

**André Luiz de Melo Moreno**

**Avaliação da influência do tipo de cimento e  
envelhecimento na retenção de coroas de zircônia  
cimentadas sobre o pilar Ti-base em conexões protéticas  
do tipo hexágono externo e cone morse**

Araçatuba - SP  
2024

**André Luiz de Melo Moreno**

**Avaliação da influência do tipo de cimento e  
envelhecimento na retenção de coroas de zircônia  
cimentadas sobre o pilar Ti-base em conexões protéticas  
do tipo hexágono externo e cone morse**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista (Unesp), para a obtenção do Grau de Doutor em Odontologia – Área de Concentração em Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Coelho Goiato

Coorientadora: Profa. Dra. Daniela Micheline dos Santos

Coorientadora: Profa. Dra. Renata Vasconcelos Monteiro

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

M843c Moreno, André Luiz de Melo.  
Avaliação da influência do tipo de cimento e envelhecimento na retenção de coroas de zircônia cimentadas sobre o pilar Ti-base em conexões protéticas do tipo hexágono externo e cone morse / André Luiz de Melo Moreno. – Araçatuba, 2024  
44 f. : il. ; tab.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araçatuba

Orientador: Prof. Marcelo Coelho Goiato

Coorientadora: Profa. Daniela Micheline dos Santos

Coorientadora: Profa. Renata Vasconcelos Monteiro

1. Prótese Dentária 2. Próteses e Implantes 3. Implantes Dentários I. T.

Black D762  
CDD 617.6

À minha filha, esposa, pais e avó, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, carinho, presença e apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, agradeço pela minha vida, pela oportunidade de conquistar esse sonho que é apenas uma parte do que ele, o Senhor, tem guardado para mim e minha família.

À minha **esposa Nathaly** e **filha Antonella** por aceitarem e me incentivarem no desafio de um Doutorado em outra cidade. Agradeço a paciência e companheirismo nos momentos que estive ausente fisicamente ou naqueles em que estava trancado no escritório dedicando-me para essa conquista. Sem a força de vocês isso não seria possível.

Aos **meus pais, Cesar e Alzemira** e **minha avó Gessi** pelo amor dedicado e por serem exemplo de luta, amor e carinho. Amo muito vocês!

Ao **Prof. Dr. Marcelo Coelho Goiato** que me acolheu como orientado e sempre me tratou com muito carinho e confiança em todos os momentos nos quais necessitei do seu auxílio e orientação. Obrigado por todo conhecimento adquirido e por despertar em mim o interesse na pesquisa científica. Agradeço-lhe pela amizade e convivência, pelos conselhos, pelas discussões e debates que me fizeram amadurecer como pessoa e profissional. Muito obrigado! Foi um grande prazer tê-lo como orientador.

À **Profa. Dra. Daniela Micheline dos Santos** por me aceitar como seu coorientado e por me receber com muito carinho e estar sempre disposta a ajudar com muito profissionalismo e determinação. Tê-la por perto foi uma honra muito grande e contribuiu para minha formação.

Ao **Prof. Dr. Wirley Gonçalves Assunção** por toda ajuda, tempo e orientação, disponibilizando equipamentos, ferramentas e conhecimento necessários para que esse trabalho pudesse ser realizado.

À **Profa. Dra. Renata Vasconcelos Monteiro** pelo auxílio e contribuição para o desenvolvimento, correções e revisão do nosso projeto de pesquisa e deste trabalho final.

A todos os **Professores da UNESP/FOA**, agradeço pela contribuição na minha formação.

À **Dra. Lisiane Bannwart** por me incentivar a iniciar e concluir este Doutorado e me apresentar ao meu orientador.

Aos **Drs. Márcio Campaner e Clóvis Lamartine de Moraes**, pelo apoio e conhecimento compartilhado para elaboração das pesquisas durante o período do curso.

À Doutoranda **Cássia Cunha de Lima** e a todos os meus **colegas da pós-graduação** pelo apoio no desenvolvimento de nossa pesquisa e pelos muitos momentos compartilhados ao longo destes anos.

Aos **funcionários da UNESP/FOA** por toda paciência e assistência.

À **DSP Biomedical Group**, na pessoa de seu Diretor, o **Sr. Célio Netzel**, gostaria de expressar minha mais profunda gratidão por seu generoso apoio e incentivo à pesquisa e pela doação dos materiais. Com tal apoio, foi possível alcançarmos nosso objetivo e assim, contribuir para o progresso científico.

Ao **Laboratório Arts do Sorriso**, na pessoa de seus proprietários e amigos **Marcelo Klinger** e **Vanesa Alves Brasil** pelo apoio para confecção do planejamento e fresagem das amostras em zircônia fresada, sem nenhum custo.

***“Em seu coração o homem planeja o seu caminho, mas o Senhor determina os seus passos.”***

Provérbios 16:9

Moreno ALM. Avaliação da influência do tipo de cimento e envelhecimento na retenção de coroas de zircônia cimentadas sobre o pilar Ti-base em conexões protéticas do tipo hexágono externo e cone morse [tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista; 2024.

## RESUMO

Considerando o aumento do uso do fluxo de trabalho digital em odontologia restauradora, o uso de pilares com geometria armazenada em computador auxiliado pelos sistemas de tecnologia CAD/CAM para fabricação de restauração rápida, também conhecida como pilares Ti-base, ganhou interesse. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de cimento e envelhecimento na retenção de coroas de zircônia cimentadas sobre o pilar Ti-base em implantes do tipo hexágono externo e cone morse. Para isso, 20 implantes cone morse e 20 implantes hexágono externo, ambos 3.75 x 11,5 mm foram posicionados em blocos acrílicos (n=20) e pilares Ti-base Standard HE 5,0 x 4,7 x 1,0 mm e Ti-base Standard CMI 5,0 x 4,7 x 1,5 mm foram parafusados em seus respectivos implantes. As amostras foram divididas em 4 grupos para o cone morse (n=20) e 4 grupos para o hexágono externo (n=20), de acordo com o tipo de cimento e envelhecimento: I – Hidróxido de Cálcio + sem envelhecimento mecânico (n=20); II – Hidróxido de Cálcio + envelhecimento mecânico (n=20); III – Cimento Resinoso + sem envelhecimento mecânico (n=20) e; IV – Cimento Resinoso + envelhecimento (n=20). Para o grupo I, as superfícies internas das coroas foram condicionadas com jateamento com partículas de Óxido e Alumínio e cimentadas aos pilares com cimento de Hidróxido de Cálcio Hydro C e então o teste de tração realizado sem a ciclagem mecânica. Para o grupo II, as amostras foram limpas e condicionadas com jateamento com partículas de Óxido e Alumínio e cimentadas novamente com Hidróxido de Cálcio, submetidas à ciclagem mecânica (240.000 ciclos, 2Hz, com carga de 50N) e então receberam o teste de tração. Para o grupo III, novos pilares Ti-Base e novas coroas em zircônia foram utilizadas. As superfícies internas das coroas foram condicionadas com jateamento com partículas de Óxido e Alumínio e aplicação do adesivo Scotchbond Universal. Após a cimentação com o cimento Resinoso RelyX Ultimate, as amostras sofreram o teste de tração. Por fim, para o grupo IV, novos pilares Ti-base foram instalados aos implantes e novas coroas de zircônia condicionadas e cimentadas conforme o grupo III, as amostras submetidas à ciclagem mecânica (240.000 ciclos, 2Hz, com carga de 50N) e o teste



de tração repetido. Os resultados foram registrados e análise estatística realizada. Foi também registrado, o padrão de falha da cimentação em cada um dos testes. Os dados foram avaliados inicialmente pelo teste Shapiro-Wilk. Então realizou-se o teste paramétrico ANOVA a três critérios de medidas repetidas. Teste de Tukey foi usado como um post-hoc ( $P < 0.05$ ). Após os resultados, concluiu-se que o envelhecimento mecânico diminuiu a força de retenção das coroas cimentadas sobre o pilar Ti-base e que coroas de zircônia cimentadas sobre o pilar Ti-base com cimento resinoso, em implantes Cone Morse, apresentaram maiores força de retenção comparados aos implantes Hexágono Externo.

**Palavras-chave:** Prótese Dentária; Implantes Dentários; Zircônia; Ti-base.

Moreno ALM. Evaluation of the influence of the type of cement and aging on the retention of zirconia crowns cemented on the Ti-base abutment in prosthetic connections of the external hexagon and morse cone type [tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista; 2024.

