

Restaurações sobre bases de zircónia: Determinação das causas de falha das restaurações de zircónia.

Manuel León León

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)**

Gandra, 26 de setembro de 2022

Manuel León León

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)**

Restaurações sobre bases de zircónia: Determinação das causas de falha das restaurações de zircónia

**Trabalho realizado sob a Orientação de Prof. Doutora Maria
do Pranto Braz.**

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda minha família, que sempre confiou em mim para poder realizar este sonho.

Agradecimentos

A minha irmã Fátima por ser quem me motivou a estudar novamente.

Ao meu tutor pela sua orientação, ajuda e disponibilidade.

À minha mãe pelo seu amor e generosidade.

A meu irmão Pedro, pela sua ajuda.

Aos meus amigos pelas suas palavras de alento.

Aos meus irmãos por seu apoio incondicional

Aos meus companheiros pelo seu apoio.

Aos professores destes 4 anos dos quais levo uma insuperável recordação

RESUMO

Introdução: A zircónia é um mineral com um elevado grau de resistência e desempenho que está a ser utilizado no campo da Medicina Dentária para o fabrico de implantes, estruturas e restaurações protéticas. Esta apresenta excelentes características de resistência, durabilidade, maleabilidade, leveza e biocompatibilidade, assim como qualidade estética devido à sua transparência e capacidade de corresponder à tonalidade dos dentes naturais. No entanto, apesar dos benefícios oferecidos por este material, existem também certos inconvenientes relacionados com as suas características.

Objetivos: O objetivo da presente investigação é determinar as possíveis causas que contribuem para o fracasso das restaurações dentárias fabricadas com bases de óxido de zircónio, considerando a informação existente na literatura.

Materiais e métodos: A metodologia desenvolvida incluiu uma revisão bibliográfica utilizando diferentes bases de dados para identificar e selecionar os artigos mais pertinentes relacionados com o objetivo da investigação.

Resultados: Foi inicialmente identificado um total de 462 artigos e foram selecionados 35 para a revisão, após excluídas os duplicados e os que não abrangiam o tópico de estudo.

Conclusão: As principais limitações referidas na literatura das restaurações com bases de zircónia estão relacionadas com fraturas no material de revestimento ou no núcleo da estrutura devido a falhas na adesão dos materiais ou à preparação técnica incorreta da zircónia. Estas ocorrências têm impacto na redução da vida útil do implante, entre outras consequências.

PALAVRAS-CHAVE

Zircónio, bases de zircónio, fracasso das restaurações dentárias, odontologia.

ABSTRACT

Introduction: Zirconia is a mineral with a high degree of resistance and performance that is being used in the dental field for the manufacture of implants, with excellent characteristics in terms of resistance, durability, malleability, lightness and biocompatibility, as well as high aesthetic quality due to its transparency and ability to match the shade of natural teeth. However, despite the benefits offered by this material, there are also certain drawbacks related to its properties.

Objectives: The objective of this investigation is to determine the possible causes that contribute to the failure of dental restorations manufactured with zirconium oxide bases, taking into account the existing information in the literature.

Materials and methods: The methodology consisted of a literature review using different databases to identify and select the most valuable articles related to the research field.

Results: A total of 462 articles were identified and 35 were selected for review, after excluding duplicates and those that did not cover the object of study.

Conclusion: The main limitations reported in the literature for restorations with zirconia bases are related to fractures in the veneer material or in the core of the structure due to failures in the adhesion of the materials or incorrect technical preparation of the zirconia. These occurrences have an impact on the reduction of implant life, among other consequences.

KEYWORDS

Zirconium, zirconium bases, failure of dental restorations, dentistry.

Índice Geral

ABREVIATURAS.....	XVI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Hipótese.....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
3.1. Tipo de investigação	4
3.2. Critérios de pesquisa	4
3.3. Critérios de inclusão e exclusão para a pesquisa bibliográfica	5
3.4. Procedimento de revisão	6
4. RESULTADOS.....	7
Fluxograma	7
5. DISCUSSÃO.....	27
5.1. Fundamentos da reabilitação dentária	27
5.2. Fatores envolvidos no sucesso dos procedimentos	32
5.3. Fatores envolvidos na falha do procedimento	33
5.4. Compreender as principais características das bases de zircónia	34
5.5. Investigar os aspetos envolvidos na necessidade de realizar restaurações em bases de zircónia.....	37
5.6. Entender as consequências de falhas de restaurações efetuadas em bases de zircónia	39
5.7. Recomendar as estratégias mais adequadas para assegurar uma redução na taxa de falhas das restaurações baseadas na zircónia.....	42
6. CONCLUSÃO.....	45



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS47

ABREVIATURAS

ATM- Articulação Temporomandibular
BOP- Bleeding On Probing
BOPT- Biologically Oriented Preparation Technique
CA-Cantilever Design
CAD- Computer-Aided Design
CAM- Computer-Aided Manufacturing
DeCS- Descriptors in Health Sciences
EH- External Hexagonal
FDP- Fixed Dental Prosthesis
FF- Fixed-to-Fixed Design
FRC- Fiber Reinforced Composite
FSZ- Fully Stabilized Zirconia
HPP- High Performance Polymers
IC- Internal Conical
IFCDP- Implant Supported Fixed Complete Dental Prosthesis
IP- Plaque Index
IT- Internal Tri-channel
KM- Kaplan-Meier
LD- Lithium Disilicate
MBL- Marginal Bone Loss
MeSH- Medical Subject Headings
MUA- Multi-unit Abutments
M-ZrO₂- Monoclinic Zirconia
PEKK- PolyEtherKetoneKetone
PES- Pink Esthetic Score
PFD- Próteses Parciais Fixas
PFM- Porcelain Fused to Metal
PICN- Polymer-Infiltrated Ceramic Network

PKs- Polyketide Synthase

PRISMA- Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PROM- Patient-Reported Outcome Measures

PSZ- Partially Stabilized Zirconia

RL- Rapid Layer

SAO- Screw Access Openings

SBS- Shear Bond Strength

SC-Single-unit Crown

SEM- Scanning Electron Microscopy

SPSS- Statistical Package for Social Sciences

SUD- Seat Upper Denture

TZ- Translucent Zirconium

VAS- Visual Analog Scales

YPSZ- Ytria Partially Stabilized Zirconia

Y-TZP- Yttrium-stabilized tetragonal zirconia

Z-HT- Zirconia High Translucent

ZLS- Zirconium reinforced Lithium Silicate

Z-ST- Zirconia Super Translucent

Z-XT- Zirconia Extra Translucent

1. INTRODUÇÃO

A restauração dentária refere-se à reconstrução total ou parcial de estruturas dentárias devido a fratura, destruição, desgaste ou outras condições irreversíveis. A reabilitação protética dos dentes com um elevado grau de destruição é um grande desafio na prática da medicina dentária restauradora. O principal objetivo da restauração é alcançar estabilidade funcional e resultados estéticos de acordo com as expectativas do paciente (1).

As exigências de durabilidade, resistência e estética têm aumentado a procura de tratamentos estéticos no campo da odontologia, levando ao desenvolvimento de diferentes materiais alternativos para a confecção de próteses. É o caso de restaurações simples ou múltiplas, anteriores ou posteriores, utilizando materiais cerâmicos, metalocerâmicos e zircónia revestida de cerâmica, sendo reconhecidos os benefícios oferecidos por estes últimos materiais, tais como a sua resistência ao desgaste e o elevado cumprimento dos requisitos estéticos (2).

A zircónia é um mineral caracterizado por um elevado grau de resistência e desempenho, sendo utilizado na odontologia para o fabrico de próteses dentárias de elevada qualidade estética. Este material oferece muitas vantagens quando comparado com outros materiais, tais como a sua biocompatibilidade, uma vez que não contém metais como o níquel, crómio ou cobalto, evitando assim alergias e rejeição, para além da sua leveza, maleabilidade e excelente ajuste das próteses (3,4).

No que respeita às suas características estéticas, destaca-se a possibilidade do revestimento externo das peças com cerâmica, cuja elevada transparência e cor permite obter próteses dentárias com tonalidades que imitam os dentes naturais. Esta característica de homogeneidade de cor permite que a prótese permaneça indetetável. Além disso, a coroa de zircónia ajusta-se na perfeição com a gengiva e, tal como um dente natural, os tecidos moles adaptam-se ao contorno da restauração (2,5).

As principais falhas na implementação da zircónia, tal como com outros materiais, podem estar relacionadas com a sua falta de aderência ao substrato dentário no qual são utilizados cimentos de resina, o que pode ser devido à sua composição largamente cristalina. Assim, se uma ligação adequada entre o substrato dentário e a restauração não for alcançada através do agente de cimentação, especialmente quando há pouco remanescente dentário para fixação, o tratamento pode falhar, levando ao aparecimento de cárie, micro infiltração e fraturas da prótese (6,7).

Tendo em conta as considerações apresentadas, o objetivo do presente estudo é determinar as principais causas de falha nas restaurações à base de óxido de zircónio, cujas subestruturas são revestidas com material cerâmico. Para este fim, é utilizada uma revisão sistemática integrativa da literatura disponível, através da qual serão apresentadas análises e sínteses de material relacionado com a área do conhecimento em questão.

