvimento de um *primer* específico para zircônia, ao invés da utilização de *primers* metálicos e cerâmicos existentes.

Com o objetivo de avaliar e comparar a influência de diferentes *primers* e cimentos resinosos na resistência à tração para a cerâmica a base de sílica (GN-1 Ceramic Block – GC) e zircônia (Cercon – Degudent), Kitayama *et al.* (2010) jatearam todos os espécimes de ambas as cerâmicas com partículas de óxido de alumínio de 70µm, e para cada agente cimentante, existia um grupo sem utilização do *primer* e outro com a aplicação de *primer* do mesmo fabricante do cimento, da seguinte forma: Bistiti II – Tokuso Ceramic Primer (Tokuyama Dental), Linkmax – CG Ceramic Primer (GC), RelyX ARC – RelyX Ceramic Primer (3M ESPE), Panavia F2.0 – Clearfil Ceramic Primer (Kuraray) e Resicem – Shofu Porcelain Primer ou AZ Primer (Shofu).

Realizada a cimentação, os corpos de prova foram armazenados 24h à 37°C até o ensaio de tração. Os autores observaram que os *primers* contendo agente silano são efetivos para cerâmica à base de sílica e que os *primers* contendo MDP e monômero éster fosfato aumentam a resistência de união dos cimentos resinosos à zircônia.

Magne *et al.* (2010) testaram o efeito de um novo *primer* experimental, uma mistura de ácido carboxílico e organofosfatos (Z – Primer Plus) na resistência adesiva da zircônia. As amostras de zircônia foram jateadas com partículas de óxido de alumínio de 50µm e divididos em 8 grupos (n=5), de acordo com o *primer* e o sistema de cimentação. Os sistemas de cimentação (BisCem – Bisco Inc., Duo-Link – Bisco Inc., Panavia F 2.0 – Kuraray) foram aplicados em superfícies sem tratamento e tratadas com zircônia primer (Z-Plus, Bisco Inc.). o zircônia primer foi testado com cilindros de resina composta (Z100 – 3M ESPE) e em um outro grupo, utilizando o Panavia F 2.0 como cimento, foi aplicado outro *primer* (Clearfil Ceramic Primer). As amostras foram armazenadas por 24h e submetidas ao ensaio de cisalhamento. Os autores observaram que os grupos que utilizaram o Z-Primer Plus apresentaram os maiores valores de união. Quando utilizaram o Panavia F 2.0 com o Clearfil Ceramic Primer os valores foram baixos, similares aos grupos sem aplicação de *primer*, indicando que, quando o agente de cimentação apresenta MDP em sua composição, pode não ser necessário utilizar um *primer* que o contenha.

Qeblawi *et al.* (2010) observaram a influência do tratamento mecânico na resistência à flexão da zircônia (Y-TZP) e o efeito de tratamentos mecânicos e químicos na resistência de união entre a zircônia e um cimento resinoso. Para avaliar a resistência à flexão, os espécimes de zircônia (IPS-e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent) foram divididos em 4 grupos (n=16): sem tratamento, jateamento com partículas de

óxido de alumínio 50µm, silicatização (partículas de óxido de alumínio 30µm modificadas por sílica) e abrasão manual com instrumento rotatório sob irrigação. O teste de resistência à flexão foi realizado 24 horas após armazenamento das amostras em água à 37°C. Para avaliar a resistência ao cisalhamento, amostras de zircônia foram divididas em 16 grupos (n=12). Cada grupo foi submetido a combinação de tratamentos químicos (controle- sem tratamento, condicionamento com ácido fluorídrico e silanização, apenas silanização, aplicador de primer para zircônia) e mecânicos (sem tratamento, jateamento com partículas de óxido de alumínio 50µm, silicatização (partículas de óxido de alumínio 30µm modificadas por sílica) e abrasão manual com instrumento rotatório sob irrigação), de forma que todos foram cimentados com cimento resinoso Multilink Automix (Ivoclar-Vivadent). Concluída a armazenagem, as amostras foram submetidas aos ensaios de cisalhamento. Para analisar o envelhecimento artificial os grupos que obtiveram maiores valores foram duplicados, armazenados por 90 dias e termociclados (6000 ciclos). Os autores identificaram que o jateamento com óxido de alumínio e a abrasão manual aumentam significativamente a resistência à flexão. Quanto ao teste de cisalhamento, os valores de resistência que foram encontrados: silicatização+silanização > abrasão manual + zircônia primer > jateamento + silanização > zircônia primer > jateamento + zircônia primer. O envelhecimento artificial resultou em diminuição significativa na resistência de união. Concluíram que a modificação mecânica na superfície da zircônia aumenta a resistência à flexão, tratamentos de superfície melhoram a união do cimento resinoso à zircônia e, que a combinação de condicionamentos químicos e mecânicos são essenciais para uma união duradoura entre a cerâmica e o cimento resinoso.

