

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA E DO MODO DE FRATURA DE  
RESTAURAÇÕES ADESIVAS IMPLANTOSSUPOORTADAS EM CERÂMICA E  
RESINA COMPOSTA SOBRE PILARES PERSONALIZADOS DE ZIRCÔNIA PARA  
REGIÃO DE PRÉ-MOLARES**

**ELISA ODERICH**

**Florianópolis**

**2011**



**ELISA ODERICH**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA E DO MODO DE FRATURA DE  
RESTAURAÇÕES ADESIVAS IMPLANTOSSUPORTADAS EM CERÂMICA E  
RESINA COMPOSTA SOBRE PILARES PERSONALIZADOS DE ZIRCÔNIA PARA  
REGIÃO DE PRÉ-MOLARES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia. Área de Concentração: Implantodontia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Cardoso

Co-orientador: Prof. Dr. Pascal Magne

Florianópolis

2011





**ELISA ODERICH**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA E DO MODO DE FRATURA DE  
RESTAURAÇÕES ADESIVAS IMPLANTOSSUPORTADAS EM CERÂMICA E  
RESINA COMPOSTA SOBRE PILARES PERSONALIZADOS DE ZIRCÔNIA PARA  
REGIÃO DE PRÉ-MOLARES**

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do grau de **Doutora em Odontologia**, área de concentração **Implantodontia**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de maio de 2011.

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Antônio Carlos Cardoso

Orientador

---

Profa. Dra. Ivete Aparecida de  
Mattias Sartori  
Membro

---

Prof. Dr. Eduardo Antônio Ayub  
Membro

---

Profa. Dra. Maria Antônia Z. de  
Figueiredo  
Membro

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini  
Membro



## DEDICO ESTA TESE,

---

A **Deus**, pela vida.  
Aos meus pais, **Myriam** e **Ernesto**, pelo amor e  
dedicação.  
Ao **Luís**, por acreditar e compartilhar todos os  
momentos deste sonho... Essa conquista é nossa!

*Amo vocês!*



## AGRADECIMENTOS

---

*A Deus, por me dar a oportunidade de cruzar o meu caminho com pessoas tão especiais...*

*Ao meu orientador, **Prof. Dr. Antônio Carlos Cardoso**, por ter sido esse “PAI” que me acolheu desde o primeiro semestre do mestrado. Agradeço pelo seu exemplo, sua dedicação, sua confiança, suas críticas, seus conselhos, seus ensinamentos... Foi o grande incentivador à realização de um estágio no exterior, viabilizando a parceria de trabalho com o Prof. Dr. Pascal Magne.*

*Aos professores, **Dr. Ricardo de Souza Magini** e **Dr. Marco Aurélio Bianchini**, sou grata pelo incentivo, pelo apoio, pelo aprendizado e pela amizade.*

*Aos demais **professores, colegas, ex-colegas, e funcionárias do Centro de Estudos e Pesquisa em Implantes Dentários - CEPID**, com os quais compartilhei momentos inesquecíveis e tanto me ajudaram.*

*À **Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC**, pela possibilidade de participar do seu Programa de Pós-Graduação em Odontologia.*

*À **Universidade do Sul da Califórnia - USC**, pelo acolhimento durante os meses em que frequentei suas atividades como ‘Visiting Scholar’.*

*À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação - CAPES**, pelo apoio e pela bolsa de doutorado sanduíche (Processo BEX - 1897-09-8).*

*À **NEODENT**, em nome da **Profa. Ivete A. M. Sartori, Newton D’Avilla, Alexander Golin** e **Thiago Vieira**, pelo apoio incondicional, pela ajuda, pela atenção e pelo suporte com materiais e procedimentos necessários para a execução deste projeto.*

*Ao grande amigo, mestre e exemplo de profissional, **Eduardo A. Ayub**, um agradecimento especial por ter introduzido a Implantodontia em minha vida. A paixão pelo conhecimento e pelo que faz contagia a todos que estão ao seu lado... Com ele aprendi muito!*

*À **Profa. Dra. Maria Antônia Z. de Figueiredo**, minha orientadora de iniciação científica, que fez nascer em mim a vontade de continuar em busca do conhecimento científico e da vida acadêmica.*

*À **Fabiola**, pela amizade e pela excelente preparação para a realização do teste de proficiência da língua inglesa.*

*Aos amigos **Pascal, Geibi, Erine, Santiago, Michel, Inge, Luís Henrique, Kathryn, Zeina, Silvana, Namsung, Odena, Michael, Kyle, Maria Paula e Daniel**, com quem compartilhei momentos agradáveis de alegria e descontração em Los Angeles.*

*À querida **Silvana** que chegou de mansinho e logo conquistou a minha amizade e carinho com a sua ternura e ajuda em todas as horas. Foram poucos meses de convivência, mas certamente, ficarão para sempre registrados em minha memória.*

*Aos **colegas e funcionários do Centro Odontológico Córrego Grande** por toda ajuda e atenção conferida aos pacientes durante a minha ausência e a boa acolhida no meu retorno.*

*Às queridas **Tia Márcia, Profa. Liene Campos** e a **Cleunisse Rauen Canto** pelas sugestões e cuidado na revisão e formatação deste trabalho.*

*Aos queridos **Luciane, Marcelo, Laís, Sra. Olides, Ricardo e Cristiana** pelo amparo, suporte físico e emocional durante a minha ausência do país...Obrigada pelo carinho!*

*Aos meus irmãos **Vitor, Edmundo e Suzana**, aos meus irmãos "emprestados" **Ângela, Daniele e Rodrigo**, e, mais recentemente, ao meu primeiro sobrinho, **Camilo**, pelo carinho e pela torcida!*

*Aos meus pais, **Myriam e Ernesto**, por todo amor, ajuda e amparo sempre.  
Obrigada por sempre incentivarem os estudos e proporcionarem as melhores  
oportunidades para ir a busca dos meus sonhos.*

*Ao **Luís**, companheiro de todas as horas... Durante o doutorado descobrimos nossas  
afinidades e desenvolvemos a capacidade de trabalhar juntos. Aprendi que somos  
melhores quando estamos juntos! Não existe maneira, nem palavras para agradecer  
sua compreensão, sua companhia, seu carinho, em especial, seu amor.*

*E, por fim, ao querido mestre **Pascal Magne**, por ser um orientador brilhante! Que  
não apenas sabe executar de maneira extraordinária procedimentos clínicos  
restauradores como também sabe ensinar, orientar e exigir de seus discípulos o  
melhor... A oportunidade que nos deu a vida de cruzar os nossos caminhos  
proporcionou uma experiência única... de sermos seus 'visiting scholars' durante um  
ano e despertar em nós o gosto pela pesquisa. Com certeza, além do aprendizado, fica  
a saudade e a lembrança dos momentos agradáveis que passamos na sua companhia e  
de sua família.*





## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CAD/CAM	-	<i>Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing</i>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	óxido de alumínio
Y-TZP	-	zircônia policristalina tetragonal estabilizada com ítria
CO	-	onlay cerâmica
CRO	-	onlay de resina composta
CC	-	coroa de cerâmica
CRC	-	coroa de resina composta
N	-	Newtons
Hz	-	Hertz
x	-	ciclos
%	-	porcentagem
MPa/m <sup>1/2</sup>	-	unidade de medida da tenacidade à fratura
MPa	-	unidade de medida da resistência flexural
K <sub>1c</sub>	-	unidade de deformação plana
µm	-	micrometros
mm	-	milímetros
cm	-	centímetros
h	-	hora
min	-	minuto
s	-	segundo
°C	-	graus Celsius



## LISTA DE FIGURAS

### DO ARTIGO EM PORTUGUÊS

- Fig. 1: Pilares personalizados de zircônia com *designs* diferentes de preparo para onlay (A) e coroa (B)..... 49
- Fig. 2: Impressão virtual dos dois pilares personalizados de zircônia usando a tecnologia do Cerec 3. Dimensões e medidas das restaurações CAD/CAM padronizadas tipo onlay (esquerda) e coroa (direita) (A). Restaurações CAD/CAM tipo onlay e coroa em resina composta e pilares personalizados de zircônia (B)..... 51
- Fig. 3: Máquina de fadiga MTS 858 Mini Bionix II (A). Espécime na célula de carga (B, recipiente e água removidos para fotografia). ..... 55
- Fig. 4A: Probabilidade de sobrevivência das onlays e coroas de resina composta (Paradigm MZ100) e cerâmica (Paradigm C) cimentadas adesivamente em pilares personalizados de zircônia..... 60
- Fig. 4B: Comparação da probabilidade de sobrevivência de restaurações implantossuportadas em resina composta (Paradigm MZ100) e cerâmica (Paradigm C)..... 61
- Fig. 4C: Comparação da probabilidade de sobrevivência de pilares personalizados de zircônia com dois *designs* distintos (onlay vs. coroa). ..... 61
- Fig. 5: Espécimes no final do teste. Coroa (A,B) e onlay (C,D) de Paradigm MZ100. Onlay (E) e coroa (F) de Paradigm C com falha parcial. Onlay (G) e coroa (H) de Paradigm C com falha total. .... 62

### DO ARTIGO EM INGLÊS

- Fig. 1: Custom zirconia abutments with different preparation *designs* for an onlay (A) and crown (B)..... 89
- Fig. 2: Virtual impression of two custom zirconia abutments using Cerec 3 technology. Standard CAD/CAM restoration *designs* and measurements for onlay (left) and crown (right) (A). CAD/CAM composite resin onlay and crown and custom zirconia abutments (B)..... 91

Fig. 3: MTS 858 Mini Bionix II fatigue system (A). Close-up view of specimen in load chamber (B, casing and water removed for photography).....94

Fig. 4A: Survival probability of composite resin (Paradigm MZ100) and ceramic (Paradigm C) crowns and onlays bonded to custom zirconia abutments.....99

Fig. 4B: Survival probability of pooled data comparing composite resin (Paradigm MZ100) and ceramic (Paradigm C) restorations. ....100

Fig. 4C: Survival probability of pooled data comparing two custom zirconia abutments with different preparation *designs* (crown vs. onlay).....100

Fig. 5: Specimens at the end of testing. Paradigm MZ100 crown (A, B) and onlay (C, D). Paradigm C onlay (E) and crown (F) with partial failure. Paradigm C onlay (G) and crown (H) with total failure.....101

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resistência à fadiga de onlays e coroas de Paradigm C cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia. ....	58
<b>Tabela 2.</b> Comparação <i>post-hoc</i> usando o teste de <i>Logrank</i> ( $P < 0,01$ indica diferença estatisticamente significativa). ....	59
<b>Tabela 3.</b> Índice de sobrevivência de restaurações implantossuportadas em cerâmica e resina composta:.....	59
<b>Tabela 4.</b> Modo de fratura de onlays e coroas em cerâmica cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia (como % das restaurações que falharam).....	60
<b>Table 1.</b> Fatigue resistance of Paradigm C onlays and crowns bonded to custom zirconia abutments.....	97
<b>Table 2.</b> Post-hoc comparisons using Logrank test ( $P < .01$ indicates significant difference):.....	98
<b>Table 3.</b> Survival rates of ceramic and composite resin implant supported restorations. ....	98
<b>Table 4.</b> Failure mode of ceramic onlays and crowns bonded to custom zirconia abutments (as a % of failed restorations). ....	99



# SUMÁRIO

## **CAPÍTULO I**

RESUMO .....	23
ABSTRACT .....	25

## **CAPÍTULO II**

INTRODUÇÃO .....	29
PROPOSIÇÃO .....	37

## **CAPÍTULO III**

VERSÃO DO ARTIGO EM PORTUGUÊS .....	41
VERSÃO DO ARTIGO EM INGLÊS .....	81

## **CAPÍTULO IV**

REFERÊNCIAS .....	121
-------------------	-----

## **CAPÍTULO V**

ANEXO A - ILUSTRAÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA .....	131
ANEXO B – DEMAIS TRABALHOS REALIZADOS DURANTE O DOUTORADO .....	147







# CAPÍTULO I

---



ODERICH, Elisa. **Avaliação da resistência à fadiga e do modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas de cerâmica e resina composta sobre pilares personalizados de zircônia para região de pré-molares.** 2011. 152p. Tese (Doutorado em Odontologia - Área de Concentração em Implantodontia) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

Esse estudo avaliou a resistência à fadiga e o modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas confeccionadas de cerâmica e resina composta sobre pilares personalizados de zircônia para região de pré-molares com dois *designs* distintos, para coroas e onlays. Foram obtidos 60 pilares personalizados apresentando dois preparos distintos (coroa ou onlay). As restaurações correspondentes foram fabricadas pelo sistema CAD/CAM (Cerec 3) em cerâmica (Paradigm C) ou resina composta (Paradigm MZ100) totalizando 4 grupos experimentais, n=15. As superfícies adesivas dos pilares foram jateadas com  $Al_2O_3$ . As superfícies internas das restaurações foram condicionadas com ácido hidrófluorídrico e silanizadas (Paradigm C) ou jateadas e silanizadas (Paradigm MZ100). O protocolo adesivo após o aparafusamento do pilar sobre o implante (Titamax CM) constava no uso de primer para zircônia (Z-Prime Plus), adesivo (Optibond FL) e resina composta fotopolimerizável pré-aquecida (Filtek Z100). Foi simulado o movimento mastigatório cíclico e isométrico (5Hz) com carga de 50N (5000x), seguido dos ciclos de 200N, 400N, 600N, 800N, 1000N, 1200N e 1400N (25.000x). Cada espécime foi carregado até fraturar ou até máximo de 180.000 ciclos. Os 4 grupos foram comparados usando a análise da curva sobrevivência (Teste de *Logrank* a  $P=0,05$ ). Todas as onlays e coroas de resina composta

sobreviveram (índice de sobrevivência de 100%), enquanto que as restaurações cerâmicas (onlays/coroas) fraturaram em média a 1347N e 1280N respectivamente (46,7% e 20%), sendo esta diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,0001$ ). As falhas foram classificadas somente em fraturas parcial ou total das restaurações. Fratura do pilar, afrouxamento de parafuso, ou ambos, não foram observados. Restaurações de resina composta Paradigm MZ100 cimentadas adesivamente sobre pilares personalizados de zircônia apresentaram maior resistência à fadiga quando comparadas às restaurações de cerâmica Paradigm C com *designs* similares.

**Palavras-Chave:** Resina composta. Cerâmica. Implante dentário. Resistência à Fadiga. Pilares. Adesão.

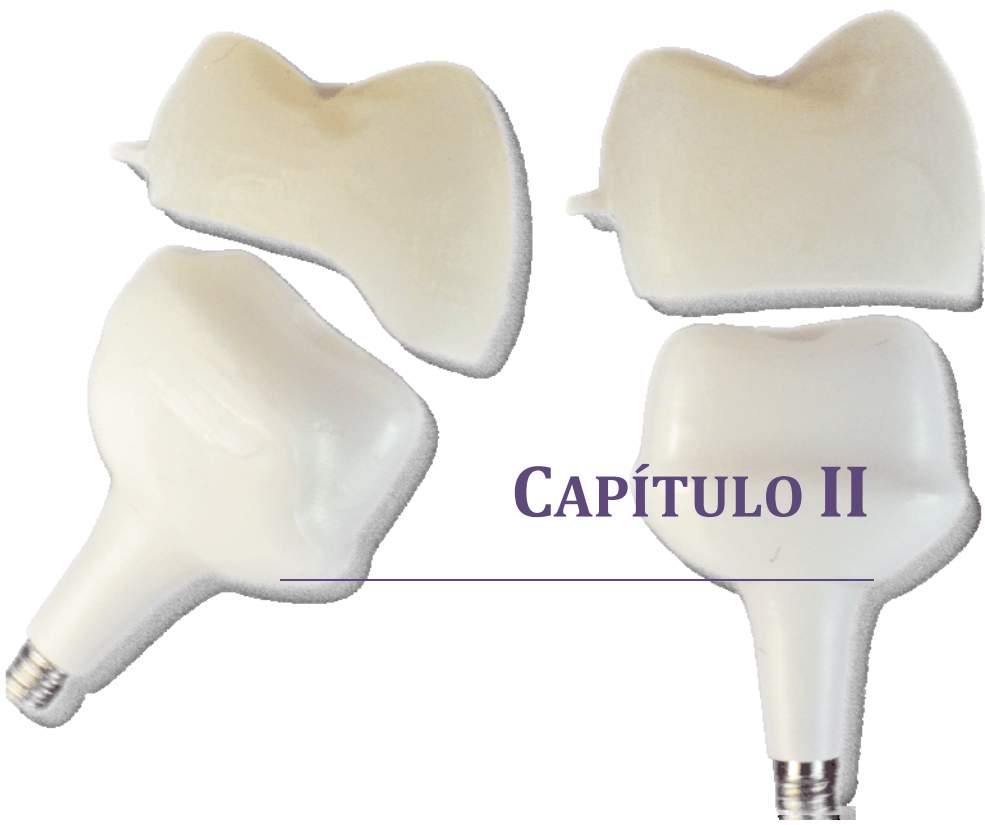
ODERICH, Elisa. **Evaluation of fatigue resistance and failure mode of porcelain and composite resin crowns and onlays bonded to custom implant premolar zirconia abutments.** 2011. 152p. Thesis (PhD in Dentistry - Implant Dentistry) - Graduate Program in Dentistry, Federal University of Santa Catarina.

### ABSTRACT

This study assessed the fatigue resistance and failure mode of porcelain and composite resin crowns and onlays bonded to custom zirconia premolar implant abutments. Sixty standardized zirconia implant abutments were milled (NeoShape) according to two different restoration *designs* (onlay or crown). Using Cerec 3, the corresponding onlays and crowns were fabricated either in ceramic (Paradigm C) or composite resin (Paradigm MZ100) (four experimental groups, n=15). The fitting surfaces of the abutments were airborne-particle abraded and cleaned. The intaglio surfaces of the restorations were HF-etched and silanated (Paradigm C) or airborne-particle abraded and silanated (Paradigm MZ100). Following abutments insertion of into a Morse taper implant (Titamax CM). All restorations were bonded with a zirconia primer (Z-Prime Plus), adhesive resin (Optibond FL) and a preheated light curing composite resin (Filtek Z100). Cyclic isometric chewing (5Hz) was simulated, starting with a load of 50N (5,000x), followed by stages of 200N, 400N, 600N, 800N, 1,000N, 1,200N and 1,400N (25,000x each). Samples were loaded until fracture or to a maximum of 180,000 cycles. The four groups were compared using the life table survival analysis (Logrank test at  $P=.05$ ). All composite resin onlays and crowns survived (100% survival rate), while ceramic ones fractured at an average load of 1,347N and 1,280N respectively (survival rate of 46,7% and 20%), with a

significant difference in survival probability ( $P < 0.0001$ ). Fractures consisted in partial or total failure of the restoration only (no abutment failure, no screw-loosening). Composite resin restorations (onlays/crowns) bonded to custom zirconia implant abutments presented a significant higher survival rate when compared to ceramic ones.

**Key-Words:** Composite resin. Ceramic. Dental implant. Fatigue resistance. Implant abutment. Adhesion.



## CAPÍTULO II

---





## INTRODUÇÃO<sup>1</sup>

Um dos avanços recentes na Implantodontia foi o desenvolvimento de conexões mais estáveis (BOZKAYA; MÜFTÜ, 2003, 2005; MANGANO et al., 2009, 2010), pilares e restaurações livres de metal (YILDIRIM et al., 2000; GLAUSER et al., 2004; ATT et al., 2006a, 2006b; SAILER, 2007) e, mais recentemente, a possibilidade de se associar o princípio biomimético às restaurações implantossuportadas (MAGNE et al., 2011b).

A geometria das conexões protéticas perfaz uma das principais características de um sistema de implantes dentários. Ela pode ser do tipo hexágono externo, hexágono interno, cônicas, entre outras (KITAGAWA et al., 2005; ESPOSITO et al., 2007). A maioria dos sistemas oferece conexões parafusáveis, permitindo a confecção de coroas cimentadas ou parafusadas sobre as mesmas (BELSER; BERNARD; BUSER, 1996; HAAS et al., 2002; CHEE; JIVRAJ, 2006a, 2006b; TARICA; ALVARADO; TRUONG, 2010).

O afrouxamento de parafuso é uma das complicações protéticas de maior incidência em restaurações unitárias implantossuportadas (de 6% a 48%) (JEMT et al., 1991; EKFELODT; CARLSSON; BÖRJESSON, 1994; SCHWARZ, 2000; KITAGAWA et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2009). Muitos fabricantes adotaram

---

<sup>1</sup> Baseado na NBR 10520: 2002 da ABNT e as referências citadas neste capítulo estão na página 121.

sistemas cônicos onde a fricção na interface de contato entre o pilar x implante promove maior estabilidade mecânica ao conjunto. Tal medida mostrou-se eficiente na redução de falhas biomecânicas, entre elas o índice de afrouxamento de parafuso (LEVINE et al., 1999; SAHIN; ÇEHRELI; YALÇIN, 2002; DÖRING; EISENMANN; STILLER, 2004) e parece também diminuir o *microgap* (interface implante x pilar) o que se associa à menor perda óssea marginal (ALOISE et al., 2010; MANGANO et al., 2009).

A personalização dos pilares para prótese sobre implantes surgiu em consequência do aumento na procura por restaurações mais estéticas (SAILER, 2007; KIM et al., 2009) e para minimizar o risco dos componentes metálicos transparecerem pela mucosa periimplantar (NAKAMURA et al., 2003; BUTZ et al., 2005; PARK et al., 2007; ISHIKAWA-NAGAI et al., 2007; SAILER et al., 2009; ZEMBIC et al., 2009). Acompanhando essa tendência e buscando uma resolução mais favorável às situações clínicas adversas foi desenvolvido um novo modelo para restaurações implantossuportadas. Essa técnica foi descrita por Magne; Magne; Jovanovic (2008) que consiste na personalização de um pilar não retentivo e na confecção de uma faceta para restaurar um implante. Indica-se esta técnica para os casos onde há espaço de trabalho limitado, seja ele interproximal ou interoclusal, implantes inclinados e mal posicionados. Para tanto, os princípios tradicionais de forma de resistência e retenção do pilar devem ser substituídos pela adesão entre o substrato e a restauração (ácido hidrofluorídrico, silanização e uso de cimentos resinosos) (BURKE et al., 2002; MAGNE; CASCIONE, 2006; MAGNE; MAGNE; JOVANOVIC, 2008).