Tendo em consideração o aumento considerável da procura de restaurações de zircónia nos últimos 10 anos, devido à procura de restaurações sem metal por parte dos pacientes, bem como os seus benefícios em termos de biocompatibilidade, resistência e estética, a presente investigação visa estudar as falhas nestes procedimentos e a sua associação com as desvantagens e limitações oferecidas pelo material, a fim de formular certas recomendações centradas na redução destas falhas.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1. Objetivo Geral

Determinar as causas que, de acordo com a literatura, contribuem para que haja fracassos nas restaurações realizadas em bases de zircónia.

2.2. Objetivos específicos

1. Compreender as principais características das bases de zircónia.
2. Investigar os aspetos envolvidos na necessidade de restaurações de base de zircónia.
3. Conhecer as consequências de falhas de restaurações feitas em bases de zircónia.
4. Recomendar as estratégias mais adequadas para assegurar uma redução na taxa de falhas das restaurações em zircónia.

2.3. Hipótese

O processo de mecanização de óxido de zircónio pode comprometer as propriedades do material.

O tratamento inadequado destes materiais provoca a falha das restaurações dentárias.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta secção descreve todos os aspetos envolvidos na estrutura metodológica da pesquisa, enfatizando o tipo de estudo selecionado, bem como a metodologia utilizada para a pesquisa bibliográfica.

3.1. Tipo de investigação

O estudo foi conduzido numa abordagem totalmente qualitativa e documental, definido pelas características e propriedades da própria investigação, mais especificamente, de revistas de investigação científica centradas no campo da medicina dentária. Foi efetuada uma pesquisa na base de dados PubMed, que serve como principal fonte de avaliação para as ciências da saúde.

No âmbito dos critérios de avaliação da informação, foi estabelecido um estudo para revisões de literatura com base na metodologia Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). A principal função deste tipo de estudo é recolher informação estudada em pesquisas anteriores, especificamente pesquisas que incluem estudos observacionais, ensaios clínicos, estudos de coorte e outros que incluem a avaliação das alterações a serem estudadas. Neste caso, a presente investigação está orientada para a avaliação das restaurações em bases de zircónio e as possíveis causas do seu fracasso.

3.2. Critérios de pesquisa

A base de dados selecionada para a execução do processo de investigação será a PubMed, como anteriormente proposto, porque é considerada a maior fonte de informação

utilizável a partir da abordagem das ciências da saúde. Isto serve como ferramenta principal para a recolha de estudos competentes para a dinâmica da investigação, a partir da avaliação das fontes secundárias selecionadas e de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1.

A fim de selecionar estudos competentes e funcionais, é estabelecida uma medida de investigação para responder aos parâmetros de análise, e estes parâmetros são construídos com base nos termos DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e MeSH (Medical Subject Headings), acessíveis dentro da base de dados selecionada. Assim, a investigação foi desenvolvida tendo em conta a seguinte equação de pesquisa:

“Zirconia” AND “Dental failure”.

3.3. Critérios de inclusão e exclusão para a pesquisa bibliográfica

Os seguintes parâmetros foram tomados em consideração na determinação dos critérios para a inclusão na investigação:

- Artigos cujas línguas principais são o inglês e o espanhol.
- Investigação realizada em revistas indexadas recolhidas na base de dados PubMed.
- Investigação realizada no período de janeiro de 2019 até julho de 2022 devido a uma quantidade substancial de investigação relacionada.
- Estudos que avaliam as condições em que ocorrem falhas de restaurações baseadas na zircónia, refletindo tanto as causas como as consequências de tais falhas.
- Estudos para os quais há informação disponível para os investigadores terem

acesso.

Quanto aos critérios de exclusão para a investigação, estes envolveram:

- Investigação que não trata nem se relaciona com o tema em estudo, ou seja, não relacionada com as bases de zircónio.
- Estudos para os quais a informação não está totalmente disponível, quer devido a ausência total, incompleta, acesso limitado ou qualquer outra causa.
- Estudos que não foram publicados no período selecionado e que não cumpriam os parâmetros esperados.

3.4. Procedimento de revisão

No processo de pesquisa e seleção bibliográfica, foram usados os critérios de exclusão e inclusão acima descritos. Por conseguinte, será feita uma leitura completa do conteúdo da investigação nos estudos selecionados. Os resultados obtidos dos estudos selecionados serão comparados para encontrar as principais semelhanças e diferenças tendo em conta os objetivos do presente trabalho, sendo posteriormente efetuada a discussão dos mesmos.

4. RESULTADOS

Fluxograma

A Figura 1 mostra o fluxograma PRISMA de pesquisa, onde inicialmente foram encontrados 462 estudos, após filtração da pesquisa restaram 72 artigos que foram revistos em texto integral e um total de 35 artigos que foram selecionados para os resultados desta revisão.

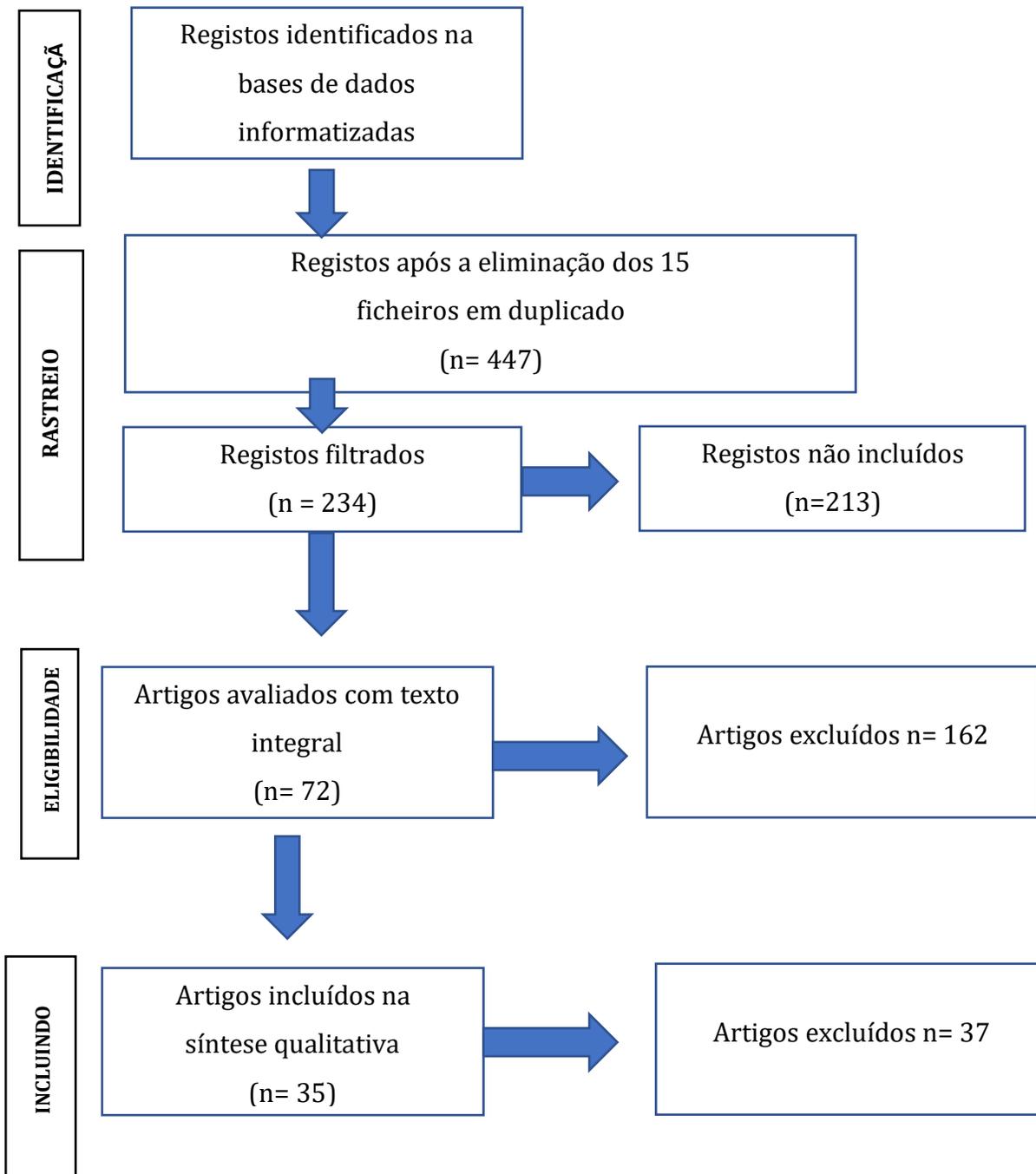


Figura 1: Fluxograma de pesquisa

A Tabela 1 resume os principais resultados dos estudos incluídos.

Tabela 1: Matriz de dados.