Shahin e Kern (2010) avaliaram a retenção de coroas e zircônia cimentadas com dois cimentos convencionais (cimento de ionômero de vidro e cimento de fosfato de zinco) e um cimento resinoso antes e após o envelhecimento. As coroas de zircônia foram divididas em três grupos (n=32) de acordo com o cimento (cimento de ionômero de vidro – Ketac Cem Maxicap/3M ESPE; cimento de fosfato de zinco – Hoffman Quick Setting/Hoffman e cimento resinoso – Panavia 21/Kuraray) e cada grupo foi subdividido em dois subgrupos: jateamento com partículas de óxido de alumínio 50µm e sem jateamento. As amostras foram armazenadas em água destilada à 37°C em dois tempos: 3 dias ou 150 dias + termociclagem (37500 ciclos) + ciclagem dinâmica (300000 ciclos). Foi observado que o jateamento aumentou a retenção da coroa, enquanto que o envelhecimento diminuiu, bem como perceberam, também, que o cimento resinoso apresentou valores de retenção estatisticamente maior quando comparados aos cimentos convencionais. Relataram ainda, que a utilização de cimentos resinosos contendo MDP em superfícies cerâmicas jateadas podem ser recomendados como o método de cimentação mais retentivo.

Com o objetivo de avaliar a influência de diferentes tipos de tratamento de superfície na força de adesão por microtração do cimento resinoso à cerâmica de zircônia, Casucci *et al.* (2011) dividiram 12 blocos de cerâmica de óxido de zircônio (Cercon® Zirconia Dentsply) em quatro grupos baseado no tratamento de superfície a ser trabalhado: grupo 1- jateamento com partículas de óxido de alumínio 125µm; grupo 2 - tratamento superficial infiltrativo seletivo (SIE); grupo 3 – solução experimental de ácido aquecido aplicada por 30 minutos; e grupo 4 – nenhum tratamento. Cilindros de compósito foram cimentados aos blocos de cerâmica utilizando um cimento resinoso (Calibra® Dentsply) e adequado sistema adesivo. Após 24 horas foi

realizado o teste de microtração. Os resultados mostraram que os valores de força de adesão foram maiores para os grupos 2 e 3 quando comparados aos grupos 1 e 4. Fraturas prematuras foram encontradas com maior frequência no grupo controle.

Aboushelib (2011) realizou um estudo para avaliar a força de adesão zircônia-resina após tratamento superficial infiltrativo seletivo (SIE) para modificar a superfície de materiais a base de zircônia. Discos de zircônia receberam como tratamentos de superfície: tratamento superficial infiltrativo seletivo (SIE) ou jateamento com partículas de óxido de alumínio $50\mu\text{m}$, enquanto o grupo controle não recebeu nenhum tratamento. Os discos de zircônia foram cimentados à discos de resinas pré-envelhecidos utilizando cimento resinoso (Panavia F 2.0). As amostras foram armazenadas em água destilada à 37°C e submetidas à termociclagem (10000 ciclos entre 5°C e 55°C). Testes de microtração foram feitos e repetidos nos seguintes intervalos: 4, 26, 52 e 104 semanas. Os resultados mostraram que houve diferença significativa nos valores do teste de microtração entre os três grupos em cada intervalo de tempo. Após dois anos de envelhecimento artificial, todas as espécimes do grupo controle demonstraram falha espontânea, enquanto uma redução significativa da força de adesão no grupo o qual se utilizou o jateamento como tratamento de superfície (21.3MPa). A força de tração do grupo que recebeu tratamento superficial infiltrativo seletivo (SIE) permaneceu relativamente estável (44.1MPa) após o envelhecimento.

DISCUSSÃO

3 - DISCUSSÃO

O desenvolvimento de tecnologias para produção de novos materiais biocompatíveis tem sido motivado pela demanda de materiais que executem novas funções ou desempenhem antigas funções de forma mais adequada. Hoje as cerâmicas constituem uma das principais alternativas para a reconstrução das estruturas dentárias perdidas, já que se trata do material que melhor reproduz as propriedades ópticas do esmalte e da dentina, como fluorescência, opalescência e translucidez (VAN NOORT, 2004).

