

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 29/01/2017.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

FERNANDA CAMPOS

**RESISTÊNCIA À FADIGA DE INFRAESTRUTURAS DE ZIRCÔNIA:
influência da estratégia de cimentação**

2016

FERNANDA CAMPOS

**RESISTÊNCIA À FADIGA DE INFRAESTRUTURAS DE ZIRCÔNIA: influência da
estratégia de cimentação**

Tese apresentada ao curso de Odontologia do Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Área de Prótese Dentária.

Orientador: Prof.Tit. Marco Antonio Bottino

Coorientadora: Profa.Dra. Renata de Melo Marques Marinho

Supervisor no exterior: Prof.Dr. Cornelis Johannes Kleverlaan

São José dos Campos

2016

Apresentação gráfica e normatização de acordo com:
Alvarez S, Coelho DCAG, Couto RAO, Durante APM. Guia prático para
Normalização de Trabalhos Acadêmicos do ICT. Rev. São José dos
Campos: ICT/UNESP; 2016.

Campos, Fernanda

Resistência à fadiga de infraestruturas de zircônia: influência da
estratégia de cimentação / Fernanda Campos. - São José dos Campos :
[s.n.], 2016.

63 f. : il.

Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em
Odontologia Restauradora - Instituto de Ciência e Tecnologia de São
José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista, 2016.

Orientador: Marco Antonio Bottino

Coorientador: Renata de Melo Marques Marinho.

1. Cerâmica. 2. Coroas. 3. Cimentação. 4. Cimento de fosfato de
zinco. 5. Estresse mecânico. I. Antonio Bottino, Marco, orient. II.
de Melo Marques Marinho, Renata, coorient. III. Instituto de
Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual
Paulista. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita
Filho'. V. UNESP - Univ Estadual Paulista. VI. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi e Seção Técnica de Informática,
ICMC/USP com adaptações - STATi e STI do ICT/UNESP. Dados fornecidos pelo autor.

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por que
meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos, 29 de janeiro de 2016

E-mail: cd.fernandacampos@gmail.com

Assinatura: Fernanda Campos

BANCA EXAMINADORA

Marco Antonio Bottino (Orientador)

Instituto de Ciência e Tecnologia
UNESP – Univ Estadual Paulista
Campus de São José dos Campos

Alexandre Luiz Souto Borges

Instituto de Ciência e Tecnologia
UNESP – Univ Estadual Paulista
Campus de São José dos Campos

Rubens Nisie Tango

Instituto de Ciência e Tecnologia
UNESP – Univ Estadual Paulista
Campus de São José dos Campos

Paulo Francisco Cesar

Faculdade de Odontologia de São Paulo - FOUSP
USP – Universidade de São Paulo
Campus de São Paulo

Pedro Henrique Corazza

Faculdade de Odontologia
UPF - Universidade de Passo Fundo
Campus de Passo Fundo

São José dos Campos, 29 de janeiro de 2016

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais,

Luis Aristides Campos Guevara e Rosa Maria Inocência Campos. O amor e os ensinamentos que me deram por toda vida construíram as bases dos meus princípios e os alicerces da minha história.

A vontade de orgulhar vocês me trouxe até aqui e me levará sempre além. Isso é o que me move.

Aos meus irmãos,

Luis Campos Junior e Vitor Hugo Campos. A companhia e cumplicidade criada por nossos laços familiares serão sempre levadas comigo. Apesar de

nossas diferenças, nos completamos. Vocês são amigos que vi nascer e dos

quais nunca quero me separar.

Ao meu noívo,

Akira Duarte Kobayashi. O seu amor durante esses dez anos em que estamos juntos me deram força para suportar todo o tempo de separação física. Não teria conseguido finalizar este curso sem seu apoio incondicional.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, Marco Antonio Bottino, pela amizade que construímos ao longo desses cinco anos. O senhor confiou em minha capacidade desde o primeiro momento, me dando todos os meios para que fizesse todos os trabalhos que fiz. As oportunidades que tive durante toda a pós-graduação devo ao senhor, que sempre fez de tudo para que eu crescesse como pesquisadora. Além disso, agradeço por todos os conselhos que me deu, pois nortearam muitos momentos de difícil decisão, tanto na vida acadêmica quanto na pessoal. Tenho certeza de que nossa parceria perdurará por muito tempo, porque é um privilégio ter seus ensinamentos ao alcance de um telefonema ou um e-mail. Levarei todas as brincadeiras e broncas como uma experiência de vida. O senhor é muito especial!

Ao meu professor “da vida toda” Rodrigo Othávio de Assunção e Souza. Agradeço pelos ensinamentos, pelo incentivo, pela dedicação, pela paciência e pela amizade. Você me ensinou a ter paixão pela pesquisa.

Muitas das oportunidades que tive devo a você... Tantos trabalhos em parceria, tantas idéias compartilhadas, tantos conselhos. Meu crescimento como pesquisadora veio em grande parte da autonomia que você sempre me deu, porque acreditou na minha capacidade desde aquele dia em que pedi para entrar no seu recentemente criado grupo de pesquisa na UFPB, ao qual ajudei a batizar NEMOP.

Meus sinceros agradecimentos!