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados
Stimmelmayer et al. (2020) (8)	Avaliar a estabilidade mecânica e os momentos de flexão de diferentes restaurações monolíticas em cerâmica total ligadas a bases de titânio ou a pilares personalizados de titânio em comparação com coroas de porcelana fundida a metal (PFM).	Sessenta implantes de ligação cônica foram divididos em cinco grupos (n=12): PFM com pilar de ouro, coroa de dissilicato de lítio colada a um pilar de titânio personalizado, pilar de dissilicato de lítio colado a uma base de titânio, pilar de zircónia colado a uma base de titânio, coroa de zircónia colada a uma base de titânio, pilar de cerâmica com infiltração de polímero (PICN) colada a uma base de titânio.	As coroas de pilares híbridos de dissilicato de lítio podem ser uma alternativa às restaurações baseadas em PFM, embora possam surgir preocupações sobre a interface de ligação entre a base de titânio e a coroa-pilar. O PICN e o óxido de zircónio podem não ser recomendados devido ao seu desempenho mecânico e de ligação inferior, respetivamente. O pilar personalizado de titânio com a coroa de dissilicato de lítio cimentada parece ser a combinação mais estável.
Pereira et al. (2019) (9)	Avaliar o comportamento de fadiga de policristais monolíticos da zircónia translúcida (TZ) e da vitrocerâmica de dissilicato de lítio (LD) fixada a diferentes substratos.	Amostras em forma de disco dos materiais cerâmicos TZ e LD foram ligadas a três substratos com diferentes módulos elásticos (E) (composto reforçado com fibra (FRC) - material mais macio, E = 14,9 GPa; liga de titânio (Ti) - propriedades intermédias, E = 115 GPa; e zircónio (Yz) -	A análise de elementos finitos revelou tensões de tração mais baixas no material restaurador quando colado a substratos mais rígidos. A fractografia mostrou que a origem da fratura começou na superfície inferior do material restaurador. Os policristais translúcidos de zircónia apresentam um comportamento mecânico superior à cerâmica de vidro de

		material mais rígido, E = 210 GPa).	dissilicato de lítio.
Bergamo et al. (2019) (10)	Avaliar a fiabilidade e o modo de falha do dissilicato de lítio reforçado com zircónio (ZLS), coroas molares de diferentes espessuras.	As coroas molares monolíticas ZLS (0,5 mm, 1,0 mm e 1,5 mm de espessura) foram modeladas e fresadas utilizando um sistema CAD/CAM (n= 21/grupo). As coroas foram cimentadas em réplicas de resina epoxídica semelhante à dentina com um cimento de resina. As amostras foram submetidas a um teste de carga única até a fratura para a conceção de perfis de tensão por degrau.	Independentemente da espessura da coroa, os valores beta foram superiores a 1 e a fadiga acelerou as falhas. Considerando que as coroas ZLS de 0,5 mm mostraram uma redução significativa na probabilidade de sobrevivência em cargas de missão de 200 N, 300 N e 400 N. Isto significa que as coroas monolíticas ZLS de 1,5 mm e 1,0 mm de espessura tinham uma maior probabilidade de sobrevivência.
Passia et al. (2019) (11)	Avaliar o resultado a longo prazo de próteses dentárias fixas posteriores de 3 a 4 unidades (PDF) feitas de cerâmica de zircónia revestida.	48 pacientes receberam 58 restaurações. 24 PDF tinham um desenho fixo (FF) e 34 PDFs tinham um desenho cantiléver (CA). As estruturas foram digitalizadas e fresadas com 3% de cerâmica de óxido de ítrio parcialmente estabilizada e revestidas com cerâmica feldspática. Todos os FDPs foram cimentados com cimento de	O período médio de observação foi de 85,4 ± 54 (FF) e 91,7 ± 50 (CA) meses, respetivamente, 10 dentaduras foram perdidas em PFD e 5 em FF devido a problemas biológicos dos dentes do pilar. Devido a falhas técnicas dos materiais cerâmicos, 2 foram perdidos em PFD e 4 em FF. A taxa de sobrevivência acumulada aos 13 anos foi de 43,2% (FF) e 52,5% (CA), respetivamente. A taxa de sucesso acumulada a

		ionómero de vidro após a abrasão do ar das superfícies internas da coroa.	13 anos foi de 29,5% (FF) e 22,5% (CA).
Zarone et al. (2020) (12)	Avaliar o desempenho clínico das próteses dentárias fixas posteriores de 3 unidades (PDF) após 14 anos de função clínica.	Foram incluídos 37 pacientes que precisavam de substituir pré-molares ou molares e foram fabricados 48 PDFs. As estruturas foram fabricadas utilizando o sistema Procera Forte CAD-CAM. Os pacientes foram programados para 6 e 12 meses e depois anualmente para um acompanhamento total de 14 anos. Duas curvas de sobrevivência independentes foram calculadas para 1 ou 2 PDFs.	As estatísticas descritivas produziram taxas de sobrevivência cumulativas de 91% e 99% para pacientes que usavam 1 e 2 PDF, respetivamente. Tanto a função como os resultados estéticos foram satisfatórios para os PDFs durante um período de seguimento de 14 anos. Os resultados confirmaram a eficácia do óxido de zircónio como uma opção clínica para a fabricação de próteses de curta distância.
Schönhoff et al. (2021) (13)	Avaliação do efeito de três protocolos diferentes de fadiga dinâmica na resistência à fratura de dois materiais de zircónio com gradiente monolítico de resistência.	Foram fresadas 240 amostras de duas camadas diferentes (incisal e media) de dois tipos de óxido de zircónio em bruto com gradiente de resistência, resultando em 60 amostras por material e grupo de camadas (IPS e. max ZirCAD MT Multi A2: incisal (MI), media (MM); IPS e. max ZirCAD Prime A2: incisal (PI), media	Com respeito à carga de fratura, em carga estática MI e PI mostrou uma carga de fratura mais elevada e em protocolo de fadiga dinâmica 2 PI mostrou uma carga de fractura mais baixa. O número de ciclos a fraturar diferiu apenas dentro dos três grupos: MM e MI sobreviveram a um número maior de ciclos no protocolo de fadiga dinâmica 2; PI sobreviveram a um número maior de ciclos

		(PM)).	no protocolo de fadiga dinâmica 2 do que no protocolo 1.
Sen et al. (2019) (14)	Investigar o efeito do desenho da conexão e do material do pilar na sobrevivência à fadiga e resistência à falha dos conjuntos de pilares de implantes.	Foram investigados três tipos de implantes e 6 grupos de pilares com diferentes desenhos de conexão (CI, IT e EH) e materiais de pilares (titânio e zircónio). O comportamento de sobrevivência das amostras foi analisado pela análise de sobrevivência de Kaplan-Meier, as cargas de falha pelo teste de Kruskal-Wallis e os U-testes de Mann-Whitney.	Todos os espécimes dos grupos ICT, ITT, ITZ e EHT sobreviveram ao teste de fadiga, enquanto 2 espécimes do grupo ICZ e 3 espécimes da EHZ falharam. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, onde a interface titânio-titânio revelou uma maior resistência ao fracasso do que os conjuntos de pilares de implantes com uma interface titânio-zircónio.
Woo et al. (2021) (15)	Comparar o SBS de 2 cimentos de resina com as diferentes camadas de uma cerâmica monolítica policromática de ZrO ₂ , tanto vidrada como não vidrada, e uma cerâmica de dissilicato de lítio (LDS).	168 cilindros de resina composta e 48 placas monolíticas de ZrO ₂ policromáticas foram preparadas, 24 foram fresadas e sinterizadas e foi aplicado um ciclo de esmaltagem sem esmalte líquido. O teste SBS foi realizado com uma máquina universal de testes. As inspeções visuais das superfícies descoladas foram comparadas sob ampliação.	Não foram encontradas diferenças entre o agente de cementação e o SUD e o ZrO ₂ . O SBS da camada tetragonal e cúbica não vidrada ao ZrO ₂ eram superiores aos da superfície exposta a um ciclo de vidragem. As superfícies coladas foram examinadas por tato e com ampliação de ×3,5, seguidas de microscopia ótica e eletrônica de varrimento. Quase todas as falhas no ZrO ₂ esmaltado foram misturadas e coesivas.
Yilmaz et al.	Avaliar o desempenho	Foram fabricados 5	As amostras HPP e Zir

<p>(2019) (16)</p>	<p>de a carga a fratura de diferentes HPPs fabricadas com CAD-CAM e uma nova geração de Zircónia cúbica numa situação de cantilever quando utilizadas com bases de Ti.</p>	<p>espécimes com base em Ti e 5 não baseados em Ti a partir de 7 HPPs CAD-CAM diferentes. Cinco espécimes baseados em Ti e dois não baseados em Ti foram preparados a partir de um Zir cúbico de nova geração (DD) e um Zir 3Y-TZP (FZR) como grupo de controlo (N = 84). Foi aplicada uma carga estática vertical sobre o cantiléver e foram analisados os valores de carga máxima até à falha.</p>	<p>não baseadas em Ti tinham valores significativamente mais elevados de carga a falha do que as amostras baseadas em Ti em todos os grupos. Os PKs baseados em Ti tinham valores significativamente mais baixos de carga a falha do que os outros materiais. FZR mostrou valores significativamente mais elevados de carga para falha do que todas as HPP e DD (P < 0,001). Os valores de carga para defeito de HPP e Zir eram mais baixos quando foram utilizadas bases Ti.</p>
<p>Skjold et al. (2020) (17)</p>	<p>Comparar a carga de fratura após o envelhecimento artificial a curto prazo das coroas monolíticas de zircónio de contorno completo com diferentes quantidades de estabilização de ítria.</p>	<p>Foram feitas 30 translúcências altas (5Y-Z) e 30 translúcências altas (3Y-Z) para encaixar um modelo pré-molar com uma preparação de chanfro. Foram cimentadas com cimento de resina autocolante. Para cada tipo de zircónia, foram atribuídos três grupos de coroas: (i) carga cíclica (200 N, 1 Hz, 30.000 ciclos), (ii) envelhecimento hidrotérmico (3 9 20 min, 134°C 3,2 bar),</p>	<p>Os procedimentos de envelhecimento não afetaram a carga de fratura. A análise fotográfica mostrou que as fraturas tiveram início na margem da coroa ou na área oclusal da calote. Um maior conteúdo de ítria leva a uma redução da resistência material e da tolerância aos danos, o que se deve refletir nas recomendações de utilização clínica.</p>