Embora as cerâmicas possuam excelentes propriedades físicas, são materiais frágeis que, frente aos esforços, podem fraturar-se devido a propagação de defeitos microscópicos presentes na superfície (BLATZ *et al.*, 2003). Essa busca pelo aperfeiçoamento estético associado à necessidade em se obter boas propriedades mecânicas, levaram à substituição das infraestruturas metálicas, surgindo assim com os sistemas cerâmicos reforçados.

As cerâmicas de elevado conteúdo cristalino, como a alumina e a zircônia, por exemplo, possuem propriedades mecânicas superiores quando comparadas às convencionais. O uso da alumina, entretanto, tem sido questionado devido à possibilidade de propagação de trincas entre os cristais, o que reduz sua resistência à fadiga e faz com que este material seja considerado uma cerâmica de resistência intermediária (ZHANG *et al.*, 2004). Por outro lado, o dióxido de zircônia, uma cerâmica de alta resistência, tem sido sugerido como material de eleição para substituir a alumina (PICCONE E MACCAURO, 1999; ZHANG *et al.*, 2004)

As propriedades mecânicas superiores e alta resistência à fratura deste material em adição à tecnologia CAD-CAM permite a fabricação de restaurações complexas e de

longa duração com alta precisão e taxa de sucesso. (ABOUSHELIB, 2009; GUAZZATO *et al*, 2004).

Os elevados valores de resistência à flexão e tenacidade à fratura das cerâmicas Y-TZP devem-se principalmente à atuação do mecanismo de tenacificação por transformação martensítica da fase tetragonal para fase monoclinica induzida pelo campo de tensão na ponta da trinca. O aumento de volume e o cisalhamento promovido pela transformação martensítica tendem a contrapor a abertura da trinca. Esse aumento na resistência ocorre porque a energia associada à propagação da trinca se dissipa na transformação tetragonal-monoclinica com a expansão do volume (PICONI; MACCAURO, 1999 e DENRY; KELLY, 2008).

Entretanto, seu sucesso clínico também depende da formação de uma união confiável com os agentes de cimentação (DE SOUZA *et al.*, 2010).

A utilização de cimentos resinosos possui algumas vantagens em relação a outras classes de materiais, uma vez que apresentam baixa solubilidade e característica estética melhorada (LUTHY *et al.*, 2006).

As técnicas de adesão e os sistemas cerâmicos modernos oferecem varias opções de tratamento. A união à cerâmica tradicional à base de sílica é um procedimento previsível, que rende bons resultados quando determinadas diretrizes são seguidas. Entretanto, a composição e as propriedades físicas dos materiais cerâmicos de alta resistência diferem substancialmente das cerâmicas à base de sílica e exigem técnicas adesivas alternativas para obtenção de uma união forte e duradoura ao material resinoso (BLATZ *et al*, 2003; THOMPSON *et al*, 2011).

A adesão entre cerâmicas odontológicas e cimentos resinoso é resultado de interação físico-química entre a interface da cerâmica/cimento. O tratamento de

superfície tem como objetivo promover esta interação. A contribuição física para o processo de adesão depende da topografia superficial do substrato e pode ser caracterizada por sua energia de superfície. Alterações da topografia da superfície por meio de condicionamento ou jateamento resultarão em mudanças na superfície e conseqüentemente, na molhabilidade do substrato, podendo também, alterar a energia de superfície e o potencial adesivo. O aumento na energia de superfície cerâmica, obtido através de tratamentos químicos ou mecânicos, pode portanto, melhorar a resistência de união entre cerâmica e cimento (DELLA BONA, 2005).

O jateamento com óxido de alumínio é o método de tratamento de superfície preferencial para os materiais cerâmicos de alta resistência (BLATZ *et al.*, 2003; RE *et al.*, 2008). Os sistemas micromecânicos de união utilizam essas partículas de abrasão para melhorar a microrretenção e aumentar a área de superfície de união. São métodos que asperizam a superfície, aumentando sua energia de superfície e, conseqüentemente, o molhamento. (BLATZ *et al.*, 2003)

Entretanto, alguns autores indicam que as microporosidades criadas pelos tratamentos de superfície podem atuar como iniciadores de trincas, enfraquecendo os materiais cerâmicos (THOMPSON *et al.*, 2004). Além disso, o jateamento com óxido de alumínio puro nas cerâmicas reforçadas com zircônia não vem apresentando resultados promissores em vários estudos (KERN e WEGNER, 1998; YOSHIDA *et al.*, 2006; PIASCIK *et al.*, 2009), e para essas cerâmicas, a durabilidade da resistência adesiva tem sido mais associada ao cimento escolhido (por permitir melhor interação química) do que à asperização superficial (KERN e WEGNER, 1998; OYAGUE *et al.*, 2009b).