## **ABSTRACT**

Considering the increased use of digital workflow in restorative dentistry, the use of abutments with computer-stored geometry aided by CAD/CAM technology systems for rapid restoration fabrication, also known as Ti-base abutments, has gained interest. The objective of this study was to evaluate the influence of the type of cement and aging on the retention of zirconia crowns cemented on the Ti-base abutment in external hexagon and morse cone implants. For this, 20 morse cone implants and 20 external hexagon implants, both 3.75 x 11.5 mm, were positioned in acrylic blocks (n=20) and Ti-base Standard HE abutments 5.0 x 4.7 x 1.0 mm and Ti-base Standard CMI 5.0 x 4.7 x 1.5 mm were screwed onto their respective implants. The samples were divided into 4 groups for the morse cone (n=20) and 4 groups for the external hexagon (n=20), according to the type of cement and aging: I – Calcium Hydroxide + without mechanical aging (n =20) =20); II – Calcium Hydroxide + mechanical aging (n=20); III – Resin cement + without mechanical aging (n=20) and; IV – Resinous Cement + aging (n=20). For group I, the internal surfaces of the crowns were conditioned by blasting with Oxide and Aluminum particles and cemented to the abutments with Hydro C Calcium Hydroxide cement and then the tensile test was carried out without mechanical cycling. For group II, the samples were cleaned and conditioned by blasting with Oxide and Aluminum particles and cemented again with Calcium Hydroxide, subjected to mechanical cycling (240,000 cycles, 2Hz, with a load of 50N) and then received the tensile test. For group III, new Ti-Base abutments and new zirconia crowns were used. The internal surfaces of the crowns were conditioned by blasting with Oxide and Aluminum particles and applying Scotchbond Universal adhesive. After cementing with RelyX Ultimate Resin cement, the samples underwent a tensile test. Finally, for group IV, new Ti base abutments were installed on implants and new zirconia crowns were conditioned and cemented according to group III, the samples were subjected to mechanical cycling (240,000 cycles, 2Hz, with a load of 50N) and the repeated attraction test. The results were recorded and statistical analyzes carried out. The

pattern of cementation failure in each of the tests was also recorded. Data were initially evaluated using the Shapiro-Wilk test. Then, the parametric ANOVA test was carried out with three criteria of repeated measures. The Tukey test was used as post-hoc ( $P < 0.05$ ). After the results, it was concluded that mechanical aging increased the retention strength of the crowns cemented on the Ti-base abutment and that zirconia crowns cemented on the Ti-base abutment with resin cement, in Morse Taper implants, had greater retention strength. retention compared to External Hexagon implants.

**Keywords:** Prosthodontics; Dental Implants; Zirconia; Ti-base.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escaneamento do implante hexágono externo	19
Figura 2 - Projeto digital da coroa total	20
Figura 3 - Fresagem das amostras em zircônia	20
Figura 4 - Desenho esquemático da divisão dos grupos	21
Figura 5 - Desenho esquemático do dispositivo de retenção das amostras	22
Figura 6 - Posicionamento do implante no dispositivo com o delineador	23
Figura 7 - Dispositivo de remoção da coroa	24
Figura 8 - Aplicação de ciclagem mecânica	25
Figura 9 - Padrões de falha na cimentação	31

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Caracterização da falha pela quantidade do cimento após o teste	24
Tabela 2 - Análise 1 de Variância (ANOVA) entre todas as variáveis	28
Tabela 3 - Análise 2 de Variância (ANOVA) entre todas as variáveis	29
Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão da força de deslocamento (N)	29
Tabela 5 - Padrões de Falha das amostras	31

## LISTA DE ABREVIATURAS

10-MDP	10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Alumínio
CAD/CAM	Desenho assistido por computador / Manufatura assistida por computador
cm	Centímetros
CM	Cone Morse
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Er:YAG	Laser de granada de alumínio e ítrio dopado com érbio
HE	Hexágono Externo
Kg	Quilograma
min	Minutos
mm	Milímetros
mW/cm <sup>2</sup>	Maxwell por centímetro quadrado
N	Newton
s	Segundo
Y-TZP	Zircônia tetragonal estabilizados com ítria
µm	Micrômetro

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 PROPOSIÇÃO	18
3 MATERIAL E MÉTODO	19
4 RESULTADO	28
5 DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

# 1 INTRODUÇÃO

O sucesso a longo prazo de reabilitações implantossuportadas está associado com uma adaptação precisa entre os componentes protéticos, estética, resistência à movimentos mastigatórios e harmonia no sistema estomatognático<sup>1</sup>. Estudos têm relatado a presença de micromovimentos na conexão do hexágono externo, devido ao tamanho do hexágono, baixa resistência às cargas mastigatórias, microgaps maiores, reabsorção óssea alveolar e insucesso do procedimento reabilitador<sup>2,3</sup>. A conexão cone morse é frequentemente utilizada em reabilitações, devido à sua excelente capacidade de vedação, melhor distribuição de tensões, maior estabilidade entre o componente protético e o implante e devido à redução de microespaços na interface<sup>2-4</sup>.

Quando planejado uma reabilitação, o sistema de fixação das próteses sobre implantes deve ser levado em consideração. Alguns estudos reportaram várias complicações relacionadas ao sistema parafusado, tais como, afrouxamento do parafuso, altas concentrações de estresse, menor força de dissipação e fratura do parafuso<sup>5-8</sup>. Próteses sobre implantes cimentadas, por outro lado, são geralmente indicadas em casos unitários, onde a estética é essencial e para corrigir o posicionamento impróprio do implante. O sistema cimentado apresenta menor desajuste marginal e maior dissipação das forças mastigatórias. Além disso, tem os passos laboratoriais simplificados, oclusão satisfatória, por exemplo, em implantes estreitos<sup>5-7</sup>. No entanto, uma grande desvantagem de retenção por cimento reside na dificuldade de remoção do excesso do cimento no sulco gengival que pode levar a periimplantite<sup>9</sup>. Por outro lado, as vantagens das restaurações parafusadas incluem recuperabilidade, o que evita a necessidade de procedimentos complexos durante a remoção da prótese para manutenção, avaliação de higiene oral e sondagem periimplantar, reparos ou aperto do parafuso do pilar<sup>9</sup>.

Conseqüentemente, as pesquisas atuais em implantodontia, tem como foco a melhora da longevidade das próteses e recuperabilidade. Considerando o aumento do uso do fluxo de trabalho digital em odontologia restauradora, o uso de pilares com geometria armazenada em computador auxiliado pelos sistemas de tecnologia CAD/CAM (desenho assistido por computador / manufatura assistida por computador) para fabricação de restauração rápida, também conhecida como pilares Ti-base,



ganhou interesse. A razão por trás de sua indicação reside na possibilidade de transferência convencional ou digital do implante para o projeto de coroas monolíticas ou de duas camadas de qualquer material que será cimentado extraoralmente e depois aparafusado ao implante<sup>10</sup>.

Os pilares Ti-base são pilares pré-fabricados com um conceito híbrido de fixação cimentada e parafusada na mesma prótese, onde a conexão implante-pilar é usada com a precisão fornecida pelo fabricante<sup>9</sup>. Os pilares de implante que são adaptados para uso CAD-CAM, como o Ti-base, permite o projeto digital e fresamento de restaurações personalizadas para serem extraoralmente cimentado e aparafusados ao implante<sup>11,12</sup>. Além disso, atualmente os sistemas CAD/CAM mais comuns apresentam uma crescente biblioteca de banco de dados para rápida confecção de próteses sobre pilares Ti-base<sup>9</sup>. As vantagens desta técnica incluem a personalização do perfil de emergência, eficiência de tempo com redução de custos, mecanismo de retenção híbrido (cimentado e parafusado) que permite a remoção do excesso de cimento, e fotopolimerização melhorada das margens da restauração antes de aparafusar<sup>11,13</sup>.

O padrão de tratamento nas reabilitações suportada por implantes unitários compreende o uso de pilares metálicos pré-fabricados em conjunto com coroas metalocerâmicas ou totalmente cerâmicas<sup>14-16</sup>. Os sistemas policristalinos de zircônia tetragonal estabilizados com ítria (Y-TZP) ganharam atenção para uso como material restaurador em uma ampla gama de cenários clínicos devido à sua alta biocompatibilidade e propriedades mecânicas que resultam de tensões compressivas geradas pelo mecanismo de endurecimento por transformação de fase, dificultando a propagação de fissuras<sup>14-16</sup>. As taxas de sobrevivência calculadas para coroas individuais suportadas por implantes estão em torno de 97% para metalocerâmicas e variam entre 90% e 96% para coroas Y-TZP após períodos de observação de 5 e 10 anos, respectivamente<sup>15,16</sup>.

Embora o material da superestrutura exerça influência sobre a retenção de coroas suportadas por implantes, a atual demanda estética estimulou a indicação generalizada por sistemas restauradores de Y-TZP<sup>17-18</sup> dada a sua inércia quase química, que é uma limitação significativa do conteúdo altamente cristalino, e a ausência da fase vítrea. Uma revisão sistemática anterior e uma meta-análise

concluíram que a eficácia da ligação é maximizada quando a abrasão de partículas transportadas pelo ar, o revestimento triboquímico de sílica ou o ataque químico com monômero de 10-metacriloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP) são realizados em uma superfície Y-TZP, com a cimentação em resina apresentando propriedades mais resistentes ao envelhecimento<sup>19</sup>.

No entanto, a perda de retenção é uma das complicações técnicas mais frequentes associadas aos sistemas cimentados (até 5% em 5 anos)<sup>14-16</sup>. Vários fatores têm sido associados à retenção de próteses implanto-suportadas, incluindo grau de conicidade, altura e textura do pilar; ajuste da superestrutura, tipo de cimento e pré-tratamento de superfície<sup>20-23</sup>. Investigações anteriores sobre a resistência retentiva do pilar Ti-base cimentados a pilares ou coroas de zircônia usando cimento resinoso autoadesivo e abrasão superficial de partículas abrasivas, indicaram uma ligação mais confiável quando a superfície de colagem foi tratada<sup>22,23</sup>.

Abrasão de partículas de alumina, condicionamento seletivo por infiltração, laser Er:YAG ou CO<sub>2</sub>, silicatização de superfície e primers/adesivos estão entre os métodos e materiais propostos para melhorar a resistência de união à zircônia<sup>24-29</sup>. Embora não haja consenso sobre o tratamento superficial mais adequado para a zircônia, estudos têm demonstrado que a abrasão de alumina ou o revestimento triboquímico de sílica combinado com agente de ligação (primer ou adesivo) contendo 10-metacriloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP) são os métodos mais confiáveis para cimentação de zircônia<sup>24,26,30-32</sup>.