Ao professor Luiz Felipe Valandro por ter me orientado neste e em tantos outros trabalhos. Os seus conhecimentos me ajudaram a avançar como aluna, como pesquisadora e como professora que quero ser. A sua idéia de que eu fosse para Amsterdã fez uma diferença imensurável na minha vida.

Gostaria de que nossa frutífera parceria durasse por muito tempo.

Meus sinceros agradecimentos!

Ao Professor Cees Kleverlaan, por ter me recebido de braços abertos na ACTA (Amsterdã), pelos ensinamentos concedidos, pela imensa dedicação para que eu conseguisse finalizar este trabalho e tantos outros, por toda disponibilidade apesar da agenda tão cheia. A seriedade com que você trabalha, unida a toda sua descontração no dia a dia me ensinaram muito. Te agradeço imensamente!

"Ik wil haar daarvoor van harte bedanken".

A pesquisadora Renata Marques de Melo Marinho, minha coorientadora, pelos ensinamentos compartilhados e pela ajuda em diversos trabalhos em que fomos parceiras.

Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

"E aprendi que se depende sempre
De tanta, muita, diferente gente
Toda pessoa sempre é as marcas
Das lições diárias de outras tantas pessoas

E é tão bonito quando a gente entende
Que a gente é tanta gente onde quer que a gente vá
E é tão bonito quando a gente sente
Que nunca está sozinho por mais que pense estar”

(Caminhos do coração/ Gonzaguinha)

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – Instituto de
Ciência e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” –
UNESP, na pessoa de seu Diretor, Prof. Dr. Estevão Tomomitsu Kimpara.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora,
Especialidade Prótese Dentária, coordenado pela Prof. Adj. Alexandre Luiz Souto
Borges.

A todos Professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora pela contribuição na minha formação. Em especial aos professores Alexandre Borges e Rubens Tango por todos os ensinamentos passados nas disciplinas, desde o mestrado. Fiquem certos de que vocês fizeram uma enorme diferença na minha caminhada nesta instituição.

Aos Professores Fernando Eidi Takahashi, Alberto Noriyuki Kojima, Osvaldo Daniel Andreatta Filho e Renato Sussumu Nishioka da Disciplina de Prótese Parcial Fixa da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, pelos ensinamentos transmitidos e pela oportunidade de participar das atividades da Disciplina de Prótese Parcial Fixa durante o mestrado.

Aos professores das disciplinas de Materiais Dentários e Prótese Total, - Alexandre Luiz Souto Borges, Paula Carolina Komori de Carvalho, Estevão Tomomitsu Kimpara, Rubens Nisie Tango, Sigmar de Mello Rode, Tarcísio José de Arruda Paes Junior, Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra - pela convivência agradável durante o período de estágio docência na disciplina de Materiais Dentários, que considero a disciplina mais importante para o Cirurgião-dentista, do ponto de vista do embasamento científico. Agradecimento especial ao Prof. Tarcísio por ter me aceito em seu PROEX e ter me ensinado tanto sobre Prótese Total.

Ao professor Lafayette Nogueira Junior pela agradável convivência nas clínicas de sexta-feira. Com seu jeito descontraído e engraçado, você me ensinou muito. Muito obrigada!

Aos secretários da Seção Técnica de Pós-Graduação - Rosemary de Fatima Salgado, Bruno Shiguemitsu Marques Tanaka, Sandra Mara Cordeiro e Ivan Oliveira Damasceno – por exercerem seu papel de maneira tão eficiente e prestativa. Obrigada pela paciência e por toda ajuda quando estive fora do Brasil.

Aos funcionários do Laboratório de Prótese Dentária, Fernando Carlos Fontes, Lilian Vilela e Marco Alfredo, pelas inúmeras vezes que me deram suporte nos trabalhos realizados na Clínica.

À funcionária do departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Juliane Damasceno por ser tão prestativa e querida.

Ao querido Prof. Ivan Balducci, pela atenção e pela paciência. Agradeço pela disponibilidade na realização da análise estatística deste trabalho e, mais do que isso, por ter me ensinado quase tudo o que sei sobre estatística. Nossas conversas permeadas por números, dados, bolos, cafés e questões da vida me acrescentaram muito!

À querida Professora Silvia Masae por todos os ensinamentos concedidos durante o curso de atualização da APCD/SJC. Você foi muito importante na minha trajetória como dentista. Muito Obrigada!

Aos Colegas do Curso de Atualização da APCD/SJC - Patrícia, Gabriela, Rafaela, Anna Lucia e José pelos meses de aprendizado intenso juntos. Em especial à Patrícia por todas as caronas das quintas-feiras. Torço pelo sucesso de todos!

Ao técnico do Laboratório de Materiais Odontológicos e Prótese, Marcos Vestali (*in memoriam*), por ter sido - antes de tudo - um amigo muito querido. Você sempre me ajudou em tudo o que precisei no laboratório, me deu muitos conselhos, me apresentou a filmes e musicas legais. A falta que você faz ao nosso laboratório é imensa e jamais você será substituído. Como compartilhávamos de crenças parecidas, não escrevo aqui com o pensamento de que você lerá. Apenas para ficar registrado em algum lugar o quanto foi dolorido perder seu sorriso tão precocemente.