		ou (iii) nenhum tratamento (controlo).	
Garcia-Hammaker et al. (2021) (18)	Investigar o efeito da angulação do canal de parafuso do implante na resistência à fratura dos pilares de zircónia sem envelhecimento artificial.	Dez réplicas de implantes foram incorporadas num molde de resina acrílica autopolimerizável. Utilizando um topógrafo e uma plataforma metálica, as réplicas de implantes foram montadas centralmente e com uma angulação de 30°. Uma coroa do incisivo central esquerdo maxilar foi fabricada com resina mestre e digitalizada. O desenho digital de um pilar-coroa foi completado utilizando software de imagem 3D.	O grupo ASC25 fraturou com uma carga média (SD) de 215,49 (47,10) N e uma carga máxima média (SD) de 420,50 (17,18) N. O grupo ASC0 fraturou com uma carga média (SD) de 534,04 (133,77) N e uma carga máxima média (SD) de 762,69 (109,59) N. A diferença foi estatisticamente significativa tanto para a carga média como para a carga máxima média no momento da falha. A taxa de sobrevivência dos pilares de zircónio de 0º foi significativamente mais elevada do que a dos pilares de ASC de zircónio de 25°.
Rinke et al. (2022) (19)	Avaliar o desempenho ao longo de 5 anos das coroas parciais em cerâmica reforçada com zircónia (ZLS) fabricadas na clínica.	Quarenta e cinco pacientes foram restaurados com 61 restaurações de ZLS fabricadas na clínica. Desviando-se das recomendações dos fabricantes, as restaurações foram fabricadas com espessuras mínimas de material reduzidas (MMT): grupo 1, MMT=0,5-0,74 mm (n=31); grupo 2, MMT=0,75-	A espessura do material e a posição de restauração são fatores de risco que influenciam a sobrevivência e a taxa de sucesso das coroas parciais de cerâmica ZLS.

		1,0 mm (n=30).	
Scarano et al. (2019) (20)	Avaliar os resultados clínicos do ajuste passivo da subestrutura na Ponte de Toronto e da lasca ou delaminação do revestimento cerâmico no suporte de zircónia após 5 anos.	Foram incluídos 9 pacientes saudáveis totalmente desdentados maxilares e mandibulares com anamnese médica anterior não contributiva que exigiam uma prótese total fixa completa na maxila e mandíbula. Nove mandíbulas e nove maxilares foram tratados.	Em 5 anos de seguimento não houve provas de lascagem ou delaminação do folheado cerâmico na coroa de zircónia suportada. Quinze próteses acabadas (93,75%) mostraram uma oclusão satisfatória e apenas um caso (6,25%) exigiu um ajustamento oclusal significativo.
Alaki et al. (2020) (21)	Comparar coroas primárias pré-fabricadas de óxido de zircónio com coroas em tiras de resina em incisivos centrais e laterais superiores no que respeita a vários fatores, tais como a saúde gengival.	Foram tratados um total de 120 dentes; 60 com zircónia e 60 com coroas em tiras de resina. A aleatorização foi realizada por simples aleatorização utilizando o software SPSS versão 20.0 (Armonk, NY; IBM Corp.). Foram utilizadas estatísticas descritivas simples para análise utilizando o teste Wilcoxon Signed-Rank e o teste do qui-quadrado.	As coroas de zircónia mostraram significativamente menos sangramento gengival nos períodos de seguimento de 3 e 6 meses ($p < 0,006$, $p < 0,001$; respetivamente), menos acumulação de placa em todas as visitas de seguimento ($p < 0,001$), nenhuma falha de restauração ($p < 0,001$), mas mais desgaste nos dentes opostos ($p < 0,02$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as duas coroas no que diz respeito às cáries recorrentes ($p < 0,135$).
Sahebi et al. (2022) (22)	Comparar a retenção e resistência à fratura de <i>inlays</i> feitas de zircónio translúcido e silicato de lítio de	56 molares superiores humanos intactos foram submetidos a tratamento	O teste t de amostras independentes mostrou uma diferença significativa entre a retenção dos grupos Zr

	zircónio.	endodôntico padrão e foram preparados para <i>inlays</i> até 2 mm acima da junção de esmalte do cimento. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em dois grupos de 28, e os <i>endocrowns</i> foram concebidos utilizando cópias biogénicas e moídos a partir de discos de zircónia. Foram realizados testes de retenção de extração e compressão e os modos de falha foram avaliados em ambos os testes.	(271,5 N±114,31) e ZLS (654,67 N±223,17). Os resultados do teste de compressão também foram diferentes entre Zr (7395,07 N±1947,42) e ZLS (1618,3 N±585). O modo de falha do teste de retenção foi principalmente a falha adesiva na interface cimento-restauração no grupo Zr e a interface cimento-dente no grupo ZLS. Os modos de falha do teste de fratura no grupo Zr foram 7 fraturas não restauráveis e uma fratura restaurável.
Cionca et al. (2021) (23)	Apresentar os resultados de 6 anos de um sistema de implantes de policristal de zircónia tetragonal estabilizado com ítria (Y-TZP) de duas unidades em pacientes parcialmente desdentados.	Quarenta e nove implantes de duas peças de zircónia foram colocados em 32 pacientes sistemicamente saudáveis. Os pilares de zircónio foram ligados com cimento de resina adesiva. Foram cimentadas coroas de uma só peça em cerâmica pura. Os casos foram seguidos durante uma média de 82,2 ± 5,86 meses após o carregamento (intervalo 74,93-92,26 meses).	24 participantes com 39 implantes estavam disponíveis para exame 6 anos após a carga. A taxa de sobrevivência acumulada de implantes foi de 83%. Ao nível do implante, a taxa de complicação mecânica acumulada foi de 17,5%, a taxa de complicação técnica acumulada foi de 13% e a taxa de complicação biológica foi de 8%.
Kumchai et al. (2020) (24)	Comparar a carga até a falha das coroas de zircónio revestidas	As coroas de zircónio foram fabricadas em cotos	As cargas médias até à falha (em Newton +/- SD) das coroas de

	reparadas com diferentes materiais.	de alumínio (n = 10/grupo). A porcelana feldspática (Vita VM9, Vident) foi aplicada no casquete de óxido de zircónio (Vita In-Ceram YZ, Vident) em forma cilíndrica (Ø 10,5 mm, altura 7,5 mm). Foi feito um corte em bisel no revestimento de porcelana (45 graus, 3 mm de largura) de um lado de cada coroa para simular a lasca da porcelana.	zircónio revestidas reparadas foram: Gr. A: 660,0 ± 200,5; Gr. B: 681,7 ± 175,9; Gr. C: 1236,0 ± 188,8; Gr. D: 1536,3 ± 286,1. O fracasso catastrófico foi o modo de fracasso mais dominante em todos os grupos. Poucos espécimes mostraram falha coesiva. Apenas um espécime do grupo D mostrou falha adesiva.
Gupta et al. (2021) (25)	Para avaliar a taxa de sobrevivência (resistência à fadiga), eficiência de ligação e integridade marginal das restaurações unitárias monolíticas de zircónia de cobertura total e parcial aderidas adesivamente à estrutura dentária por abrasão de partículas de ar.	Pré-molares humanos extraídos (N=32) foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de oito espécimes cada. Cada grupo foi carregado Termo mecanicamente durante 1,2 milhões de ciclos (force=70N, 1,4Hz) com Termo ciclagem simultânea (5-55°C, tempo de permanência de 30s) usando um simulador de mastigação.	Uma amostra do grupo 2 descolou-se a 632.000 ciclos. Uma amostra do grupo 2 descolou-se a 632.000 ciclos. Nenhuma das amostras falhou por fratura. Devido à sua resistência à fadiga, o óxido de zircónio 3Y é uma opção viável para restaurações unitárias de cobertura parcial e total. Seguindo um protocolo de adesão rigoroso, a zircónia demonstrou uma aderência duradoura à estrutura dentária. Deve ser evitado o contacto oclusal nas margens de restauração.
Koller et al. (2020) (26)	Avaliar prospetivamente, como parte de um ensaio-piloto aleatório	A amostra original incluía 31 (16 zircónio e 15 titânio) implantes em 22	Perderam-se três implantes, pelo que apenas 28 implantes foram avaliados. (14