O desenvolvimento de pilares cerâmicos também contribuiu na busca de restaurações livres de metal. Inicialmente fabricados em alumina pura e densamente sinterizada, foram indicados apenas para restaurações unitárias na região anterior (GLAUSER et al., 2004; BUTZ et al., 2005; BLATZ et al., 2009). Com o surgimento dos pilares de zircônia policristalina tetragonal estabilizada com ítria (Y-TZP), passaram a ser indicados não apenas para o segmento anterior, mas também para a região posterior e próteses sobre múltiplos implantes (SAILER et al., 2009). O óxido de ítrio é adicionado à zircônia pura com escopo de estabilizar a fase cúbica ou tetragonal em temperatura ambiente, gerando um material polifásico com características ópticas satisfatórias e propriedades mecânicas extraordinárias (YILDIRIM et al., 2000; GLAUSER et al., 2004; BUTZ et al., 2005; ATT et al., 2006a, 2006b; MANICONE; IOMETTI; RAFFAELLI, 2007; GOMES et al., 2008; MITSIAS et al., 2010). Esta propriedade de mudança de fase e estabilização na fase tetragonal é exclusiva da zircônia, garantindo alta tenacidade à fratura (de  $9\text{MPa}/\text{m}^{1/2}$  a  $10\text{MPa}/\text{m}^{1/2}$ ) e elevada resistência flexural (de  $900\text{MPa}$  a  $1200\text{MPa}$ ) (GARVIE; HANNINK; PASCOE, 1975; CHRISTEL et al., 1989; SORENSEN, 2003; GOMES et al., 2008).

Recentemente o uso da zircônia ganhou popularidade na Odontologia. Persistem dúvidas, no entanto, quanto à qualidade da adesão à zircônia (WOLFART et al., 2007; CHAIYABUTR et al., 2008; PHARK et al., 2009) e a longevidade das restaurações implantossuportadas sobre os pilares de zircônia quando submetidas à fadiga (MANICONE; IOMETTI; RAFFAELLI, 2007). Na tentativa de elucidar essas questões Magne et al. (2011a)

desenvolveram um projeto para avaliar facetas (tipo III) implantossuportadas em cerâmica e resina composta para a região de incisivo lateral superior sobre pilares não retentivos personalizados de zircônia. A hipótese trabalhada neste estudo foi que a interface adesiva entre o pilar e a restauração apresentaria falhas antes que o pilar propriamente dito. O resultado deste trabalho revelou que não houve diferença estatisticamente significativa ( $P=0,18$ ) da resistência à fadiga entre os materiais restauradores (cerâmica x resina composta). Observou-se também que as restaurações em resina composta apresentaram uma porcentagem maior de fraturas com possibilidade de reparo. O pilar e a interface adesiva entre o pilar e a restauração mantiveram-se intactos nesse tipo de falha.

A partir desse primeiro estudo com pilares de zircônia, esse mesmo grupo de pesquisadores vislumbrou a possibilidade de se aplicar o princípio biomimético às restaurações implantossuportadas. Esta filosofia, amplamente descrita nos trabalhos do Prof. Pascal Magne e colaboradores, têm como objetivo copiar a natureza, ou seja, os tecidos naturais do dente - esmalte e dentina. Dentro deste contexto, buscou-se desenvolver pilares e restaurações com materiais que apresentassem características (como módulo de elasticidade, índice de expansão térmica, resistência à tração) semelhantes à dentina e ao esmalte. Baseando-se neste princípio, parece racional o uso de resina composta indireta para a confecção dos pilares para restaurações implantossuportadas e a confecção de facetas em cerâmica (MAGNE; BELSER, 2002; MAGNE, 2006).

Empregando a mesma metodologia de trabalho, Magne et al. (2011b) realizaram outro estudo para avaliar a resistência à fadiga e modo de fratura de facetas em cerâmica e resina composta sobre pilares confeccionados em resina composta (pilar e restauração com *design* idêntico ao trabalho citado anteriormente). Concluiu-se que para a região anterior, sob condições idênticas de teste e preparo da amostra, os pilares de resina composta apresentaram desempenho semelhante aos de zircônia. Neste caso, porém, as restaurações cerâmicas apresentaram *performance* superior às restaurações em resina composta ( $P=0,02$ ) (MAGNE et al., 2011b). Seguindo esta mesma metodologia, o mesmo grupo de pesquisadores está desenvolvendo um estudo piloto empregando uma nova resina composta indireta reforçada com fibra de vidro para a confecção dos pilares (MAGNE et al., 2011).

Uma vantagem do uso de pilares para restaurações implantossuportadas confeccionados com mesoestrutura em resina composta é a facilidade de personalização por adição ou subtração de material. Outra prerrogativa para o uso destes pilares é a possibilidade de serem reparados em caso de falha e a simplificação de sua técnica de reparo. Os mesmos autores, seguindo nesta linha de pesquisa, realizaram outro estudo piloto para avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de restaurações sobre os pilares confeccionados em resina composta que fraturaram (durante o estudo anterior) e foram reparadas. Os passos da técnica de reparo aplicados tanto no pilar quanto no fragmento de fratura deslocado foram: silicatização, aplicação de silano e adesivo, seguido do uso de resina composta pré-aquecida para cimentação.

Os resultados parciais deste estudo mostraram que a resistência à fadiga das restaurações que fraturaram e foram submetidas ao reparo foi semelhante aquela registrada com os espécimes íntegros (MAGNE et al., 2011b).

Diante dos resultados promissores obtidos para a região anterior (MAGNE et al., 2011a, 2011b), especulou-se como seria o comportamento dos pilares personalizados de zircônia e resina composta para a região posterior (BUTZ et al., 2005; LEE; KARL; KELLY, 2009). Existia receio se as restaurações sobreviveriam ao teste de fadiga, se adesão à zircônia seria suficientemente forte para resistir às forças mastigatórias mais altas da região posterior, e sobre a eventual influência do material restaurador sobre a absorção do impacto e a distribuição do estresse. Foi questionado se a presença de um elemento resiliente como a resina composta, tanto no pilar como na restauração, poderia apresentar um efeito benéfico no alívio do estresse (SKALAK, 1983; BRUNSKI, 1992).

Para tanto, foi realizado um estudo comparativo cujo objetivo foi avaliar se restaurações CAD/CAM implantossuportadas (onlays e coroas) confeccionadas de cerâmica e resina composta sobre pilares de zircônia e de resina composta para a região de pré-molar poderiam ser mais biomiméticas frente a uma força fisiológica dinâmica relevante quando comparadas a pré-molares humanos recém extraídos. O resultado surpreendente deste estudo mostrou que onlays em resina composta sobre pilares de zircônia apresentaram a resposta dinâmica mais biomimética à carga percussiva sequencial quando comparadas a pré-molares incluídos

em uma estrutura de suporte simulando o osso e o ligamento periodontal (SILVA et al., 2011; MAGNE et al., 2011b). Permanece, porém, a dúvida quanto à longevidade da adesão à zircônia e a probabilidade de sobrevivência deste novo modelo de restauração sobre implantes para região posterior quando submetido à carga mastigatória funcional em meio úmido.





## PROPOSIÇÃO

Esse estudo avaliou, *in vitro*, restaurações adesivas implantossuportadas sobre pilares personalizados de zircônia para região de segundo pré-molar superior.

Objetivos:

- a) Avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia.
- b) Avaliar a influência do material restaurador (cerâmica vs. resina composta) na resistência à fadiga e no modo de fratura de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia.
- c) Avaliar a influência do *design* do pilar personalizado de zircônia (onlay vs. coroa) na resistência à fadiga e no modo de fratura das restaurações adesivas implantossuportadas.





**CAPÍTULO III**

---



## VERSÃO DO ARTIGO EM PORTUGUÊS

Este artigo foi formatado de acordo com as Normas para Elaboração de Artigos para a revista *Clinical Oral Implants Research*.

### **RESISTÊNCIA À FADIGA E O MODO DE FRATURA DE RESTAURAÇÕES ADESIVAS IMPLANTOSSUPORTADAS PARA REGIÃO DE PRÉ-MOLARES - PARTE I: PILARES PERSONALIZADOS DE ZIRCÔNIA**

**Título resumido:** Restaurações unitárias implantossuportadas sobre pilares personalizados de zircônia para região posterior

Elisa Oderich<sup>2</sup>, Luís Leonildo Boff<sup>3</sup>, Antônio Carlos Cardoso<sup>4</sup>, Pascal Magne<sup>5</sup>

**Autor correspondente:** Dr. Pascal Magne

UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA

Division of Restorative Sciences - The Herman Ostrow School of Dentistry

3151 S. Hoover St - Los Angeles, CA 90089-7792

Telefone (213) 740-4239 / Fax (213) 821-5324

E-mail: [magne@usc.edu](mailto:magne@usc.edu)

---

<sup>2</sup> Pesquisadora da Divisão de Ciências Restauradoras, Escola de Odontologia Hernan Ostrow, Universidade do Sul da Califórnia, CA, EUA; Aluna do Programa de Doutorado em Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Pesquisador da Divisão de Ciências Restauradoras, Escola de Odontologia Hernan Ostrow, Universidade do Sul da Califórnia, CA, EUA; Aluno do Programa de Doutorado em Odontologia e Professor Adjunto do Departamento de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>4</sup> Professor Titular do Departamento de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>5</sup> Professor Associado, The Don & Sybil Harrington Foundation Chair of Esthetic Dentistry, Divisão de Ciências Restauradoras, Escola de Odontologia Hernan Ostrow, Universidade do Sul da Califórnia, CA, EUA.



## RESUMO

---

**Objetivo:** Esse estudo teve como objetivo avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas (coroa/onlay) sobre pilares personalizados de zircônia para região de pré-molares, confeccionadas em porcelana e resina composta.

**Materiais e Método:** foram obtidos 60 pilares personalizados apresentando 2 preparos distintos (coroa ou onlay). As restaurações correspondentes foram fabricadas pelo sistema CAD/CAM (Cerec 3) em cerâmica (Paradigm C) ou resina composta (Paradigm MZ100) totalizando 4 grupos experimentais, n=15. As superfícies adesivas dos pilares foram jateadas com  $Al_2O_3$ . As superfícies internas das restaurações foram jateadas, condicionadas com ácido hidrófluídrico e silanizadas (Paradigm C) ou jateadas e silanizadas (Paradigm MZ100). O protocolo adesivo após assentamento do pilar sobre o implante (Titamax CM) consistia no uso de primer para zircônia (Z-Prime Plus), adesivo (Optibond FL) e resina composta pré-aquecida fotopolimerizável (Filtek Z100). Movimentos mastigatórios cíclicos e isométricos (5Hz) foram simulados com carga de 50N (5000x), seguida dos ciclos de 200N, 400N, 600N, 800N, 1000N, 1200N e 1400N (25.000x). Cada espécime foi carregado até fraturar ou até o máximo 180.000 ciclos. Os 4 grupos foram comparados usando a análise de sobrevivência (Teste de *Logrank* a  $P=0,05$ ).

**Resultados:** Todas as onlays e coroas de resina composta sobreviveram (índice de sobrevivência de 100%), enquanto as restaurações de cerâmica fraturaram em média a 1347N e 1280N (46,7% e 20%), respectivamente, sendo esta diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,0001$ ). As falhas foram classificadas somente em fratura parcial ou total das restaurações. Fratura do pilar ou afrouxamento de parafuso não foram observados.

**Conclusão:** Restaurações adesivas em resina composta (onlays/coroas) para pilares de zircônia personalizados apresentaram maior índice de sobrevivência quando comparadas às restaurações em porcelana com *designs* similares.

**Palavras-Chave:** Resina composta. Cerâmica. Implante dentário. Resistência à Fadiga. Pilares. Adesão.



## INTRODUÇÃO

Restaurações unitárias implantossuportadas em região posterior para implantes idealmente posicionados podem ser confeccionadas associando o uso de um pilar pré-fabricado e uma coroa (Andersson et al. 1992; Haas et al. 1995, 2002; Behr et al. 2001). Nos casos onde se observa espaço interdental/interoclusal limitado, implantes inclinados ou mal posicionados, coroas cimentadas sobre pilares personalizados parafusados são frequentemente indicadas (Belser et al. 1996; Searson & Meredith 1997; Moberg et al. 1999; Haas et al. 2002; Chee & Jivraj, 2006a; Zarone et al. 2007; Magne et al. 2011a). A principal diferença entre os sistemas de implantes é a geometria das conexões implante-pilar (por exemplo, hexágono externo, hexágono interno, cônica, entre outras). A maioria dos sistemas, porém, utiliza conexões parafusadas (Bozkaya & Müftü 2003; Mangano et al. 2009).

O afrouxamento de parafuso é mencionado na literatura como uma das principais complicações protéticas, e comumente afeta restaurações unitárias implantossuportadas, especialmente quando em região posterior de maxila e mandíbula (de 6% a 48%) (Jemt et al. 1991; Ekfeldt et al. 1994; Becker & Becker 1995; Behr et al. 1998; Schwarz 2000). Esse problema pode gerar uma situação desconfortável para ambos, cirurgião-dentista e paciente. Para reduzir a ocorrência desta falha biomecânica, alguns fabricantes incorporaram uma superfície friccional cônica (também chamada de “Cone-Morse”) na área da interface entre o implante e o pilar. Esses

pilares apresentam uma característica de “auto-travamento” (Bozkaya & Müftü 2003, 2005; Mangano et al. 2009, 2010), o que parece reduzir consideravelmente o índice de afrouxamento de parafuso (de 3,6% a 5,3% de acordo com Levine et al. 1999). Além de sua alta estabilidade mecânica e redução dos índices de complicações protéticas, a conexão tipo “Cone-Morse” parece reduzir o *microgap* presente na interface entre o implante e o pilar, o que se associa a uma menor perda óssea marginal (Mangano et al. 2009).

O desenvolvimento dos sistemas de implantes em relação as suas características mecânicas e biológicas, também veio acompanhado por avanços estéticos expressivos para minimizar o risco dos componentes metálicos transparecerem pela mucosa periimplantar (Nakamura et al. 2003; Park et al. 2007; Ishikawa-Nagai et al. 2007; Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009). Com objetivo de superar esse problema, os pilares cerâmicos ganharam popularidade. Fabricados originalmente em alumina pura e densamente sinterizada, foram indicados apenas para restauração de dentes anteriores (Yildirim et al. 2000; Glauser et al. 2004; Att et al. 2006a, 2006b). Com o desenvolvimento de pilares cerâmicos à base de zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria (Y-TZP), associando as características ópticas atrativas da zircônia a suas propriedades mecânicas extraordinárias, as infraestruturas em cerâmica começaram a ganhar interesse. Elas passaram a ser indicadas não apenas para restaurações de dentes anteriores, mas também para próteses parciais e totais implantossuportadas, bem como elementos unitários sobre implante em região posterior

(Parker 2007; Wang et al. 2008; Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009; Nothdurft & Pospiech 2010). A Y-TZP é uma cerâmica monofásica com uma estrutura policristalina estabilizada com óxido de ítrio. A resistência flexural dos materiais à base de óxido de zircônio varia entre 900MPa e 1200MPa (White et al. 2005), aproximadamente duas vezes a resistência das cerâmicas à base de óxido de alumínio e 5 vezes aquela das cerâmicas vítreas (Glauser et al. 2004). Além disso, a zircônia pode resistir à propagação de trincas internas ( $K_{Ic}$  of 8 a 10MPa/m<sup>1/2</sup>)(Guazzato et al. 2004a; 2004b; 2005; McLaren & Giordano 2005) devido ao fenômeno da transformação de fase (Garvie et al. 1975), o que garante ao material propriedades mecânicas excepcionais (Evans 1990).

Recentemente, uma nova solução estética para restaurações implantossuportadas de elementos unitários anteriores foi proposta (Magne et al. 2008, Magne et al. 2011a) e consiste na confecção de um pilar não-retentivo personalizado parafusado e uma faceta separada em cerâmica. Essa técnica garante excelente resultado estético mesmo na presença de vários dilemas protéticos, como forma de resistência e retenção insuficientes do pilar, espaço interoclusal/interdental limitado para a restauração (por exemplo, restauração de um incisivo lateral inferior) e a diferença entre a inclinação do implante e o eixo de inserção da restauração. Contudo, quando se utiliza esta nova técnica restauradora sobre pilares de zircônia é necessário um protocolo de adesão previsível que possa garantir alta resistência adesiva entre a resina e a zircônia, o que já parece ter sido alcançado para a região anterior (Magne et al. 2011a). Não há estudos, porém, sobre o uso de restaurações

adesivas implantossuportadas sobre pilares de zircônia para a região posterior. Além disso, há dúvida quanto a longevidade da interface adesiva entre a resina e a zircônia quando sujeita às cargas funcionais (Wolfart et al. 2007; Phark et al. 2009). Outra questão a ser considerada é a possibilidade do uso de restaurações em resina composta ao invés de cerâmica para avaliar se o material restaurador (cerâmica/resina composta) poderia influenciar a rigidez estrutural do conjunto (pilar/restauração) e afetar a distribuição do estresse nos tecidos periimplantares. A presença de um elemento resiliente (tal como a resina composta) para reduzir a transmissão do estresse para o osso adjacente (por exemplo, quando ocluindo inesperadamente sobre um objeto duro) (Skalak 1983; Brunski 1992) poderia apresentar um efeito favorável nas restaurações unitárias implantossuportadas sobre pilares de zircônia.

Este estudo buscou testar, *in vitro*, a resistência à fadiga e o modo de fratura de dois *designs* de restaurações adesivas (onlays e coroas) confeccionadas em dois materiais distintos (porcelana e resina composta) e cimentadas adesivamente sobre pilares personalizados de zircônia para implantes com conexão cônica, tipo “Cone-Morse”. A hipótese de trabalho considerada neste estudo foi que as restaurações adesivas falhariam antes que os pilares, e que o *design* da restauração (onlay vs. coroa) bem como o material restaurador (cerâmica vs. resina composta) influenciariam a resistência á fadiga e o modo de fratura do conjunto (pilar/restauração).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Sessenta implantes com conexão cônica (Titamax CM, 4.1mm de diâmetro, 11mm de altura; Neodent, Curitiba, Brasil) foram imersos em resina acrílica (Palapress; Heraeus Kulzer, Armonk, NY) simulando o osso.

Dois *designs* de pilares personalizados foram fabricados usando dois cilindros calcináveis e resina composta fotopolimerizável (Filtek Z100; 3M/ESPE, Saint Paul, MN) reproduzindo dois pilares com preparos diferenciados (onlay e coroa). O perfil de emergência natural de um segundo pré-molar superior do lado direito foi simulado. Usando o sistema CAD/CAM NeoShape (NeoShape; Neodent), ambos padrões foram escaneados e reproduzidos em Y-TZP (Fig. 1). Trinta pilares personalizados parafusáveis idênticos foram produzidos para cada tipo de preparo. Em ambos pilares, a margem vestibular da restauração apresentava-se 3mm acima da interface implante-pilar, com aproximadamente 1,5mm de redução da superfície vestibular e 1,5mm a 2mm da face oclusal (Fig. 2).

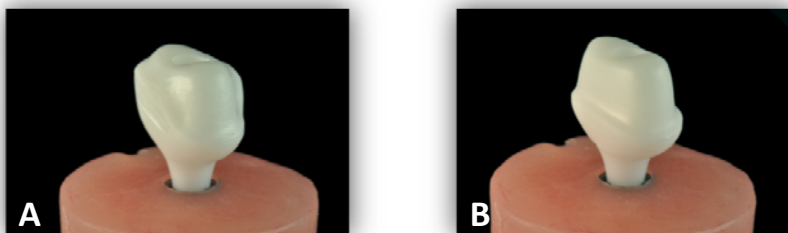


Fig. 1: Pilares personalizados de zircônia com *designs* diferentes de preparo para onlay (A) e coroa (B).

A partir da impressão óptica dos dois pilares personalizados de zircônia com o canal de acesso ao parafuso preenchido com cera, 60 onlays e coroas foram geradas e fabricadas por meio do sistema CAD/CAM usando o sistema Cerec 3 (versão 3.60, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha). Os pilares foram reabilitados com restaurações padronizadas (onlay e coroa) do banco de dados do Cerec (segundo pré-molar superior lado direito, banco de dados Lee Cusp Youth). Utilizando as ferramentas de *design* do *software* do Cerec, configuradas no Master Mode, as restaurações foram posicionadas de tal maneira para possibilitar a padronização da anatomia e da espessura oclusal. A espessura foi avaliada em três pontos diferentes (1,5mm de espessura média no sulco central, 2,0mm nas pontas da cúspide vestibular e palatal e 8,75mm de altura da margem vestibular a ponta de cúspide) (dimensões e medidas detalhadas na Fig.2).

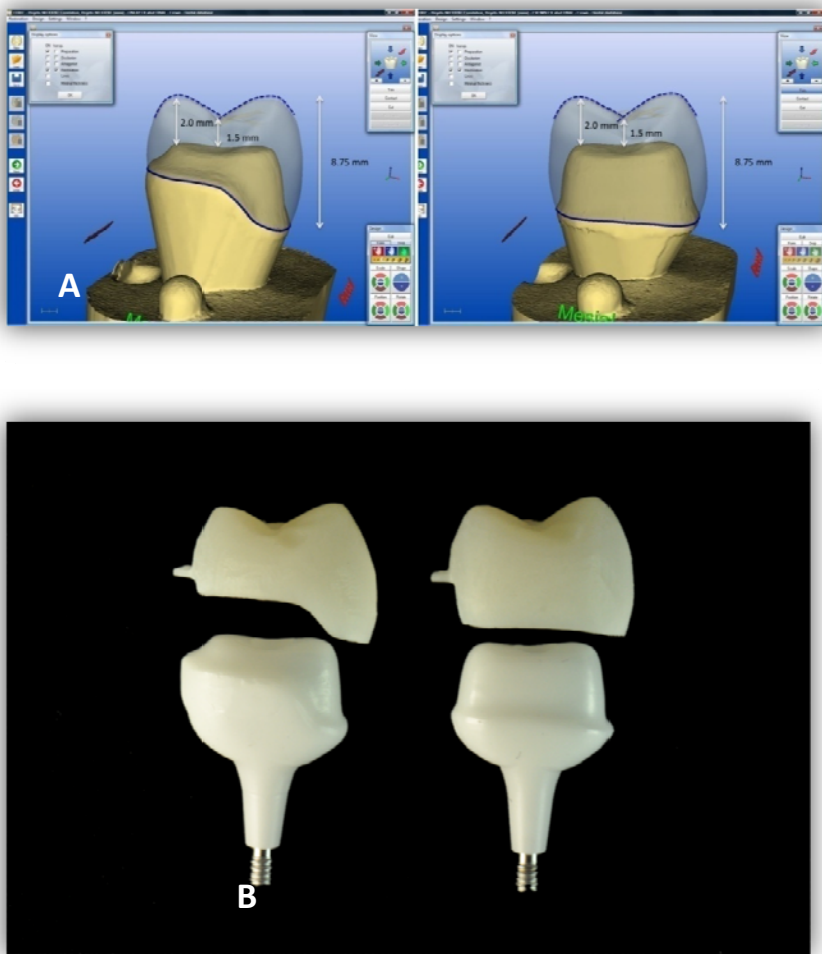


Fig. 2: Impressão virtual dos dois pilares personalizados de zircônia usando a tecnologia do Cerec 3. Dimensões e medidas das restaurações CAD/CAM padronizadas tipo onlay (esquerda) e coroa (direita) (A). Restaurações CAD/CAM tipo onlay e coroa em resina composta e pilares personalizados de zircônia (B).