Aos outros técnicos do Laboratório de Materiais Odontológicos e Prótese, Thais Cachuté Paradella e Márcio Eduardo Marques, por toda a ajuda e atenção. Vocês são essenciais na realização dos trabalhos nesse laboratório.

Aos funcionários da Limpeza do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pelo carinho e por nos possibilitar trabalhar em um ambiente sempre limpo e organizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo Bolsa concedida no início do curso de Doutorado e pela bolsa de Pós-Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE n.99999.014310/2013-09). Essa é a fundação mais importante para a ciência brasileira e me possibilitou uma das melhores experiências que poderia ter na pós-graduação, que é o período de estágio sanduíche no exterior.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela Bolsa (Processo Fapesp nº 2012/05657-5) – que muito ajudou para que conseguisse realizar minhas funções de maneira adequada, me dedicando exclusivamente ao curso - e pelo Auxílio Pesquisa (Processo Fapesp nº 2011/23071-9) – que possibilitou o financiamento deste trabalho.

Ao NEMOP (Núcleo de Estudos em Materiais Odontológicos e Prótese), grupo de pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, pelo apoio mútuo na elaboração de trabalhos científicos.

À querida amiga Flavia Zardo Trindade, por ter me acolhido em sua casa nos meus primeiros dias nesta cidade. Os anos de convivência contigo me acrescentaram muito como pessoa e como pesquisadora. Muito obrigada por tudo!

Às minhas colegas de apartamento nos primeiros anos da pós, Mayra Cardoso e Caroline Cotes Marinho, por terem me ensinado muito no período de convivência diária. Muito obrigada por tudo!

À Vanessa Cruz Macedo, pela amizade construída desde os meus primeiros dias nesta cidade.

À Anelyse Arata, pela amizade construída no dia a dia deste curso, mostrando que este curso poderia ser mais leve e descontraído. Você é uma pessoa muito especial!

À Sabrina Alves Feitosa, pela prestatividade de sempre e por também ter me acolhido nesta cidade com uma amizade verdadeira. Obrigada por ter enlouquecido junto comigo por causa dos vários alunos de iniciação científica e por ter topado iniciar um grupo de estudos com alunos da graduação. Nossos planos foram adiados por causa do período em que ficamos fora do Brasil, mas com certeza ficaram muitos ensinamentos daquelas reuniões. Muito obrigada!

Ao querido aluno Ítallo Emídio, por ter me ajudado tanto, por me dar uma das amizades mais verdadeiras, por ser esse menino de ouro, por me ouvir e me dar conselhos... Obrigada, filho!

À querida Nathália de Carvalho Ramos, pela amizade, por ser tão engraçada e falante. Você faz uma diferença tremenda nessa pós! É uma referência de seriedade no trabalho e descontração na vida! Apesar da pouca idade, me ensinou muito! Morar contigo nos últimos meses foi ótimo! Sentirei muitas saudades da nossa casinha!

À querida Rafaela Canavezi, pela amizade e por me escutar em momentos em que eu precisava desabafar e ouvir opiniões sensatas. Nossa convivência em casa foi ótima, sentirei muitas saudades!

Aos queridos Julio Nogueira Luz, Rodrigo Diniz do Prado e Eliseo Pablo Chun pela amizade super descontraída que construímos depois que voltei da Holanda. Vocês foram super importantes no meu período de readaptação. As

maiores crises de risada deste ano devo a vocês! Sentirei muitas saudades dos meus três sobrinhos!

Aos amigos gaúchos Pedro Henrique Corazza e César Bérgholi pela amizade nos primeiros anos da pós-graduação. Os incontáveis churrascos, as expressões engraçadíssimas que me ensinaram, as viagens a congressos, entre tantos outros momentos incríveis ficarão sempre em minha memória. Sentirei muitas saudades!

Às amigas gaúchas Marina Amaral e Marília Pivetta Rippe. Vocês foram muito especiais em vários momentos, sempre tão prestativas, sempre com um sorriso no rosto... Adorei trabalhar com vocês!

Ao querido Lucas Hian da Silva pela amizade e por ter me ajudado muito na adaptação à cidade nos primeiros meses. Apesar da distância atual, guardo nossa amizade com carinho.

À amiga Sarina Maciel pelas incontáveis vezes que me ajudou, pelas risadas, pela conversas sérias, por todos os ensinamentos na clínica. Você é uma pessoa muito especial!

À amiga Julia Magalhães da Costa Lima, por ser uma pessoa tão prestativa e amiga em todos os momentos. Espero que possamos trabalhar por muitos anos juntas, pois estar em sua convivência é um privilégio.

À amiga Anna Karina Figueiredo Costa pela amizade que fomos construindo passo a passo nos anos de pós. Todos os momentos contigo foram muito especiais. Sua amizade é daquelas que quero levar para a vida toda, pois apesar de nossas diferenças de pensamentos, conseguimos fazer das coisas em comum as mais importantes! Te adoro!

À amiga Carolina Martinelli, que iniciou mestrado junto comigo e me apresentou à cidade nos primeiros dias. Obrigada pela amizade que construímos, pelos conselhos, pela convivência e pela torcida!

À amiga Ana Carolina de Oliveira Souza pelas vezes em que me acolheu tão docemente em sua casa. Sempre que precisei, você esteve a postos para me ajudar. Muito obrigada por tudo!