	em curso, os resultados clínicos dos implantes de zircónia de duas peças em comparação com os implantes de titânio 80 meses após a entrega de restaurações de um dente individual em cerâmica-total (dissilicato de lítio).	pacientes saudáveis. Para além da avaliação da sobrevivência e sucesso do implante, foram analisados estatisticamente vários parâmetros clínicos ou radiográficos: índice de placa (PI), hemorragia a sondagem (BOP), pontuação estética rosa (PES) e perda óssea marginal (MBL). Ambos os grupos de implantes foram comparados utilizando o U-test Mann-Whitney.	óxido de zircónio e 14 titânio) em 21 pacientes após uma média de 80,9 (SD: 5,5) meses. Todos os implantes sobreviventes tinham permanecido estáveis, sem fraturas das fixações ou pilares e sem lascas, fratura ou desconexão das coroas. Não foram encontradas diferenças significativas entre os resultados clínicos dos implantes de duas peças de zircónia e titânio em termos dos parâmetros acima mencionados, após 80 meses de serviço clínico.
Lunt et al. (2019) (27)	Caracterizar os parâmetros de tensão residual e de fase cristalográfica da zircónia parcialmente estabilizada com ítria (YPSZ).	Neste estudo, foram utilizadas pela primeira vez técnicas de análise de tensão residual de difração de raios X, microfoco de transmissão, espectroscopia Raman e fresagem de feixe de iões focalizados para quantificar e validar transversalmente a variação espacial em microescala da fase e tensão residual da YPSZ numa secção transversal protética.	A análise indica que a interação entre transformação de fase, tensão residual e fluência da porcelana na interface YPSZ-porcelana resulta numa redução localizada da resistência à fratura da porcelana. Isto explica a maior propensão para o fracasso neste local, e pode ser usado como base para um melhor desenho de prótese.
Heller et al. (2019) (28)	Determinar as capacidades de carga estática e dinâmica e	36 coroas monolíticas de oxido zircónio	O grupo A falhou principalmente dentro do metal, e a falha do

	os modos de falha das coroas de óxido de zircónio aparafusadas a pilares de multiunidades (MUA) com e sem base de titânio (base em T).	aparafusadas a MUAs retas com torque análogo o de laboratório (30 Ncm) a 2 grupos (n=18). Grupo A: coroas de óxido de zircónio foram aparafusadas diretamente às MUAs; Grupo B: coroas de óxido de zircónio foram cimentadas à base T e aparafusadas às MUAs.	zircónio só ocorreu com uma força de carga elevada. No grupo B, a falha ocorreu principalmente dentro do metal, juntamente com a falha da aderência entre o óxido de zircónio e a base em T.
Spitznagel et al. (2021) (29)	Avaliar o comportamento de fadiga termomecânica e modos de falha de coroas unitárias (SC) posteriores monolíticas e de camada rápida suportadas por implantes de zircónia.	120 coroas totalmente em cerâmica suportadas por implantes de zircónio de uma só peça foram divididas em 5 grupos: Grupo Z-HT: zircónio monolítico 3Y-TZP; Grupo Z-ST: zircónio monolítico 4Y-TZP; Z-XT: zircónio monolítico 5Y-TZP; Grupo E: rede cerâmica monolítico-polimérica-infiltrada; Grupo RL: PICN e 3Y-TZP-framework.	Todos os espécimes sobreviveram à exposição à fadiga. Foram detetadas diferenças significativas nas cargas de falha entre os grupos. Os materiais Z-HT e Z-ST apresentaram as cargas de falha mais elevadas, seguidos de Z-XT, RL e E. A influência da fadiga só foi significativa para o material RL. Considerando que o Z-HT e o Z-ST parecem ser altamente fiáveis contra a fadiga.
Steyer et al. (2021) (30)	Avaliar implantes de zircónio de uma só peça restaurados com coroas CAD/CAM de dissilicato de lítio através de um acompanhamento a longo prazo.	Vinte implantes de zircónio de uma só peça foram colocados em 20 pacientes. Os implantes foram restaurados de imediato	Houve 4 falhas de implantes devido à perda de estabilidade dos implantes. Os valores médios de sangramento na sondagem foram de 19,1% e 18,2% aos 11 anos após a colocação do

		provisionalmente com coroas de dissilicato de lítio CAD/CAM e permanentemente 4 meses após a cirurgia. Foram avaliados parâmetros clínicos e medições radiológicas dos implantes de zircónia.	implante. O índice da placa revelou uma diminuição significativa ao longo do tempo. O nível ósseo marginal revelou uma diminuição significativa 4, 8 e 11 anos após a implantação. Os implantes de zircónio de uma peça imediatamente carregados mostraram uma taxa de sucesso adequada.
Tang et al. (2019) (31)	Avaliar a eficácia clínica das coroas monolíticas de zircónia para restaurações de dentes posteriores.	Um total de 46 pacientes que necessitavam de restaurações posteriores, incluindo 49 dentes, foram tratados com o procedimento de coroas de zircónia monolítica. Os resultados do tratamento foram avaliados de acordo com os critérios modificados da Associação Dentária da Califórnia imediatamente após o procedimento, e às 2, 24, 48 e 96 semanas pós-procedimento.	Os resultados da adaptação marginal dos 46 pacientes foram avaliados como excelentes, o que é uma taxa de excelência de 100%. Em relação à correspondência da cor da coroa, apenas 3 casos (6,1%) foram avaliados como aceitáveis. A adaptação marginal, a forma anatómica, a integridade da margem da coroa, a correspondência da cor, a textura e a fratura bruta não mostraram diferenças significativas em comparação com os diferentes pontos temporais.
Agustín-Panadero et al. (2019) (32)	Analisar a resistência à fratura e o modo de falha dos pilares de óxido de zircónio (zircónia) colocados sobre implantes dentários que suportam coroas de	80 unidades de implante-pilar-coroa foram divididas em quatro grupos: Grupo T-MC (controlo): 20 coroas metalocerâmicas em	Os valores médios da resistência à fratura foram: Grupo de controlo T-MC, 575,85±120,01 N; Grupo Z-Z 459,64±66,52 N; Grupo Z-LD, 531,77±34,10 N; e Grupo Z-NCR, 587,05±59,27 N.

	diferentes materiais estéticos: zircónia, dissilicato de lítio (LDS) e resina nanocerâmica, para substituir um único dente no sector anterior.	pilares de titânio; Grupo Z-Z: 20 coroas de zircónia em pilares de zircónia; Grupo Z-LD: 20 coroas de dissilicato de lítio em pilares de zircónia; e Grupo Z-NCR: 20 coroas de resina nanocerâmica em pilares de zircónia.	No Grupo T-MC, a fratura ocorreu no parafuso de fixação da prótese em 100% das amostras. No grupo Z-Z, 80% das fraturas ocorreram no parafuso de fixação, 15% no pilar e 5% no pilar e coroa. No grupo Z-LD, 60% das fraturas ocorreram no parafuso de fixação e 40% no pilar.
Solá-Ruiz et al. (2021) (33)	Analisar o comportamento mecânico e biológico dos PDC parciais de zircónia na região anterior durante um período de seguimento de 12 anos.	27 próteses dentárias fixas fabricadas com óxido de zircónio e revestidas com porcelana feldspática foram colocadas na região anterior e examinadas clinicamente aos 1 mês, 6 meses e depois anualmente durante 12 anos. Foram realizadas análises Kaplan-Meier das taxas de complicação e do tempo decorrido até ao evento.	5 PPFs tiveram complicações biológicas e 9 tiveram complicações mecânicas. A lascagem foi a complicação mais frequente e foi mais frequentemente observada nas próteses parciais fixas mais extensas. 5 próteses parciais fixas tiveram de ser substituídas devido a falha total, sendo a causa mais frequente de falha a cárie secundária. A taxa de sobrevivência média (sem falhas) foi de 11 anos e 4 meses.
Malgaj et al. (2021) (34)	Avaliar o desempenho de próteses dentárias fixas cimentadas em resina de zircónia preparada com um revestimento de alumina nanoestruturada.	27 pacientes saudáveis que necessitavam de substituir um incisivo central ou lateral maxilar ou mandibular em falta foram selecionados e classificados para serem elegíveis, foram atribuídas	Num período de observação médio de 22,4 meses, ocorreram 3 descimentações, e a taxa de sobrevivência foi de 90,3%. A taxa de sobrevivência foi de 93,8% para o revestimento de alumina nanoestruturada e 86,7% para o grupo de

		aleatoriamente 31 próteses fixas de resina cantilever de óxido de zircónio a 1 de 2 grupos.	controlo, sem diferenças estatisticamente significativas. Ao longo de 2 anos, ambos os pré-tratamentos de óxido de zircónio mostraram resultados clínicos prometedores e comparáveis.
Bergamo et al. (2021) (35)	Avaliar o efeito do envelhecimento por dois métodos diferentes no ajuste tridimensional dos pilares de zircónio na ligação <i>implant-abutment</i> e estimar a probabilidade de sobrevivência de coroas anteriores suportadas por pilares retos e angulares de 17 graus.	No presente estudo, foram avaliados dois desenhos diferentes de pilares de zircónio, retos e angulados a 17 graus. Os pilares foram distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais de acordo com a condição de envelhecimento em laboratório (134 ° C, 2,2 bar, 20 h): (i) controlo, (ii) envelhecimento em autoclave, e (iii) envelhecimento em reator hidrotérmico.	O envelhecimento hidrotérmico influenciou significativamente o desajuste do volume, bem como a probabilidade de sobrevivência dos pilares de zircónio com cargas mais elevadas, tanto para pilares angulares como retos.
Schepke et al. (2019) (36)	Comparar a resistência à fratura e a percentagem de volume de zircónia superficial monoclinica (m-ZrO ₂) dos pilares de implantes de zircónia em stock e personalizados com CAD/CAM que funcionaram durante 1 ano com controlos geometricamente	Foram recuperados 23 <i>abutments</i> de implantes de zircónia de prefabricados e 23 personalizados por CAD/CAM após 1 ano de serviço clínico. Foram comparados com espécimes originais em relação à fração de volume da fase monoclinica pela	As cargas de fratura dos pilares de zircónia de stock foram significativamente reduzidas ($p < 0,05$) para 78,8% (SD 29,5%) após um ano de função clínica. No caso de pilares CAD/CAM, não foi encontrada qualquer redução na carga de fratura. Não foram observadas percentagens de volume