Foram fresadas 30 restaurações (15 onlays e 15 coroas) em resina composta (Paradigm MZ100; 3M/ESPE) e outras 30 (15 de cada *design*) em cerâmica vítrea (Paradigm C; 3M/ESPE) com o *sprue* sempre localizado na face palatal. As onlays e coroas de cerâmica foram primeiramente polidas usando o Dialite Porcelain Polishing Kit (Brasseler, Savannah, GA) e as restaurações em resina composta usando o Q-Polishing System (referência do kit 4477; Komet, Schaumburg, IL) e escovas de silicone para polimento impregnadas com carbide (Occlubrush; Kerr-Hawe, Bioggio, Switzerland).

A superfície adesiva de cada pilar foi delimitada com cera para proteção da superfície externa e então submetida ao jateamento com óxido de alumínio, com partículas de 50 $\mu$ m, a uma pressão de 0,2MPa por 10s a uma distância de 10mm, perpendicular à superfície. Após enxágüe com spray de água e ar por 5s, a cera foi removida. Limpeza adicional da superfície dos pilares foi realizada com ácido fosfórico a 35% (Ultra-Etch; Ultradent, South Jordan, UT) associado a movimentos delicados sob fricção por 1min. A limpeza final foi obtida com lavagem abundante com água por 20s, seguida de imersão em água destilada e banho ultrassônico por 2,5min.

O condicionamento da superfície das restaurações cerâmicas (onlay e coroas) incluiu jateamento com partículas de 50 $\mu$ m de óxido de alumínio a 0,2MPa, seguido de aplicação de ácido hidrofúorídrico a 9% (Porcelain Etch; Ultradent) por 45s e lavagem com água por 20s. Limpeza pós-condicionamento foi realizada usando ácido fosfórico a 35% (Ultra-Etch; Ultradent, South Jordan,



UT) e movimentos delicados sob fricção por 1min, seguida de lavagem com água por 20s. Após limpeza final com imersão em água destilada, banho ultrassônico por 2,5min e secagem com spray de ar sem contaminação de óleo, as superfícies internas foram silanizadas (Silane; Ultradent) e secadas com ar quente a 100°C por 1min. O mesmo protocolo foi empregado para o tratamento das restaurações em resina composta exceto o passo de condicionamento com ácido hidrofluorídrico.

Um pilar personalizado de zircônia foi aparafusado em cada implante com torque de 15Ncm. Fita de teflon foi usada para cobrir o parafuso e parte do canal de acesso a ele. Após secagem com jato de ar, foram aplicadas duas camadas de Z-Prime Plus (Bisco Inc., Schaumburg, IL) sobre a superfície adesiva dos pilares com auxílio de um *microbrush*, secadas suavemente por 10s para evaporar o solvente e fotopolimerizadas por 20s. Uma resina composta (Filtek Z100; 3M/ESPE, pré-aquecida por 5min no Calset; Addent, Danbury, CT) foi utilizada como agente para cimentação adesiva das restaurações (onlays e coroas) nos pilares. Foi utilizado adesivo (Optibond FL, frasco 2; Kerr, Orange, CA) para umedecer a superfície interna da restauração seguido da aplicação de uma pequena quantidade de resina composta pré-aquecida, que também foi empregada sobre a superfície oclusal do pilar. A restauração foi então cuidadosamente assentada sobre o pilar de zircônia sob leve pressão. Após a remoção cautelosa dos excessos de resina composta, cada superfície foi fotopolimerizada por 60s (3 ciclos de 20s por face com fotopolimerizador Valo; Ultradent). Todas as margens foram cobertas com uma barreira de oxigênio (K-Y Jelly;

Personal Products Company, Skillman, NJ) para o ciclo de polimerização final. Os espécimes foram limpos com spray de água e ar por 5s e armazenados em água destilada por 24h antes de serem submetidos à carga.

Forças mastigatórias cíclicas artificiais foram simuladas e aplicadas por meio do uso de uma máquina servo-hidráulica (858 Mini Bionix II, MTS, Systems, Eden Prairie, MN, USA) (Fig. 3). O ciclo da mastigação foi reproduzido por uma contração isométrica (controle de carga) e aplicado através de um cilindro de resina composta (Filtek Z100; 3M/ESPE) de 7mm de diâmetro como antagonista. Para cada espécime, um novo antagonista foi fabricado. A célula de carga foi preenchida com água destilada para completa submersão da amostra durante a realização do teste. A carga cíclica foi aplicada em uma frequência de 5Hz. Um protocolo de carga progressiva foi usado, iniciando com um pré-aquecimento a 50N (5000 ciclos) seguido de estágios de 200N, 400N, 600N, 800N, 1000N, 1200N e 1400N a um máximo de 25.000 ciclos em cada fase. Os espécimes foram carregados até sua fratura ou a um máximo de 180.000 ciclos. O número de ciclos que cada espécime resistiu e seu modo de fratura foram armazenados. Após o teste, cada espécime foi avaliado sob transiluminação (Microlux; Addent, Danbury, CT) e por microscopia de luz (Leica MZ 125; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) a uma magnificação de 10:1 (com concordância entre dois examinadores). Uma distinção visual foi realizada entre fraturas coesivas do pilar, parafuso ou implante, assim como a fratura coesiva das restaurações, a falha adesiva na interface do pilar/restauração, ou ambas. As falhas das restaurações foram

classificadas como totais (mais de 75% de exposição da superfície do pilar) ou parciais (menos de 75% de exposição da superfície do pilar). Essa diferença foi observada visualmente e sob avaliação microscópica, sendo essencialmente qualitativa sem a mensuração da área de superfície adesiva exposta do pilar.

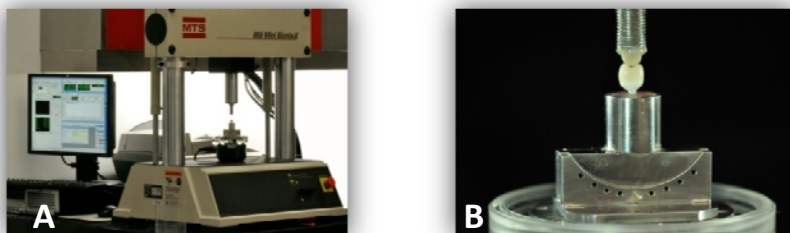


Fig. 3: Máquina de fadiga MTS 858 Mini Bionix II (A). Espécime na célula de carga (B, recipiente e água removidos para fotografia).

Os quatro grupos (onlay cerâmica - CO; onlay de resina composta - CRO, coroa de cerâmica - CC e coroa de resina composta - CRC) foram comparados usando a análise de sobrevivência de Kaplan-Meier. A cada intervalo de tempo (definido por cada ciclo de carga), a diferença entre o número de espécimes intactos que iniciava o intervalo e o número de espécimes que falhavam durante este intervalo foi calculada, permitindo o cálculo da probabilidade de sobrevivência a cada intervalo. A influência do material restaurador (cerâmica vs. resina composta) e do *design* do preparo do pilar (onlay vs. coroa) na resistência à fadiga (ciclo de força no qual a falha ocorreu) foram analisados usando o teste de *Logrank* a

uma significância de 0,05. Diferenças foram detectadas através de comparações *post-hoc* par-a-par com o mesmo teste a um nível significância de 0,01 (ajustado pelo método de Bonferroni para 5 comparações).

## **RESULTADOS**

---

Todos os espécimes de Paradigm MZ100 (grupos CRO e CRC) sobreviveram ao teste dinâmico de carga (índice de sobrevivência de 100%). A resistência à fadiga das onlays e das coroas de cerâmica unidas aos pilares de zircônia estão listadas na Tabela 1. Os espécimes de Paradigm C fraturam em média com 1347N (CO) e 1280N (CC) (Tabela 2, Fig. 4A). Houve diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,0001$ ) na probabilidade de sobrevivência entre os dois materiais restauradores, Paradigm MZ100 e Paradigm C (Tabela 2, Fig. 4B).

Quando os resultados das onlays (CRO e CO) e coroas (CRC e CC) foram computados para comparar a resistência de ambos *designs* de preparo, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre eles ( $P = 0,2445$ ) (Fig. 4C). Parece, no entanto, que existe uma tendência que mostra um desempenho melhor sob carga dinâmica das onlays de cerâmica em relação às coroas confeccionados a partir do mesmo material (índice de sobrevivência de 47% e 20% para CO e CC, respectivamente) (Tabela 3).

**Tabela 1.** Resistência à fadiga de onlays e coroas de Paradigm C cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia.

Material Restaurador	Espécime	Força de Fratura (N)	Ciclos	Modo de Fratura
ONLAYS de Cerâmica (CO)	CO_01	1400	153.844	Parcial
	CO_02	1400	180.000	Não falhou
	CO_03	1000	116.790	Parcial
	CO_04	1400	180.000	Não falhou
	CO_05	1400	180.000	Não falhou
	CO_06	1400	155.232	Total
	CO_07	1400	180.000	Não falhou
	CO_08	1200	130.189	Parcial
	CO_09	1400	155.738	Parcial
	CO_10	1400	180.000	Não falhou
	CO_11	1400	159.496	Parcial
	CO_12	1400	178.854	Total
	CO_13	1400	180.000	Não falhou
	CO_14	1200	130.598	Total
	CO_15	1400	180.000	Não falhou
COROAS de Cerâmica (CC)	CC_01	1200	136.818	Total
	CC_02	1200	113.007	Parcial
	CC_03	1400	180.000	Não falhou
	CC_04	1400	180.000	Não falhou
	CC_05	1200	137.212	Total
	CC_06	1400	155.266	Total
	CC_07	1400	156.136	Total
	CC_08	1400	180.000	Não falhou
	CC_09	1400	176.480	Total
	CC_10	1400	155.695	Parcial
	CC_11	1200	130.503	Parcial
	CC_12	1400	155.372	Total
	CC_13	800	93.846	Parcial
	CC_14	1200	140.592	Total
	CC_15	1200	137.212	Total

**Tabela 2.** Comparação *post-hoc* usando o teste de *Logrank* ( $P < 0,01$  indica diferença estatisticamente significante).

	<b>CRO</b>	<b>CRC</b>	<b>CO</b>	<b>CC</b>
CRO	x	~	0,0009	0,0012
CRC		x	0,0012	<0,0001
PO			x	0,09
PC				x

**Tabela 3.** Índice de sobrevivência de restaurações implantossuportadas em cerâmica e resina composta:

	<b>Coroas</b>	<b>Onlays</b>	<b>Sobrevivência do Material</b>
Paradigm C	20%	46,7%	33,3%
Paradigm MZ100	-	-	100%

Afrouxamento de parafuso ou fratura do parafuso/pilar não foram observados. Todos os espécimes fraturados (grupos CO e CC) apresentaram modo de fratura semelhante (falha coesiva na restauração e adesiva entre a restauração e o pilar) e demonstraram exposição da superfície de zircônia do pilar. Remanescentes do agente de cimentação adesiva também foram encontrados sobre a superfície dos pilares. Falhas adesivas totais foram observadas na maioria das coroas de Paradigm C que fraturaram (66,6%), enquanto nas onlays de Paradigm C que falharam foram observadas, principalmente, falhas parciais (62,5%) (Tabela 4, Fig. 5).

**Tabela 4.** Modo de fratura de onlays e coroas em cerâmica cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia (como % das restaurações que falharam)

	Total	Parcial
Paradigm C Crowns - PC	66,6%	33,3%
Paradigm C Onlays - PO	37,5%	62,5%

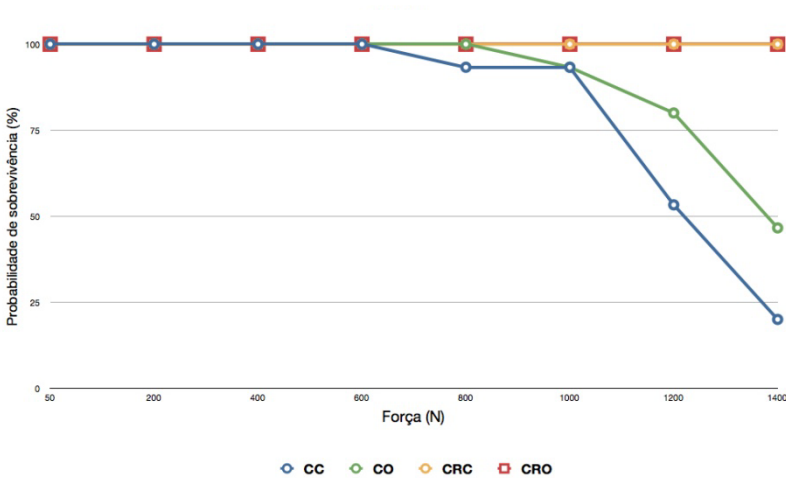


Fig. 4A: Probabilidade de sobrevivência das onlays e coroas de resina composta (Paradigm MZ100) e cerâmica (Paradigm C) cimentadas adesivamente em pilares personalizados de zircônia.



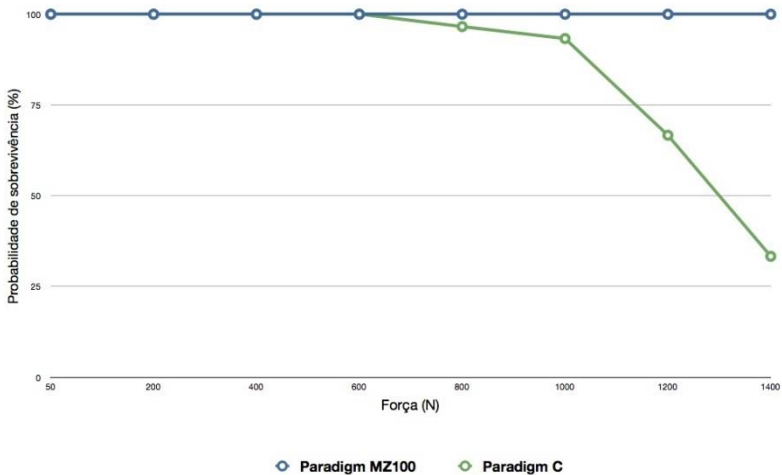


Fig. 4B: Comparação da probabilidade de sobrevivência de restaurações implantossuportadas em resina composta (Paradigm MZ100) e cerâmica (Paradigm C).

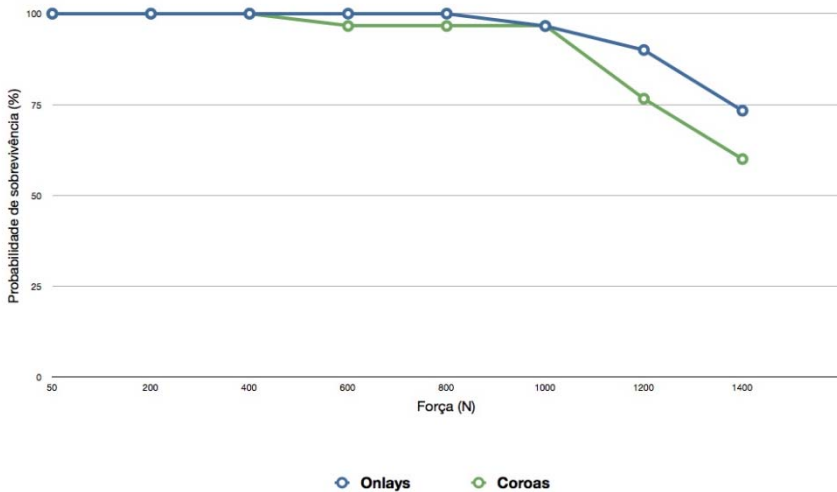


Fig. 4C: Comparação da probabilidade de sobrevivência de pilares personalizados de zircônia com dois *designs* distintos (onlay vs. coroa).

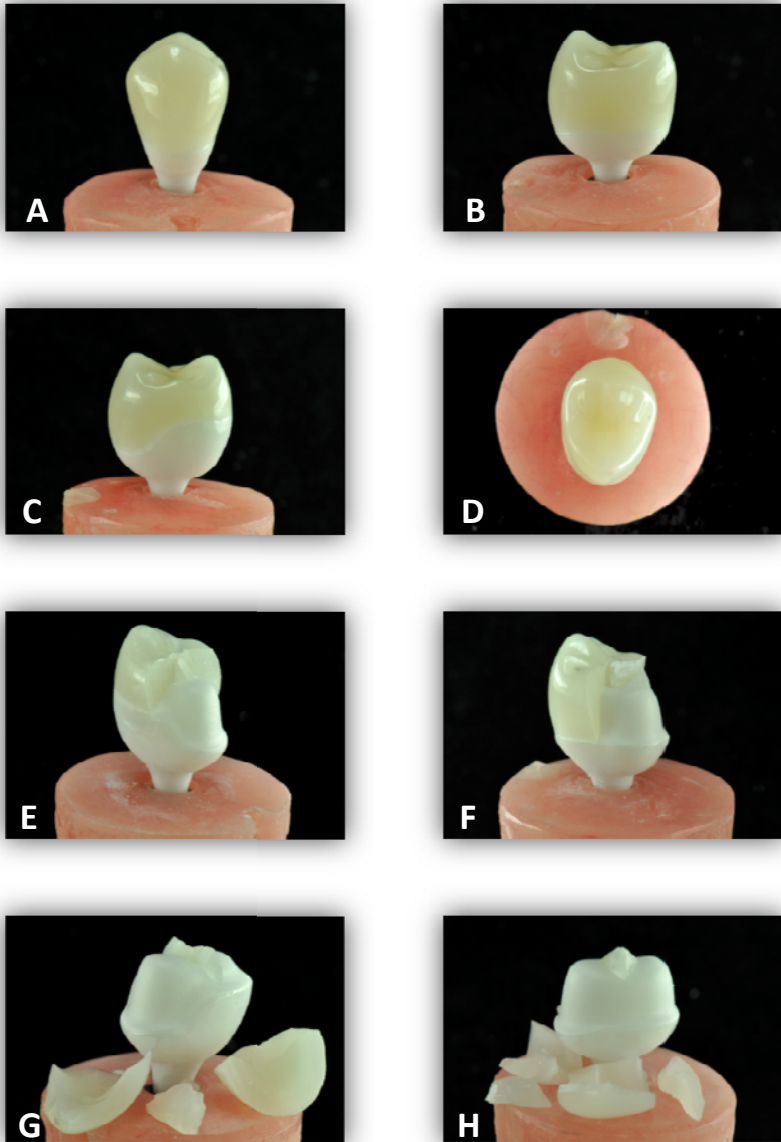


Fig. 5: Espécimes no final do teste. Coroa (A,B) e onlay (C,D) de Paradigm MZ100. Onlay (E) e coroa (F) de Paradigm C com falha parcial. Onlay (G) e coroa (H) de Paradigm C com falha total.

## **DISCUSSÃO**

---

Este estudo buscou avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas sobre pilares personalizados de zircônia, a influência do material restaurador (cerâmica vs. resina composta) e dos *designs* diferenciados dos pilares (onlays vs. coroas). A hipótese foi confirmada. As restaurações em cerâmica não apenas falharam precocemente (deixando o pilar intacto sistematicamente), como o material restaurador (cerâmica vs. resina composta) também apresentou uma influência significativa na resistência à fadiga do conjunto.

O protocolo experimental deste estudo, também descrito em outros estudos de fadiga similares (Magne & Knezevic 2009a, 2009b; Magne et al. 2010b), usou uma superfície cilíndrica de resina composta com diâmetro de 7mm como antagonista. O uso do polímero ao invés de uma esfera de metal ajuda a prevenir o crescimento localizado de trincas cônicas Hertzianas (devido à concentração pontual de forças) e a eliminar dano superficial irreal (Kelly 1999). Outra diferença principal, quando comparado a outros estudos, é o protocolo de carga progressiva, introduzido originalmente por Fennis et al. (2004) e posteriormente utilizado em diversos estudos (Kujis et al. 2006; Magne & Knezevic 2009a, 2009b; Magne et al. 2010b). Esse teste simula um amplo espectro de situações clínicas relevantes. A primeira parte deste teste dinâmico de carga compreende as forças mastigatórias normais em região posterior, de até 600N (Bates et al. 1976; Ferrario et al. 2004). Um

indivíduo pode alcançar níveis mais altos de força, como aqueles realizados na segunda parte deste teste, durante episódios de bruxismo, trauma (cargas altas extrínsecas), ou acidentes mastigatórios intrínsecos (a partir de forças mastigatórias, mas, nestes casos, afetando apenas uma área pequena devido à presença de um corpo estranho duro como uma pedrinha ou semente, por exemplo) (Gibbs et al. 1986). Esse protocolo de carga parece ser um equilíbrio racional entre o teste imediato de resistência à fratura e os testes de resistência à fadiga de longa duração. Sobretudo, enquanto se realizavam os testes piloto desse projeto, foi observado que os espécimes restaurados com ambos materiais sobreviveram ao protocolo de carga de um teste de fadiga convencional (1.000.000 ciclos a 100N, 2Hz) e, com isso, talvez se tornasse inviável detectar diferença na *performance* dos materiais. Como ambas restaurações (onlays e coroas) foram geradas e fabricadas por meio da utilização do Cerec 3, a padronização da anatomia e espessura das restaurações foi garantida. Variáveis de confundimento foram minimizadas, sendo o procedimento de cimentação adesiva das restaurações a única variável confundente deixada no experimento.

O tipo de conexão influencia significativamente a resistência dos pilares de zircônia como demonstrado por Sailer et al. (2009). Um aperfeiçoamento da *performance* foi obtido a partir do uso de um componente metálico interno secundário na interface cônica entre os implantes e os pilares de zircônia. Tal componente não foi usado no presente estudo, contudo, 100% dos pilares sobreviveram e não foi possível observar afrouxamento, fratura do pilar ou do

parafuso, independente do *design* do preparo (onlay vs. coroa). Existe uma tendência, porém, de onlays de cerâmica (Paradigm C) apresentarem um desempenho superior quando comparadas às coroas fabricadas no mesmo material (índice de sobrevivência de 46,7% de CO e 20% de CC).

Com força de fratura média de 1313N das restaurações cerâmicas (Paradigm C) e nenhuma falha dos espécimes de resina composta (Paradigm MZ100), a *performance* de ambos materiais pode ser considerada apropriada dentro da faixa de forças funcionais normais. Devido à sobrevivência absoluta das restaurações de resina composta (grupo CRO e CRC), foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa na probabilidade de sobrevivência entre os dois materiais restauradores (índice de sobrevivência de 33,3% e 100% para cerâmica (Paradigm C) e resina composta (Paradigm MZ100), respectivamente). Essa diferença talvez possa ser correlacionada ao módulo de elasticidade de ambos os materiais. Com o aumento da deformação sob força compressiva, Paradigm MZ100 é mais suscetível a absorver o impacto, atuando como um elemento redutor do estresse. Essa *performance* extraordinária da Paradigm MZ100 em restaurações sobre implantes está de acordo com estudos publicados anteriormente, nos quais o substrato das restaurações foi dentário, incluindo dentes tratados endodonticamente. Nesses trabalhos MZ100 superou o desempenho de materiais, tais como: MKII, ECAD e mesmo EMAX (Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b). O presente estudo introduz um novo conceito, já que restaurações adesivas de resina composta ainda não haviam sido

preconizadas para restaurações implantossuportadas em região posterior. MZ100 é fabricada originalmente a partir do material restaurador Filtek Z100, cuja carga é composta de esferas patenteadas de sílica e zircônia (85% de seu peso) o que parece certificar a restauração com comportamento excepcional quando submetida à carga dinâmica (Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b).