À querida Evelyn Barbosa Dall'Acqua pelas vezes que me fez rir tanto! Tchuca, você faz falta!

Ao querido casal Alecsandro Moura e Milagros Abras Ankha pela amizade, pelos convites para acompanhar as cirurgias, pela convivência quase diária. Sentirei saudades!

Ao casal mais que especial Sâmia e Hugo Sacorage, pelas inúmeras vezes que me receberam tão bem em sua casa, por terem me possibilitado presenciar um dos casamentos mais lindos que já vi, pela amizade, pelos ensinamentos do tipo "a volta é que dói"... Muito obrigada! Sentirei saudades!

Aos amigos brasileiros que fiz na Holanda - Danilo Mildradt Dutra, Rafael Pillar, Beatriz Betti, Sara Fraga e Sara Oliveira - por terem sido, cada um do seu jeito, um pouco da minha família em Amsterdã. Os momentos que compartilhamos naquela cidade linda vão ficar para sempre guardados em meu coração. Em especial ao Danilo por, além de ser meu amigo na ACTA, durante almoços e cafés, também ser aquele cara com quem eu podia contar sempre. Agradecimentos também muito especiais à Bia por ter sido um pouco minha irmã em Amsterdã... Seu jeito extrovertido, seu desprendimento, sua garra, sua coragem de viver tudo o que há para viver me ensinaram tanto que você nem sabe! Sinto muitas saudades de todos vocês!

À querida amiga Ana Milheiro, por toda a agradável convivência diária tanto na faculdade quanto em casa. Das profundas conversas sobre o sentido da

vida até as cervejas sob o sol... Tudo foi muito especial! Todos os amigos e comidas, bebidas e lugares em Amsterdã que me apresentaste foram incríveis! Foi, é e sempre será muito bom! Você é uma amiga que quero levar para a vida toda!

À querida Ana Lourenço, por toda descontração com que leva a vida e por fazer da vida dos que estão em volta mais leve. Te espero em São Miguel do Gostoso!

I would like to thank my colleagues of the Dental Materials Lab in ACTA: Cees, Feilzer, Leontine, Jacqueline, Arie, Ana Lourenço, Ana Milheiro, Paul, Nils, Francis, Niek, Magdalena and Chen. For the pleasant moments around a microscope or a cake. Thank you, Niek de Jager, for the patience explaining my Finite Element Analysis. I also would like to thank my other colleagues in ACTA: Clarissa, Dani, Alejandra, Sepanta, Janak, Sabrina, Angela, Nermin, Josiane, Elmira, Dongyun, BJ and Sara. As someone said: "People come into your life for a reason, a season, or a lifetime". Whatever the option, you will always be in my heart.

E aos demais amigos do programa de pós-graduação – Anderson Castilho, Alexandre Alonso, Aline Lima, Aline Barcelos, Aline Firmino, Amanda Dal Piva, Ana Flávia, Dominique Toyama, Fernanda Papaiz, Gabriela Ramos, Gabriela Nishioka, Hilton Riquieri, Jéssica Santos, João Paulo, Karen Perdigão, Larissa Márcia, Leandro Santis, Ligia Yamamoto, Lisseth Patricia, Nayara Barchetta, Polyanna Silva, Regina Rocha, Tabata Sato, Vinicius Aneas, Vivian Mayumi, Lilian Anami, Susana Salazar, Paula Benetti, Humberto Lago, Priscilla Cristoforides, José Renato, Regina Amaral e Gabriel Portela pelos momentos compartilhados. Foi muito bom conhecer todos vocês!

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

"Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre."

Paulo Freire

SUMÁRIO

RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
2 ARTIGO.....	24
2.1 Artigo - Campos F, Valandro LF, Feitosa SA, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ, de Jager N, Bottino MA. A cimentação adesiva promove uma maior resistência à fadiga em coroas de zircônia? Does adhesive cementation promote higher fatigue resistance to zirconia crowns?.....	24
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	46
4 REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE.....	51
ANEXO.....	62

Campos F. Resistência à fadiga de infraestruturas de zircônia: influência da estratégia de cimentação [tese]. São José dos Campos (SP): Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2016.