A escolha do tipo de cimentação é um fator importante para proporcionar retenção adequada de restaurações sobre implantes mantidas por cimento. O uso de cimentos provisórios mostram-se como uma alternativa segura para coroas implanto-suportadas em comparação aos cimentos convencionais e à base de resina<sup>33</sup>. O cimento deve ser suficientemente forte para segurar a prótese, mas, ao mesmo tempo, deve ser suficientemente fraco para permitir aos dentistas remover a restauração de forma confortável e segura<sup>34</sup>. No entanto, em alguns casos, tais como, altura insuficiente do pilar, pode ser necessário selecionar um agente cimentante com maior força de adesão<sup>35</sup>. Agentes de cimentação à base de resina têm sido sugeridos em muitos casos porque proporcionam altos níveis de retenção aprisionamento com baixa microinfiltração<sup>34</sup>. Embora os tratamentos de superfície tenham demonstrado

melhorar a adesão da zircônia ao cimento resinoso in vitro, fatores como variações de temperatura, saliva e fadiga mecânica podem afetar a longevidade da ligação entre coroas de zircônia e cimento resinoso<sup>36,37</sup>. Modelos de envelhecimento, como armazenamento em água, exposição a ácidos, termociclagem e carregamento mecânico, são comumente usados para avaliar a estabilidade da interface ligada<sup>38-40</sup>.

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de cimento e envelhecimento na retenção de coroas de zircônia cimentadas sobre o pilar Ti-base em conexões protéticas do tipo hexágono externo e cone morse.

A primeira hipótese nula é que não haveria diferença significativa na força de retenção antes e após a ciclagem mecânica. A segunda hipótese nula é que não haveria diferença estatística entre os implantes Hexágono Externo e Cone Morse. Por fim, a terceira hipótese nula de é que não haveria diferença estatística significativa entre os cimentos.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

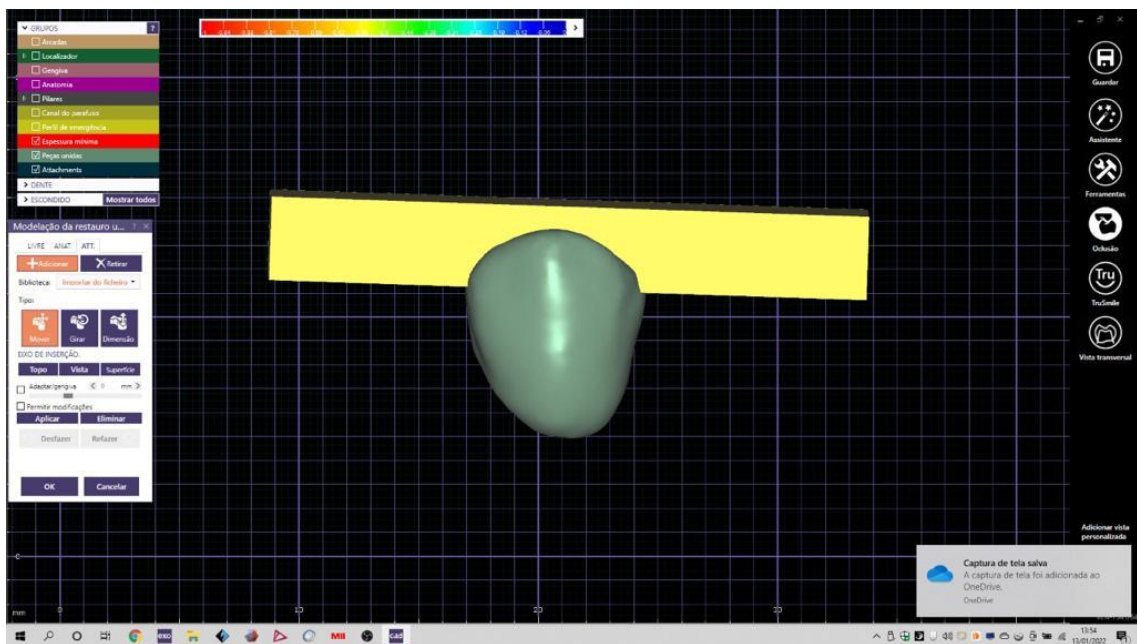
Em um manequim odontológico com o elemento 15 ausente, foi posicionado um implante Hexágono Externo Biofit 3.75 x 11,5 mm (DSP Biomedical, Campo Largo, PR, Brasil) e, então, foi escaneado com o escâner CS3600 (Carestream, Atlanta, GA, EUA), utilizando um corpo de escaneamento Biofit (DSP Biomedical, Campo Largo, PR, Brasil), adaptado diretamente ao Implante (figura 1). A partir deste arquivo, o laboratório de prótese dentária, através do software EXOCAD (Exocad, Darmstadt, Alemanha), utilizando a biblioteca digital fornecida pelo fabricante do implante, planejou o projeto da coroa total (figura 2) para sua cimentação sobre o pilar Ti-Base Standard HE 5,0 x 4,7 x 1,0 mm e Ti-base Standard CMI 5,0 x 4,7 x 1,5 mm (DSP Biomedical, Campo Largo, PR, Brasil). Entendendo que o pilar Ti-Base possui a mesma geometria e dimensões tanto para os implantes do tipo Hexágono Externo quanto para os do tipo Cone Morse, um único projeto foi utilizado para a confecção de 120 (cento e vinte) coroas em zircônia ProtMat Infra Translucidez 35% (Protmat Materiais Avançados Ltda, Juiz de Fora, MG, Brasil) fresada (figura 3), utilizando o software InlabCAM (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA) e a fresadora MCX5 (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA). Após a fresagem, as coroas foram sinterizadas no forno - Inlab Profire Sirona.

**Figura 1 - Escaneamento do implante hexágono externo**



Fonte: Autor, 2024

**Figura 2 - Projeto digital da coroa total**



Fonte: Autor, 2024

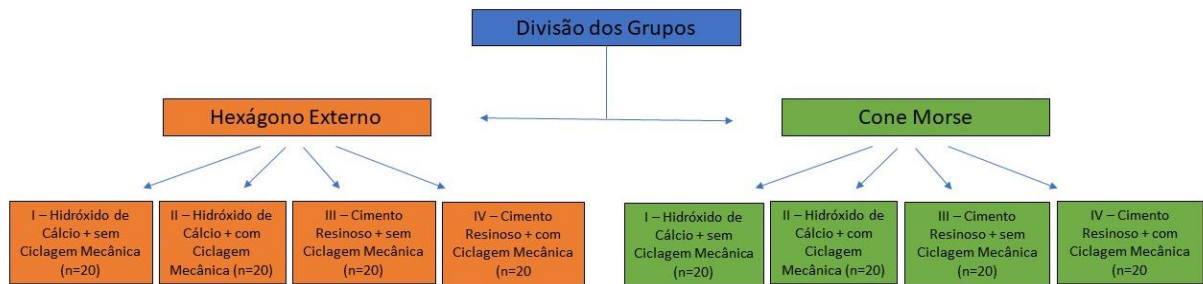
**Figura 3 - Fresagem das amostras em zircônia**



Fonte: Autor, 2024

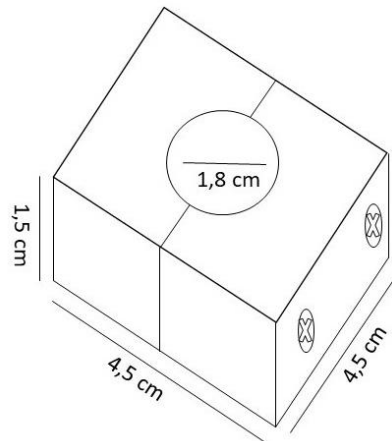
As amostras foram divididas em 4 grupos para o cone morse e 4 grupos para o hexágono externo, de acordo com o tipo de cimento e envelhecimento (figura 4): I – Hidróxido de Cálcio (HC) + sem envelhecimento mecânico(n=20); II – Hidróxido de Cálcio (HC) + envelhecimento mecânico (n=20); III – Cimento Resinoso (CR) + sem envelhecimento mecânico (n=20) e; IV – Cimento Resinoso (CR) + envelhecimento mecânico (n=20).

**Figura 4 - Desenho esquemático da divisão dos grupos**



Fonte: Autor, 2024

No total 20 implantes cone morse e 20 implantes hexágono externo (n=20), ambos 3,75 x 11,5 mm (DSP Biomedical, Campo Largo, PR, Brasil) foram posicionados em blocos cilíndricos de resina acrílica autopolimerizável JET (Clássico, Campo Limpo Paulista, SP, Brasil). Com o auxílio de um Delineador B2 (Bioart, São Carlos, SP, Brasil), um implante do tipo hexágono externo foi fixado ao parafuso do seu transferente, e posicionado de forma centralizado e com sua plataforma protética localizada 3 mm acima do limite superior de um dispositivo metálico com 4,5 cm de largura x 4,5 cm de comprimento x 1,5 cm de altura e diâmetro do orifício de 1,8 cm (figura 5), onde simula a posição do implante em relação ao nível ósseo, conforme o padrão internacional ISO 14801, 3ª Edição, de 01/11/2016<sup>41</sup>.