Todos os espécimes fraturados de Paradigm C apresentaram falhas adesivas na interface restauração/pilar (adesiva e coesiva na restauração) e em todos os exemplares, fragmentos de cerâmica e/ou remanescentes de cimento foram encontrados na superfície do pilar. Falhas exclusivamente adesivas (“descolamento total”) não foram observadas nesse estudo apesar de os pilares do grupo CO mostrarem retenção mecânica limitada pelo fato de apresentarem um *design* não-retentivo. Eles enfatizam a *performance* extraordinária da interface adesiva (adesão resina-zircônia), a qual foi responsável pela manutenção da coesão deste conjunto restauração-pilar, o qual foi também demonstrado em trabalhos prévios (Magne et al. 2010a, 2011a). Diferentes protocolos foram propostos para alcançar uma adesão à zircônia confiável (Blatz et al. 2003; Guazzato et al. 2005; Curtis et al. 2006; Matinlinna et al. 2006; Wolfart et al. 2007; Phark et al. 2009; Piascik et al. 2009). Normalmente, eles enfatizam o uso de retenções micromecânicas e microporosidades associadas a um agente químico de união (Spohr et al. 2008; Phark et al. 2009). Para esse estudo, a combinação da asperização da superfície com jato de  $Al_2O_3$  junto com agente químico organofosforado (Z-Prime Plus) foi considerado pelo fato

ter se mostrado superior a outras técnicas (Magne et al. 2010a). Dos 60 espécimes deste estudo, 40 apresentaram adesão suficientemente forte para manter a restauração intacta mesmo sob cargas altas de até 1400N. Além do aumento da rugosidade de superfície das cerâmicas do tipo Y-TZP, o jateamento induz à transformação de fase e ao aumento da resistência flexural (Kosmac et al. 2000; Guazzato et al. 2005; Wang et al. 2008). Ainda existe, porém, a preocupação que a abrasão por jateamento (assim como ajustes e desgastes) poderiam induzir microtrincas e defeitos na superfície da zircônia que, subsequentemente, poderiam comprometer a estabilidade e a previsibilidade das restaurações. Essas questões não foram confirmadas no presente trabalho uma vez que todos os 60 pilares personalizados de zircônia foram jateados e nenhum deles falhou. Z-Prime Plus inclui organofosfatos e monômeros de ácidos carboxílicos. A parte organofuncional presente nos monômeros organofosforados, na grande maioria um grupo metacrilato, pode então ser polimerizada com os monômeros de um sistema de resina composta (Mantilnna et al. 2006; Piascik et al. 2009) e os grupos de ácido fosfórico podem desenvolver a união com os óxidos metálicos do substrato (Magne et al. 2011a). Outro elemento excepcional do protocolo adesivo descrito neste estudo é o uso de resina composta (Filtek Z100) para cimentação adesiva. Essa opção apresenta o benefício de se usar um material apenas fotoativado e tem como propriedades tempo de trabalho ilimitado, maior estabilidade de cor, ótimas propriedades físico-químicas e radiopacidade. Recomenda-se aquecer a resina composta antes de usá-la como cimento, o que auxilia o melhor escoamento do material

e o assentamento da restauração. Após o seu resfriamento ocorre uma redução da viscosidade do material e, com isso, a resina composta estabiliza a restauração em posição, permitindo a remoção controlada dos excessos (Magne & Knezevic 2009c).

Implicações clínicas importantes podem ser observadas a partir deste estudo, especialmente quando do planejamento de restaurações sobre implantes em pacientes com espaços interoclusal/interproximal reduzidos. Devido à substituição dos princípios de forma de retenção e resistência do pilar por um protocolo de adesão previsível, a relação espacial entre o implante e a restauração não é mais um fator crucial (Magne et al. 2011a). As propriedades ópticas e o *design* do pilar deste novo conceito de restauração sobre implante para a região posterior permitem a simulação de qualquer inclinação corono-radicular e o posicionamento de margens menos subgingivais, o que, em termos simplifica a instalação final da restauração (menor risco de excesso de cimento) e favorece o resultado estético (por exemplo, nos casos de mucosa vestibular periimplantar fina) (Sailer et al. 2009c; Zembic et al. 2009; Magne et al. 2011a).

Restaurações mais resilientes sobre implantes (onlays e coroas fabricadas em resina composta) não apenas reduziram significativamente o risco de fratura, mas talvez também pudessem beneficiar o complexo osso-implante-restauração como um todo devido ao seu potencial de absorção do impacto (Skalak 1983; Brunski 1992; Cibirka et al. 1992; Ciftçi & Canay 2000; Juodzbalys et al. 2005; Magne et al. 2011b). Em caso de falhas parciais



(delaminações e fraturas), as restaurações em resina composta também exibem técnicas de reparo mais favoráveis (Rosentritt et al. 2000; Andrianni et al. 2010). Restaurações em resina composta podem ser criticadas pelo seu desgaste oclusal acentuado quando comparadas às restaurações em cerâmica. Contudo, deve-se observar que as restaurações em resina composta também tendem a preservar mais o esmalte do antagonista. Em função do exposto, o desgaste total (associando o desgaste do esmalte do antagonista e do próprio material restaurador) é inferior ao das restaurações em cerâmica (Kunzelmann et al. 2001). Tal característica pode se mostrar conveniente especialmente para as restaurações sobre implantes quando se considerar a ausência de resiliência da infraestrutura de zircônia e a ausência do ligamento periodontal.

O presente trabalho estabelece os fundamentos para novas pesquisas que deveriam incluir estudos clínicos aleatórios para confirmar a *performance* desta nova técnica, principalmente com o uso de resina composta como material restaurador de escolha para restaurações de elementos unitários sobre implantes em região posterior. Particularmente, a análise por elemento finito estaria indicada para verificar o possível efeito na absorção do impacto e no alívio do estresse promovido pela resina composta como material restaurador oclusal.

Dentro das limitações do presente estudo, foi possível concluir que as onlays e coroas de resina composta Paradigm MZ100 cimentadas adesivamente a pilares personalizados de zircônia apresentaram resistência à fadiga estatisticamente maior

quando comparadas às restaurações de cerâmica Paradigm C com *designs* similares.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam sua gratidão à:

- CAPES Fundação de Apoio à Pesquisa (processos - PDEE 1897-09-8 e PDEE 1909-09-6);
- Neodent (Curitiba, PR, Brasil) pela doação dos implantes e dos pilares de zircônia;
- 3M ESPE (St Paul, MN) pela doação dos blocos de Paradigm C e Paradigm MZ100, resina composta Filtek Z100 e Cojet;
- Kerr (Orange, CA) pelo Optibond FL e Occlubrush;
- Patterson (El Segundo, CA) pelo Cerec 3;
- Ultradent (South Jordan, UT) pelo Ultraetch, Porcelain Etch e Silane;
- Heraeus Kulzer (Armonk, NY) pela Palapress;
- Brasseler (Savannah, GA) e Dialite e Komet (Rock Hill, SC) pelo sistema Q-Polishing Kit.

## REFERÊNCIAS

---

Andersson, B., Odman, P., Carlsson, L. & Brånemark, P.I. (1992) A new Brånemark single tooth abutment: handling and early clinical experiences. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 7:105-11.

Andriani, W.J., Suzuki, M., Bonfante, E.A., Carvalho, R.M., Silva, N.R. & Coelho, P.G. (2010) Mechanical Testing of Indirect Composite Materials Directly Applied on Implant Abutments. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 12:1-7.

Att, W., Kurun, S., Gerds, T. & Strub, J.R. (2006) Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restorations: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 95:111-6.

Att, W., Kurun, S., Gerds, T. & Strub, J.R. (2006) Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restorations after exposure to the artificial mouth. *The Journal of Oral Rehabilitation* 33:380-6.

Bates, J.F., Stafford G.D. & Harrison, A. (1976) Masticatory function – a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *The Journal of Oral Rehabilitation* 3:57-67.

Becker, W. & Becker, B.E. (1995) Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: a retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 74:51-55.

Behr, M., Lang R., Leibrock, A., Rosentritt, M. & Handel, G. (1998) Complication rate with prosthodontic reconstructions on ITI and IMZ dental implants. *Clinical Oral Implants Research* 9:51-58.

Behr, M., Rosentritt, M., Lang, R. & Handel, G. (2001) Glass fiber-reinforced abutments for dental implants. A pilot study. *Clinical Oral Implants Research* 12: 174-8.

- Belser, U.C., Bernard, J.P. & Buser, D. (1996) Implant-supported restorations in the anterior region: prosthetic considerations. *The Practical Periodontics Aesthetic Dentistry* 8:875-83.
- Blatz, M.B., Sadan, A., Soignet, D., Blatz, U., Mercante, D. & Chiche, G. (2003) Long-term resin bond to densely sintered aluminum oxide ceramic. *The Journal of Restorative Dentistry* 15:362-369.
- Bozkaya, D. & Müftü, S. (2003) Mechanics of the tapered interference fit in dental implants. *The Journal of Biomechanics* 36:1649-1658.
- Bozkaya, D. & Müftü, S. (2005) Mechanics of the taper integrated screwed-in (TIS) abutments used in dental implants. *The Journal of Biomechanics* 38:87-97.
- Brunski, J.B. (1992). Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. *Clinical Materials*. 10:153-201.
- Chee, W. & Jivraj, S. (2006a) Screw versus cemented implant supported restorations. *The British Dental Journal* 201:501-7.
- Chee, W. & Jivraj, S. (2006b) Designing abutments for cement retained implant supported restorations. *The British Dental Journal* 201:559-563.
- Cibirka, R.M., Razzoog, M.E., Lang, B.R. & Stohler, C.S. (1992) Determining the force absorption quotient for restorative materials used in implant occlusal surfaces *The Journal of Prosthetic Dentistry* 67:361-4.
- Ciftçi, Y. & Canay, S. (2000) The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 15:571-82.
- Curtis, A.R., Wright, A.J. & Fleming, G.J. (2006) The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *The Journal of Dentistry* 34:195-206.

Ekfeldt, A., Carlsson, G.E. & Börjesson, G (1994) Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: a retrospective study. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 9:179-183.

Evans, A.G. (1990) Perspective on the development of high-toughness ceramics. *The Journal of American Ceramic Society*. 73:187-206.

Fennis, W.M.M., Kuijs, R.H., Kreulen, C.M., Ver- donschoot, N. & Creugers, N.H. (2004) Fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *The International Journal of Prosthodontics* 17:313-317.

Ferrario, V.F., Sforza, C., Serrao, G., Dellavia, C. & Tartaglia, G.M. (2004) Single tooth bite forces in healthy young adults. *The Journal of Oral Rehabilitation* 31:18-22.

Garvie, R.C., Hannink, R.C. & Pascoe, R.T. (1975) Ceramic steel? *Nature* 258:703-704.

Gibbs, C.H., Mahan, P.E., Mauderli, A., Lundeen, H.C. & Walsh, E.K. (1986) Limits of human bite strength. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 56:226-229.

Glauser, R., Sailer, I., Wohlwend, A., Studer, S., Schibli, M. & Schärer, P. (2004) Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *The International Journal of Prosthodontics* 17:285-90.

Guazzato, M., Albakry, M., Ringer, S.P. & Swain M.V. (2004a) Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dental Materials* 20:441-448.

Guazzato, M., Albakry, M., Ringer, S.P. & Swain M.V. (2004b) Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic

materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dental Materials* 20:449-456.

Guazzato, M., Quach, L., Albakry, M. & Swain, M.V. (2005) Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. *Journal of Dentistry* 33:9-18.

Haas, R., Mensdorff-Pouilly, N., Mailath, G. & Watzek, G. (1995) Brånemark single tooth implants: a preliminary report of 76 implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 73:274-9.

Haas, R., Polak, C., Fürhauser, R., Mailath-Pokorny, G., Dörtbudak, O. & Watzek, G. (2002) A long-term follow-up of 76 Brånemark single-tooth implants. *Clinical Oral Implants Research* 13:38-43.

Ishikawa-Nagai, S., Da Silva, J.D., Weber, H.P. & Park, S.E. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. *Clinical Oral Implants Research* 18:575-80.

Jemt, T., Laney, W.R., Harris, D., Henry, P.J., Krogh, P.H., Polizzi, G., Zarb, G.A. & Herrmann, I. (1991) Osseointegrated implants for single tooth replacement: a 1-year report from a multicenter prospective study. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 6:29-36.

Juodzbaly, G., Kubilius, R., Eidukynas, V. & Raustia, A.M. (2005) Stress distribution in bone: single-unit implant prostheses veneered with porcelain or a new composite material. *Implant Dentistry* 14:166-75.

Kelly, J.R. (1995) Perspectives on strength. *Dental Materials* 11:103-10.

Kelly, J.R. (1999) Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 81:652-661.

Kosmac, T., Oblak, C., Jevnikar, P., Funduk, N. & Marion, L. (1999) The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental Materials* 15:426-33.

Kuijs, R.H., Fennis, W.M., Kreulen, C.M., Roeters, F.J., Verdonshot, N. & Creugers, N.H. (2006) A comparison of fatigue resistance of three materials for cusp-replacing adhesive restorations. *The Journal of Dentistry* 34:19–25.

Kunzelmann, K.H., Jelen, B., Mehl, A. & Hickel, R. (2001) Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *International Journal of Computerized Dentistry* 4:171-84.

Levine, R.A., Clem, D.S., Wilson, T.G. Jr., Higginbottom, F. & Solnit, G. (1999) Multicenter retrospective analysis of the ITI implant system used for single-tooth replacements: results of loading for 2 or more years. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 14:516-520.

Magne, P. & Belser, U.C. (2002) Understanding the intact tooth and the biomimetic principle. In \_\_\_\_\_. *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach*, Quintessence Publishing, p.23-56.

Magne, P. & Cascione, D. (2006) Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 96:354-361.

Magne, P. & Knezevic, A. (2009a) Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:125-33.

Magne, P. & Knezevic, A. (2009b) Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:729-37.

Magne, P. & Knezevic, A. (2009c) Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dental Materials* 25:1264-8.



- Magne, P., Magne, M. & Jovanovic, S.A. (2008) An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 99:2-7.
- Magne, P., Paranhos, M.P. & Burnett, L.H. Jr. (2010a) New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental Materials* 26:345-52.
- Magne, P., Paranhos, M.P., Burnett, L.H. Jr., Magne, M. & Belser, U.C. (2011a) Fatigue resistance and failure mode of novel-design anterior single-tooth implant restorations – Influence of material selection for Type III veneers bonded to zirconia abutments. *Clinical Oral Implants Research* 22:195-200.
- Magne, M.P., Oderich, E., Boff, L.L., Cardoso, A.C.C. & Belser U.C. (2011b) Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with type III composite resin and porcelain veneers. *Clinical Oral Implants Research* 22:1-7.
- Magne, P., Schlichting, L. H., Maia, H.P. & Baratieri, L.N.(2010b) An in vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 104:149–157.
- Mangano, C., Mangano, F., Piattelli, A. Iezzi, G., Mangano, A. & La Colla L. (2009) Prospective clinical evaluation of 1920 Morse taper connection implants: results after 4 years of functional loading. *Clinical Oral Implants Research* 20:254-61.
- Mangano, C., Mangano, F., Piattelli, A. Iezzi, G., Mangano, A. & La Colla L. (2010) Prospective clinical evaluation of 307 single-tooth taper-connection implants: a multicenter study. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 25:394-400.
- Mantilinna, J.P., Lassila, L.V.J., Özcan, M., Yli-Urpo, A. & Vallittu, P.K. (2004).An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *The International Journal of Prosthodontics* 17:155-64.

- Mantilinna, J.P.; Heikkinen, T.; Özcan, M., Lassila, L.V.J. & Vallittu, P.K. (2006) Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dental Materials* 22:842-831.
- McLaren, E.A. & Giordano, R.A. (2005) Zirconia-based ceramics: material properties, esthetics, and layering techniques of new veneering porcelain, VM9. *Quintessence Dental Technology*. 28: 99-111.
- Mitsias, E.M., Silva, N.R.F.A, Pines, M., Stappert, C. & Thompson, V.P. (2010) Reliability and Fatigue Damage Modes of Zirconia and Titanium Abutments. *The International Journal of Prosthodontics* 23:56-59.
- Moberg, L.E., Köndell, P.A., Kullman, L., Heimdahl, A. & Gynther, G.W. (1999) Evaluation of single-tooth restorations on ITI dental implants. A prospective study of 29 patients. *Clinical Oral Implants Research* 10:45-53.
- Nakamura, T., Saito, O., Mizuno, M., Kinuta, S. & Ishigaki, S. (2003) Influence of abutment substrates on the color of metal-free polymer crowns. *The Journal of Oral Rehabilitation* 30:184-8.
- Nothdurft, F.P. & Pospiech, P.R. (2010) Prefabricated zirconium dioxide abutments for single-tooth replacement in the posterior region: evaluation of peri-implant tissues and superstructures after 12 months of function. *Clinical Oral Implants Research* 21:857-65.
- Park, S.E., Da Silva, J.D., Weber, H.P. & Ishikawa-Nagai, S. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clinical Oral Implants Research* 18:569-74.
- Parker, R. (2007) Use of Zirconia in Restorative Dentistry. *Dentistry Today* 26:114-119.
- Phark, J.H., Duarte, S. Jr., Blatz, M. & Sadan, A. (2009) An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 101:29-38.

- Piasecik, J.R., Swift, E.J., Thompson, J.Y., Grego, S. & Stoner, B.R. (2009) Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dental Materials* 25:1116–1121.
- Rosentritt, M., Behr, M., Kolbeck, C., Lang, R. & Handel, G. (2000) In vitro repair of all-ceramic and fibre-reinforced composite crowns. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 8:107-12.
- Sailer, I., Zembic, A., Jung, R.E., Siegenthaler, D., Holderegger, C. & Hämmerle, C.H.F. (2009) Randomized controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for canine and posterior single-tooth implant reconstructions: preliminary results at 1 year of function. *Clinical Oral Implants Research* 20:219-225.
- Sailer, I., Sailer, T., Stawarczyk, B., Jung, R.E. & Hämmerle, C.H. (2009) In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 24:850-8.
- Schwarz, M.S. (2000) Mechanical complications of dental implants. *Clinical Oral Implants Research* 11:156-8.
- Searson, L. & Meredith, N. (1997) The role of implants in restorative dentistry: prosthesis design and aesthetic considerations. *Dental Update* 24:388-90.
- Skalak, R. (1983) Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 49:843-8.
- Spohr, A.M., Borges, G.A., Burnett, L.H. Jr, Mota, E.G. & Oshima, H.M. (2008) Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd:YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement. *Photomedicine and Laser Surgery* 26:203–208.
- Wang, H., Aboushelib, M.N. & Felizer, A.J. (2008) Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dental Materials* 24:633-8.

White, S.N., Miklus, V.G., McLaren, E.A., Lang, L.A. & Caputo, A.A. (2005) Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 94:125-131.

Wolfart, M., Lehmann, F., Wolfart, S. & Kern, M. (2007) Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials* 23:45-50.

Yildirim, M., Edelhoff, D., Hanisch, O. & Spiekermann, H. (2000) Ceramic abutments - a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. *The International Journal Periodontics Restorative Dentistry* 20:81-91.

Zarone F, Sorrentino R, Traini T, Di Iorio D. & Caputi S. (2007) Fracture resistance of implant- supported screw- versus cement-retained porcelain fused to metal single crowns: SEM fractographic analysis. *Dental Materials* 23:296-301.

Zembic A., Sailer, I., Jung, R.E. & Hämmerle, F.C.H. (2009) Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clinical Oral Implants Research* 20:802-808.

## VERSÃO DO ARTIGO EM INGLÊS

This manuscript was written according to the guidelines for submission to the journal "*Clinical Oral Implants Research*".

### **FATIGUE RESISTANCE AND FAILURE MODE OF ADHESIVELY RESTORED CUSTOM IMPLANT PREMOLAR ABUTMENTS. PART I: ZIRCONIA ABUTMENTS**

**Running title:** Posterior single-unit restorations bonded to customized zirconia implant abutments

Elisa Oderich<sup>6</sup>, Luís Leonildo Boff<sup>7</sup>, Antônio Carlos Cardoso<sup>8</sup>, Pascal Magne<sup>9</sup>

**Corresponding author:** Dr. Pascal Magne

UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA

Division of Restorative Sciences - The Herman Ostrow School of Dentistry

3151 S. Hoover St - Los Angeles, CA 90089-7792

Phone (213) 740-4239 / Fax (213) 821-5324

E-mail: [magne@usc.edu](mailto:magne@usc.edu)

---

<sup>6</sup> Visiting scholar, Department of Restorative Sciences, Herman Ostrow School of Dentistry, University of Southern California; PhD Student, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

<sup>7</sup> Visiting scholar, Department of Restorative Sciences, Herman Ostrow School of Dentistry, University of Southern California; Assistant Professor and Researcher, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

<sup>8</sup> Titular Professor, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

<sup>9</sup> Tenured Associate Professor, The Don & Sybil Harrington Foundation Chair of Esthetic Dentistry, Division of Restorative Sciences, The Herman Ostrow School of Dentistry, University of Southern California, Los Angeles, CA, USA.



## **ABSTRACT**

---

**Objectives:** This study assessed the fatigue resistance and failure mode of porcelain and composite resin crowns and onlays bonded to custom zirconia premolar implant abutments.

**Material and Methods:** Sixty standardized zirconia implant abutments were milled (NeoShape) according to two different restoration designs (onlay or crown). Using Cerec 3, the corresponding onlays and crowns were fabricated either in ceramic (Paradigm C) or composite resin (Paradigm MZ100) (four experimental groups, n=15). The fitting surfaces of the abutments were airborne-particle abraded and cleaned. The intaglio surfaces of the restorations were HF-etched and silanated (Paradigm C) or airborne-particle abraded and silanated (Paradigm MZ100). Following abutments insertion of into a Morse taper implant (Titamax CM), all restorations were bonded with a zirconia primer (Z-Prime Plus), adhesive resin (Optibond FL) and a preheated light curing composite resin (Filtek Z100). Cyclic isometric chewing (5Hz) was simulated, starting with a load of 50N (5,000X), followed by stages of 200N, 400N, 600N, 800N, 1,000N, 1,200N and 1,400N (25,000X each). Samples were loaded until fracture or to a maximum of 180,000 cycles. The four groups were compared using the life table survival analysis (Logrank test at  $P=.05$ ).

**Results:** All composite resin onlays and crowns survived (100% survival rate), while ceramic ones fractured at an average load of 1,347N and 1,280N, respectively (survival rate of 46,7% and

20%) with a significant difference in survival probability ( $P < 0.0001$ ). Fractures consisted in partial or total failure of the restoration only (no abutment failure, no screw-loosening).