RESUMO

A cimentação de coroas com infraestrutura de zircônia pode ser realizada de diversas formas, com o uso de diferentes cimentos e tratamentos de superfície. No entanto, apesar da existência de alguns estudos sobre o tema, não há um consenso na literatura sobre qual método de cimentação seria mais indicado. O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito das diferentes estratégias de cimentação na resistência à fadiga de copings de zircônia. Foram usinados 75 pilares em resina epóxi com formato de um molar simplificado (6 mm de altura, 12 graus de inclinação, ângulos arredondados). Este pilar-padrão foi escaneado e um coping com espessura de 0,7 mm e 80 µm de espaço de cimento foi desenhado virtualmente no software do sistema CAD/CAM utilizado. A partir do desenho virtual, 75 copings de zircônia foram usinados e sinterizados de acordo com as recomendações do fabricante. Esses copings foram alocados em 5 grupos de acordo com o tratamento de superfície ou cimento utilizado: ZP - limpeza com álcool isopropílico + cimento de fosfato de zinco, PN - limpeza com álcool isopropílico + cimento resinoso (Panavia F), GL- aplicação de uma fina camada de glaze + cimento resinoso; AL - Jateamento com partículas de Al₂O₃ de 125 µm (distância=15 mm/ pressão=3 bar) + cimento resinoso; CJ- Jateamento com partículas de Al₂O₃/SiO₂ de 30 µm (distância=15 mm/ pressão=3 bar) + cimento resinoso. Após tratamento de superfície, os copings foram cimentados aos preparos, sendo aplicada uma carga de 50 N por 5 minutos. O cimento resinoso foi fotoativado por 30 s em cada face. Os espécimes foram testados até momento da fratura em uma máquina de fadiga por 10000 ciclos a cada incremento de carga (600, 800, 1000, 1200, 1400 N) com uma frequência de 1,4 Hz. O modo de falha foi avaliado por microscopia eletrônica de varredura. Foi realizada a análise de "Kaplan-Meier" seguida pelo teste de Mantel-Cox (Log Rank test) e pela comparação múltipla aos pares, todos com nível de significância de 5%. Além disso, também foi utilizada a análise de Weibull. Para a carga de fratura e número de ciclos foi detectada diferença estatística entre as estratégias de cimentação. O modo de falha predominante foi a fratura com início na interface cimento/zirconia. A análise de elementos finitos mostrou uma distribuição diferente da tensão para os dois modelos. A cimentação adesiva levou a uma maior chance de sobrevivência das coroas de zircônia.

Palavras-chave: Cerâmica. Coroas. Cimentação. Cimento de fosfato de zinco. Estresse mecânico.

Campos F. Fatigue resistance of zirconia infrastructures: influence of cementation strategy [thesis]. São José dos Campos (SP): Institute of Science and Technology, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2016.

ABSTRACT

The cementation of crowns with zirconia infrastructure can be performed in several ways, using different cements and surface treatments. However, despite the existence of some studies on the subject, there is no consensus in the literature on which cementation method would be more appropriate. The aim of this study was to investigate the effect of different cementation strategies in fatigue strength of monolithic zirconia crowns. 75 pillars were machined in epoxy resin with a molar simplified shape (6 mm height, 12 degree tilt, rounded corners). This standard-pillar was scanned and a coping with 0.7 mm of thickness and 80 μm of cement space was virtually designed on the CAD/CAM system software used. From the virtual design, 75 zirconia copings were milled and sintered according to the manufacturer's recommendations. These copings were divided into five groups according to surface treatment or cement used: FZ - cleaning with isopropyl alcohol + zinc phosphate cement, PN - cleaning with isopropyl alcohol + resin cement (Panavia F), GL - application of a thin layer of glaze + resin cement; AL - sandblasting with Al_2O_3 particles of 125 μm (distance = 15 mm / pressure = 3 bar) + resin cement; CJ - sandblasting with particles of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ of 30 μm (distance = 15 mm / pressure = 3 bar) + resin cement. After surface treatment, the copings were cemented to the pillars with a load of 50 N for 5 minutes. The resin cement was light activated for 30 seconds on each side. The specimens were tested until the moment of fracture in a fatigue machine for 10,000 cycles at each load increment (600, 800, 1000, 1200, 1400 N) at a frequency of 1.4 Hz. The failure mode was assessed by scanning electron microscope. The "Kaplan-Meier" analysis was held followed by the Mantel-Cox test (Log Rank test) and multiple comparison in pairs, all with a significance level of 5%. Furthermore, it has also used the Weibull analysis. For the load to fracture and for the number of cycles to fracture there was detected a difference among the cementation strategies. The predominant mode of failure was a fracture that initiate in the cement/zirconia layer. The FEA showed different stress distribution for the two models. The adhesive cementation approach lead to a significantly higher survival chance for zirconia crowns.

Keywords: Ceramics. Crowns. Cementation. Zinc phosphate cement. Stress, mechanical.

1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas a base de zircônia têm a mais alta tenacidade (Christel et al., 1989) e resistência à fratura (Piconi, Maccauro, 1999) entre as cerâmicas odontológicas. Além disso, este material tem o mecanismo de tenacificação por transformação (*transformation toughening*) no qual os seus grãos passam da fase tetragonal para a fase monoclinica, associado a uma expansão volumétrica, o que previne a propagação de uma trinca (Piconi, Maccauro, 1999). A cerâmica a base de zircônia pode ser usada para confecção de infraestruturas de coroas e de próteses parciais fixas (PPFs). Mais recentemente, este material - com a adição de outros componentes ou não - tem sido também utilizado para confecção de restaurações indiretas de única camada (monolíticas) para regiões posteriores (Beuer et al., 2012).