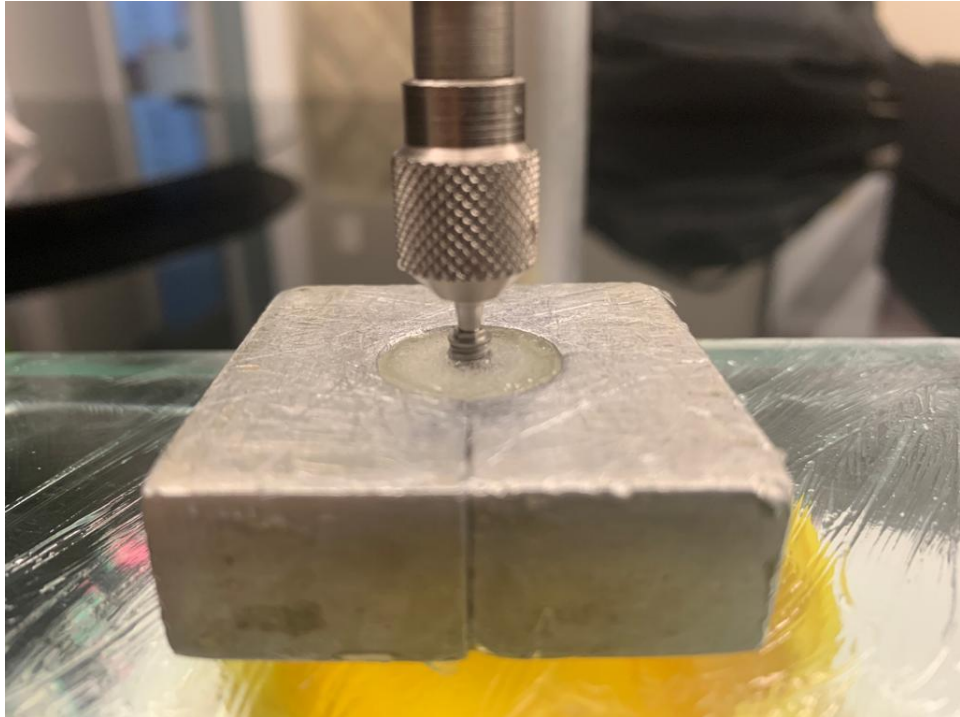
**Figura 5 - Desenho esquemático do dispositivo de retenção das amostras**

Fonte: Autor, 2024

O dispositivo foi vaselinado para facilitar a remoção da amostra após o tempo de presa da resina acrílica. A resina acrílica autopolimerizável foi manipulada na proporção de duas porções de polímero (pó) para uma porção de monômero (líquido), conforme orientação do fabricante e vertido no interior do dispositivo metálico até o limite do nível superior do dispositivo (figura 6). Após o tempo de presa, a amostra foi separada do dispositivo e todo o processo repetido, até a obtenção do número de 20 amostras que foram utilizados para todos os grupos de hexágono externo. Para a obtenção das 20 amostras utilizadas para os grupos Cone Morse, o mesmo processo para obtenção das amostras dos grupos Hexágono Externo foi utilizado, com uma única diferença com relação ao posicionamento da plataforma protética do implante Cone Morse. A ISO 14801, 3ª Edição, de 01/11/2016<sup>41</sup>, recomenda o posicionamento da plataforma protética do implante, 3 mm acima do nível ósseo de inserção do implante, indicado pelo fabricante. Desta forma, como o fabricante recomenda o posicionamento do implante Cone Morse 2 mm infraósseo, na nossa amostra, a plataforma Cone Morse ficou 1 mm acima do limite superior do dispositivo metálico.



**Figura 6 - Posicionamento do implante no dispositivo com o delineador**

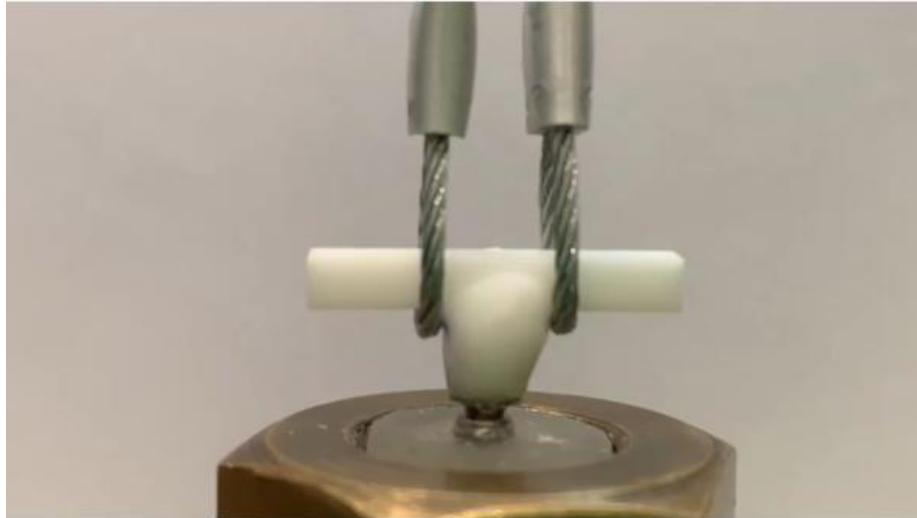


Fonte: Autor, 2024

Para o teste de tracionamento do grupo I – Hidróxido de Cálcio + sem ciclagem mecânica (cone morse e hexágono externo), seguindo a metodologia utilizada no estudo de Bajoghli et al. (2023)<sup>42</sup>, para limpeza das coroas e pilares, um banho ultrassônico contendo etanol 96%, por 5 min, foi utilizado para limpeza de todos as coroas e pilares. Em seguida, a face interna das coroas, foram condicionadas com jateamento de partículas de Óxido de Alumínio de 50  $\mu\text{m}$ , sob pressão de 1,5 bar a uma distância de 1 cm a 45° por 15 s e, então, as coroas e pilares foram lavados com água destilada e secos. Os pilares Ti-base foram instalados nos seus referidos implantes e torqueados em 30 N, conforme orientação do fabricante. Fita de Politetrafluoretileno (Fita Veda Rosca, Tecnofita, Indaiatuba, SP, Brasil) foi utilizado para preencher o acesso dos parafusos dos pilares. As coroas cimentadas com cimento odontológico Hidróxido de Cálcio Hydro C (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA), com proporção de 1:1 catalisador e base, manipulados por 10 s sob uma pressão de 5 kg, por 5 minutos. Para o teste de retenção, as amostras foram fixadas em um dispositivo de fixação rígido à máquina de ensaio universal e um cabo de aço foi acoplado a cada extremidade da barra oclusal (figura 7) e um carregamento de tração (0.5 mm/min) foi aplicado ao longo eixo do dente em uma máquina de ensaios

universais (EMIC DL-3000, São José dos Pinhais, PR, Brasil)<sup>29</sup>. A força de resistência à tração em Newtons (N) foi registrada. Após a remoção da coroa, o modo de falha de acordo com a localização do cimento foi registrado para identificar a natureza da falha de acordo com os critérios da tabela 1.

**Figura 7 - Dispositivo de remoção da coroa**



Fonte: Autor, 2024

**Tabela 1 - Caracterização da falha pela quantidade do cimento após o teste**

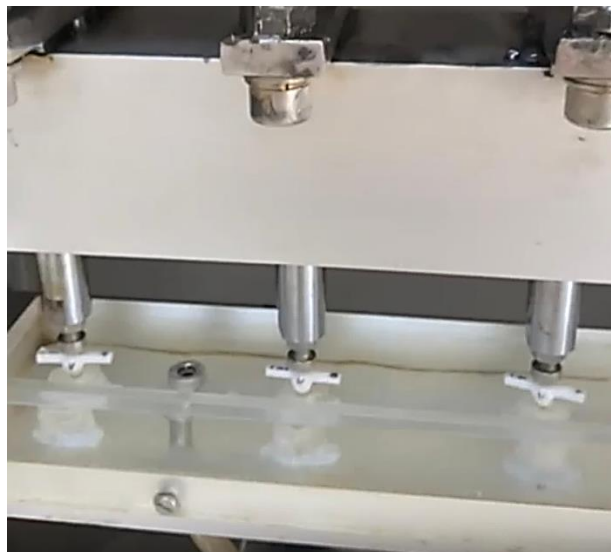
Descrição da falha	Classificação da Falha
Quantidade de cimento no pilar Ti-base menor que 50%.	Falha no Metal
Quantidade de cimento no pilar Ti-base maior que 50%.	Falha na Zircônia
Quantidade de cimento no pilar Ti-base igual a 50%.	Falha Mista

Fonte: Autor, 2024

Em seguida, para o preparo das amostras do grupo II – Hidróxido de Cálcio + ciclagem mecânica, para a remoção do remanescente do cimento de Hidróxido de Cálcio do interior das coroas de Zircônia, foi realizado o jateamento com partículas de Óxido de Alumínio de 50 µm, sob pressão de 1,5 bar a uma distância de 1 cm a 45°

por 15 s, enxaguado com álcool isopropílico 70% por 30 s, depois lavado com água por 30 s, as coroas colocadas em banho ultrassônico (álcool isopropílico 70%, 15 min), lavada novamente com água por 30 s e secadas com ar, seguindo a metodologia utilizada no estudo de Bajoghli et al. (2023)<sup>42</sup>. Uma cureta de dentina foi utilizada para remover o cimento residual dos pilares<sup>41,42</sup> e imersos em cuba ultrassônica com álcool isopropílico 70% por 15 min<sup>42</sup>. Os pilares limpos foram enxaguados em água destilada, secos e inspecionados visualmente para garantir a remoção completa do cimento<sup>43</sup>. Os pilares foram instalados, nos corpos de prova, torqueados em 30 N e o orifício de acesso vedados com fita de Politetrafluoretileno (Fita Veda Rosca, Tecnofita, Indaiatuba, SP, Brasil). O processo de cimentação, com cimento de Hidróxido de Cálcio, das amostras foi realizado novamente conforme descrito anteriormente. Foi aplicada a carga axial (figura 8) por 240.000 ciclos, com frequência de 2 Hz, com carga de 50 N, com uma máquina eletromecânica de fadiga – MSFM (HM Soluções Elétricas, Piracaia, SP, Brasil)<sup>29</sup>. Após o envelhecimento mecânico, foi realizado novamente o teste de retenção, seguindo os mesmos parâmetros descritos anteriormente. A força de retenção e o modo de falha, conforme a localização do cimento registrados.