**Conclusions:** Composite resin restorations (onlays/crowns) bonded to custom zirconia implant abutments presented a significant higher survival rate when compared to ceramic ones.

**Key-Words:** Composite resin, Ceramic, CAD/CAM, Dental implant, Fatigue resistance, Implant abutment, Adhesion.



## **INTRODUCTION**

---

Single tooth replacement in the posterior zone, when dealing with ideally positioned implants, can be achieved by combining a prefabricated abutment and a crown (Andersson et al. 1992; Haas et al. 1995; Behr et al. 2001; Haas et al. 2002). In case of limited interdental/interocclusal space or suboptimal implant-crown angles a screw-retained custom abutment with a cemented crown is commonly used (Belser et al. 1996; Searson & Meredith 1997; Moberg et al. 1999; Haas et al. 2002; Chee & Jivraj 2006; Zarone et al. 2007; Magne et al. 2010a). The main difference among implant systems is the implant-abutment connection geometry (e.g., external hex, internal hex, Morse taper). Most systems, however, are using a screw-type connection (Bozkaya & Müftü 2003; Mangano et al. 2009). Screw loosening is reported in the literature as one of the highest prosthetic complications and commonly affects single-tooth implant supported restorations, especially on the posterior area of both maxillary and mandibular arches (from 6 up to 48%) (Jemt et al. 1991; Ekfeldt et al. 1994; Becker & Becker, 1995; Behr et al. 1998; Schwarz 2000). These clinical situations are uncomfortable for both, the patient and the clinician. To overcome those mechanical problems some manufacturers have applied a frictional surface such as a taper interference fit (also called Morse taper) to the area of the implant-abutment interface. Those abutments present a self-locking characteristic (Bozkaya & Müftü 2003, 2005; Mangano et al. 2009, 2010), which seems to reduce considerably the

rate of abutment loosening (3.6% to 5.3% according to Levine et al. 1999). Besides their high mechanical stability and reduction of prosthetic complication rates, Morse taper connections seem to demonstrate reduced microgaps (implant-abutment interface), which is associated with minimal crestal bone loss (Mangano et al. 2009).

The above-mentioned developments in the mechanical and biological features of implant systems have also been accompanied by significant esthetic improvements to minimize the risk of metal components shining through the perimplant mucosa (Nakamura et al. 2003; Park et al. 2007; Ishikawa-Nagai et al. 2007; Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009). In order to address this issue, ceramic abutments gained popularity. Originally made of densely sintered high-purity alumina ( $Al_2O_3$ ), they were indicated for anterior tooth replacement only (Yildirim et al. 2000; Glauser et al. 2004; Att et al. 2006a, 2006b). However, with the development of yttria tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP) abutments, which combines attractive optical characteristic and outstanding mechanical properties, ceramic mesostructures started to gain interest not only for anterior single-teeth replacement but also for partial/complete implant-supported rehabilitations and posterior single-units (Parker 2007; Wang et al. 2008, Nothdurft & Pospiech 2009; Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009). Y-TZP is a monophase ceramic material with a polycrystalline structure stabilized with an oxide of the metallic element yttrium. The flexural strength of zirconium oxide materials lies in the range of 900MPa to 1,100MPa (White et al. 2005), approximately twice the strength of aluminum oxide ceramics and 5

times that of glass ceramics (Glauser et al. 2004). Moreover, this material can resist propagation of internal cracks ( $K_{Ic}$  of 8 up to 10MPa/m<sup>1/2</sup>)(Guazzato et al. 2004a, 2004b, 2005; McLaren & Giordano, 2005) due to the phenomenon of transformation toughening (Garvie et al. 1975), which gives zirconia its unique mechanical properties (Evans 1990).

Recently, a new esthetic solution for anterior single-tooth replacement was proposed (Magne et al. 2008; Magne et al. 2011a). It consists of a non-retentive screw-retained custom abutment and a separate porcelain veneer and allows highly esthetic results even in the presence of several prosthetic dilemmas such as insufficient retention and resistance form of the abutment, limited restorative space (e.g. lateral mandibular incisor sites) and mismatching implant/crown axes. However, when using Y-TZP abutments, this novel design requires a strong and reliable resin-to-zirconia adhesive approach, which seems achievable in the anterior dentition (Magne et al. 2011a). There is no data, however, on the use of adhesive restorations on zirconia abutments in the posterior dentition and there are still concerns about the longevity of the resin-to-zirconia adhesive interface when subjected to masticatory functional loading (Wolfart et al. 2007; Phark et al. 2009). Other remaining questions are the possible use of bonded composite resin restorations instead of ceramic as they could influence the stiffness of the assembly (abutment/restoration) and affect the stress distribution on the perimplant tissues. The presence of a resilient element (such as composite resin) to reduce stress transmission to the adjacent bone (i.e. when occluding unexpectedly on a hard

object)(Skalak 1983; Brunski 1992) could have a favorable effect on tooth replacement with single implant supported restorations using zirconia abutments.

The purpose of the present study was to test *in vitro* the fatigue resistance and failure mode adhesive onlays and crowns made of two different materials (ceramic and composite resin) and bonded to custom zirconia implant abutments with a Morse taper design. The working-hypothesis considered was that the adhesive restorations would fail before the abutment itself and that the restoration design (onlay vs. crown) and restoration material (ceramic vs. composite resin) would have an influence on the fatigue resistance and failure mode of the assembly.

## **MATERIAL AND METHODS**

---

Sixty conical taper implants (Titamax CM, 4.1mm-diameter, 11mm-length; Neodent, Curitiba, Brazil) were embedded in acrylic resin (Palapress; Heraeus Kulzer, Armonk, NY) simulating the bone.

Two master custom abutment designs were fabricated using two wax-up sleeves and additional light-cured composite resin (Filtek Z100; 3M/ESPE, Saint Paul, MN) reproducing two different abutment designs (onlay and crown). The natural emergence profile of a right maxillary second pre-molar was simulated. Using the NeoShape CAD/CAM system (NeoShape; Neodent), both master abutments were scanned and replicated in Y-TZP (Fig. 1). Thirty identical screw-retained custom abutments were produced for each preparation design. Both abutments were designed with buccal restoration margins 3mm above the abutment-implant interface, approximately 1.5mm-reduction of the buccal surface and 1.5mm to 2mm of occlusal clearance (Fig. 2).



Fig. 1: Custom zirconia abutments with different preparation designs for an onlay (A) and crown (B).

Sixty CAD/CAM onlays and crowns were produced using the Cerec 3 system (version 3.60, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany), starting with an optical impression of the two custom zirconia abutments with the access channel filled with wax. Abutments were fitted with standardized restorations (onlay or crown) from the Cerec database (right maxillary second pre-molar, Lee Cusp Youth database). Using the Design Tools of the *Cerec Software* set in Master Mode, the restoration was positioned in order to generate a standardized anatomy and occlusal thickness for both designs. The thickness was evaluated in three different locations (1.5mm at the central groove, 2.0mm at the tip of buccal and lingual cusps and a total height of 8.75mm from buccal margin to cusp tip) (detailed measurements and dimensions are shown in Fig. 2).

Thirty restorations (15 onlays and 15 crowns) were milled in composite resin (Paradigm MZ100; 3M/ESPE) and another 30 (15 of each design) in glass ceramic (Paradigm C; 3M/ESPE) with the milling *sprue* always located at the palatal surface. The ceramic onlays and crowns were initially polished using the Dialite Porcelain Polishing Kit (Brasseler, Savannah, GA) and the composite resin restorations using the Q-Polishing System (Kit ref. 4477; Komet, Schaumburg, IL) and silicon carbide-impregnated polishing brushes (Occlubrush; Kerr-Hawe, Bioggio, Switzerland).



Fig. 2: Virtual impression of two custom zirconia abutments using Cerec 3 technology. Standard CAD/CAM restoration designs and measurements for onlay (left) and crown (right) (A).CAD/CAM composite resin onlay and crown and custom zirconia abutments (B).

The fitting surface on each abutment was delimited with wax to protect the outer surface and then sandblasted with aluminum oxide 50 $\mu$ m at 0.2 MPa for 10 seconds at a distance of 10mm, perpendicular to the surface. Following rinsing with water/air spray for 5 seconds, the wax was removed and additional cleaning was performed using 35% phosphoric acid (Ultra-Etch; Ultradent, South Jordan, UT) with a gentle brushing motion for 1 minute. Rinsing with water/air spray for 20 seconds, and immersion in distilled water in an ultrasonic bath for 2.5 minutes were performed for final cleaning.

Surface conditioning of the ceramic restorations (onlay and crowns) included airborne-particle abrasion with 50 $\mu$ m aluminum oxide at 0.2MPa, followed by etching with 9% hydrofluoric acid (Porcelain Etch; Ultradent) for 45 seconds, and rinsing with water for 20 seconds. Post-etching cleaning was performed using 35% phosphoric acid (Ultra-etch; Ultradent) with a gentle brushing motion for 1 minute, followed by rinsing with water for 20 seconds. After final cleaning by immersion in distilled water in the ultrasonic bath for 2.5 minutes and oil-free air-drying, intaglio surfaces were silanated (Silane; Ultradent) and dried at 100°C for 1 minute. The same protocol was applied to the composite resin restorations except for the hydrofluoric-etching step.

Each implant received a custom zirconia abutment fastened with 15Ncm of torque applied to the abutment screw. Teflon tape was used to cover the abutment screw and fill part of the access-channel. Following air-drying, two coats of Z-Prime Plus (Bisco



Inc., Schaumburg, IL) were applied to the fitting surface of the abutment with a microbrush and gently dried for 10 seconds to evaporate the solvent followed by light-polymerization for 20 seconds. A restorative composite resin (Filtek Z100; 3M/ESPE, pre-heated for 5 minutes in Calset; Addent, Danbury, CT) was used for the adhesive luting of the restorations (crowns and onlays) to the abutments. Bonding agent (Optibond FL bottle 2; Kerr, Orange, CA) was used to wet the intaglio surface of the restoration followed by the application of a small amount of pre-heated composite resin, which was also applied to the occlusal surface of the abutment. The restoration was then slowly inserted onto the zirconia abutment with gentle pressure. After removal of the composite resin excess, each surface was light-polymerized for 60 seconds (20 seconds per surface, for 3 times with Valo; Ultradent). All margins were covered with an air-blocking barrier (K-Y Jelly; Personal Products Company, Skillman, NJ) for the final polymerization cycle. The specimens were cleaned with water/air spray for 5 seconds and then stored in distilled water for 24 hours before loading.

An artificial chewing device actuated by closed-loop servohydraulics (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA) was used for simulating masticatory forces (Fig. 3). The chewing cycle was replicated by an isometric contraction (load control) applied through a 7 mm-diameter cylindrical composite resin antagonist (Filtek Z100; 3M/ESPE). A new antagonist was fabricated for each specimen. The load chamber was filled with distilled water to submerge the sample during testing. Cyclic loading was applied at a frequency of 5 Hz. A “staircase” load

protocol was used, starting with a warm-up at 50N (5,000 cycles) followed by stages of 200N, 400N, 600N, 800N, 1,000N, 1,200N and 1,400N, at a maximum of 25,000 cycles each. Samples were loaded until fracture or to a maximum of 180,000 cycles. The number of endured cycles and failure mode of each specimen was recorded. After the test, each sample was evaluated by transillumination (Microlux; Addent, Danbury, CT) and optical microscope (Leica MZ 125; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) at 10:1 magnification (two-examiner agreement). A visual distinction was made between cohesive fractures of the abutment, screw or implant, as well as cohesive fracture of the restorations and/or adhesive failure of the restoration/abutment interface. Restoration failures were further classified as total (more than 75% of the abutment surface exposed) or partial (less than 75% of the abutment surface exposed). This difference was perceived visually and under microscope evaluation and was essentially qualitative with no surface area measurements.

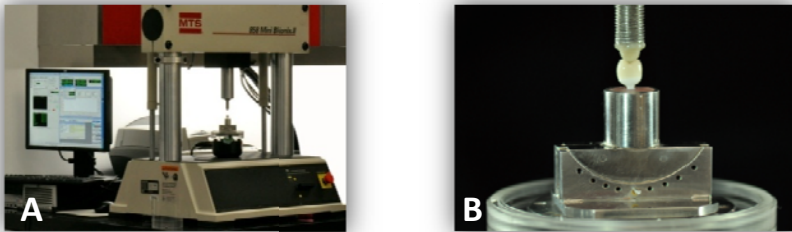


Fig. 3: MTS 858 Mini Bionix II fatigue system (A). Close-up view of specimen in load chamber (B, casing and water removed for photography).

The four groups (ceramic onlay - CO, composite resin onlay - CRO, ceramic crown - CC and composite resin crown - CRC) were compared using the life table survival analysis. At each time interval (defined by each load step), the number of specimens starting the interval intact and the number of specimens fracturing during the interval were counted, allowing the calculation of survival probability at each interval. The influence of restorative material (ceramic vs. composite resin) and the abutment design (onlay vs. crown design) on the fracture strength (load step at which the failure will occurred) were analyzed by using the Logrank test at a significance level of .05. Differences were localized using pairwise posthoc comparisons with the same test at a significance level of .01 (Bonferroni correction for 5 comparisons).

## **RESULTS**

---

All the Paradigm MZ100 specimens (groups CRO and CRC) survived the dynamic loading test (100% of survival rate). The fatigue resistance of ceramic onlays and crowns bonded to custom zirconia abutments are presented in Table 1. Paradigm C specimens fractured at an average load of 1,347N (CO) and 1,280N (CC)(Table 2, Fig. 4A). A significant difference ( $P<.0001$ ) in survival probability was found between the two veneering materials, Paradigm MZ100 and Paradigm C (Table 2, Fig. 4B).

When pooling the data of onlays and crowns together to compare the fatigue resistance of both restoration designs, no significant statistical difference was found ( $P=.2445$ ) (Fig. 4C), even though there seems to be a trend showing that ceramic onlays performed better under dynamic loading than the ceramic crowns (47% and 20% for CO and CC, respectively) (Table 3).

**Table 1.** Fatigue resistance of Paradigm C onlays and crowns bonded to custom zirconia abutments

Veneer Material	Specimen	Failure Load (N)	Cycles	Failure Mode
Ceramic ONLAYS (CO)	CO_01	1,400	153,844	Partial
	CO_02	1,400	180,000	No failure
	CO_03	1,000	116,790	Partial
	CO_04	1,400	180,000	No failure
	CO_05	1,400	180,000	No failure
	CO_06	1,400	155,232	Total
	CO_07	1,400	180,000	No failure
	CO_08	1,200	130,189	Partial
	CO_09	1,400	155,738	Partial
	CO_10	1,400	180,000	No failure
	CO_11	1,400	159,496	Partial
	CO_12	1,400	178,854	Total
	CO_13	1,400	180,000	No failure
	CO_14	1,200	130,598	Total
	CO_15	1,400	180,000	No failure
Ceramic CROWNS (CC)	CC_01	1,200	136,818	Total
	CC_02	1,200	113,007	Partial
	CC_03	1,400	180,000	No failure
	CC_04	1,400	180,000	No failure
	CC_05	1,200	137,212	Total
	CC_06	1,400	155,266	Total
	CC_07	1,400	156,136	Total
	CC_08	1,400	180,000	No failure
	CC_09	1,400	176,480	Total
	CC_10	1,400	155,695	Partial
	CC_11	1,200	130,503	Partial
	CC_12	1,400	155,372	Total
	CC_13	800	93,846	Partial
	CC_14	1,200	140,592	Total
	CC_15	1,200	137,212	Total

**Table 2.** Post-hoc comparisons using Logrank test ( $P < .01$  indicates significant difference):

	<b>CRO</b>	<b>CRC</b>	<b>CO</b>	<b>CC</b>
CRO	x	-	0.0009	0.0012
CRC		x	0.0012	<0.0001
PO			x	0.09
PC				x

**Table 3.** Survival rates of ceramic and composite resin implant supported restorations.

	<b>Crowns</b>	<b>Onlays</b>	<b>Material Survival</b>
Paradigm C	20%	46.7%	33.3%
Paradigm MZ100	-	-	100%

Screw loosening or screw/abutment fractures were not observed. All fractured specimens (groups CO and CC) presented similar failure mode (cohesive in the restoration and adhesive between restoration and abutment) and demonstrated exposure of the zirconia abutment surface. Luting composite remnants were also found at the abutment surface. Total adhesive failures were observed in the majority of failed Paradigm C crowns (66.6%) while mainly partial failures were observed in failed Paradigm C onlays (62.5%)(Table 4, Fig. 5).

**Table 4.** Failure mode of ceramic onlays and crowns bonded to custom zirconia abutments (as a % of failed restorations).

	Total	Partial
Paradigm C Crowns – PC	66.6%	33.3%
Paradigm C Onlays – PO	37.5%	62.5%

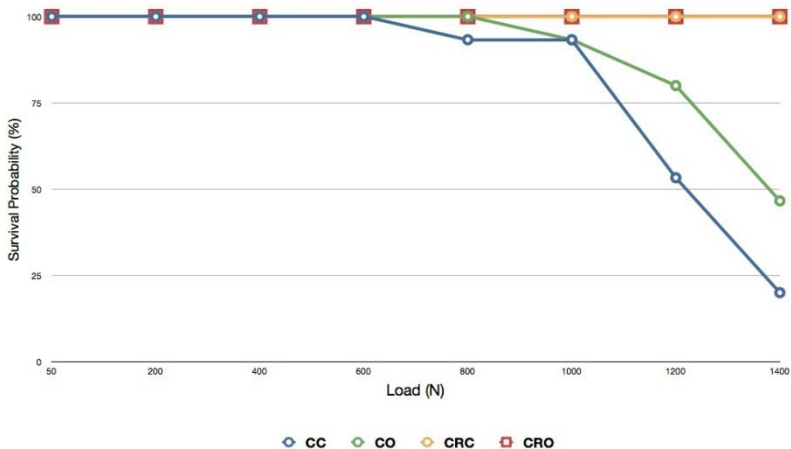


Fig. 4A: Survival probability of composite resin (Paradigm MZ100) and ceramic (Paradigm C) crowns and onlays bonded to custom zirconia abutments.

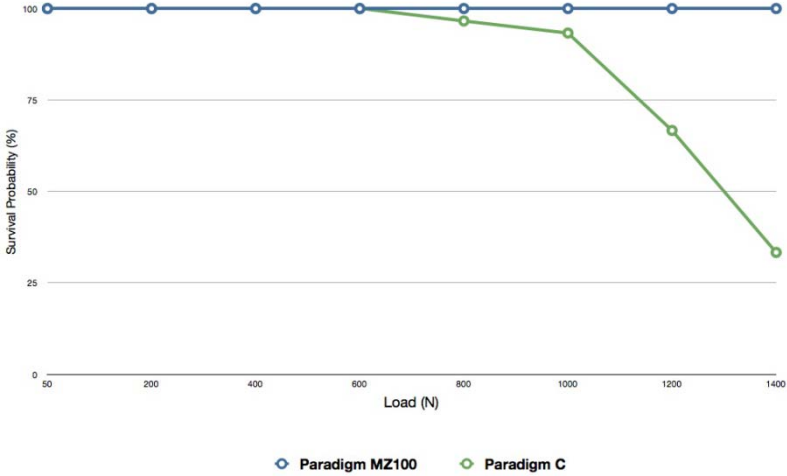


Fig. 4B: Survival probability of pooled data comparing composite resin (Paradigm MZ100) and ceramic (Paradigm C) restorations.

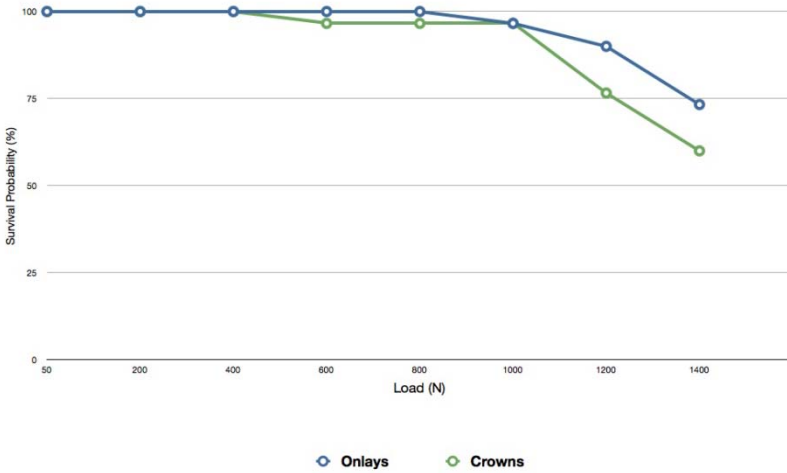


Fig. 4C: Survival probability of pooled data comparing two custom zirconia abutments with different preparation designs (crown vs. onlay).



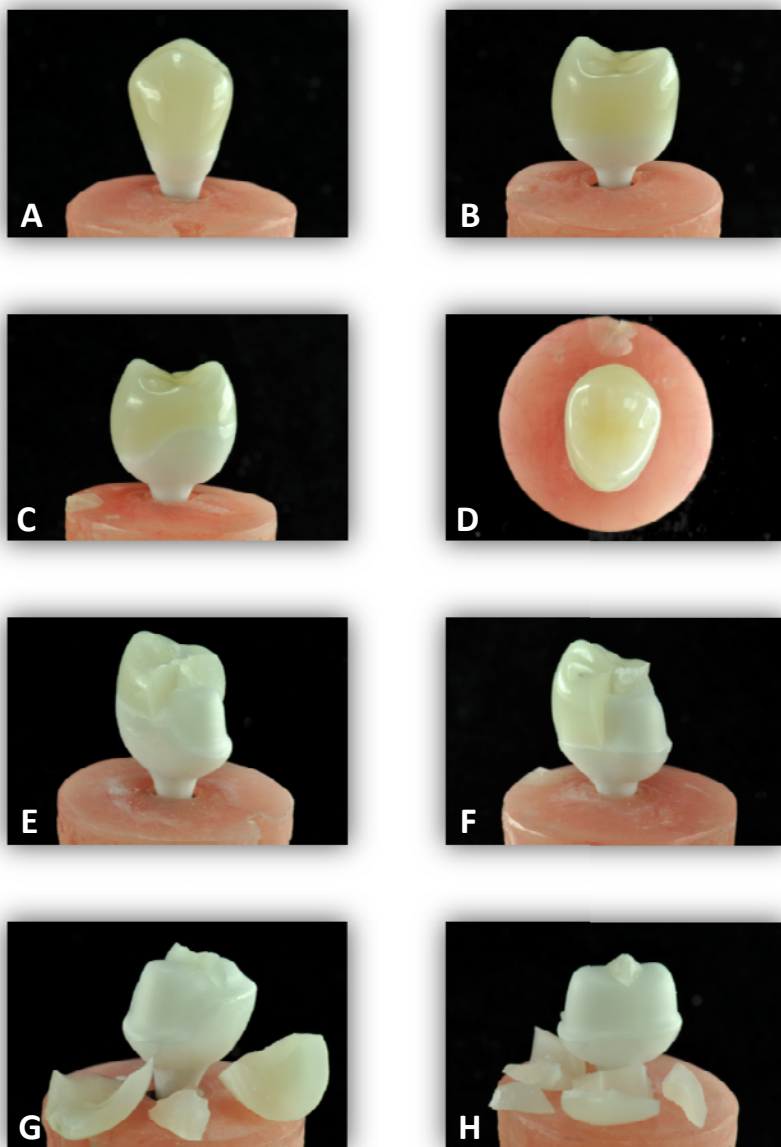


Fig. 5: Specimens at the end of testing. Paradigm MZ100 crown (A, B) and onlay (C, D). Paradigm C onlay (E) and crown (F) with partial failure. Paradigm C onlay (G) and crown (H) with total failure.