Protocolos de cimentação não-adesivas ainda são recomendadas para restaurações confeccionadas com infraestrutura de zircônia sobre pilares que seguem os princípios de retenção e estabilidade, como pilares para coroas e próteses parciais fixas (Rosentritt et al., 2011). No entanto, quando da utilização de próteses adesivas confeccionadas em zircônia, a união com o substrato dentário é necessária. Assim, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de melhorar essa união (Kern, 2015; Ozcan, Bernasconi, 2015; Sanli et al., 2015). Com relação aos tratamentos de superfície necessários para realização da cimentação adesiva, pode-se classificar as cerâmicas baseando-se na reatividade química ao ácido hidrófluorídrico, que varia de acordo com a microestrutura do material (Valandro et al., 2005). As cerâmicas classificadas como ácido-sensíveis sofrem degradação seletiva da matriz vítrea quando expostas a este ácido (Brentel et al., 2007). Contrariamente, os materiais cristalinos, sem presença de fase vítrea, como a zircônia, não sofrem degradação de suas estruturas quando expostas ao ácido hidrófluorídrico. Assim, são classificadas como ácido-resistentes. Consequentemente, a adesão das cerâmicas à base de zircônia ao substrato

dentário, intermediada pelo cimento resinoso, é um ponto crítico do sistema (Ozcan, Bernasconi, 2015).

Neste sentido, diversos tratamentos tem sido utilizados para melhorar a união entre zircônia e cimento resinoso, entre eles o jateamento com partículas de óxido de alumínio (de Castro et al., 2012) e a silicatização com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica (Ozcan, 2002). O jateamento com partículas de óxido de alumínio cria microrretenções na superfície de cimentação que promovem a união micromecânica ao cimento resinoso (de Castro et al., 2012). O jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica origina uma superfície mais microrretentiva devido à sílica aderida, a qual promove a união química entre zircônia e cimento resinoso, intermediada pelo silano (Ozcan, 2002; Ozcan, Bernasconi, 2015; Sarmiento et al., 2014).

No entanto, durante o jateamento, ocorre também a indução de microfalhas na superfície tratada e conseqüentemente a transformação reversa de fase da zircônia de tetragonal para monoclinica (Zhang et al., 2006). Esta transformação de fase cria uma zona de tensão compressiva, resultante do aumento dos grãos da zircônia (Kosmac et al., 1999). Em alguns estudos foi observada uma redução da resistência à fratura do material que decorreria do aumento do número dos grãos monoclinicos e da tensão gerada nas microfalhas criadas pelo jateamento (Curtis et al., 2006; Zhang et al., 2004). Entretanto, outros estudos mostraram que o jateamento com partículas de alumina revestida por sílica de 30 µm pode não promover efeito deletério no comportamento mecânico de cerâmicas de Y-TZP (Cattani-Lorente et al., 2011; Scherrer et al., 2011).

Em contraponto aos tratamentos de superfície baseados em jateamento de partícula sobre a superfície da zircônia, outras técnicas têm sido estudadas, entre elas estão a aplicação de uma camada de *glaze* (Vanderlei et al., 2014) e a utilização de primers e cimentos com monômeros fosfatados (10-metacrilóiloxidecil diidro-genofosfato - MDP) (Amaral et al., 2014; Ozcan, Bernasconi, 2015; Pereira et al., 2015). A fina camada de glaze aplicada sobre a superfície de cimentação da restauração, após condicionamento ácido, resulta em uma superfície com maior microrretenção ao cimento resinoso (Bottino et al., 2014; Vanderlei et al., 2014). Os *primers* com monômeros fosfatados promovem uma união química entre

os óxidos presentes no substrato e os compósitos resinosos (Amaral et al., 2014; Kim et al., 2011; Maeda et al., 2014). Assim como os cimentos que contêm monômeros fosfatados, os quais também têm mostrado resultados promissores (Ozcan, Bernasconi, 2015).

A cimentação com cimentos resinosos não é importante apenas pelo fato de melhorar a união com o substrato dentário, pois leva também a menor microinfiltração (Yuksel, Zaimoglu, 2011). No caso das restaurações em zircônia, alguns estudos afirmam que a alta resistência à fratura deste material seria capaz de suportar as forças oclusais, não importando qual cimento seja utilizado (Rosentritt et al., 2011; Zesewitz et al., 2014). Por este motivo e também pela retenção alcançada, como já citado, o cimento de fosfato de zinco ainda é indicado para cimentação de restaurações de zircônia (Rosentritt et al., 2011). De fato, os danos superficiais - como lascamento e delaminação - são os mais comuns em restaurações de duas camadas (Rekow et al., 2011; Sailer et al., 2015). No entanto, fraturas da infraestrutura também têm sido reportadas (Cehreli et al., 2009; Sagirkaya et al., 2012; Sailer et al., 2015).

Neste sentido, estudos *in-vitro* com ensaios monotônicos podem não ser os melhores para simular o comportamento mecânico de coroas confeccionadas em zircônia submetidas às cargas da mastigação, pois - apesar de serem mais rápidos - não têm a capacidade de prever a sobrevida da restauração. Em ambiente oral, as falhas serão provocadas pela fadiga do material, ou seja, originam-se pelo aumento de defeitos intrínsecos causados pelo dano acumulado (Kelly, 1999). Conseqüentemente, ensaios que levem as coroas cerâmicas à falha por fadiga têm mostrado maior relevância em estudos *in-vitro* (Corazza et al., 2015). Nestes ensaios, as coroas são carregadas na face oclusal com cargas maiores que as fisiológicas para acelerar a ocorrência de falha, sem - contudo - causar uma falha precoce. Dentre as metodologias utilizadas para ensaios de fadiga, o método do incremento de carga passo-a-passo (Stepwise) - em que cargas cada vez maiores são aplicadas sobre os espécimes durante determinado número de ciclos - pode ser utilizado para coroas de zircônia (Anami et al., 2016).