**Figura 8 - Aplicação de ciclagem mecânica**



Fonte: Autor, 2024

Para o teste de tracionamento do grupo III - Cimento Resinoso + sem ciclagem mecânica. Foram instalados 20 (vinte) novos Ti-base nos corpos de prova (torqueados em 30 N), tanto nos implantes HE quanto nos implantes CM. No total, 40 (quarenta) novas coroas em Zircônia, 20 (vinte) para os implantes HE e 20 (vinte) para os implantes CM, foram condicionadas com jateamento com partículas de Óxido de Alumínio de 50  $\mu\text{m}$  (Polidental Ind., Cotia, São Paulo, Brasil), a uma distância de 1 cm, por 10 s e pressão de 1,5 bars; limpas em banho ultrassônico (água destilada, 5 min) e vigorosamente secas ao ar por 20 s; foi aplicado com um microbrush, no interior das coroas em Zircônia e sobre a superfície dos Pilares Ti-base, o adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE; Saint Paul, Minnesota, EUA), por 20 s, o excesso removido por secagem com ar, por 5 s<sup>29</sup>.

Para a cimentação das coroas aos pilares Ti-base, o cimento resinoso dual RelyX Ultimate (3M ESPE; Saint Paul, Minnesota, EUA) foi manipulado seguindo as instruções do fabricante e aplicado diretamente sobre a superfície interna da coroa de Zircônia e sobre toda a superfície do pilar Ti-base<sup>29</sup>. As coroas foram assentadas em posição por pressão digital. O excesso do cimento foi removido das margens com uma bolinha de algodão e, então, foi realizado a ativação de luz<sup>29</sup> com o fotopolimerizador Valo (Ultradent Products Inc., South Jordan, Utah, EUA) em cada face por 20 s, com o modo Potência standard 1000mW/cm<sup>2</sup>. As amostras foram fixadas novamente em um dispositivo de fixação rígido à máquina de ensaio universal e um cabo de aço foi acoplado a cada extremidade da barra oclusal e o carregamento de tração aplicado. A força de resistência à tração foi registrada e o modo de falha de acordo com a localização do cimento registrado.

Para o teste de retenção, do grupo IV - Cimento Resinoso + ciclagem mecânica, novos pilares Ti-base foram instalados aos implantes (torqueados em 30 N) e 40 (quarenta) novas coroas em Zircônia (20 para o grupo HE e 20 para o grupo CM) foram condicionadas com jateamento com partículas de Óxido de Alumínio de 50  $\mu\text{m}$  (Polidental Ind., Cotia, São Paulo, Brasil) a uma distância de 10 mm, por 10 s e pressão de 1,5 bars; limpos em banho ultrassônico (água destilada, 5 min) e vigorosamente secos ao ar por 20 s; foi aplicado no interior das coroas em Zircônia e sobre a superfície dos Pilares Ti-base, o adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE; Saint Paul, Minnesota, EUA), por 20 s, e o excesso removido por secagem com ar, por 5 s<sup>29</sup>. Foi repetido o processo de cimentação das coroas aos pilares Ti-base com

cimento resinoso dual RelyX Ultimate (3M ESPE; Saint Paul, Minnesota, EUA)<sup>29</sup>. Foi aplicada a carga axial por 240.000 ciclos, com frequência de 2 Hz, com carga de 50 N, com uma máquina eletromecânica de fadiga – MSFM (HM Soluções Elétricas, Piracaia, SP, Brasil)<sup>29</sup>. Após o envelhecimento mecânico, foi realizado o teste de retenção, seguindo os mesmos parâmetros descritos anteriormente. A força de retenção e o modo de falha, conforme a localização do cimento registrados.

A análise dos dados, foram avaliados inicialmente pelo teste Shapiro-Wilk. Então realizou-se o teste paramétrico ANOVA a três critérios de medidas repetidas (Software Jamovi v. 2.3.12.0, Austrália). Teste de Tukey foi usado como um post-hoc ( $P < 0.05$ ).

## 4 RESULTADO

A distribuição dos dados quantitativos foi considerada NORMAL pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ). Então realizou-se o teste paramétrico ANOVA A TRÊS CRITÉRIOS DE MEDIDAS REPETIDAS, no qual, foi observado diferença estatística significativa para os fatores “Envelhecimento”, “Implante” e “Cimento”, de modo isolado, com o valor de  $p < 0,001$  para os diferentes fatores.

Portanto, a primeira hipótese nula que não haveria diferença significativa na força de retenção antes e após a ciclagem mecânica foi rejeitada. A segunda hipótese nula que não haveria diferença estatística em relação aos implantes com Hexágono Externo e Cone Morse também foi rejeitada. Por fim, a terceira hipótese nula de que não haveria diferença estatística significativa entre os cimentos também foi rejeitada.

Na tabela 2, portanto, houve significância estatística, de forma isolada, para o teste ANOVA, entre a variável “envelhecimento” avaliada ( $P < .001$ ). O envelhecimento mecânico independente do tipo de conexão do implante ou do tipo de cimento diminuiu a força de retenção nas amostras. Não foi possível observar diferença estatística quando avaliados de forma conjunta o “envelhecimento” e “tipo de implantes” ( $P = 0.254$ ); “envelhecimento” e “cimento” ( $P = 0.066$ ) e; “envelhecimento”, “tipo de implantes” e “cimento” ( $P = 0.646$ ).

**Tabela 2 - Análise 1 de Variância (ANOVA) entre todas as variáveis**

	Soma dos quadrados	df	Média dos quadrados	F	p
Envelhecimento	151272	1	151272	282.917	< .001
Envelhecimento * Tipos de Implantes	707	1	707	1.323	0.254
Envelhecimento * Cimento	1865	1	1865	3.489	0.066
Envelhecimento * Tipos de Implantes * Cimento	114	1	114	0.213	0.646
Residual	40636	76	535		

Nota. Soma dos quadrados tipo 3

Fonte: Autor, 2024

Na tabela 3, também para o teste ANOVA, é possível verificar que houve diferença estatística significativa, de forma isolada, entre a variável “tipos de implantes” e “cimento” avaliada ( $P < .001$ ). Os implantes do tipo cone morse, apresentaram uma força de retenção média, independente da ciclagem mecânica e do tipo de cimento, maior que os implantes do tipo hexágono externo, de forma estatisticamente significativa. Com relação ao tipo de cimento, o cimento resinoso, também apresentou uma força de resistência maior, estatisticamente significativa, em comparação com o cimento de hidróxido de cálcio, independentemente da ciclagem mecânica e do tipo de implante.

**Tabela 3 - Análise 2 de Variância (ANOVA) com comparação entre todas as variáveis**

	Soma dos quadrados	df	Média dos quadrados	F	P
Tipos de Implantes	30576	1	30576	15.878	< .001
Cimento	6.29e+6	1	6.29e+6	3266.722	< .001
Tipos de Implantes * Cimento	422	1	422	0.219	0.641
Residual	146357	76	1926		

Nota. Soma dos quadrados tipo 3

Fonte: Autor, 2024

Na tabela 4, é possível observar, o valor médio da força de retenção, em Newtons (N), para os tipos de implante e tipos de cimentos, antes e depois do envelhecimento mecânico. Desta forma, pôde-se verificar que o conjunto (cone morse + ti-base + coroa unitária em zircônia cimentada com cimento resinoso), apresentou o maior valor comparado com os demais grupos (565 N antes do envelhecimento mecânico e 491 N após o envelhecimento mecânico).

**Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão da força de deslocamento (N)**

Implante	Cimento	Envelhecimento Mecânico	
		Antes	Após
CM	Definitivo	565 ± 44,7	491 ± 51,1
CM	Temporário	163 ± 35,7	106 ± 25,7
HE	Definitivo	535 ± 33,8	472 ± 30,0
HE	Temporário	130 ± 27,0	77,5 ± 23,1

Fonte: Autor, 2024

O teste pós-hoc (Tukey) mostrou que os maiores valores de força de deslocamento, estatisticamente significativos, foram observados antes do envelhecimento ( $p < 0,001$ ), para os implantes CM ( $p < 0,001$ ), utilizando o cimento definitivo ( $p < 0,001$ ).