	idênticos numa experiência em vivo.	espectroscopia Raman e a sua carga de fratura por um único teste de carga a fratura.	m-ZrO ₂ para além do umbral de deteção de 5% em qualquer uma das amostras.
Serra-Pastor et al. (2019) (37)	Avaliar o comportamento clínico e biológico de restaurações de cobertura total em dentes preparados sem linha de acabamento durante um seguimento de 4 anos.	Este estudo prospetivo incluiu 149 dentes tratados com a técnica de preparação biológica (BOPT). A amostra (149 dentes) foi dividida em dois grupos: 74 dentes restaurados com coroas, e 75 dentes que suportam dentaduras parciais fixas (FPD).	As restaurações colocadas em dentes preparados com BOPT mostram bom comportamento periodontal, aumento do espessamento gengival e estabilidade marginal durante um seguimento de 4 anos. As elevadas taxas de sobrevivência após 4 anos demonstram que a técnica produz resultados previsíveis.
Spies et al. (2019) (38)	Avaliar as taxas de sobrevivência/sucesso e os resultados relatados pelos pacientes de coroas individuais (SC) posteriores com base em zircónia suportadas por implantes de zircónia num estudo prospetivo de dois centros, após cinco anos de observação.	Foram restaurados 45 SC posteriores suportados por implantes de óxido de zircónio, constituídos por estruturas de óxido de zircónio revestidas à mão com uma cerâmica feldspática reforçada com leucite. Foram avaliadas as taxas de sobrevivência dos CS, o sucesso técnico	De 40 pacientes, foi necessário substituir um SC, com uma sobrevivência de Kaplan-Meier (KM) para os SC de $97,5 \pm 2,47\%$. Nove reconstruções mostraram um desvio significativo em relação ao ideal, pelo que a taxa de sucesso do KM foi de $79,3 \pm 5,8\%$. A incidência de lascagem e rugosidade oclusal foi frequente. Todos os PROM no momento da

		e as medidas de resultados relatados pelos pacientes (PROM) utilizando escalas analógicas visuais (VAS).	entrega da prótese, à exceção da fala, mostraram melhorias significativas em comparação com as avaliações de pré-tratamento.
Teixeira et al. (2021) (39)	Avaliar o efeito da adição de albumina, ureia, lisozima e mucina à saliva artificial sobre a triboactividade do par Ti6Al4V/zircónio habitualmente utilizado em implantes dentários e comparar os resultados com os obtidos com a saliva humana.	Foi medida a viscosidade das soluções e acedeu-se à adsorção das diferentes biomoléculas tanto do Ti6Al4V como do zircónio. Foram efetuados testes tribológicos utilizando esferas de Ti6Al4V que deslizam sobre placas de zircónio dentro de uma cela de corrosão. A fricção e o desgaste foram determinados.	O principal mecanismo de desgaste foi a abrasão, independentemente do lubrificante utilizado. Observou-se um desgaste adesivo nos sistemas sem mucina. A atividade de corrosão e o coeficiente de desgaste eram mais baixos na presença de mucina. Nenhum dos lubrificantes artificiais estudados imitou o efeito da saliva sobre o comportamento tribológico do par estudado.
Tirone et al. (2022) (40)	Avaliar a relação entre os diferentes parâmetros dimensionais das próteses dentárias completas fixas de zircónia monolítica implanto suportadas (IFCDP) e a incidência de fratura da estrutura numa grande amostra de casos in vivo.	Foram avaliados pacientes reabilitados com IFCDP de óxido de zircónio aparafusadas. O período de seguimento foi de 1 ano após o carregamento oclusal. As fraturas foram classificadas como: tipo I - fraturas que ocorrem entre as duas aberturas de acesso de parafuso (SAO) mais posteriores e tipo II -	Foi analisado um total de 180 próteses entregues a 140 pacientes. Foi estimada uma taxa de falha protética de cerca de 5,6%. Cinco fraturas foram classificadas como tipo I e três como tipo II. Foram encontradas associações significativas entre o comprimento do cantiléver e fraturas do tipo I (Wald=5,772, df=1, p=0,016), a área da secção transversal do conector distal e fraturas do tipo II (Wald=3,806, df=1, p=0,051), e o comprimento do

		fraturas do cantiléver distal.	cantiléver e o número total de fraturas (Wald=6,117, df=1, p=0,013).
Zandinejad et al. (2019) (41)	Comparar a resistência à fratura de coroas de óxido de zircónio fresadas sobre implantes, de dissilicato de lítio fresado e de óxido de zircónio fabricado aditivamente.	Foi obtido um molde maxilar com um implante dentário substituindo o segundo pré-molar direito. Os pilares personalizados e as coroas de contorno completo foram concebidos e fabricados digitalmente a partir de zircónio fresado, dissilicato de lítio fresado e coroas de zircónio fabricadas aditivamente. As coroas foram cimentadas em pilares de zircónio suportados por implantes e montadas em blocos de poliuretano. A resistência à fratura foi determinada pela aplicação de uma força vertical utilizando uma máquina de ensaio universal a 2 mm/minuto.	As coroas fresadas de óxido de zircónio demonstraram a maior resistência média à fratura (1292 ± 189 N), seguidas pelas coroas fresadas de dissilicato de lítio (1289 ± 142 N) e as coroas de zircónio fabricadas aditivamente ($1243,5 \pm 265,5$ N). A análise estatística não mostrou diferença significativa na resistência à fratura entre os grupos ($p = 0,4$). Todos os espécimes fraturaram na interface implante- <i>abutment</i> . Os resultados deste estudo <i>in vitro</i> destacam o potencial promissor da fabricação aditiva para o fabrico de todas as coroas cerâmicas de zircónia.
Zucuni et al. (2020) (42)	Para avaliar os efeitos da moagem com diamante da superfície íntegra da zircónia de segunda (policristais de zircónia parcialmente estabilizados, PSZ) e	Foram fabricados espécimes em forma de disco a partir de zircónio de segunda e terceira geração e distribuídos aleatoriamente em dois grupos de	A análise SEM mostrou que a moagem aumentou a rugosidade superficial e introduziu defeitos na zircónia de ambas as gerações. A moagem aumentou estatisticamente a carga

	<p>terceira geração (policristais de zircónia totalmente estabilizados, FSZ) cimentadas de forma adesiva a um substrato semelhantes a dentina, sobre a carga da falha por fadiga, número de ciclos até à falha, micromorfologia da superfície e transformação de fase.</p>	<p>acordo com o tratamento da superfície calcográfica: Control - Ctrl (sem esmerilhar); Esmerilhado - Gr (esmerilhado no centro da superfície calcográfica). Os discos de cerâmica foram cimentados de forma adesiva em discos análogos de dentina. Os testes de fadiga foram realizados através do método de stress escalonado.</p>	<p>de fadiga, o número de ciclos até à falha e as taxas de sobrevivência da zircónia de segunda geração, estes mesmos resultados foram reduzidos pela moagem da terceira geração de zircónia de forma significativa. Portanto, os ajustamentos clínicos com brocas de diamante prejudicam o comportamento de fadiga da zircónia de terceira geração cimentada adesivamente.</p>
--	--	--	---

5. DISCUSSÃO

A análise dos resultados de uma investigação é feita graças à compilação de estudos previamente realizados e que estão relacionados com as hipóteses estabelecidas pelo autor da investigação. Assim, os pontos abaixo descritos são caracteres teóricos com bases argumentativas válidas e de interesse científico, sendo ideais para a comparação de metodologias, assim como a eficiência no cumprimento dos objetivos estabelecidos.

5.1. Fundamentos da reabilitação dentária

A reabilitação dentária ou prótese dentária foi definida como uma especialidade dentária centrada no diagnóstico, tratamento, planeamento, reabilitação e manutenção da função oral. Esta especialidade considera também outros aspetos relacionados com o conforto, aparência estética e saúde oral de pacientes com condições dentárias que estão principalmente associadas a dentes e tecidos maxilo-faciais em falta ou deficientes, sendo substituídos por dispositivos biocompatíveis a fim de melhorar a qualidade de vida dos pacientes (43).

A base da reabilitação oral adesiva é a biomimética, que representa o resultado favorável da ligação estrutural da restauração ao dente, apresentando um aspeto óptico esteticamente agradável e funcionalidade adequada. Os materiais restauradores para este processo devem ser selecionados corretamente, uma vez que estas estruturas devem ser capazes de suportar cargas repetidas e forças biomecânicas multiaxiais durante longos períodos de tempo. Além disso, deve ser lembrado que estes procedimentos dentários restauradores se referem a procedimentos minimamente invasivos, tentando preservar o máximo de tecido possível através de sistemas adesivos (44).