Uma vez que restaurações indiretas são sistemas mecânicos complexos, incluindo a coroa cerâmica (com uma ou duas camadas), o cimento e o

dente, todos os componentes e a relação entre eles quando submetidos a cargas cíclicas são importantes. Assim, diferentes tratamentos da superfície interna de coroas de zircônia podem afetar sua resistência à fadiga. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar a influência de diferentes estratégias de cimentação na resistência à fadiga de coroas de zircônia.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Podem-se utilizar diversas estratégias de cimentação para coroas de zircônia (de uma ou duas camadas). Apesar da resistência de união entre zircônia e cimento não ter sido alvo deste estudo, sabe-se que a deposição triboquímica de sílica ou silicatização, que consiste em jatear a superfície de cimentação com partículas de óxido de alumínio revestidas com óxido de silício, tem se mostrado a técnica mais eficaz em estudos *in vitro* que medem resistência de união entre zircônia e cimento resinoso. O uso deste tratamento de superfície unido à utilização de um cimento resinoso com monômeros fosfatados (MDP) mostrou os melhores resultados no presente estudo. Os outros tratamentos de superfície, como o jateamento com partículas de óxido de alumínio e aplicação de camada de *glaze* com posterior condicionamento, assim como a cimentação sem tratamento de superfície, mostraram resultados intermediários. Por outro lado, as coroas de zircônia cimentadas com cimento de fosfato de zinco, como indicado por alguns fabricantes, mostraram uma maior probabilidade de falha, ou seja, necessitaram de menor carga e número de ciclos para fraturarem.

Neste sentido, a análise de elementos finitos também mostrou grandes diferenças na distribuição de tensão de tração entre coroas coladas ou não. O valor de fricção utilizado para as coroas não-coladas tentou simular a retenção característica do cimento de fosfato de zinco, conseguida por embricamento mecânico. Consequentemente, as coroas não estavam totalmente descoladas sobre o preparo. Já o valor de fricção para as coroas coladas tentou simular uma condição de união perfeita entre cimento resinoso e zircônia, representando o que aconteceria em uma cimentação adesiva sem falhas. Apesar de as simulações virtuais terem apresentado regiões de concentração de tensão diferentes para os dois modelos, a análise fractográfica apontou como local de origem da falha a região abaixo da ponta aplicadora de carga, na interface cimento/zircônia. Isso mostra que, embora haja concentração de tensão próximo a região de término nas coroas não-coladas, a região abaixo da ponta aplicadora concentrou maior tensão de tração.

Portanto, a partir dos resultados apresentados neste estudo, é possível indicar a utilização de cimentação adesiva, com cimentos resinosos e tratamentos de superfície, para cimentação de coroas de zircônia, em detrimento da

cimentação não-adesiva. Tal indicação contraria a recomendação da maioria dos fabricantes de zircônia, que ainda indicam a cimentação não-adesiva como opção, sendo um ponto de inovação do presente estudo. No entanto, seriam necessários estudos futuros com envelhecimento - em água e termociclagem - destas coroas cimentadas para prever um comportamento após alguns anos de serviço clínico.

4 REFERÊNCIAS*

Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent*. 2014;42(1):90-98. doi:10.1016/j.jdent.2013.11.004.

Anami LC, Lima J, Valandro LF, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ, Bottino MA. Fatigue resistance of y-tzp/porcelain crowns is not influenced by the conditioning of the intaglio surface. *Oper Dent*. 2016 Jan-Feb;41(1):E1-E12. doi: 10.2341/14-166-L.

Beuer F, Stimmelmayer M, Gueth JF, Edelhoff D, Naumann M. In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dent Mater*. 2012 Apr;28(4):449-56. doi: 10.1016/j.dental.2011.11.024.

Bottino MA, Bergoli C, Lima EG, Marocho SM, Souza RO, Valandro LF. Bonding of Y-TZP to dentin: effects of Y-TZP surface conditioning, resin cement type, and aging. *Oper Dent*. 2014 May-Jun;39(3):291-300. doi: 10.2341/12-235-L.

Brentel AS, Ozcan M, Valandro LF, Alarca LG, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dent Mater*. 2007 Nov;23(11):1323-31. doi: 10.1016/j.dental.2006.11.011.

Cattani-Lorente M, Scherrer SS, Ammann P, Jobin M, Wiskott HW. Low temperature degradation of a Y-TZP dental ceramic. *Acta Biomater*. 2011 Feb;7(2):858-65. doi: 10.1016/j.actbio.2010.09.020.

Cehreli MC, Kokat AM, Akca K. CAD/CAM Zirconia vs. slip-cast glass-infiltrated Alumina/Zirconia all-ceramic crowns: 2-year results of a randomized controlled clinical trial. *J Appl Oral Sci*. 2009 Jan-Feb;17(1):49-55.

Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res*. 1989 Jan;23(1):45-61. doi: 10.1002/jbm.820230105.

Corazza PH, Duan Y, Kimpara ET, Griggs JA, Della Bona A. Lifetime comparison of Y-TZP/porcelain crowns under different loading conditions. *J Dent*. 2015 Apr;43(4):450-7. doi: 10.1016/j.jdent.2015.01.012.