A tabela 5, apresenta numericamente os padrões de falha na cimentação de todas as amostras ao teste de tração. Na figura 9, é possível observar um padrão de aumento na quantidade de falha mista após a ciclagem. Nos grupos Cone Morse, o hidróxido de cálcio e o cimento resinoso apresentaram a mesma porcentagem de falha mista 40% antes da ciclagem e o hidróxido de cálcio teve um leve aumento em sua falha mista 45% após ciclagem, comparado com o cimento resinoso 40%. Nos grupos Hexágono Externo, o cimento de Hidróxido de Cálcio apresentou 45% de falha mista na cimentação, sem ciclagem, enquanto, o cimento resinoso apresentou 65%. Após a ciclagem, o cimento de Hidróxido de Cálcio manteve-se em 45% de falha mista, enquanto, o cimento Resinoso aumentou para 70% de falha mista. Quando comparamos graficamente, os tipos de implante, é possível verificar que a média de falha mista com o cimento de Hidróxido de Cálcio, manteve-se semelhante entre os implantes Cone Morse (40% sem ciclagem e 45% após ciclagem) e Hexágono externo (45% sem ciclagem e 45% após ciclagem), sendo que, a média no Hexágono Externo foi ligeiramente maior. Agora, quando comparado o cimento Resinoso, entre os grupos Cone Morse e Hexágono Externo, foi possível observar um grande aumento nos grupos Hexágono Externo (65% sem ciclagem e 70% após ciclagem), comparado aos grupos Cone Morse (40% sem ciclagem e 40% após ciclagem). Foi possível observar também, que a falha no metal, no grupo Hexágono Externo com cimento Resinoso (15% sem ciclagem e 5% após ciclagem), diminuiu significativamente comparados aos demais grupos Cone Morse + Hidróxido de Cálcio (25% sem ciclagem e 30% após ciclagem); Cone Morse + Cimento Resinoso (30% sem ciclagem e 35% após ciclagem) e; Hexágono Externo + Hidróxido de Cálcio (30% sem ciclagem e 25% após ciclagem).

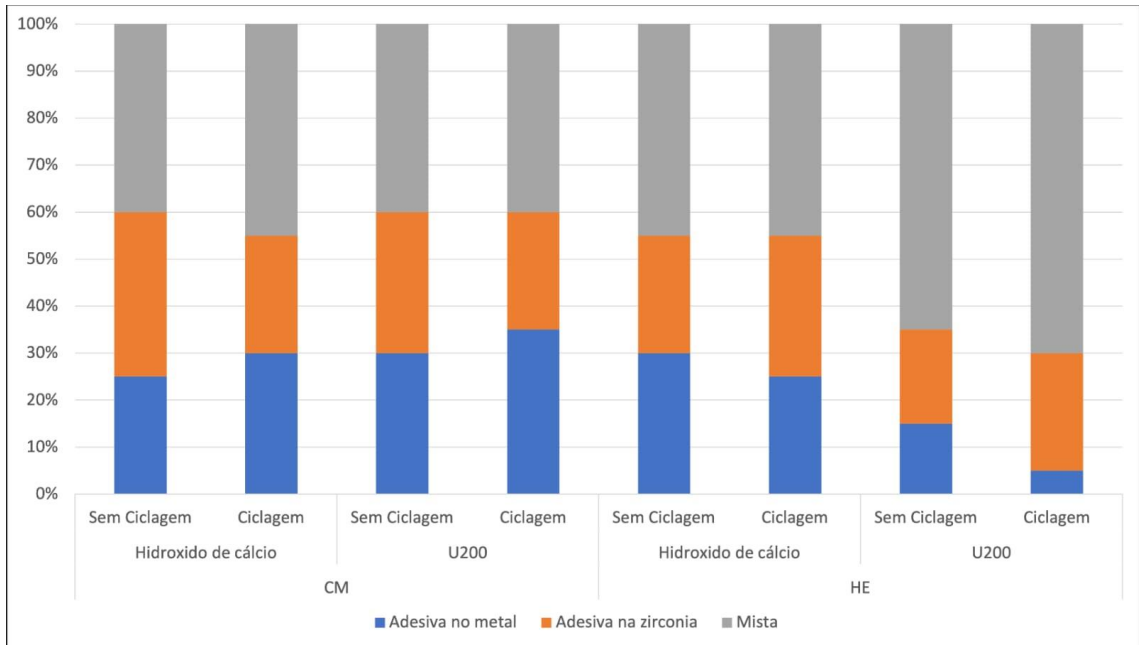


**Tabela 5 - Padrões de Falha das amostras**

Padrões de falha na Cimentação com Hidróxido de Cálcio SEM CICLAGEM			
	Falha no Metal	Falha na Zircônia	Falha Mista
CM	5	7	8
HE	6	5	9
Padrões de falha na Cimentação com Hidróxido de Cálcio COM CICLAGEM			
	Falha no Metal	Falha na Zircônia	Falha Mista
CM	6	5	9
HE	5	6	9
Padrões de falha na Cimentação com Cimento Resinoso U200 SEM CICLAGEM			
	Falha no Metal	Falha na Zircônia	Falha Mista
CM	6	6	8
HE	3	4	13
Padrões de falha na Cimentação com Cimento Resinoso U200 COM CICLAGEM			
	Falha no Metal	Falha na Zircônia	Falha Mista
CM	7	5	8
HE	1	5	14

Fonte: Autor, 2024

**Figura 9 - Padrões de falha na cimentação**



Fonte: Autor, 2024

## 5 DISCUSSÃO

É possível questionar, o benefício do uso de uma coroa cimentada sobre o Ti-base (retenção híbrida) em relação à uma coroa instalada diretamente ao implante (parafusada ou cimentada). Moilanen *et al.*<sup>44</sup> ao avaliar a resistência à fratura e precisão da adaptação de coroas monolíticas de zircônia implantossuportadas, puderam verificar, que coroas monolíticas de zircônia cimentadas no Ti-base apresentaram claramente maiores resistências à fratura do que as coroas fixadas diretamente na superfície do implante.

Nos resultados encontrados neste estudo, houve significância estatística, de forma isolada, para o teste ANOVA, entre a variável “envelhecimento mecânico” (RM Factor 1) avaliada ( $P < .001$ ). O envelhecimento mecânico independente do tipo de conexão do implante ou do tipo de cimento diminuiu a força de retenção nas amostras. O resultado encontrado está de acordo com outros estudos no qual demonstram que o envelhecimento mecânico influenciou a força de retenção<sup>45-51</sup>. Não foram encontrados na literatura, estudos comparando a força de retenção de coroas sobre o pilar Ti-base, em implantes cone morse e hexágono externo, sendo realizadas somente avaliações da força de retenção comparando tipos de cimentos<sup>45,46,49,51</sup>, tratamento de superfície e altura de pilares Ti-base<sup>45,51</sup>.

Também foi possível verificar que houve diferença estatística significativa, de forma isolada, entre a variável “tipos de implantes” ( $P < .001$ ). Acredita-se que o resultado encontrado deve-se a melhor distribuição de tensões, maior estabilidade entre o componente protético/implante e à redução de micro espaços na interface, do sistema Cone Morse. Revisões científicas, como a de Pita *et al.*<sup>3</sup>, corroboram nossos resultados e explicam que o travamento da conexão Cone Morse, devido à fricção mecânica entre a parede externa do pilar e a parede interna do implante, promove alta estabilidade a longo prazo e que, sob carga funcional, a instabilidade mecânica da conexão externa promove tremores e micromovimentos do pilar, aumentando as falhas do pilar. O estudo de Feitosa *et al.*<sup>50</sup>, concluíram que a conexão Cone Morse mostrou melhor estabilidade quando usado em restaurações unitárias do que a conexão Hexágono Externo. Por fim, a conexão Cone Morse é frequentemente utilizada em reabilitações, devido à sua excelente capacidade de vedação, melhor

distribuição de tensões, maior estabilidade entre o componente protético e o implante e devido à redução de microespaços na interface<sup>2-4</sup>.

A presença de micromovimentos na conexão do Hexágono Externo, devido ao tamanho do hexágono, baixa resistência às cargas mastigatórias, microgaps maiores, reabsorção óssea alveolar e insucesso do procedimento reabilitador têm sido relatado na literatura científica<sup>2,3</sup>. Verdugo *et al.*<sup>52</sup> em seu estudo *in vitro* para determinar o grau do microespaço marginal entre o abutment-implante em plataformas Cone Morse e Hexágono Externo, verificaram que a conexão do implante Cone Morse apresentou menor nível de microespaço do que implantes de conexão Hexágono Externo. Vinhas *et al.*<sup>53</sup> e Bittencourt *et al.*<sup>54</sup> também concluíram que o micro espaço na conexão Cone Morse foi menor quando comparado com a conexão de hexágono externo.

Neste estudo, também foi possível verificar que houve diferença estatística significativa, de forma isolada, entre a variável “cimentos” ( $P < .001$ ) e que o cimento resinoso apresentou valores de retenção superiores ao cimento temporário, tanto nos implantes Cone Morse quanto Hexágono Externo. Ao comparar cimentos temporários e cimentos resinosos, nos permite entender ao analisar os resultados, a capacidade dos tipos de cimento em reter uma prótese suportada por implante e facilitar a sua reversibilidade. Os resultados deste estudo são corroborados por outros estudos, como o de Kapoor *et al.*<sup>55</sup> onde o cimento resinoso apresentou valores superiores em relação ao cimento temporário (581,075 N e 140,49 N, respectivamente); Silva *et al.*<sup>51</sup> ao avaliar tipos de cimentos na retentividade de restaurações em zircônia, evidenciaram a maior retenção do cimento resinoso; Lopes *et al.*<sup>56</sup> que ao avaliar a resistência ao tracionamento de coroas implantossuportadas CAD/CAM cimentadas com cimentos provisórios e definitivos sobre pilares de implantes Ti-base, demonstraram a superioridade do cimento resinoso em relação ao cimento temporário, independente do material restaurador e; Volkman *et al.*<sup>45</sup> ao avaliar a força de tração entre coroas de zircônia e pilares em titânio, também observaram que o cimento resinoso apresentou forças maiores do que o cimento provisório (617 N e 28 N, respectivamente), porém, mencionando o maior risco de fratura da coroa com cimento resinoso. Importante salientar o benefício do uso de cimentos temporários, no que tange a reversibilidade, em casos onde planeja-se a remoção da coroa, em um determinado momento futuro e sem que ocorra a fratura da coroa ou do componente sobre o implante.