Na tentativa de melhorar quimicamente a resistência de união mecânica, vários monômeros adesivos, presentes em *primers* e sistemas de cimentação também tem

sido utilizados (CAVALCANTI *et al.*, 2009; YUN *et al.*, 2010). Esses monômeros ácidos podem reagir com os óxidos presentes na superfície da zircônia. A combinação dos dois métodos de pré-tratamento é recomendada para tentar alcançar uma maior resistência de adesão (MAGNE *et al.*, 2010).

Seguindo a intenção de melhorar os resultados encontrados, as pesquisas então têm buscado materiais que possam interagir quimicamente com melhor efetividade na superfície das cerâmicas a base de zircônia, tratadas ou não por meio do jateamento. Os materiais resinosos a base de monômeros fosfatados, particularmente o MDP (10-metacriloxidecil dihidrogênio fosfato), tem sido relatados como os melhores cimentos resinosos para cerâmicas contendo zircônia, visto que possuem capacidade de interação química com os óxidos de zircônio (WOLFART *et al.*, 2007) e mesmo alumina (MADANI *et al.*, 2000), mediada por um grupamento éster-fosfatado capaz de se ligar a íons metálicos (KERN e WEGNER, 1998).

Em um estudo sobre durabilidade de resistência adesiva, Luthy *et al.* (2006) demonstrou que a cimentação com cimento resinoso convencional sem a execução de nenhum tratamento superficial, ou mesmo pela silicatização com o sistema Rocatec, é estatisticamente inferior ao uso dos cimentos contendo MDP.

Wolfart *et al.* (2007), estudaram o efeito do jateamento com óxido de alumínio e o tipo de cimento resinoso (contendo ou não MDP) e demonstraram, que os maiores e melhores valores de resistência adesiva foram obtidos após jateamento e cimentação com cimento a base de MDP. Questionando então a influência do tipo de cimento e do tratamento superficial executado. Oyague *et al.* (2009) demonstraram que a escolha do cimento é mais importante visto que o cimento

Clearfil Esthetic Cement (que contém MDP) apresentou os mais altos valores de resistência adesiva, independentemente do tipo de tratamento superficial (controle, jateamento e jateamento com partículas revestidas por sílica).

Entretanto, é importante que estas análises possam prever a durabilidade do procedimento adesivo. Trabalhos têm mostrado que a resistência à união diminui significativamente, abaixo de valores clínicos aceitáveis, após o armazenamento em longo prazo e termociclagem. (KERN e WEGNER, 1998; AMARAL *et al.*, 2008)

Amaral *et al.* (2008), em análise imediata mostraram que para o cimento Panavia F (que contém MDP) o jateamento com óxido de alumínio contendo ou não sílica resulta em semelhantes valores de resistência de união; entretanto, após termociclagem e armazenagem em água por 150 dias a resistência de união do grupo que recebeu jateamento convencional foi estatisticamente pior que o uso do Cojet ou Rocatec, apesar de que a cerâmica usada em seu estudo foi a In-Ceram Zircônia, que tem somente 13% de zircônia e 67% de alumina.

Estudos prévios mostram que a deposição de sílica pelo método de silicatização Rocatec, amplia os resultados de resistência adesiva (MICHIDA *et al.*, 2003), embora após um regime de termociclagem a resistência tenha caído pela metade (KERN e WEGNER, 1998), o que pode sugerir a instabilidade da união obtida.

A associação sistemas para silicatização e cimento com MDP tem sido mostrada como mais benéfica do que o uso dos cimentos com MDP somente (ATSU *et al.*, 2006; AMARAL *et al.*, 2008) pelo fato de que a superfície mais áspera criada pelo

jateamento torna-se também propícia a adesão mediada pelo silano, o qual amplia a energia de superfície e se une quimicamente a mesma (ATSU *et al.*,2006).