## **DISCUSSION**

---

The aim of the present study was to assess the fatigue resistance and failure mode of different adhesive restorations bonded to custom zirconia implant abutments, the influence of the veneering material selection (ceramic vs. composite resin) and the two different abutment preparation designs (onlays vs. crowns). The working-hypothesis was confirmed. Not only did the ceramic bonded restorations fail first (and systematically left the abutment intact), but the restorative material (ceramic vs. composite resin) also had a significant influence on the fatigue strength of the assembly.

The experimental protocol of this study, also described in other similar fatigue studies (Magne & Knezevic 2009a, 2009b; Magne et al. 2010b), used a 7mm diameter cylindrical composite resin surface as an antagonist. In fact the use of polymer instead of stainless steel sphere help to prevent the growth of localized Hertzian cone cracks (due to the concentrated point loads) and preclude unrealistic surface damage (Kelly 1999). Another main difference, when compared to fatigue studies, is the “staircase” loading protocol, originally introduced by Fennis et al. (2004) and later used in several other studies (Kuijs et al. 2006; Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b). It simulates a wide range of clinically relevant situations. The first part of this dynamic loading test covers the range of normal bite forces in the posterior area, namely up to 600N (Bates et al. 1976; Ferrario et al.

2004). One might reach the range of high loads, like those presented in the second part of the test, during episodes of bruxism, trauma (high extrinsic loads), or intrinsic masticatory accidents (under chewing loads but delivered to small area due to a hard foreign body like a stone or seed, for example) (Gibbs et al. 1986). This loading protocol seems to be a rational balance between the straightforward load-to-failure test and the more time-consuming fatigue tests. Additionally, while running the pilot tests of this project, it was observed that both occlusal veneering materials survived a more conventional fatigue loading protocol (1,000,000 cycles at 100N, 2Hz) and would not allow detecting performance differences. As both restorations (crown and onlay) were designed and milled with Cerec, standardization of the anatomy and thickness of the restorations was granted. Confounding variables were minimized, with the adhesive luting procedure as the only confounding variable left in this experiment.

The type of connection significantly influences the strength of zirconia abutments as demonstrated by Sailer et al. (2009). Improved performance was obtained with the use of an internal secondary metallic component at the interface of conical implants and zirconia abutments. Such a component was not used in the present study, however, 100% of the abutments survived and no loosening/fracture could be detected irrespective of the preparation designs (crown vs. onlay). It appears only as a trend that Paradigm C onlays had a superior performance when compared to crowns (survival rate of 46,7% of CO and 20% of CC).

With average fracture load of 1,313N for Paradigm C restorations and no failure for Paradigm MZ100 specimens, the performance of both occlusal veneering materials can be deemed appropriate within the range of normal masticatory functional forces. Due to the absolute survival of composite restorations (groups CRO and CRC), a significant difference in survival probability between the two veneering materials was found (survival rates of 33.3% and 100% for Paradigm C and Paradigm MZ100, respectively). This difference might be correlated to the difference in the elastic modulus of those two materials. With its increased deformation under compression load, Paradigm MZ100 is more likely to absorb the stress by acting as a damping element. This outstanding performance of Paradigm MZ100 on implant abutments correlates with previously published data on tooth substrate, including endodontically-treated teeth where MZ100 significantly outperformed MKII, ECAD and even EMAX (Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b). The present work introduces a novel approach since bonded composite resin restorations have not been advocated for posterior implant supported restorations. MZ100 is manufactured from the original Filtek Z100 restorative material, which contains patented spheroidal zirconia-silica fillers (85% by weight) that seem to provide the restoration with extraordinary behavior under dynamic loading (Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b).

All fractured Paradigm C specimens presented adhesive failure of the restoration/abutment interface (adhesive and

cohesive in the restoration) and in all cases, ceramic fragments and/or adhesive luting agent remnants was found on the abutment surface. Exclusively adhesive failures (“total debonding”) were not observed in this study despite the fact that group CO had limited mechanical retention due to its non-retentive preparation design. This emphasizes the outstanding performance of the adhesive interface (resin-zirconia bond), which was responsible for maintaining the cohesiveness of the restoration-abutment assembly, and was demonstrated in previous works (Magne et al. 2010a; 2011a). Different protocols were proposed to achieve a reliable bonding to zirconia (Blatz et al. 2003; Guazzato et al. 2005; Curtis et al. 2006; Matinlinna et al. 2006; Wolfart et al. 2007; Phark et al. 2009; Piascik et al. 2009). Usually, they emphasize the use of micromechanical retentions and micro-porosities combined with chemical coupling (Spohr et al. 2008; Phark et al. 2009). For this study, the combination of surface roughening with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> airborne-particle abrasion along with organophosphate chemical coupling (Z-Prime Plus) was considered because it proved superior to other techniques (Magne et al. 2010a). For 40 out of 60 specimens in this study, such a bond was strong enough to hold the restoration intact at loads up to 1400N. Besides increasing surface roughness of Y-TZP ceramics; air abrasion induces phase transformation and increases flexural strength (Kosmac et al. 2000; Guazzato et al. 2005; Wang et al. 2008). There are some concerns, however, that air abrasion (as well as adjustments and trimming) could induce microcracks and flaws on the zirconia surface and could subsequently compromise the long-term stability and reliability of the restoration. Those

concerns are not confirmed by the present work because all 60 custom zirconia abutments were treated with air abrasion and none of them failed. Z-Prime Plus includes organophosphate and carboxylic acid monomers. The organofunctional part present on the organophosphate monomers, most often a methacrylate group can then be polymerized with the monomers of a composite resin system (Mantilinna et al. 2006; Piascik et al. 2009) and phosphoric acid groups that can develop the bond with the metal oxides in the substrate (Magne et al. 2011a). Another unique element of the bonding protocol described in this study is the use a restorative composites resin (Filtek Z100) as luting agent. It has the benefit of being a solely light-cured material and features unlimited working time, increased color stability, optimal physicochemical properties and radioopacity. It is recommended to pre-heat the composite before to use it as a luting agent to help the material to flow better and the restoration to set. After cooling, it becomes less viscous, and the composite resin stabilizes the restoration and allows controlled excess removal (Magne & Knezevic 2009c).

Important clinical implications can be drawn from this study, especially when planning implant-supported restorations in patients with severely reduced occlusal or mesio-distal clearances. Because of the substitution of “retention and resistance form” principles of the abutment by a reliable bonding protocol, the determination of an optimal implant axis and the spatial relationship between the implant and its coronal restoration are not longer crucial issues (Magne et al. 2011a). The optical properties and design of the abutment in this novel posterior restorative

approach allow the simulation of any crown-root angle and the positioning of less subgingival margins, which in turn simplifies the final restoration delivery (less risk of excess cement) and enhances the esthetic outcome (e.g. in case of thin labial periimplant mucosa) (Sailer et al. 2009b; Zembic et al. 2009; Magne et al. 2011a).

The more resilient implant restorations (composite resin onlays and crowns) not only significantly reduced the risk of failure but might also benefit the whole bone-implant-restoration complex due to its shock-absorbing capability (Skalak1983; Brunski 1992; Cibirka et al.1992; Ciftçi & Canay 2000; Juodzbaly et al. 2005; Magne et al. 2011b). Appears that zirconia abutment and composite resin restoration, the opposite to thenaturalvolume of dentin and enamel in the intact tooth, is a balance of stiffness and resilience. Additionally, in case of partial failures (chippings and fractures), composite resin restorations also exhibit improved repairability (Rosentritt et al. 2000; Andrianni et al. 2010). Composite resin restorations may be criticized for their increased occlusal wear compared to ceramic ones. However, one should keep in mind that composite resin restorations also tend to preserve more of the antagonistic enamel. As a result, the total wear (combined wear of antagonist enamel and restorative material itself) is inferior to ceramic restorations (Kunzelmann et al. 2001). Such a characteristic might prove particularly suitable with implant restorations when considering the lack of resilience of zirconia substructures and the absence of periodontal ligament.

The present work sets the foundation for further research that should include clinical trials to confirm the performance this novel-design restorative technique, especially the use of composite resin as a choice of material for posterior implant supported singles-units. Finite element analysis would be particularly indicated to verify the possible shocking-absorption effect and stress relief generated by the composite resin veneering occlusal material.

Within the limitations of the present study, it was possible to conclude that composite resin Paradigm MZ100 crowns/onlays bonded to custom zirconia abutments presented a significant higher survival rate when compared to ceramic Paradigm C restorations with similar designs.



## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors wish to express their gratitude to:

- CAPES Foundation Brazil (grants PDEE 1897-09-8 and PDEE 1909-09-6);
- Neodent (Curitiba, PR, Brazil) for the donation of dental implants and zirconia abutments;
- 3M ESPE (St Paul, MN) for Paradigm C, Paradigm MZ100 blocks, Filtek Z100 composite resin and Cojet;
- Kerr (Orange, CA) for Optibond FL and Occlbrush;
- Patterson (El Segundo, CA) for Cerec 3, Ultradent (South Jordan, UT) for Ultraetch, Porcelain Etch and Silane;
- Heraeus Kulzer (Armonk, NY) for Palapress;
- Brasseler (Savannah, GA) for Dialite and Komet (Rock Hill, SC) for the Q-Polishing System.

## REFERENCES

---

Andersson, B., Odman, P., Carlsson, L. & Brånemark, P.I. (1992) A new Brånemark single tooth abutment: handling and early clinical experiences. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 7:105-11.

Andriani, W.J., Suzuki, M., Bonfante, E.A., Carvalho, R.M., Silva, N.R. & Coelho, P.G. (2010) Mechanical Testing of Indirect Composite Materials Directly Applied on Implant Abutments. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 12:1-7.

Att, W., Kurun, S., Gerds, T. & Strub, J.R. (2006) Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restorations: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 95:111-6.

Att, W., Kurun, S., Gerds, T. & Strub, J.R. (2006) Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restorations after exposure to the artificial mouth. *The Journal of Oral Rehabilitation* 33:380-6.

Bates, J.F., Stafford G.D. & Harrison, A. (1976) Masticatory function – a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *The Journal of Oral Rehabilitation* 3:57-67.

Becker, W. & Becker, B.E. (1995) Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: a retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 74:51-55.

Behr, M., Lang R., Leibrock, A., Rosentritt, M. & Handel, G. (1998) Complication rate with prosthodontic reconstructions on ITI and IMZ dental implants. *Clinical Oral Implants Research* 9:51-58.

Behr, M., Rosentritt, M., Lang, R. & Handel, G. (2001) Glass fiber-reinforced abutments for dental implants. A pilot study. *Clinical Oral Implants Research* 12:174-8.

- Belser, U.C., Bernard, J.P. & Buser, D. (1996) Implant-supported restorations in the anterior region: prosthetic considerations. *The Practical Periodontics Aesthetic Dentistry* 8:875-83.
- Blatz, M.B., Sadan, A., Soignet, D., Blatz, U., Mercante, D. & Chiche, G. (2003) Long-term resin bond to densely sintered aluminum oxide ceramic. *The Journal of Restorative Dentistry* 15:362-369.
- Bozkaya, D. & Müftü, S. (2003) Mechanics of the tapered interference fit in dental implants. *The Journal of Biomechanics* 36:1649-1658.
- Bozkaya, D. & Müftü, S. (2005) Mechanics of the taper integrated screwed-in (TIS) abutments used in dental implants. *The Journal of Biomechanics* 38:87-97.
- Brunski, J.B. (1992). Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. *Clinical Materials*. 10:153-201.
- Chee, W. & Jivraj, S. (2006a) Screw versus cemented implant supported restorations. *The British Dental Journal* 201:501-7.
- Chee, W. & Jivraj, S. (2006b) Designing abutments for cement retained implant supported restorations. *The British Dental Journal* 201:559-563.
- Cibirka, R.M., Razzoog, M.E., Lang, B.R. & Stohler, C.S. (1992) Determining the force absorption quotient for restorative materials used in implant occlusal surfaces *The Journal of Prosthetic Dentistry* 67:361-4.
- Ciftçi, Y. & Canay, S. (2000) The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 15:571-82.
- Curtis, A.R., Wright, A.J. & Fleming, G.J. (2006) The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *The Journal of Dentistry* 34:195-206.

Ekfeldt, A., Carlsson, G.E. & Börjesson, G (1994) Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: a retrospective study. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 9:179-183.

Evans, A.G. (1990) Perspective on the development of high-toughness ceramics. *The Journal of American Ceramic Society*. 73:187-206.

Fennis, W.M.M., Kuijs, R.H., Kreulen, C.M., Ver- donschoot, N. & Creugers, N.H. (2004) Fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *The International Journal of Prosthodontics* 17:313-317.

Ferrario, V.F., Sforza, C., Serrao, G., Dellavia, C. & Tartaglia, G.M. (2004) Single tooth bite forces in healthy young adults. *The Journal of Oral Rehabilitation* 31:18-22.

Garvie, R.C., Hannink, R.C. & Pascoe, R.T. (1975) Ceramic steel? *Nature* 258:703-704.

Gibbs, C.H., Mahan, P.E., Mauderli, A., Lundeen, H.C. & Walsh, E.K. (1986) Limits of human bite strength. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 56:226-229.

Glauser, R., Sailer, I., Wohlwend, A., Studer, S., Schibli, M. & Schärer, P. (2004) Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *The International Journal of Prosthodontics* 17:285-90.

Guazzato, M., Albakry, M., Ringer, S.P. & Swain M.V. (2004a) Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dental Materials* 20:441-448.

Guazzato, M., Albakry, M., Ringer, S.P. & Swain M.V. (2004b) Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic

materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dental Materials* 20:449-456.

Guazzato, M., Quach, L., Albakry, M. & Swain, M.V. (2005) Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. *Journal of Dentistry* 33:9-18.

Haas, R., Mensdorff-Pouilly, N., Mailath, G. & Watzek, G. (1995) Brånemark single tooth implants: a preliminary report of 76 implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 73:274-9.

Haas, R., Polak, C., Fürhauser, R., Mailath-Pokorny, G., Dörtbudak, O. & Watzek, G. (2002) A long-term follow-up of 76 Brånemark single-tooth implants. *Clinical Oral Implants Research* 13:38-43.

Ishikawa-Nagai, S., Da Silva, J.D., Weber, H.P. & Park, S.E. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. *Clinical Oral Implants Research* 18:575-80.

Jemt, T., Laney, W.R., Harris, D., Henry, P.J., Krogh, P.H., Polizzi, G., Zarb, G.A. & Herrmann, I. (1991) Osseointegrated implants for single tooth replacement: a 1-year report from a multicenter prospective study. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 6:29-36.

Juodzbaly, G., Kubilius, R., Eidukynas, V. & Raustia, A.M. (2005) Stress distribution in bone: single-unit implant prostheses veneered with porcelain or a new composite material. *Implant Dentistry* 14:166-75.

Kelly, J.R. (1995) Perspectives on strength. *Dental Materials* 11:103-10.

Kelly, J.R. (1999) Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 81:652-661.

Kosmac, T., Oblak, C., Jevnikar, P., Funduk, N. & Marion, L. (1999) The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental Materials* 15:426-33.

Kuijs, R.H., Fennis, W.M., Kreulen, C.M., Roeters, F.J., Verdonshot, N. & Creugers, N.H. (2006) A comparison of fatigue resistance of three materials for cusp-replacing adhesive restorations. *The Journal of Dentistry* 34:19–25.

Kunzelmann, K.H., Jelen, B., Mehl, A. & Hickel, R. (2001) Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *International Journal of Computerized Dentistry* 4:171-84.

Levine, R.A., Clem, D.S., Wilson, T.G. Jr., Higginbottom, F. & Solnit, G. (1999) Multicenter retrospective analysis of the ITI implant system used for single-tooth replacements: results of loading for 2 or more years. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 14:516-520.

Magne, P. & Belser, U.C. (2002) Understanding the intact tooth and the biomimetic principle. In \_\_\_\_\_. *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach*, Quintessence Publishing, p.23-56.

Magne, P. & Cascione, D. (2006) Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 96:354-361.

Magne, P. & Knezevic, A. (2009a) Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:125-33.

Magne, P. & Knezevic, A. (2009b) Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:729-37.

Magne, P. & Knezevic, A. (2009c) Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dental Materials* 25:1264-8.

- Magne, P., Magne, M. & Jovanovic, S.A. (2008) An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 99:2-7.
- Magne, P., Paranhos, M.P. & Burnett, L.H. Jr. (2010a) New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental Materials* 26:345-52.
- Magne, P., Paranhos, M.P., Burnett, L.H. Jr., Magne, M. & Belser, U.C. (2011a) Fatigue resistance and failure mode of novel-design anterior single-tooth implant restorations – Influence of material selection for Type III veneers bonded to zirconia abutments. *Clinical Oral Implants Research* 22:195-200.
- Magne, P., Oderich, E., Boff, L.L., Cardoso, A.C.C. & Belser U.C. (2011b) Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with type III composite resin and porcelain veneers. *Clinical Oral Implants Research* 22:1-7.
- Magne, P., Schlichting, L. H., Maia, H.P. & Baratieri, L.N.(2010b) An in vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 104:149–157.
- Mangano, C., Mangano, F., Piattelli, A. Iezzi, G., Mangano, A. & La Colla L. (2009) Prospective clinical evaluation of 1920 Morse taper connection implants: results after 4 years of functional loading. *Clinical Oral Implants Research* 20:254-61.
- Mangano, C., Mangano, F., Piattelli, A. Iezzi, G., Mangano, A. & La Colla L. (2010) Prospective clinical evaluation of 307 single-tooth taper-connection implants: a multicenter study. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 25:394-400.
- Mantilinna, J.P., Lassila, L.V.J., Özcan, M., Yli-Urpo, A. & Vallittu, P.K. (2004). An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *The International Journal of Prosthodontics* 17:155-64.

- Mantilinna, J.P.; Heikkinen, T.; Özcan, M., Lassila, L.V.J. & Vallittu, P.K. (2006) Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dental Materials* 22:842-831.
- McLaren, E.A. & Giordano, R.A. (2005) Zirconia-based ceramics: material properties, esthetics, and layering techniques of new veneering porcelain, VM9. *Quintessence Dental Technology*. 28:99-111.
- Mitsias, E.M., Silva, N.R.F.A, Pines, M., Stappert, C. & Thompson, V.P. (2010) Reliability and Fatigue Damage Modes of Zirconia and Titanium Abutments. *The International Journal of Prosthodontics* 23:56-59.
- Moberg, L.E., Köndell, P.A., Kullman, L., Heimdahl, A. & Gynther, G.W. (1999) Evaluation of single-tooth restorations on ITI dental implants. A prospective study of 29 patients. *Clinical Oral Implants Research* 10:45-53.
- Nakamura, T., Saito, O., Mizuno, M., Kinuta, S. & Ishigaki, S. (2003) Influence of abutment substrates on the color of metal-free polymer crowns. *The Journal of Oral Rehabilitation* 30:184-8.
- Nothdurft, F.P. & Pospiech, P.R. (2010) Prefabricated zirconium dioxide abutments for single-tooth replacement in the posterior region: evaluation of peri-implant tissues and superstructures after 12 months of function. *Clinical Oral Implants Research* 21:857-65.
- Park, S.E., Da Silva, J.D., Weber, H.P. & Ishikawa-Nagai, S. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clinical Oral Implants Research* 18:569-74.
- Parker, R. (2007) Use of Zirconia in Restorative Dentistry. *Dentistry Today* 26:114-119.
- Phark, J.H., Duarte, S. Jr., Blatz, M. & Sadan, A. (2009) An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 101:29-38.



- Piascik, J.R., Swift, E.J., Thompson, J.Y., Grego, S. & Stoner, B.R. (2009) Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dental Materials* 25:1116–1121.
- Rosentritt, M., Behr, M., Kolbeck, C., Lang, R. & Handel, G. (2000) In vitro repair of all-ceramic and fibre-reinforced composite crowns. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 8:107-12.
- Sailer, I., Zembic, A., Jung, R.E., Siegenthaler, D., Holderegger, C. & Hämmerle, C.H.F. (2009) Randomized controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for canine and posterior single-tooth implant reconstructions: preliminary results at 1 year of function. *Clinical Oral Implants Research* 20:219-225.
- Sailer, I., Sailer, T., Stawarczyk, B., Jung, R.E. & Hämmerle, C.H. (2009) In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 24:850-8.
- Schwarz, M.S. (2000) Mechanical complications of dental implants. *Clinical Oral Implants Research* 11:156-8.
- Searson, L. & Meredith, N. (1997) The role of implants in restorative dentistry: prosthesis design and aesthetic considerations. *Dental Update* 24:388-90.
- Skalak, R. (1983) Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 49:843-8.
- Spohr, A.M., Borges, G.A., Burnett, L.H. Jr, Mota, E.G. & Oshima, H.M. (2008) Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd:YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement. *Photomedicine and Laser Surgery* 26:203–208.
- Wang, H., Aboushelib, M.N. & Felizer, A.J. (2008) Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dental Materials* 24:633-8.

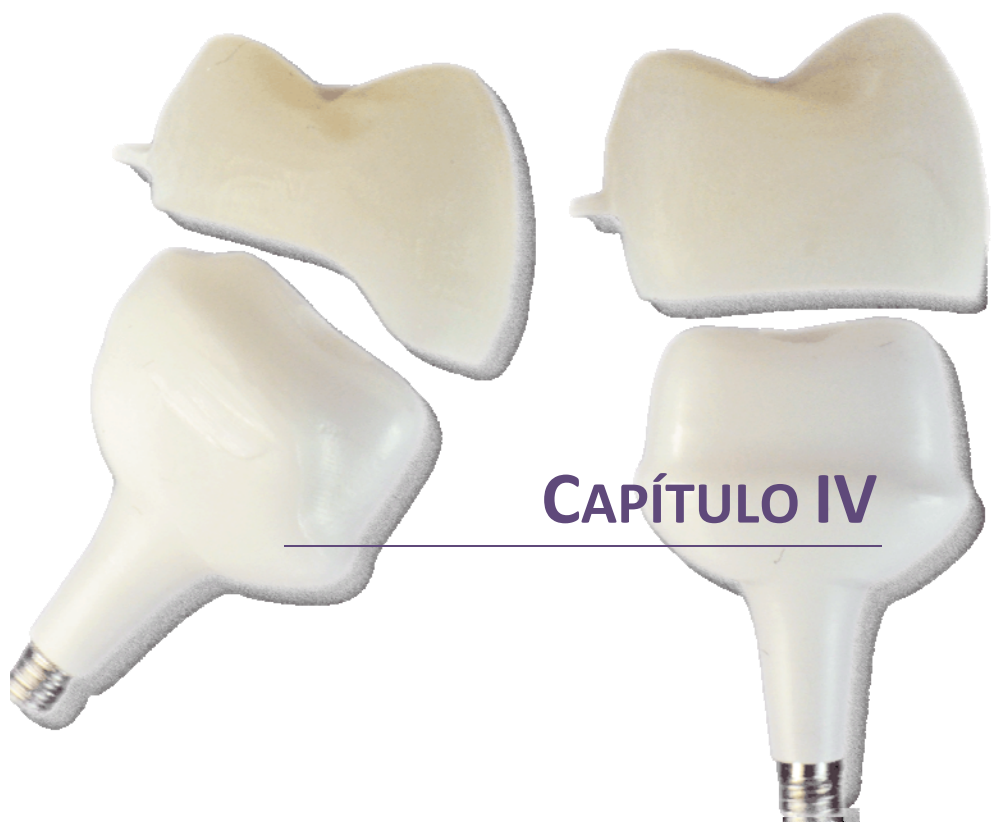
White, S.N., Miklus, V.G., McLaren, E.A., Lang, L.A. & Caputo, A.A. (2005) Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 94:125-131.