Estudos como o de Kemarly *et al.*<sup>21</sup> que ao avaliar o efeito do tratamento de superfície mecânico e químico do pilar Ti-base na resistência de adesão de um coping de dissilicato de lítio, observou que o tratamento de superfície químico com Monobond Plus e tratamento mecânico com CoJet (silicatização) ou jato abrasivo de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Óxido de Alumínio) resultou em uma força de retenção maior e que a falta de qualquer tratamento mecânico de superfície resultou em uma menor força de retenção independentemente do tipo de tratamento químico de superfície. Gehrke *et al.*<sup>57</sup> avaliaram a retenção de pilares de zircônia confeccionadas com CAD/CAM, após envelhecimento artificial sob condições orais simuladas, usando três tipos diferentes de agentes de cimentação à base de resina e concluíram que o uso de agentes de cimentação à base de resina em combinação com a abrasão do pilar de titânio e copings de zircônia levou a uma retenção estável. Embora tenha sido mostrada uma diferença notável entre os valores médios de retenção dos cimentos resinosos testados, a análise estatística revelou que esta diferença não foi significativa (P=0.1314). Por fim, Zahoui *et al.*<sup>58</sup> com o propósito de estabelecer o protocolo de cimentação mais eficaz para a cimentação de coroas de zircônia CAD/CAM em pilares Ti-base, em termos de altura do pilar, tipo de cimento e pré-tratamento de superfície, concluíram que, houve uma relação direta entre a altura do Ti-base, pré-tratamento micromecânico e/ou químico e adesivo convencional na melhoria da retenção de coroas de zircônia.

Ao analisarmos o padrão de falha da cimentação, no gráfico 1, observamos uma maior porcentagem de falha mista em todos os grupos. Esse maior percentual do padrão de falha mista pode ser justificado pela anatomia (convergência) do pilar Ti-base<sup>59</sup>, sendo a angulação da base do pilar até a sua metade quase paralela, aumentando o ângulo de convergência da sua metade até a porção mais oclusal.

O grupo Cone Morse, para o cimento de Hidróxido de Cálcio e Cimento Resinoso, apresentou o mesmo valor de falha mista antes da ciclagem mecânica (40% para ambos os cimentos), aumentando para 45% a falha mista do cimento Hidróxido de Cálcio após ciclagem mecânica, sendo que o cimento resinoso manteve o padrão de falha mista em 40%. O aumento da falha mista após ciclagem mecânica no cimento de Hidróxido de cálcio, dá-se pela sua natureza de retenção por imbricamento mecânico e devido ao efeito de cisalhamento ou de ultrassom exercida pela ciclagem mecânica<sup>22,48,49,53</sup>. A manutenção do padrão de falha mista para o cimento resinoso,

pode ser justificada pelo fato da conexão Cone Morse apresentar uma melhor estabilidade em casos de restaurações unitárias<sup>50</sup> e menor micro espaço quando comparado aos implantes de Hexágono Externo<sup>52-54,60</sup>.

No grupo Hexágono Externo, o cimento de Hidróxido de Cálcio apresentou 45% de falha mista, sem ciclagem e com ciclagem, enquanto, o cimento resinoso apresentou 65% sem ciclagem, aumentando para 70% com ciclagem. Em um estudo anterior, os implantes Hexágono Externo falharam completamente em prevenir o micro espaço tanto no carregamento estático quanto dinâmico<sup>60</sup>. Como o cimento temporário necessita uma força de tracionamento baixa para deslocar a restauração e seu mecanismo de retenção é por imbricamento mecânico, o padrão de falha mista manteve-se no mesmo patamar. Porém, na cimentação resinoso, a predominância de maiores complicações mecânicas<sup>53</sup> e micro espaço nos implantes de Hexágono Externo<sup>52-54,60,61</sup>, aumentaram a porcentagem de falha mista.

Por fim, quando comparamos graficamente, o tipo de falha da cimentação e os tipos de implante, é possível verificar que a média de falha mista com o cimento de Hidróxido de Cálcio, manteve-se semelhante entre os implantes Cone Morse (40% sem ciclagem e 45% após ciclagem) e Hexágono externo (45% sem ciclagem e 45% após ciclagem), sendo que, a média no Hexágono Externo foi ligeiramente maior. Agora, quando comparado o cimento Resinoso, entre os grupos Cone Morse e Hexágono Externo, foi possível observar um grande aumento nos grupos Hexágono Externo (65% sem ciclagem e 70% após ciclagem), comparado aos grupos Cone Morse (40% sem ciclagem e 40% após ciclagem). Esse maior percentual de falha mista, nos implantes de Hexágono Externo é justificado pelas propriedades biomecânicas inferiores deste tipo de conexão quanto comparado a conexão Cone Morse<sup>53</sup>. Diversos estudos anteriores, demonstraram a maior presença de micro espaços nos implantes Hexágono externo em comparação aos implantes Cone Morse<sup>52-54,60,61</sup> o que pode gerar maiores movimentos no conjunto pilar/implante, levando a falha mista da cimentação. O íntimo contato do componente protético ao implante Cone Morse, também conhecido como “solda fria”, gera maior estabilidade do conjunto<sup>50,52-54,60,61</sup>, justificando o menor percentual de falha mista comparado ao implante de Hexágono Externo. Em um estudo anterior, o carregamento axial de pilares conectados a implantes Cone Morse, aumentou a força de tração do pilar e a força total do torque reverso para soltura do pilar<sup>61</sup>.

Apesar de ser um estudo in vitro, os resultados do presente estudo contribuem para a aquisição de conhecimento em torno dos pilares Ti-base, tipos de materiais restauradores, cimentos e tipos de conexões dos implantes, a fim de, aumentar a longevidade de tratamentos utilizando esse tipo de pilar, em condições clínicas. Nenhum estudo foi encontrado avaliando a força de retenção de cimentos, utilizando reabilitações com pilar Ti-Base, comparando implantes Hexágono Externo e Cone Morse. É necessário analisar o comportamento de diferentes materiais restauradores e cimentos, unidos ao pilar Ti-base, em diferentes tipos de conexões de implantes. Assim, investigações adicionais in vitro e in vivo, em torno do pilar Ti-base devem ser realizados para a compreensão das propriedades e dos mecanismos de retenção de restaurações híbridas, em diversos tipos de conexões protéticas.

## **6 CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que o envelhecimento mecânico diminuiu a força de retenção das coroas cimentadas sobre o pilar Ti-base. Além do mais, coroas de zircônia cimentadas sobre o pilar Ti-base com cimento resinoso apresentaram maior força de retenção comparada ao cimento provisório. Por fim, os implantes Cone Morse, apresentaram maiores força de retenção comparados aos implantes Hexágono Externo.

## REFERÊNCIAS

1. Tonella BP, Pellizzer EP, Ferração R, Falcón-Antenucci RM, Carvalho PSP, Goiato MC. Photoelastic analysis of cemented or screwed implant-supported prostheses with different prosthetic connections. *J Oral Implantol.* 2011;37:401-10.
2. Zarone F, Sorrentino R, Traini T, Di Iorio D, Caputi S. Fracture resistance of implant-supported screw-versus cement-retained porcelain fused to metal single crowns: SEM fractographic analysis. *Dent Mater.* 2007;23:296-301.
3. Pita MS, Anchieta RB, Barão VAR, Garcia IRJ, Pedrazzi V, Assunção WG. Prosthetic platforms in implant dentistry. *J Craniofac Surg.* 2011;22:2327-31.
4. Goiato MC, Shibayama R, Gennari Filho H, Medeiros RA, Pesqueira AA, Santos DM, et al. Stress distribution in implant-supported prostheses using different connection systems and cantilever lengths: digital photoelasticity. *J Med Eng Technol.* 2016;40:35-42.
5. Lemos CAA, Souza Batista VE, Almeida DAF, Santiago Júnior JF, Verri FR, Pellizzer EP. Evaluation of cement-retained versus screw-retained implant-supported restorations for marginal bone loss: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2016;115:419-27.
6. Freitas ACJ, Bonfante EA, Rocha EP, Silva NRFA, Marotta L, Coelho PG. Effect of implant connection and restoration design (screwed vs. cemented) in reliability and failure modes of anterior crowns. *Eur J Oral Sci.* 2011;119:323-30.
7. Rocha PVB, Freitas MA, Cunha TM. Influence of screw access on the retention of cement-retained implant prostheses. *J Prosthet Dent.* 2013;109:264-8.
8. Shadid R, Sadaqa N. A comparison between screw- and cement-retained implant prostheses. A literature review. *J Oral Implantol.* 2012;38:298-307.
9. Lopes ACO, Machado CM, Bonjardim LR, Bergamo ETP, Ramalho IS, Witek L, et al. The effect of CAD/CAM crown material and cement type on retention to implant abutments. *J Prosthodont.* 2019;28(2):e552–6.