Tendo em vista que as técnicas de cimentação adesiva para as cerâmicas à base de óxido de zircônia ainda não estão bem estabelecidas, pesquisas futuras são necessárias principalmente para investigar o comportamento dessas matérias em longo prazo. Entretanto todos os resultados já obtidos devem ser considerados, sendo de extrema importância para a compreensão das características e comportamento das cerâmicas de zircônia.

CONCLUSÃO

4 – CONCLUSÃO

A zircônia é um material comprovadamente indicado para uso restaurador sob os aspectos biológicos, funcionais e estéticos. Cabe ao cirurgião dentista estar informado quanto as suas propriedades, como dos estudos laboratoriais e clínicos para indicar sua utilização de forma correta, extraindo o máximo proveito de suas características.

Estudos têm sugerido técnicas de cimentação específicas para as cerâmicas a base de zircônia. Estas técnicas incluem métodos de tratamento de superfície a exemplo do jateamento com óxido de alumínio ou com partículas de sílica, além do uso concomitante de materiais que promovam união química ao dióxido de zircônio.

A realização de um tratamento de superfície aumentou consideravelmente os valores de resistência de união entre a cerâmica de zircônia e os cimentos resinosos de uma maneira geral, sendo que quando associado ao uso de *primers* ou cimentos contendo MDP, os valores de resistência de união são ainda melhores.

Tratamentos de superfície, como o jateamento com óxido de zinco, podem levar a redução da resistência à fratura. Assim, o efeito dessas alterações na durabilidade de restaurações de Y-TZP deve ser investigado em estudos de longo prazo para determinar se a maior retenção conferida às superfícies abrasionadas compensa as mudanças ocorridas nas propriedades mecânicas.

Mais estudos são necessários para avaliar os efeitos dos tratamentos de superfície e resistência de adesão, principalmente referente à análise em longo prazo, em condições de armazenamento e termociclagem, de forma a predizer a durabilidade do procedimento adesivo.

REFERÊNCIAS

- ABOUSHELIB M.N., KLEVERLAAN C.J., FEILZER A.J. Selective infiltration-etching technique for a strong and durable bond of resin cements to zirconia-based materials. *J. Prosthet. Dent.*, v.98, n.5, p.379-88, 2007.
- ABOUSHELIB M.N., MATINLINNA J.P., SALAMEH Z., OUNSI H. Innovations in bonding to zirconia-based materials: Part I. *Dent. Mater.* v.24, n.9, p.1268-72, 2008.
- ABOUSHELIB M.N., MIRMOHAMAD H., MATINLINNA J.P., KUKK E., OUNSI H.F. , SALAMEH Z. Innovations in bonding to zirconia-based materials: Part II: focusing on chemical interactions. *Dent. Mater.* v.25, n.8, p.989-93, 2009.
- ABOUSHELIB M. Evaluation of zirconia-resin bond strength and interface quality using a new technique. *J. Adhes. Dent.* v.13, p.255-60,2011.
- AMARAL R., OZCAN M., VALANDRO L.F., BALDUCCI I., BOTTINO M.A. Effect of conditioning methods on the microtensile bond strength of phosphate monomer-based cement on zirconia ceramic in dry and aged conditions. *J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater.* v.85, n.1, p.1-9, 2008.
- ANUSAVICE K.J. Ceramics Odontológicas. In: ANUSAVICE, KJ. *Phillip's: materiais dentários*. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier,2005. Cap 12, p.619-672.
- ATSU S.S., KILICARSLAN M.A., KUCUKESMEN H.C., AKA P.S. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J. Prosthet. Dent.* v. 95, n. 6, p.430-6,
- BLATZ M.B., SADAN A., KERN M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J. Prosthet. Dent.* v.89, n.3, p.268-74, 2003.
- BLATZ M.B, SADAN A., MARTIN J., IANG B. In vitro evaluation Bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long term storage and thermal cycling. *J. Prosthet. Dent.* v.91, n.4, p. 356-62, 2004.
- BURGESS J.O., GHUMAN T., CAKIR D. Self adhesive resin cements. *J. Esthet. Restor. Dent.* v.22, n.6, p. 412-19, 2010.
- CASUCCI A., *et al.* Influence of different surface treatments on surface zirconia frameworks. *J. Dent.* v.37, n.11, p. 891-7, 2009.
- CASUCCI A., *et al.* Effect of surface pre-treatments on zirconia ceramic-resin microtensile bond strength. *J. Dent.* 2011; doi:10.1016
- CAVALCANTI A.N., FOXTON R.M., WATSON T.F., OLIVEIRA M.T., GIANNINI M., MARCHI G.M. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper. Dent.* v.34, n.3, p. 280-7, 2009.
- CHEVALIER J., DEVILLE S., MÜNCH E., JULLIAN R., LAIR F. Critical effect of cubic phase on aging in 3 mol% yttria-stabilized zirconia ceramics for hip replacement prosthesis. *Biomaterials.* v. 25, n.24, p.5539-45, 2005.