Nesta linha, as próteses dentárias com resinas, cerâmicas e metalocerâmicas têm sido amplamente utilizadas desde a sua introdução em 1956, com o objetivo de reabilitar o complexo estomatognático do paciente e, através dele, recuperar a estética dentofacial e as diferentes funções associadas a esta estrutura, tais como a deglutição, a mastigação e a fonação. No entanto, a utilização de núcleos de titânio e zircônio para o fabrico de próteses com características estruturais, funcionais e estéticas de alta qualidade foi também destacada (45).

As restaurações metalocerâmicas têm propriedades funcionais adequadas para este tipo de procedimento. No entanto, a corrosão das ligas como resultado da ação da saliva, que gera iões nocivos descarregados no meio oral, afeta o desgaste estético e estrutural da prótese. Isto não ocorre com materiais restauradores de cerâmica devido à sua baixa reatividade química. Por esta razão, tem sido centrada a procura de novos materiais com propriedades favoráveis em restaurações dentárias (46).

Os materiais cerâmicos com núcleos de titânio ou zircônio têm mostrado grande evolução e desenvolvimento neste campo de aplicação nos últimos anos. São capazes de simular diferentes propriedades dos dentes naturais, tais como coeficiente de expansão térmica, biocompatibilidade biológica, resistência à abrasão, elevado nível de resistência à compressão, módulo de elasticidade semelhante à dentina, resistência ao desgaste, translucidez e estabilidade da cor. A característica mais relevante deste material é a sua elevada taxa de sobrevivência atingindo propriedades mecânicas entre 400-440 MPa (46,47). Estas propriedades encorajaram o desenvolvimento de várias técnicas de restauração utilizando zircónia na cavidade oral, tais como as seguintes:

- **Facetas bicara de zircónia:** a opacidade que caracteriza o núcleo de zircónia permite a sua utilização clínica para restaurações de facetas não só com alta resistência, mas também com a capacidade de mascaramento para melhorar a

sombra dos dentes com descoloração. O núcleo modificado de zircónia pode ser fabricado em espessuras que vão de 0,2 mm a 0,4 mm (3,48,49).

- **Coroas totais de zircónia:** estas são as mais utilizadas esteticamente porque são feitas inteiramente de zircónia. Apresentam estabilidade da cor do dente em que foram colocadas. Por outro lado, como não existe metal na estrutura da zircónia, oferece benefícios importantes que aumentam a satisfação do paciente, tais como (3,48,49):
 - Em termos de estética, o paciente pode ajudar na seleção da cor que mais se aproxima da cor dos seus dentes adjacentes, havendo uma integração perfeita da restauração, sem deixar vestígios de se tratar de uma prótese. Além disso, a utilização de um único material branco para a criação do folheado dentário garante que os pacientes com gengivas em retração não experimentem contrastes desagradáveis na transição dente/restauração;
 - O desgaste é mínimo ao longo do tempo e, caso ocorra desgaste, não haverá uma diferença visual clara devido à ausência de metal;
 - Em termos de biocompatibilidade, nenhuma rejeição é experimentada porque a zircónia é um material totalmente biocompatível com o corpo humano, não tendo sido descritas alergias na literatura;
 - A sua tolerância de flexibilidade situa-se entre 1000 e 1500 MPa, o que é muito superior a uma vasta gama de outras porcelanas utilizadas na medicina dentária.

- **Prótese parcial fixa de óxido de zircónio:** Destinam-se a substituir pelo menos um dente em falta, embora possam também ser utilizadas para restaurações completas. Também são por vezes utilizados para implantes dentários, graças à conceção ou ao processo de fabrico assistido por computador. Além disso, as características mecânicas da zircónia, tais como um elevado grau de flexibilidade

e resistência à fratura, tornam possível fabricar próteses parciais finas e totalmente cerâmicas em zonas anteriores e posteriores. A superfície de ligação da prótese deve ser de pelo menos 6,25 mm². A prótese parcial fixa de zircônia só deve ser utilizada quando a distância entre a papila interproximal e a crista marginal é de aproximadamente 4 mm (3,48,49).

- **Espigão radicular de zircônia:** Todos os dentes que são tratados endodonticamente necessitam de ser restaurados. Em muitos casos, será indicada a inserção de um espigão, pré-fabricado ou fundido. Para fazer o espaço onde o espigão será inserido é indispensável remover o material obturador e o cimento selante, manipulando também o canal radicular, aumentando o risco de enfraquecer ou perfurar a raiz. Com os últimos avanços na tecnologia do pó de óxido de zircônio, é possível fabricar novos espigão biocompatíveis e endodônticos estéticos, que também possuem uma capacidade de flexão de até aproximadamente 820 MPa e uma resistência à fratura de aproximadamente 8 MPa*m^{1/2}. A vantagem mais notável dos espigões falso coto de zircônia reside na sua translucidez e sombra dos dentes, tornando-os adequados para utilização em coroas totalmente em cerâmica na região anterior. Os espigões de zircônia também estão indicados para dentes com forte destruição coronal, uma vez que oferecem melhor resistência do que os materiais compostos (3,48,49).
- **Implantes de óxido de zircônio:** fundem-se com o maxilar, fornecendo um suporte estável para dentes artificiais, para que não deslizem na boca, o que é especialmente benéfico para a mastigação e a fala. No entanto, está descrito que podem provocar desconforto, pois podem causar irritação. Uma grande vantagem dos implantes é que não é necessário o preparo dos dentes adjacentes para suportar uma ponte. Existem 2 tipos de implantes dentários e estes são (3,48,49):
 - Implantes endósteos - São implantados cirurgicamente diretamente no

maxilar, e assim que o tecido circundante estiver cicatrizado, é necessária uma segunda cirurgia para ligar um componente (cicatrizador) sobre o implante original para finalmente colocar um ou mais dentes artificiais, quer individualmente ou agrupados numa ponte ou prótese fixa.

- Implante subperiosteos - São implantes que formam uma estrutura metálica que é inserida no osso maxilar debaixo do tecido gengival. Têm a forma do rebordo do osso, para que possam ser devidamente fixados. São também constituídos por pilares sobre os quais é então colocada a prótese dentária.

Como o zircónio é totalmente biocompatível, a cerâmica de zircónia complementa o osso e tecido mole favoravelmente dando estabilidade mecânica. Têm sido realizados vários testes de cultura celular para identificar a biocompatibilidade com os osteoblastos dos substratos de implantes de zircónia. Estas e muitas das outras aplicações clínicas em que a zircónia tem sido utilizada demonstraram o potencial da zircónia em restaurações suportadas por dentes. No entanto, é de notar que foram detetadas algumas incidências do tipo fratura no revestimento inicial do material e que os pilares de zircónia acrescentam vantagens bioestéticas aos implantes dentários, embora ainda sejam necessárias mais avaliações clínicas das restaurações de zircónia suportadas por implantes (3).

A zircónia não é o único material que tem sido utilizado como um dos melhores materiais para a odontologia em termos de implantações, uma vez que o titânio tem tantos benefícios como a zircónia, por exemplo, o titânio é capaz de osteointegrar mais eficazmente do que a zircónia, embora após o tratamento de superfície ambos os materiais apresentem um resultado comparável, a zircónia mostra-se mais eficaz quando se trata de inibir bactérias, e tendo em conta que a morfologia da superfície é da maior importância para a osteointegração do que a composição da superfície, a zircónia pode ser melhor para os pilares do que o titânio (50).

Foram efetuados testes para estudar a durabilidade do zircónio em ácidos corrosivos numa tentativa de demonstrar um elevado grau de descoloração ou erosão, não se verificaram estas complicações mesmo com temperaturas elevadas, o teste a que este material foi exposto em conjunto com outras cerâmicas de vidro para CAD/CAM, gravada visivelmente em ácido láctico a 60°C, solução de KOH a 60°C e solução salina a 90°C, mostrou que todos os outros materiais, exceto a zircónia, apresentaram uma descoloração significativa numa solução de vinho tinto e Rosalina B a 37°C (51).

5.2. Fatores envolvidos no sucesso dos procedimentos

A estabilidade a longo prazo das restaurações dentárias em próteses dependerá de vários fatores, que influenciam diretamente o resultado funcional e estético do procedimento. Estes incluem a espessura da mucosa peri-implantar composta principalmente de tecido conjuntivo coberto por epitélio vestibular queratinizado, o perfil de emergência dos implantes dentários que representa a junção entre o contorno da restauração e os tecidos adjacentes, e as características dos materiais restauradores (52,53).

Dentro destas considerações, nota-se que o conceito do triângulo protético deve ser considerado nas restaurações, que compreende diferentes aspetos que tornam possível o sucesso do procedimento. Em primeiro lugar, refere-se à criação de um ambiente biologicamente estável através da eliminação de riscos biológicos, seguida da verificação da estabilidade a longo prazo da prótese, avaliada com base na sua solidez estrutural, e, além desta solidez estrutural, a confirmação da funcionalidade da prótese (45).

É necessário considerar que para o bom funcionamento das restaurações é necessário proporcionar um ambiente adequado, reconhecendo as particularidades do tecido mole que envolve os dentes ou implantes. A gestão adequada deste ambiente centra-se na manutenção dos níveis de tecidos duros e moles ao longo do tempo, na simplificação da

manutenção da higiene oral e na melhoria da estética das estruturas. Em geral, o objetivo destas considerações inclui o desenvolvimento de uma arquitetura gengival harmoniosa e funcional (45,54).