10. Silva CEP, Soares S, Machado CM, Bergamo ETP, Coelho PG, Witek L, et al. Effect of CAD/CAM abutment height and cement type on the retention of zirconia crowns. *Implant Dent.* 2018;27(5):582–7.
11. Cardoso KB, Bergamo ETP, Cruz VM, Ramalho IS, Lino LFO, Bonfante EA. Three-dimensional misfit between Ti-base abutments and implants evaluated by replica technique. *J Appl Oral Sci.* 2020;28:e20200343.
12. Burkhardt F, Pitta J, Fehmer V, Mojon P, Sailer I. Retention forces of monolithic CAD/CAM crowns adhesively cemented to Titanium base abutments-effect of saliva contamination followed by cleaning of the titanium bond surface. *Materials.* 2021;14(12):3375.
13. Bergamo ETP, Zahoui A, Ikejiri LLA, Marun M, Silva KP, Coelho PG, et al. Retention of zirconia crowns to Ti-base abutments: effect of luting protocol, abutment treatment and autoclave sterilization. *J Prosthodont Res.* 2021;65(02):171–5.
14. Rabel K, Spies BC, Pieralli S, Vach K, Kohal R. The clinical performance of all-ceramic implant-supported single crowns: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(suppl 18):s196-223.
15. Pjetursson BE, Valente NA, Strasding M, Zwahlen M, Liu S, Sailer I. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(suppl 18):s199-214.
16. Larsson C, Wennerberg A. The clinical success of zirconia-based crowns: A systematic review. *Int J Prosthodont.* 2014;27:33-43.
17. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NRFA. All-ceramic systems: Laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am.* 2011;55:333-52.
18. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015;28:227-35.
19. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *J Dent Res.* 2014;93:329-34.

20. Nguyen O, Lee SJ, Lee JD. Influence of varying Titanium base abutments Heights on retention of zirconia restorations: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2023;130(4):604.e1-5.
21. Kemarly K, Arnason SC, Parke A, Lien W, Vandewalle KS, Effect of various surface treatments on Ti-Base coping retention. *Oper Dent.* 2020;45(4):426-34.
22. Pitta J, Burkhardt F, Mekki M, Fehmer V, Mojon P, Sailer I. Effect of airborne-particle abrasion of a Titanium base abutment on the stability of the bonded interface and retention forces of crowns after artificial aging. *J Prosthet Dent.* 2020;1-8.
23. Alseddiek A, Alzordok W, Attia A. Retention of hybrid-abutment-crowns with offset implant placement: influence of crown materials and Ti-base height. *BMC Oral Health.* 2023;23:784:1-10.
24. Cavalcanti NA, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper Dent.* 2009;34:280-7.
25. Kern M. Resin bonding to oxide ceramics for dental restorations. *J Adhes Sci Technol.* 2009;23:1097-111.
26. Attia A, Lehmann F, Kern M. Influence of surface conditioning and cleaning methods on resin bonding to zirconia ceramic. *Dent Mater.* 2011;27:207-13.
27. Melo RM, Souza RO, Dursun E, Monteiro EBC, Valandro LF, Bottino MA. Surface treatments of zirconia to enhance bonding durability. *Oper Dent.* 2015;40:636-43.
28. Ranjbar Omidi B, Karimi Yeganeh P, Oveisi S, Farahmandpour N, Nouri F. Comparison of micro-shear bond strength of resin cement to zirconia with diferente surface treatments using universal adhesive and zirconia primer. *J Lasers Med Sci.* 2018;9:200-6.
29. Monteiro RV, Santos DM, Bernardon JK, Souza GM. Effect of surface treatment on the retention of zirconia crowns to tooth structure after aging. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(7):699-706.

30. Inokoshi M, Shimizu H, Nozaki K, Takagaki T, Yoshihara K, Nagaoka N, et al. Crystallographic and morphological analysis of sandblasted highly translucent dental zirconia. *Dent Mater.* 2018;34:508-18.
31. 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;42:90-8.
32. Ruales-Carrera E, Cesar PF, Henriques B, Fredel MC, Özcan M, Volpato CAM. Adhesion behaviour of conventional and high-translucent zirconia: effect of surface conditioning methods and aging using an experimental methodology. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31:388-97.
33. Schwarz S, Schröder C, Corcodel N, Hassel AJ, Rammelsberg P. Restrospective comparison of semipermanent and permanent cementation of implant-supported single crowns and FDPs with regard to the incidence of survival and complications. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(suppl 1):e151-8.
34. Almehmadi N, Kutkut A, Al-Sabbagh M. What is the best available luting agent for implant prosthesis? *Dent Clin North Am.* 2019;63:531-45.
35. Gómez-Polo M, Ortega R, Gómez-Polo C, Celemin A, Del Rio Highsmith J. Factors affecting the decision to use cement or screw-retained fixed implant-supported prostheses: a critical review. *Int J Prosthodont.* 2018;31:43-54.
36. Shahin R, Kern M. Effect of fair-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent Mater.* 2010;26:922-8.
37. Ehlers V, Kampf G, Stender E, Willershausen B, Ernst CP. Effect of thermocycling with or without 1 year of water storage on retentive strengths of luting cements for zirconia ceramic. *Oper Dent.* 2015;113:609-15.
38. Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona AS. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19:340-53.
39. Heintze SD. Crown pull-off test (crown retention test) to evaluate the bonding effectiveness of luting agents. *Dent Mater.* 2010;26:193-206.

40. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LVJ. Does artificial aging affect mechanical Properties of CAD/CAM composite materials. *J Prosthodont Res.* 2018;62:65-74.
41. INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14801, 3ª Edição, de 01/11/2016. Vernier, Geneva, Switzerland: ISO copyright office, 2016. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/61997/8d770e372d65445286e4f5d74f7ae2d8/ISO-14801-2016.pdf>. Acesso em: 26, mar. 2024.
42. Bajoghli F, Fathi A, Ebadian B, Jowkar M, Sabouhi M. The effect of diferente methods of cleansing temporary cement (with and without eugenol) on the final bond strength of implant-supported zirconia copings after final cementation: an in vitro study. *Dent Res J.* 2023;20(22):1-7.
43. Sarfaraz H, Hassan A, Shenoy KK, Shetty M. An in vitro study to compare the influence of newer luting cements on retention of cement-retained implant-supported prosthesis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2019;19:166-72.
44. Moilanen P, Hjerpe J, Lassila LVJ, Närhi TO. Fracture strength and precision of fit of implant-retained monolithic zirconia crowns. *J Oral implantol.* 2018;44(5):330-4.
45. Volkmann H, Rauch A, Koenig A, Schierz O. Pull-off force of four diferente implant cements between zirconia crowns and Titanium implant abutments in two diferente abutments Heights. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2022;42(3):e67-74.
46. Dähne F, Meißner H, Böning K, Arnold C, Gutwald R, Prause E. Retention of diferente temporary cements tested on zirconia crowns and Titanium abutments in vitro. *Int J Implant Dent.* 2021;7:62.
47. Bagegni A, Weihrauch V, Vach K, Kohal R. The mechanical behavior of a screwless morse taper implant-abutment connection: an in vitro study. *Materials.* 2022;15:3381.
48. Alevizakos V, Mosch R, Mitov G, Othman A, See CV. Pull-off resistance of a screwless implant-abutment connection and surface evaluation after cyclic loading. *J Adv Prosthodont.* 2021;13:152-9.

49. Bagegni A, Borchers J, Beisel S, Patzelt SBM, Vach K, Kohal R. Bonding strength of various luting agents between zirconium dioxide crowns and Titanium bonding bases after long-term artificial chewing. *Materials*. 2023;16:7314.
50. Feitosa PCP, Lima APB, Silva-Concílio LR, Brandt WC, Neves ACC. Stability of external and internal implant connections after a fatigue test. *Eur J Dent*. 2013;7(3):267-71.
51. Silva CEP, Soares S, Machado CM, Bergamo ETP, Coelho PG, Witek L, et al. Effect of CAD/CAM abutment height and cement type on the retention of zirconia crowns. *Implant Dent*. 2018;27(5):582-7.
52. Verdugo CL, Núñez GJ, Avila AA, San Martín CL. Microleakage of the prosthetic abutment/implant interface with internal and external connection: in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(9):1078-83.
53. Vinhas AS, Aroso C, Salazar F, López-Jarana P, Ríos-Santos JV, Herrero-Climent M. Review of the mechanical behavior of different implant-abutment connections. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:8586.
54. Bittencourt ABBC, Melo Neto CLM, Penitente PA, Pellizzer EP, Santos DM, Goiato MC. Comparison of the Morse Cone connection with the Internal Hexagon and External Hexagon connections based on microleakage – Review. *Prague Med Rep*. 2021;122(3):181-90.
55. Kapoor R, Singh K, Kaur S, Arora A. Retention of implant supported metal crowns cemented with different luting agents: a comparative invitro study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(4):ZC61-4.
56. Lopes A, Machado CM, Bonjardim LR, Bergamo ETP, Ramalho IS, Witek L, et al. The effect of CAD/CAM crown material and cement type on retention to implant abutments. *J Prosthodont*. 2019;28(2):e552-6.
57. Gehrke P, Alius J, Fischer C, Erdelt KJ, Beuer F. Retentive strength of two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014;16(6):920-5.

58. Zahoui A, Bergamo ETP, Marun MM, Silva KP, Coelho PG, Bonfante EA. Cementation protocol for bonding zirconia crowns to Titanium base CAD/CAM abutments. *Int J Prosthodont*. 2020;33(5):527-35.
59. Strazzi-Sahyon HB, Bergamo ETP, Gierthmuehlen PC, Lopes ACO, Alves LMM, Jalkh EBB, et al. In vitro assessment of the effect of luting agents, abutment height, and fatigue on the retention of zirconia crowns luted to Titanium base implant abutments. *J Prosthet Dent*. 2023;130(5):739.e1-8.
60. Mishra SK, Chowdhary R, Kumari S. Microleakage at the different implant abutment interface: a systematic review. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(6):ZE10-5.
61. Hsu P, Yao K, Kao H, Hsu M. Effects of Axial Loading on the pull-out force of conical connection abutments in ankylos implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(4):788-94.