DE GOES M.F. Cimentos Resinosos. In: CHAIN MC, BARATIERI LN. *Restaurações estéticas com resinas compostas em dentes posteriores*. 1 ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998. Cap.6, p.176.

DE SOUZA G.M.D., SILVA N.R.F.A., PAULILLO L.A.M.S., DE GOES M.F., REKOW E.D., THOMPSON V.P. Bond strength to high-crystalline content zircônia after different surface treatments. *J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater.* v.93, n. 2, p.318-23, 2010.

DELLA BONA A., VAN NOORT R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J. Dent. Res.* v.74, n.9, p. 1591-6, 1995.

DELLA BONA A., SHEN C., ANUSAVICE K.J. Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. *Dent. Mater.* V.20, n.4, p. 338-44, 2004.

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. Ora.l Res.* v.21, n.1, p. 10-15, 2007a.

DELLA BONA A., DONASSOLLO T.A., DEMARCO F.F., BARRETT A.A., MECHOLSKY J.J. Characterization and surface treatment effects on topography of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced ceramic. *Dent. Mater.* v.23, n.6, p. 769-75, 2007b.

DENRY I., KELLY J.R. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent. Mater.* v.24, p.299-307, 2008.

DERAND P., DERAND T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int. J. Prosthodont.* v. 13, n. 2, p. 131-35, 2000.

DIAZ-ARNOLD A.M., VARGAS M.A., HASSELTON D.R. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J. Prosthet. Dent.* v.81, n.2, p.135-41, 1999.

GUAZZATO M., PROOS K., QUACH L. *et al.* Strength, reliability and mode of fracture of bilayered porcelain/zirconia (Y-TZP) dental ceramics. *Biomaterials.* v. 25, p. 5045-52, 2004.

GUAZZATO M., QUACH L., ALBAKRY M. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. *Journal of Dentistry.* v. 33, p. 9-18, 2005.

JANDA R., ROULET J.F., WULF M., TILLER H.J. A new adhesive technology for all-ceramics. *Dent. Mater.* v.19, n.6, p. 567-73, 2003.

KELLY J.R., NISHIMURA I., CAMPBELL S.D. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J. Prosthet. Dent.* v.75, n.1, p.18-32, 1996.

KERN M., THOMPSON V.P. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *J. Prosthet. Dent.* v.73, n.3, p.240-9, 1995.

KERN M., WEGNER S.M. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent. Mater.* v. 14, n.1, p. 64-71, 1998.

- KITAYAMA S., NIKAIDO T., TAKAHASHI R., *et al.* Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zircônia ceramic. *Dent Mater.* v. 26, n.5, p.426-32, 2010.
- LEE H.J., RYU J.J., SHIN S.W., SUH K.W. Effect of surface treatment methods on the shear bond strenght of resin cement to zirconia ceramic. *J. Korean Acad. Prosthodont.* v. 45, n.6, p. 743-52.
- LUGHI V., SERGO V. Low temperature degradation aging of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dent. Mater.* v.26, p.807-20, 2010.
- LUTHY H., LOEFFEL O., HAMMERLE C.H. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent. Mater.* v.22, n.2, p.195-200, 2006.
- MADANI M., CHU F.C., MCDONALD A.V., SMALES R.J. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. *J. Prosthet. Dent.* v.83, n.6, p.644-7, 2000.
- MAGNE P., PARANHOS M.P.G., BURNETT J.R. New zircônia primer improves Bond strength of resin-based cements. *Dent Mater.* v. 26, n.4, p.345-52, 2010.
- MATINLINNA J.P., HEIKKINEN T., OZCAN M., *et al.* Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dent. Mater.* v.22, p.824-31, 2006.
- MCLEAN J.W., HUGHS T.H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br. Dent. J.* v.119, n.6, p.251-67, 1965.
- MICHIDA S.M.A., VALANDRO L.F., YOSHIGA S., ANDREATTA O.D., BALDUCCI I., BOTTINO M.A. Efeito do tratamento de superfície de uma cerâmica aluminizada infiltrada de vidro sobre a resistência à microtração. *J. Appl. Oral. Sci.* v.11, n.4, p.361-6, 2003.
- OYAGUE R.C., 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.* v.25, n.2, p.172-9, 2009a.
- OYAGUE R.C., MONTICELLI F., TOLEDANO M., OSORIO E., FERRARI M., OSORIO R. Effect of water aging on microtensile bond strength of dual-cured resin cements to pre-treated sintered zirconium-oxide ceramics. *Dent. Mater.* v.25, n.3, p. 392-9, 2009b.
- PIASCIK J.R., SWIFT E.J., THOMPSON J.Y., *et al.* Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dent. Materials.* v.25, p.1116-21, 2009.
- PICCONE C., MACCAURO G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* v.20, n.1, p.382-8, 1999.
- PIWOWARCZYK A., LAUER H.C. Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent.* v.28, n.5, p. 535-42, 2003.
- PJETURSSON E.B., SAILER I., ZWAHLEN H., HAMMERLE C.H.F. A sistematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: single crowns. *Clin. Oral Implants Res.* v.18, n.3, p.72-85, 2007.