Curtis AR, Wright AJ, Fleming GJ. The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *J Dent*. 2006 Mar;34(3):195-206. doi: 10.1016/j.jdent.2005.06.006.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [atualizado 04 nov 2015; acesso em 25 jan 2016]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

de Castro HL, Corazza PH, Paes-Junior Tde A, Della Bona A. Influence of Y-TZP ceramic treatment and different resin cements on bond strength to dentin. *Dent Mater*. 2012 Nov;28(11):1191-7. doi: 10.1016/j.dental.2012.09.003.

Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. 1999 Jun;81(6):652-61.

Kelly JR, Rungruanganunt P, Hunter B, Vailati F. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2010 Oct;104(4):228-38. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60129-1.

Kern M. Bonding to oxide ceramics-laboratory testing versus clinical outcome. *Dent Mater*. 2015 Jan;31(1):8-14. doi: 10.1016/j.dental.2014.06.007.

Kim MJ, Kim YK, Kim KH, Kwon TY. Shear bond strengths of various luting cements to zirconia ceramic: surface chemical aspects. *J Dent*. 2011 Nov;39(11):795-803. doi: 10.1016/j.jdent.2011.08.012.

Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater*. 1999 Nov;15(6):426-33.

Maeda FA, Bello-Silva MS, de Paula Eduardo C, Miranda Junior WG, Cesar PF. Association of different primers and resin cements for adhesive bonding to zirconia ceramics. *J Adhes Dent*. 2014 Jun;16(3):261-65. doi:10.3290/j.jad.a31938.

Ozcan M. The use of chairside silica coating for different dental applications: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2002 May;87(5):469-72.

Ozcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2015 Feb;17(1):7-26. doi: 10.3290/j.jad.a33525.

Pereira L de L, Campos F, Dal Piva AM, Gondim LD, Souza RO, Ozcan M. Can application of universal primers alone be a substitute for airborne-particle abrasion to improve adhesion of resin cement to zirconia? *J Adhes Dent*. 2015 Apr;17(2):169-74. doi: 10.3290/j.jad.a33974.

Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999 Jan;20(1):1-25. doi: 10.1016/S0142-9612(98)00010-6.

Rekow ED, Silva NR, Coelho PG, Zhang Y, Guess P, Thompson VP. Performance of dental ceramics: challenges for improvements. *J Dent Res*. 2011 Aug;90(8):937-52. doi: 10.1177/0022034510391795.

Rosentritt M, Hmaidouch R, Behr M, Handel G, Schneider-Feyrer S. Fracture resistance of zirconia FPDs with adhesive bonding versus conventional cementation. *Int J Prosthodont*. 2011 Mar-Apr;24(2):168-71.

Sagirkaya E, Arikan S, Sadik B, Kara C, Karasoy D, Cehreli M. A randomized, prospective, open-ended clinical trial of zirconia fixed partial dentures on teeth and implants: interim results. *Int J Prosthodont*. 2012 May-Jun;25(3):221-31.

Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dent Mater*. 2015 Jan;31(6):603-23. doi: 10.1016/j.dental.2015.02.011.

Sanli S, Comlekoglu MD, Comlekoglu E, Sonugelen M, Pamir T, Darvell BW. Influence of surface treatment on the resin-bonding of zirconia. *Dent Mater*. 2015 Jul;31(6):657-68. doi: 10.1016/j.dental.2015.03.004.

Sarmento HR, Campos F, Sousa RS, Machado JPB, Souza ROA, Bottino MA, et al. Influence of air-particle deposition protocols on the surface topography and adhesion of resin cement to zirconia. *Acta Odontol Scand*. 2014 Jul;72(5):346-53. doi: 10.3109/00016357.2013.837958.

Scherrer SS, Cattani-Lorente M, Vittecoq E, de Mestral F, Griggs JA, Wiskott HW. Fatigue behavior in water of Y-TZP zirconia ceramics after abrasion with 30 µm silica-coated alumina particles. *Dent Mater*. 2011 Feb;27(2):e28-42. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.003.

Valandro LF, Della Bona A, Antonio Bottino M, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent*. 2005 Mar;93(3):253-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.12.002.

Vanderlei A, Bottino MA, Valandro LF. Evaluation of resin bond strength to yttria-stabilized tetragonal zirconia and framework marginal fit: comparison of different surface conditionings. *Oper Dent*. 2014 Jan-Feb;39(1):50-63. doi: 10.2341/12-269-L.

Yuksel E, Zaimoglu A. Influence of marginal fit and cement types on microleakage of all-ceramic crown systems. *Braz Oral Res*. 2011 May-Jun;25(3):261-6.

Zesewitz TF, Knauber AW, Northdurft FP. Fracture resistance of a selection of full-contour all-ceramic crowns: an in vitro study. *Int J Prosthodont*. 2014 May-Jun;27(3):264-6. doi: 10.11607/ijp.3815.

Zhang Y, Lawn BR, Malament KA, Van Thompson P, Rekow ED. Damage accumulation and fatigue life of particle-abraded ceramics. *Int J Prosthodont*. 2006 Sep;19(5):442-8.

Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Thompson VP. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2004 Nov;71b(2):381-86. doi: 10.1002/jbm.b.30097.