Wolfart, M., Lehmann, F., Wolfart, S. & Kern, M. (2007) Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials* 23:45-50.

Yildirim, M., Edelhoff, D., Hanisch, O. & Spiekermann, H. (2000) Ceramic abutments - a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. *The International Journal Periodontics Restorative Dentistry* 20:81-91.

Zarone F, Sorrentino R, Traini T, Di Iorio D. & Caputi S. (2007) Fracture resistance of implant- supported screw- versus cement-retained porcelain fused to metal single crowns: SEM fractographic analysis. *Dental Materials* 23:296-301.

Zembic A., Sailer, I., Jung, R.E. & Hämmerle, F.C.H. (2009) Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clinical Oral Implants Research* 20:802-808.



## CAPÍTULO IV

---



## REFERÊNCIAS

ALOISE, J.P. et al. A. Microbial leakage through the implant-abutment interface of Morse taper implants in vitro. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.21, p.328-335, 2010.

ATT, W. et al. Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restorations: an in vitro study. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.3, p.111-116, 2006.

ATT, W. et. al. Fracture resistance of single-tooth implant-supported all-ceramic restorations after exposure to the artificial mouth. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.33, p.380-386, 2006.

BELSER, U.C., BERNARD, J.P.; BUSER, D. Implant-supported restorations in the anterior region: prosthetic considerations. **Pract. Periodontics Aesthet. Dent.**, New York, v.8, p.875-883, 1996.

BLATZ, M.B. et al. Zirconia abutments for single-tooth - rationale and clinical guidelines. **J. Oral Maxillofac. Sur.**, Philadelphia, v.67, p.74-81, 2009.

BOZKAYA, D.; MÜFTÜ, S. Mechanics of the taper integrated screwed-in (TIS) abutments used in dental implants. **J. Biomech.**, New York, v.38, p.87-97, 2005.

BOZKAYA, D.; MÜFTÜ, S. Mechanics of the tapered interference fit in dental implants. **J. Biomech.**, New York, v.36, p.1649-1658, 2003.

BRUNSKI, J.B. Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. **Clin. Mater.**, New Jersey, v.10, p.153-201, 1992.

BURKE, F.J.T. et al. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. **J. Adhes. Dent.**, Surrey, v.4, p.7-22, 2002.

BUTZ, F. et al. Survival rate, fracture strength and failure mode of ceramic implant abutments after chewing simulation. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.32, p.838-843, 2005.

CHAIYABUTR, Y. et al. The effect of hydrofluoric acid surface treatment and bond strength of a zirconia veneering ceramic. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.100, p. 195-202, 2008.

CHEE, W.; JIVRAJ, S. Screw versus cemented implant supported restorations. **Br. Dent. J.**, London, v.201, p.501-507, 2006a.

CHEE, W.; JIVRAJ, S. Designing abutments for cement retained implant supported restorations. **Br. Dent. J.**, London, v.201, p.559-563, 2006b.

CHRISTEL, P. et al. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. **J. Biomed. Biomater. Res.**, New York, v.23, p. 45-61, 1989.

DÖRING, K.; EISENMANN, E.; STILLER, M. Functional and esthetic considerations for single-tooth ankylos implant-crowns: 8 years of clinical performance. **J. Oral Implantol.**, Abington, v.30, p.198-209, 2004.

EKFELDT, A.; CARLSSON, G.E.; BÖRJESSON, G. Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: a retrospective study. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v.9, p.179-183, 1994.

ESPOSITO, M. et al. Interventions for replacing missing teeth - different types of dental implants. **Cochrane Database of Syst. Rev.**, Oxford, v. 4, 2007, Art. No. CD003815.

GARVIE, R.C., HANNINK, R.C.; PASCOE, R.T. Ceramic steel? **Nature**, London, v.258, p.703-704, 1975.

GLAUSER, R. et al. Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions:

4-year results of a prospective clinical study. **Int. J. of Prosthodont.**, Lombard, v.17, p.285-290, 2004.

GOMES, E.A. et al. Cerâmicas odontológicas: o estado atual. **Cerâmicas**, São Paulo, v. 54, p. 319-325, 2008.

ISHIKAWA-NAGAI, S. et al. Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.18, p.575-580, 2007.

JEMT, T. et al. Osseointegrated implants for single tooth replacement: a 1-year report from a multicenter prospective study. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v.6, p.29-36, 1991.

HAAS, R. et al. A long-term follow-up of 76 Bränemark single-tooth implants. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.13, p. 38-43, 2002.

KIM, S. et al. Comparison of fracture resistance of pressable metal ceramic custom implant abutments with CAD/CAM commercially fabricated zirconia implant abutments. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.101, p.226-230, 2009.

KITAGAWA, T. et al. Influence of implant/abutment joint designs on abutment screw loosening in a dental implant system. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v.75B, p.457-463, 2005.

LEE, C.K.; KARL, M.; KELLY, J.R. Evaluation of test protocol variables for dental implant fatigue research. **Dent. Mater.**, Washington, v.25, p.1419-1425, 2009.

LEVINE, R.A. et al. Multicenter retrospective analysis of the ITI implant system used for single-tooth replacements: results of loading for 2 or more years. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v.14, p.516-520, 1999.

MAGNE, P. Composite Resins and Bonded Porcelain: The Postamalgam Era? **J. Calif. Dent. Assoc.**, Sacramento, v.34, p.135-147, 2006.

MAGNE, P. Comunicação pessoal, 2011.

MAGNE, P.; BELSER, U.C. Understanding the intact tooth and the biomimetic principle. In\_\_\_\_\_.**Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach**. Chicago: Quintessence Publishing, 2002. cap.1, p.23-56.

MAGNE, P.; CASCIONE, D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.96, p.354-361, 2006.

MAGNE, P., MAGNE, M.; JOVANOVIC, S.A. An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.99, p.2-7, 2008.

MAGNE, P. et al. Fatigue resistance and failure mode of novel-design anterior single-tooth implant restorations – Influence of material selection for Type III veneers bonded to zirconia abutments. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.22, p.195-200, 2011a.

MAGNE, P. et al. Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with type III composite resin and porcelain veneers. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.22, p.1-7, 2011b.

MAGNE, P. et al. Evaluation of the loss coefficient of teeth and adhesive CAD/CAM composite and ceramic implant-supported restorations: influence of abutment material and preparation design. 2011. (*em fase de elaboração*).

MAGNE, P. et al. Fatigue strength and failure mode of repaired bonded restoration on custom metal composite resin implant abutments. 2011. (*em fase de elaboração*).



MANGANO, C. et al. Prospective clinical evaluation of 1920 Morse taper connection implants: results after 4 years of functional loading. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.20, p.254-61, 2009.

MANGANO, C. et al. Prospective clinical evaluation of 307 single-tooth taper-connection implants: a multicenter study. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v.25, p.394-400, 2010.

MANICONE, P.F.; IOMMETTI, P.R.; RAFFAELLI, L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. **J. Dent.**, Guildford, v.35, p.819-826, 2007.

MITSIAS, M.E. et al. Reliability and fatigue damage modes of zirconia and titanium abutments. **Int. J. of Prosthodont.**, Lombard, v.23, p.56-59, 2010.

NAKAMURA, T. et al. Influence of abutment substrates on the color of metal-free polymer crowns. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.30, p.184-8, 2003.

NASCIMENTO, C. et al. Influence of repeated screw tightening on bacterial leakage along the implant-abutment interface. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.20, p.1394-1397, 2009.

PARK, S.E. et al. Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.18, p.569-74, 2007.

PHARK, J.H. et al. An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.101, p.29-38, 2009.

SAHIN, S.; ÇEHRELI, M.C.; YALÇIN, E. The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses - a review. **J. Dent.**, Guildford, v.30, p.271-282, 2002.

SAILER, I. Single-tooth implant reconstructions: esthetic factors influencing the decision between titanium and zirconia abutments in anterior regions. **Eur. J. Esthet. Dent.**, Berlin, v.2, p.296-310, 2007.

SAILER, I. et al. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.20, p.4-31, 2009.

SCHWARZ, M.S. Mechanical complications of dental implants. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.11, p.156-8, 2000.

SILVA, M. et al. Can implant restorations be more biomimetic? **The Explorer: The Journal of Student Dental Research of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC**, Los Angeles, v. 1, p. 47, 2011 (*abstract*).

SKALAK, R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.49, p. 843-8, 1983.

SORENSEN, J.A. The Lava system for CAD/CAM production of high strength precision fixed prosthodontics. **Quintessence Dent. Tech.**, Chicago, v.26, p.57-67, 2003.

TARICA, D.Y.; ALVARADO, V.; TRUONG, S.T. Survey of United States dental schools on cementation protocols for implant crown restorations. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.103, p.68-79, 2010.

WOLFART, M. et al. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. **Dent. Mater.**, Washington, v.23, p.45-50, 2007.

YILDIRIM, M. et al. Ceramic abutments - a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. **Int. J. Periodontics Restorative Dent.**, Chicago, v.20, p.81-91, 2000.

ZEMBIC, A. et al. Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.20, p.802-808, 2009.





**CAPÍTULO V**

---



## ANEXO A

## ILUSTRAÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA

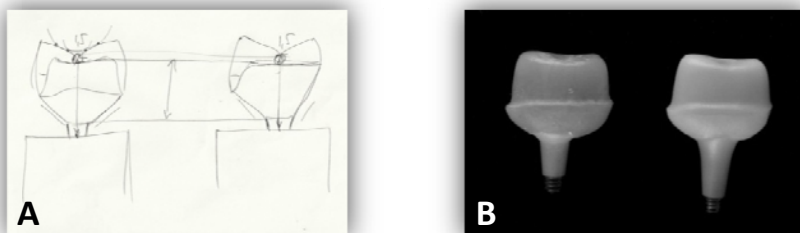
*DESIGN E OBTENÇÃO DOS PILARES E RESTAURAÇÕES*

Fig. 1: Desenho, elaborado por Pascal Magne, definindo dois preparos distintos para os pilares (A). Criação do pilar personalizado (coroa) com resina composta sobre pilar pré-fabricado (esquerda) e pilar personalizado de zircônia obtido após escanamento e fresagem (direita)(B).

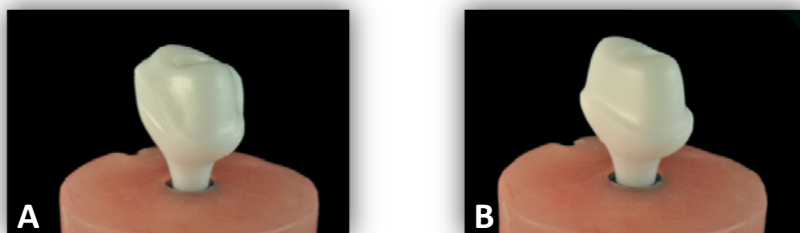


Fig. 2: Pilares personalizados de zircônia apresentando preparos para onlay (A) e coroa (B).

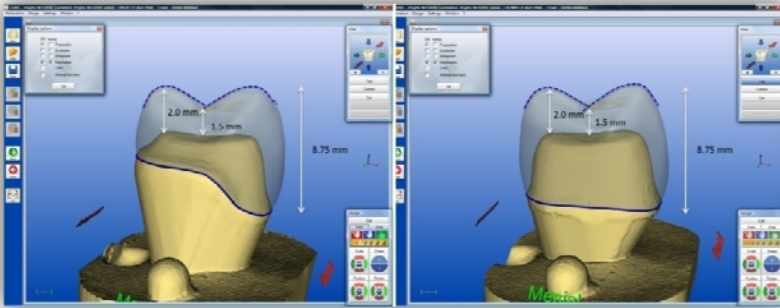


Fig. 3: Detalhamento das medidas das restaurações CAD/CAM confeccionadas no Cerec 3 a partir da impressão virtual prévia dos preparos onlay (esquerda) e coroa (direita)(A).



Fig. 4: Pilares personalizados de zircônia para onlay (esquerda) e coroa (direita) com as restaurações correspondentes fresadas em blocos de Paradigm MZ100 (resina composta).



## TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS PILARES DE ZIRCÔNIA PARA CIMENTAÇÃO ADESIVA

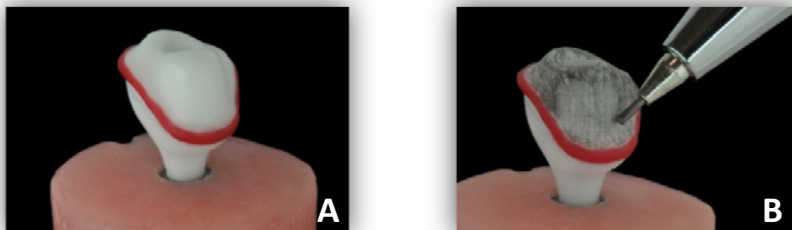


Fig. 5: Delimitação com cera e proteção das margens do preparo de onlay do pilar (A) e marcação em grafite para posterior verificação do jateamento (B).

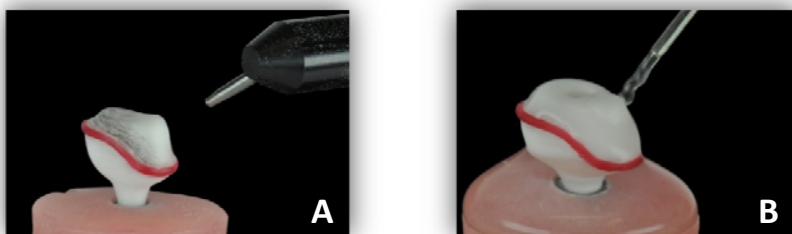


Fig. 6: Jateamento da superfície do pilar de zircônia com  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (A) e lavagem com água abundante (B).

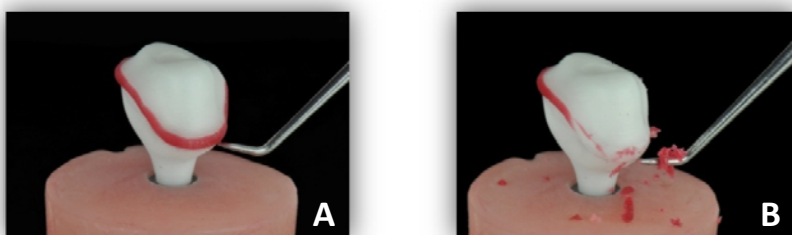


Fig. 7: Remoção da cera sobre as margens do preparo do pilar de onlay (A e B).

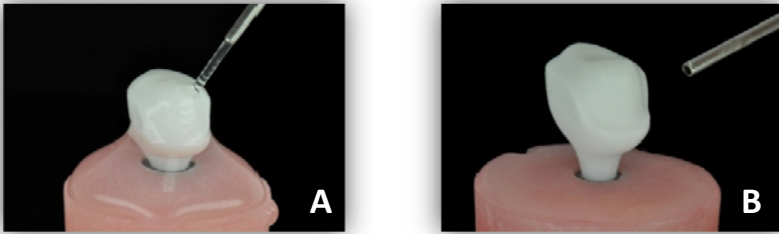


Fig. 8: Lavagem com água abundante (A) e secagem com jato de ar livre de contaminação com óleo (B).

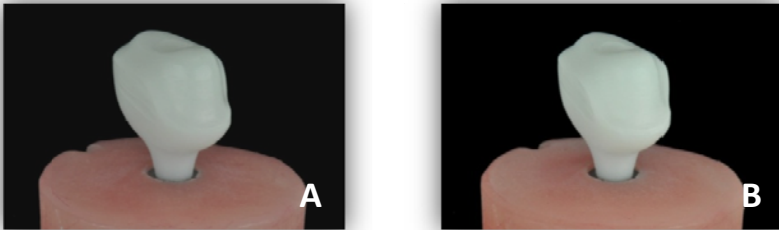


Fig. 9: Pilar personalizado de zircônia para onlay antes (A) e depois (B) do jateamento com  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

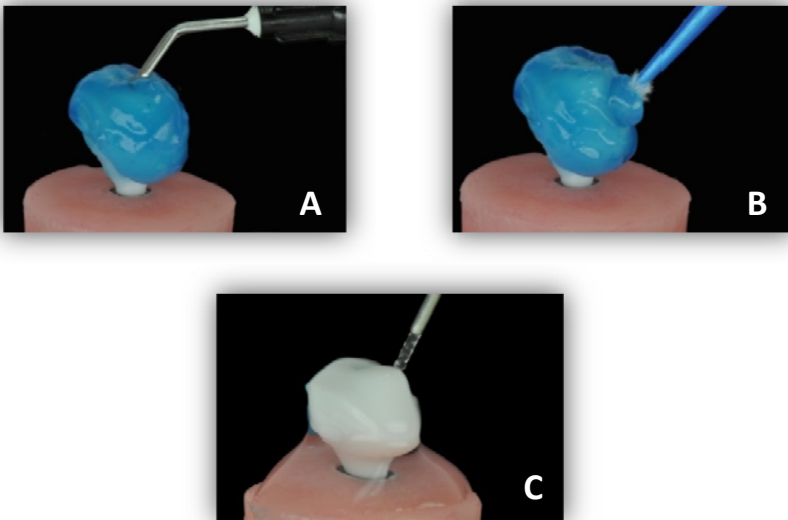


Fig. 10: Aplicação de ácido fosfórico (A) para limpeza, esfregando sua superfície com auxílio de *microbrush* (B) e lavagem com água abundante (C)

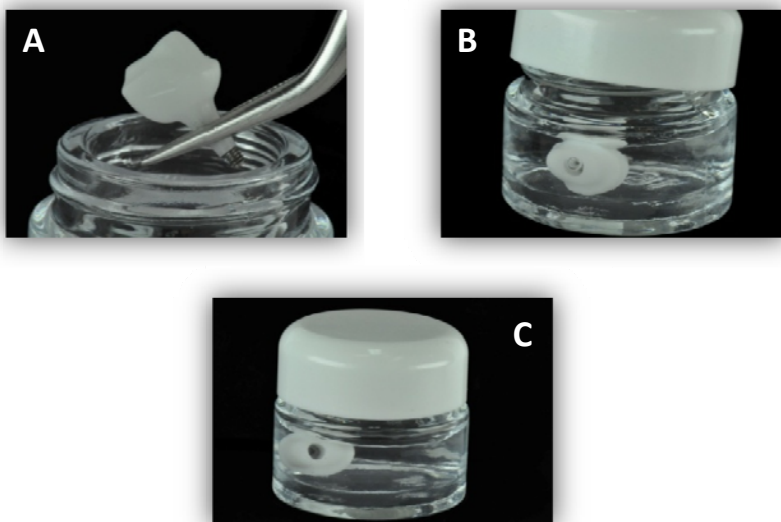


Fig. 11: Inserção do pilar em recipiente com água destilada para banho ultrassônico (A, B e C).



Fig. 12: Posicionamento da chave (A) para conferir torque de 15Ncm (B) ao parafuso do pilar.

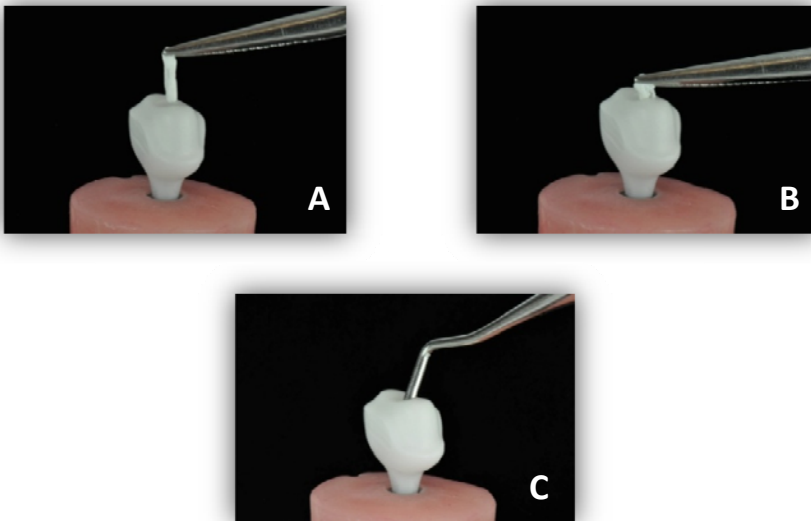


Fig. 13: Fita de teflon sendo inserida no canal de acesso ao parafuso protético (A e B) e compactação do material para preenchimento deste conduto.



Fig. 14: Vista oclusal do pilar onde se observa no centro o parafuso protético (A) e o conduto de acesso ao parafuso em parte preenchido pela fita de teflon (B).

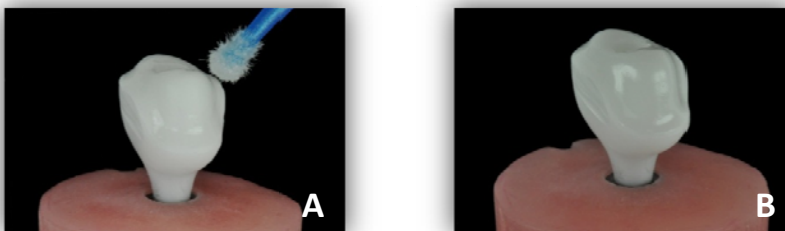


Fig. 15: Aplicação do *primer* para zircônia (A) e após sua fotoativação, pilar pronto para a cimentação adesiva da restauração.