QEBLAWI M.D., MONÓZ C.A., BREWER J.D., MONACO E.A. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J. Prosthet. Dent.* v.103, n.4, p.210-20, 2010.

RE D., AUGUSTI D., SAILER I., SPREAFICO D., CERUTTI A. The effect of surface treatment on the adhesion of resin cements to Y-TZP. *Eur. J. Esthet. Dent.* v.3, n.2, p.186-96, 2008.

RIBEIRO, C.; LOPES, M.; FARIAS, A.; CABRAL, B.; GUERRA, C. Prosthesis cementation: conventional and adhesive procedures. *Intern. Journal of Dent.* v.6, n.2, p.53-64, 2008.

ROSENSTIEL S.F., LAND M.F., CRISPIN B.J. Dental luting agents: a review of current literature. *J. Prosthet. Dent.* v.80, n.3, p.280-301, 1998.

SADAN A., BLATZ M., LANG B. Clinical Considerations for Densely Sintered Alumina and Zirconia Restorations: Part 1. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.* v.25, p.213-9, 2005.

SHAHIN R., KERN M. Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent. Mater.* v.26, n.9, p.922-28, 2010.

SOARES C.J., SOARES P.V., PEREIRA J.C., FONSECA R.B. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: a literature review. *J. Esthet. Restor. Dent.* v.17, n.4, p.224-35, 2005.

SÖDERHOLM K.M., REETZ E.A. Factors affecting reability of a resin-based cement joint. *Gen. Dent.* v.44, n.4, p.296-302, 1996.

THOMPSON, Van P.; REKOW, D. E. Dental ceramics and the molar crown testing ground. *J. Appl. Oral Sci.* v. 12, n. spe, 2004 .

THOMPSON J., STONER B., PIASCNIK J., SMITH R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent. Mater.* v.27, p.71-82, 2011.

VAGKOPOULOU T., KOUTAYAS S.O., KOIDIS P., STRUB J.R. Zirconia in dentistry: Part I. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur. J. Esthet. Dent.* v.4, n.2, p.130-51, 2009.

VALANDRO L.F., DELLA BONA A., ANTONIO BOTTINO M., NEISSER M.P. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J. Prosthet. Dent.* v.93, n.3, p.253-9, 2005.

WALL J.G., CIPRA D.L. Alternative crown systems. Is the metal-ceramic crown always the restoration of choice. *Dent. Clin. North Am.* v.36, n.3, p.765-82, 1992.

WOLFART M., LEHMANN F., WOLFART S., KERN M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent. Mater.* v.23, n.1, p.45-50, 2007.

YOSHIDA K., TSUO Y., ATSUTA M. Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester monomer and zirconate coupler. *J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater.* V.77, n.1, p.28-33, 2006.

YUN J.Y., HA S.R., LEE J.B., KIM S.H. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent. Mater.* v.26, n.7, p.650-58, 2010.

ZHANG Y., PAJARES A., LAWN B.R. Fatigue and damage tolerance of Y-TZP ceramics in layered biomechanical systems. *J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater.* v.71, n.1, p.166-71, 2004.