## PREPARO DAS RESTAURAÇÕES PARA CIMENTAÇÃO ADESIVA

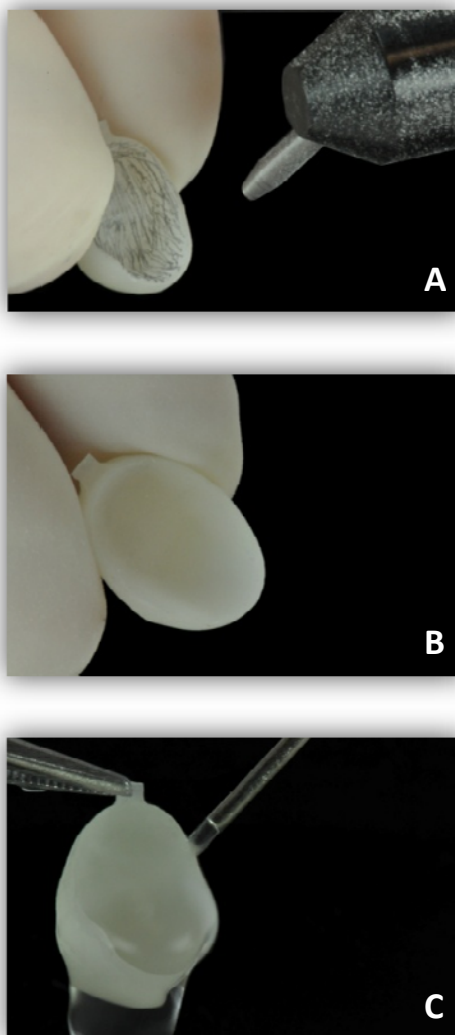


Fig. 16: Jateamento da superfície adesiva da restauração (A). Observa-se a remoção das marcas de grafite (B) uma vez concluído o jateamento. Lavagem com água abundante (C).

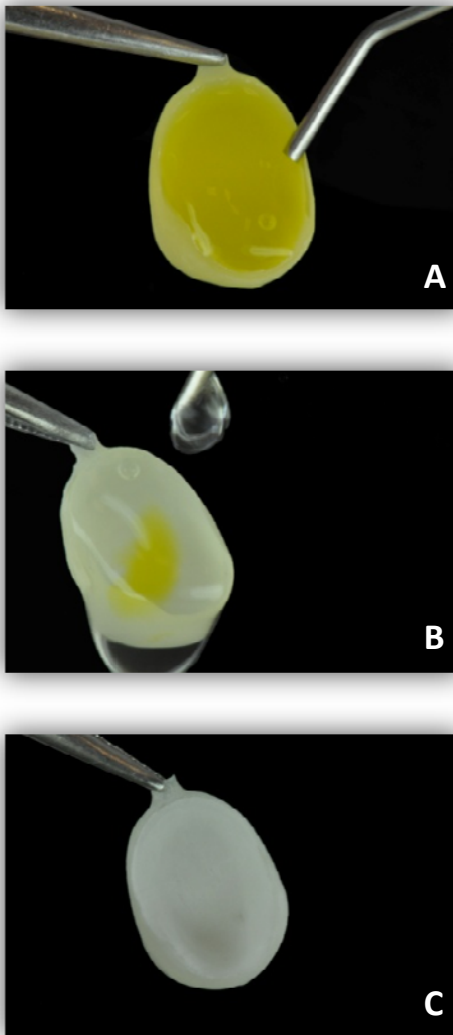


Fig. 17: Aplicação do ácido hidrófluorídrico (A) para condicionamento da cerâmica por 45 s. Lavagem com água abundante (B), após secagem com ar, observa-se o resíduo branco depositado sobre a superfície condicionada (C). Esses passos foram realizados apenas para as restaurações de cerâmica.

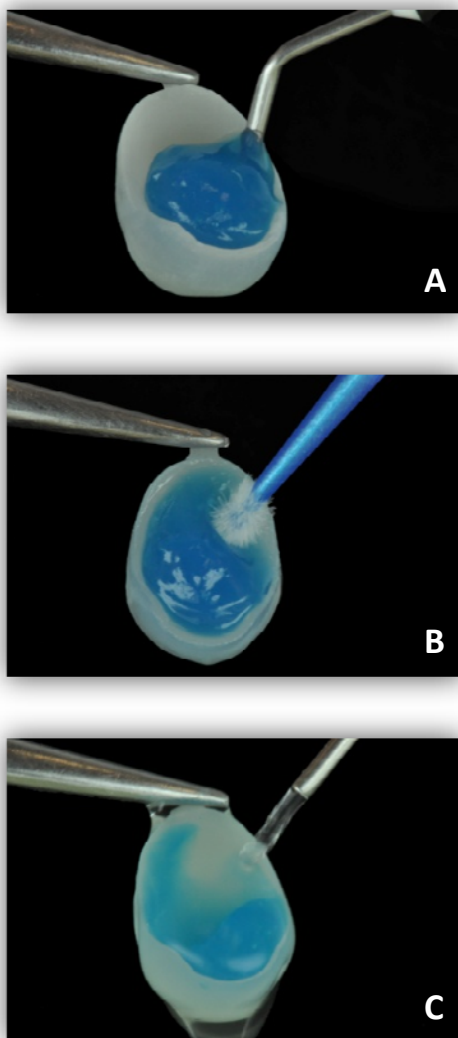


Fig. 18: Limpeza da superfície interna da restauração com aplicação de ácido fosfórico (A) e movimentos circulares com auxílio de um *microbrush* (B). Lavagem com água abundante para remoção completa do ácido (C).



Fig. 19: Inserção do pilar em recipiente com água destilada para banho ultrassônico (A, B e C).



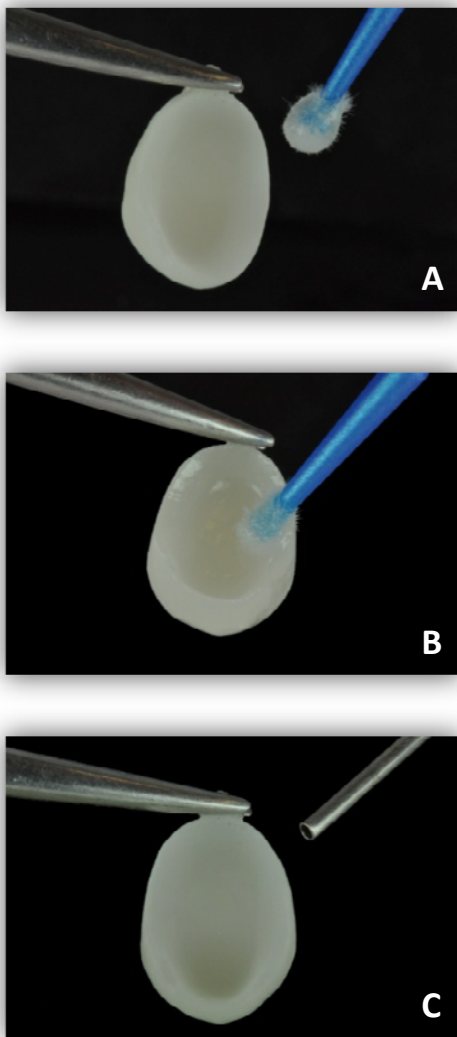


Fig. 20: *Microbrush* contendo silano (A) sendo aplicado à superfície adesiva da restauração (B). Jato de ar livre de óleo usado para auxiliar a evaporação dos solventes do silano (C).

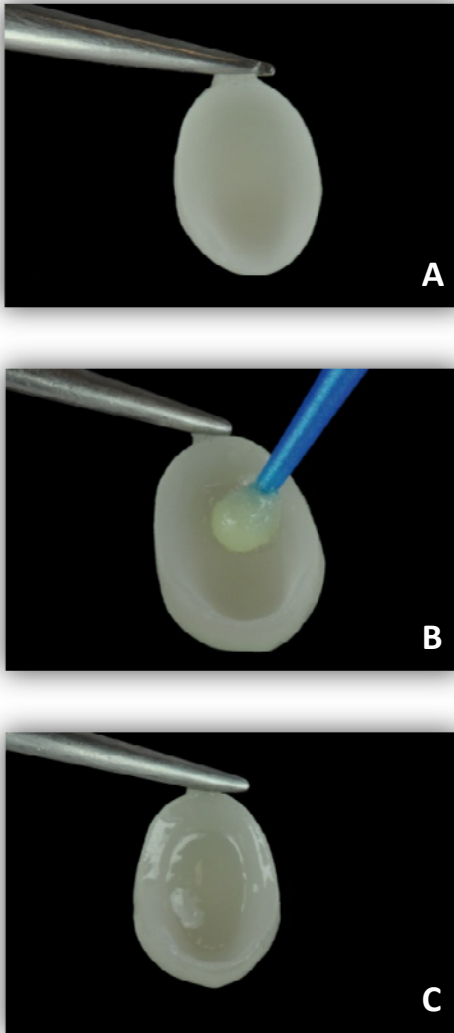


Fig. 21: Superfície adesiva da restauração limpa sem precipitação de silano em suas paredes (A). Aplicação do agente adesivo com auxílio de um *microbrush* (B). Superfície interna da restauração coberta por uma camada de adesivo não fotoativado

## CIMENTAÇÃO ADESIVA

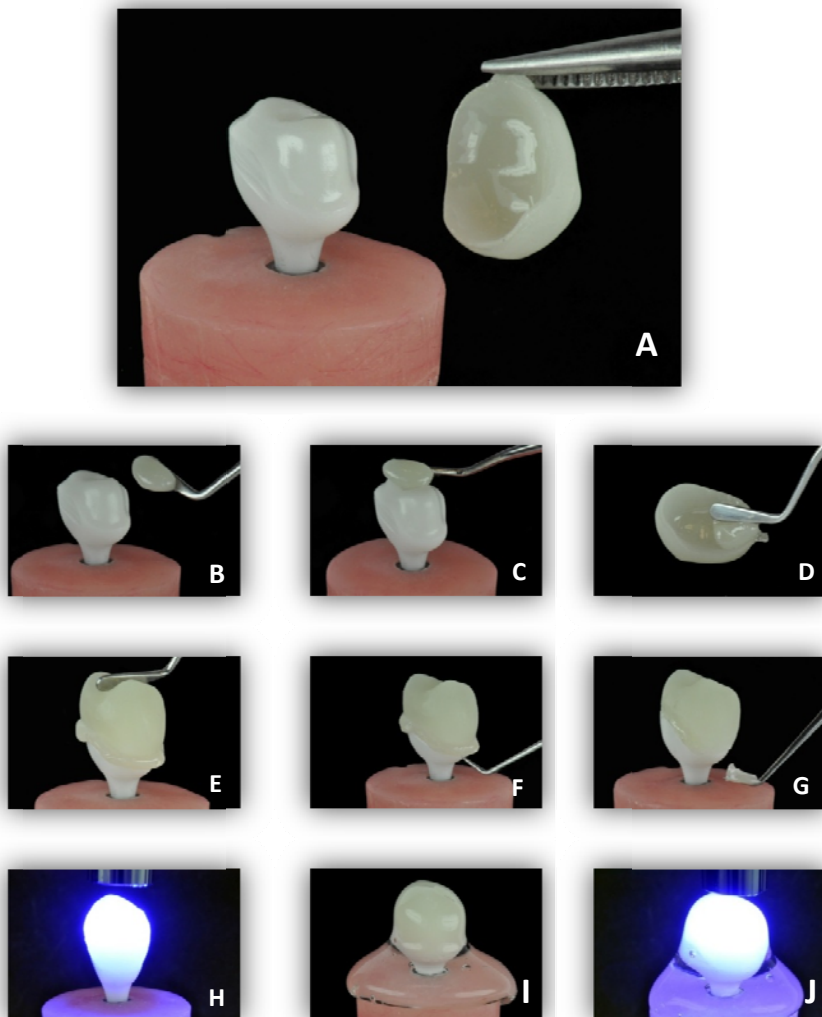


Fig. 22: Superfície adesiva do pilar de zircônia e onlay em cerâmica preparados para cimentação adesiva (A). Uso de resina composta pré-aquecida no pilar (B e C) e no interior da restauração (D) como agente de união. Assentamento da restauração sobre o pilar (E), remoção dos excessos com auxílio de instrumento (F e J) e fotoativação do conjunto em posição (H). Glicerina aplicada como barreira contra o oxigênio (I) para ciclo final de fotopolimerização (J).

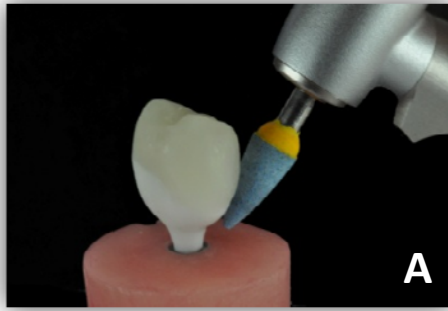


Fig. 23: Acabamento das restaurações cerâmicas com pontas de borracha com diferentes granulações (A, B e C).

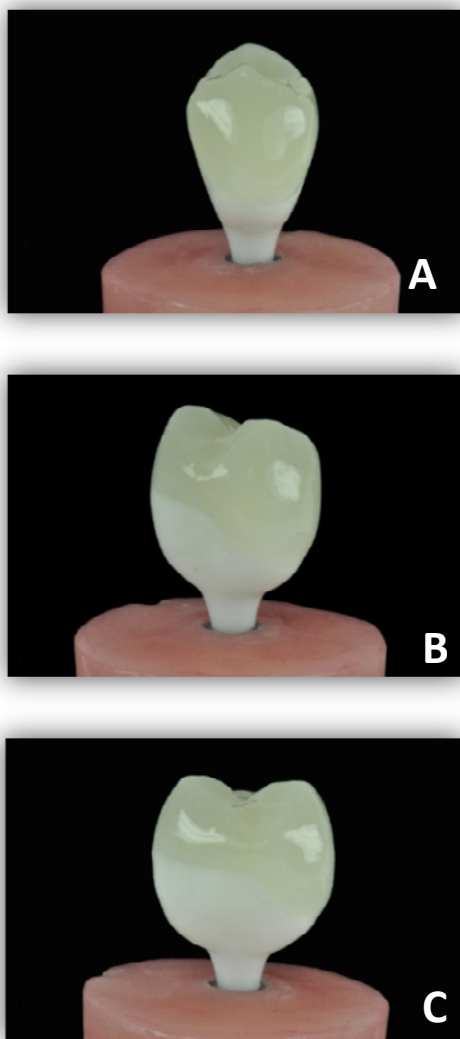


Fig. 24: Vista vestibular (A) e lateral (B e C) do onlay de cerâmica sobre pilar personalizado de zircônia após polimento final.

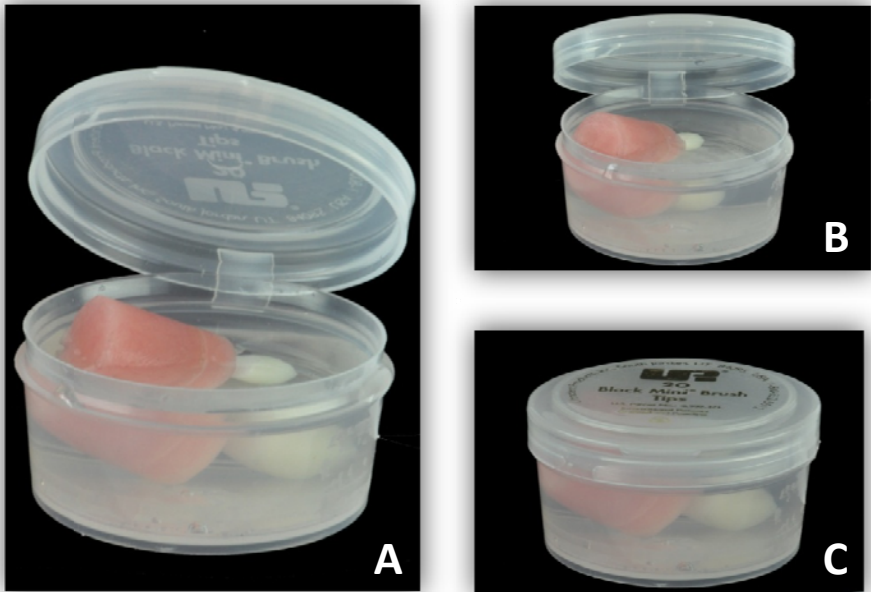


Fig. 25: Armazenamento em água destilada da restauração por 24 h antes do teste (A, B e C).

## TESTE DE FADIGA

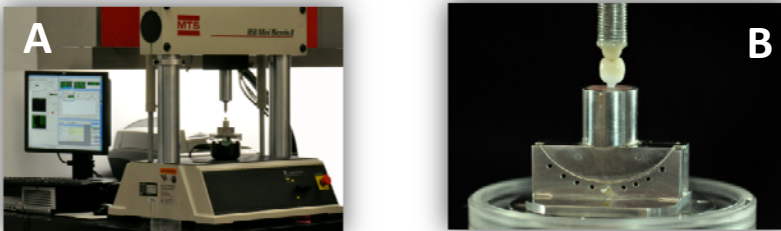


Fig. 26: Máquina de fadiga MTS 858 Mini Bionix II (A). Espécime posicionado na célula de carga (B, recipiente e água removidos para fotografia).

## ANEXO B

### DEMAIS TRABALHOS REALIZADOS DURANTE O DOUTORADO

#### ARTIGOS PUBLICADOS

---

**Autores:** Leão, M.P.; Granato, R.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Buttendorf, A.R.; Bianchini, M.A.

**Título:** Avaliação da satisfação de pacientes reabilitados por implantes osseointegráveis.

**Revista:** ImplantNews, v.6, p.417-421, 2009.

**Autores:** Oliveira, R.M.; Oderich, E.; Cardoso, A.C.

**Título:** Oclusão na odontologia estética: recuperação de espaço para restaurar dentes anteriores desgastados.

**Revista:** Revista Clínica, v. 6, p. 223-226, 2010.

**Autores:** Boff, L.L.; Oderich, E.; Cardoso, A.C.; Magne, P.

**Título:** Retrofitting a tooth-supported crown with an implant and abutment: a clinical report.

**Revista:** The Journal of Prosthetic Dentistry, v.103, p.262-266, 2010.

**Autores:** Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C.; Belser, U.C.

**Título:** Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with type III composite resin and porcelain veneers.

**Revista:** Clinical Oral Implants Research, v.22, p.1-7, 2011.

## ARTIGOS SUBMETIDOS E ACEITOS PARA PUBLICAÇÃO (NO PRELO)

---

**Autores:** Oderich, E.; Boff, L.L.; Simon, R.;Cardoso, A.C.; Magne, P.

**Título:** Optimized Placement of Angled Abutments for External Hex Implant Platforms.

**Revista:** The International Journal of Prosthodontics, Maio/2011.

**Autores:** Magne, P.; Boff, L.L.; Oderich, E.; Cardoso, A.C.

**Título:** CAD/CAM adhesive restoration of molars with a compromised cusp: effect of fiber-reinforced immediate sealing and cusp overlap on fatigue strength.

**Revista:** The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry, 2011.

## ARTIGOS SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO

---

**Autores:** Magne, P; Paranhos, MP; Hehn, J; Oderich, E.; Boff, LL.

**Título:** Selective masking for thin indirect restorations: can the use of opaque resin affect the dentin bond strength of immediately sealed preparations?

**Revista:** The Journal of Adhesive Dentistry

**Autores:** Oderich, E.; Boff, L.L.; Granato, R.; Ferreira, C.F.; Faggion, C.M.; Bianchini, M.A.

**Título:** Evaluation of pain experience in dental implant therapy.

**Revista:**The Journal of Oral Pain



## ARTIGOS EM FASE DE ELABORAÇÃO

---

**Autores:** Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Silva, M.; Cardoso, A.C.

**Título:** Evaluation of the loss coefficient of teeth and adhesive CAD/CAM composite and ceramic implant-supported restorations: influence of abutment material and preparation design.

**Autores:** Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C.

**Título:** Fatigue strength and failure mode of repaired bonded restoration on custom metal composite resin implant abutments.

**Autores:** Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Paranhos, M.P.; Cardoso, A.C.

**Título:** Fatigue resistance and failure mode of anterior adhesive implant supported restorations - Influence of implant abutment material selection.

## PUBLICAÇÃO DE *ABSTRACT* EM ANAIS DE EVENTO CIENTÍFICO

---

**Autores:** Silva, M.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Magne, P.

**Título:** Can implant restorations be more biomimetic?

**Revista:** The Explorer - The Journal of Student Dental Research of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC, v. 1, p. 47, 2011.

**Autores:** Ribas, P.A.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C; Lopes, D.K.; Sella, G.C.; Souza, J.G.O.; Stares, S.A.

**Título:** Novo dispositivo para instalação de pilares protéticos angulados em implantes dentários.

**Revista:** Brazilian Oral Research, v.23, p. 246, 2009.

**Autores:** Ely, L.B.; Boff, L.L.; Oderich, E.; Bianchini, M.A.; Lucchiari-Junior, N.; Pereira-Neto, A.R.L.; Cordero, E.B; Sella, G.C.

**Título:** Avaliação da experiência à dor nas cirurgias de primeiro e segundo estágio de implantes dentários em 115 pacientes.

**Revista:** Brazilian Oral Research, v.23, p. 247, 2009.

## PAINÉIS

---

**Autores:** Silva, M; Oderich, E; Boff, L.L.; Magne, P.

**Título:** Can implant restorations be more biomimetic?\*

**Evento:** Research Day of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC

**Local:** The Herman Ostrow School of Dentistry of USC - Los Angeles

**Data:** 9 de Fevereiro de 2011.

\*\*Trabalho premiado em 1º lugar na categoria "*Most Innovative Research*" e 2º lugar na categoria "*Clinical Research*".

**Autores:** Ribas, P.A.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C.

**Título:** Novo dispositivo para instalação de pilares protéticos angulados.

**Evento:** 7º Encontro de Mestres - Conexão Sistema de Implantes

**Data:** 20 de Agosto de 2010

**Local:** Grand Hyatt Hotel, São Paulo - SP.

**Autores:** Ribas, P.A.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C; Lopes, D.K.; Sella, G.C.; Souza, J.G.O.; Stares, S.A.

**Título:** Novo dispositivo para instalação de pilares protéticos angulados em angulados em implantes dentários.

**Evento:** 26ª Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica

**Data:** 11 de Setembro de 2009.

**Local:** Hotel Vacance, Águas de Lindóia - SP.

**Autores:** Ely, L.B.; Boff, L.L.; Oderich, E.; Bianchini, M.A.; Lucchiari-Junior, N.; Pereira-Neto, A.R.L.; Cordero, E.B; Sella, G.C.

**Título:** Avaliação da experiência à dor nas cirurgias de primeiro e segundo estágio de implantes dentários em 115 pacientes.

**Evento:** 26ª Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica

**Data:** 11 de Setembro de 2009.

**Local:** Hotel Vacance, Águas de Lindóia - SP.

O23a Oderich, Elisa,

Avaliação da resistência à fadiga e do modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas em cerâmica e resina composta sobre pilares personalizados de zircônia para região de pré-molares / Elisa Oderich; orientador Antônio Carlos Cardoso, co-orientador Pascal Magne. – Florianópolis, 2011.  
160 p.; il., tabs., grafs.; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2011.

Bibliografia: p.129-138.

1. Resina composta. 2. Cerâmicas dentárias. 3. Implantes dentários. 4. Implantodontia. I. Cardoso, Antônio Carlos. II. Magne, Pascal. III. Título.

CDU 616.314-089.843