Em resumo, afirmase que o sucesso dos procedimentos restauradores é determinado pelas propriedades físicas e químicas dos materiais restaurativos, ajuste marginal, contorno da coroa, posição da coroa, perfil de emergência e oclusão da restauração. Além disso, as características anatómicas das estruturas, as alterações dos contornos coronais e a saúde dos tecidos gengivais circundantes devem ser consideradas para assegurar a reconstrução da morfologia compatível com a saúde e a estética gengival (54).

5.3. Fatores envolvidos na falha do procedimento

O sucesso na execução de tratamentos dentários, referindo-se especificamente à reabilitação dentária, responde, de uma perspectiva geral, a um diagnóstico e planeamento adequados do procedimento, nestes processos incluem-se a identificação das necessidades e características particulares do paciente e a correta seleção dos materiais restauradores. Desta forma, será possível obter resultados favoráveis em benefício do paciente, considerando também uma abordagem multidisciplinar para identificar as diferentes perspectivas que poderiam fornecer soluções clínicas para o problema dentário (55).

A principal causa de falha nos tratamentos protéticos de reabilitação dentária implantosuportada está relacionada com o fracasso da osteointegração, ou porque não ocorre corretamente ou porque não é mantida favoravelmente ao longo do tempo. Assim, a perda de implantes durante a fase inicial de cicatrização pode estar associada à incidência de infeções pós-operatórias, bem como a deficiências na quantidade e qualidade óssea por várias razões. Enquanto as falhas em fases posteriores do procedimento podem ser atribuídas à sobrecarga oclusal ou a periimplantite (43).

Alguns autores descrevem a base racional para o tratamento protético em relação às taxas de sucesso e fracasso, que classificam em fatores biológicos, mecânicos e estéticos. Os fatores mecânicos são considerados como sendo os principais responsáveis pela preservação da integridade e durabilidade das restaurações, enquanto os fatores biológicos e estéticos são componentes secundários das restaurações. É imperativo considerar todos os fatores acima mencionados, a fim de diminuir a taxa de insucesso dos procedimentos (55,56).

Ao considerar os fatores biomecânicos, é necessário determinar o tipo de restauração a ser realizada, uma vez que esta avaliação terá um impacto sobre as exigências funcionais e estéticas do implante. No caso de próteses parciais fixas convencionais, os fatores envolvidos estão associados à retenção e estabilidade, configuração radicular, avaliação dos dentes pilar relativamente à relação coroa-raiz, comprimento do espaço edêntulo, morfologia do dente, necessidade de substituição de dentes anteriores e caninos, considerações sobre a prótese a ser acrescentada, incidência de lesões dentárias e elementos intraradiculares (46,56).

De acordo com a linha anterior, é mencionado que não é possível eliminar completamente a possibilidade de falhas no procedimento porque, para além do controlo rigoroso dos fatores acima referidos, é necessário considerar diferentes variáveis cujo controlo é complexo. É o caso da incidência de tensões emocionais, compressão cêntrica ou excêntrica, consciente ou não, exercício de força indevida, evidência de má higiene oral, entre outras variáveis que estão associadas a falhas no tratamento protético (56).

5.4. Compreender as principais características das bases de zircónia

Nos tratamentos restauradores, são utilizados diferentes materiais para substituir a estrutura dentária em falta, sendo geralmente utilizadas estruturas totalmente metálicas ou revestidas de cerâmica. No entanto, nos últimos anos, a utilização de vários sistemas sem metal aumentou com o objetivo de reproduzir corretamente a cor natural dos dentes e evitar as deficiências das restaurações metalocerâmicas, embora o seu desempenho clínico ainda não seja claro (31,42).

Para a realização de restaurações esteticamente perfeitas são utilizados materiais não metálicos tais como cerâmicas reforçadas e materiais poliméricos, resinas, acetato e policarbonato. Dependendo do material em que são feitas as peças da restauração dentária, estas terão diferentes benefícios e desvantagens. Por conseguinte, deve ser dada especial atenção às características do material e ao tipo de tratamento requerido pelo paciente, tendo sempre em conta a resistência do material e a função que a peça dentária irá desempenhar (8,9).

No entanto, o zircónio é um mineral caracterizado pelo seu elevado grau de resistência e rendimento, utilizado para produzir próteses dentárias de qualidade imbatível, com excelentes resultados estéticos e funcionais, tanto na produção de facetas e coroas sobre dentes naturais como em restaurações sobre implantes dentários. Em comparação com outros materiais utilizados para o mesmo fim, o zircónio é resistente a impactos químicos, térmicos e mecânicos em restaurações de longo prazo no ambiente dentário (28,30).

Foi mencionado que a sua elevada transparência e cor branca torna possível obter restaurações com uma tonalidade natural que imita a cor dos dentes, sem diferenças significativas quando comparados com os dentes naturais, mantendo a homogeneidade na cor dos dentes. É um material pouco pesado que consegue um ajuste perfeito, de modo que os pacientes referem um grande conforto na utilização destas próteses e, em comparação com as próteses metalocerâmicas, existe menor aderência de placa

bacteriana (50).

Do mesmo modo, foi indicada a perfeita integração das facetas ou coroas de zircónia na gengiva, verificando-se uma adaptação do tecido às restaurações, tal como ocorre num dente natural. Além disso, quando existe perda de aderência ao longo do tempo, não são observadas linhas escuras entre o dente e o revestimento, sendo este um dos inconvenientes mais frequentes na utilização de próteses tradicionais feitas de metal e revestimento cerâmico. Para além de uma baixa condutividade térmica, que permitirá não experimentar sensações desagradáveis ao comer alimentos ou bebidas muito quentes ou muito frios (22,25).

Também é descrito que a zircónia é um material totalmente biocompatível com o organismo humano, ou seja, é antialérgico, uma vez que não contém qualquer metal, evitando assim o risco de alergias em pessoas predispostas a alergias a metais pesados como o níquel, crómio ou cobalto. Também reduz a possibilidade de rejeição das peças revestidas com cerâmica, já que a estrutura interna é de zircónio (9,23).

Em resumo, a zircónia e o seu sucesso na restauração dentária é um campo relativamente novo na odontologia e, devido às suas muitas vantagens baseadas nas propriedades físicas do material, é provável que continue a evoluir para melhorar o seu desempenho e utilidade na odontologia clínica. A este respeito, estudos têm demonstrado o potencial da zircónia nas restaurações dentosuportadas e implantosuportadas (18,21).

Por outro lado, deveria ser alargada a investigação no domínio do envelhecimento, revestimento, desenho da subestrutura, adesividade, modificação da superfície e resultado estético da restauração para determinar o grau das suas vantagens clínicas. Assim como investigação no campo da tecnologia de apoio associada à digitalização, equipamento laser e *software* de desenho como um substituto da tecnologia dentária

tradicional (17).

5.5. Investigar os aspetos envolvidos na necessidade de realizar restaurações em bases de zircónia

As restaurações totalmente em cerâmica que foram implementadas para substituir as restaurações metálicas demonstraram boa adaptabilidade, biocompatibilidade, força, precisão de ajuste e estética no campo da prótese dentária. No entanto, também demonstraram fragilidades, baixa resistência à flexão e tenacidade à fratura em cerâmica vítrea e óxido de alumínio em restaurações convencionais, impedindo assim a sua utilização generalizada na comunidade dentária (14,16).

Na procura de materiais com maior resistência, mantendo ou melhorando as características estéticas, o óxido de zircónio foi introduzido pelas suas propriedades mecânicas de alta resistência à deformação e alta tenacidade em comparação com restaurações totalmente em cerâmica. No entanto, para obter uma mímica perfeita com dentes naturais, é necessário o uso de revestimentos de cerâmica ou de porcelana (15).

O óxido de zircónio contribui para o fabrico de restaurações totalmente em cerâmica com propriedades físicas e biocompatibilidade melhoradas em comparação com a cerâmica vítrea, necessária para o desenvolvimento de uma vasta gama de aplicações clínicas. As bases de zircónio de alta dureza, resistência e durabilidade são úteis no fabrico de coroas com revestimento parcial e completo, facetas, próteses parciais fixas (FPD), espigões radiculares ou cotos, coroas telescópicas primárias, implantes e pilares de implantes (8,10).

Além disso, destaca-se a utilidade das bases de óxido de zircónio em diferentes componentes dentários auxiliares, tais como brocas de corte, de desbaste e brocas cirúrgicas, *attachments* extracoronários, *brackets* ortodônticos, entre outros *attachments*

de retenção frequentemente feitos de resinas, expandindo assim a sua aplicação no campo da odontologia. O valor deste material nos tratamentos ortodônticos baseia-se na estética do sorriso do paciente, uma vez que oferece elementos transparentes ou elementos de uma tonalidade luminosa semelhante à do dente natural (9,35).

As aplicações das bases de zircónio incluem uma vasta gama de tratamentos dentários de magnitude variável, entre os quais podemos mencionar a recuperação da estética dos dentes afetados por cárie avançada. Considerando que a cárie dentária é a patologia oral mais comum em todo o mundo, presente em 95% das pessoas com mais de 35 anos de idade, caracterizada por danos no esmalte e/ou dentina do dente afetado e nos dentes adjacentes que podem ser restaurados esteticamente com restaurações de zircónia (11,17).

Por outro lado, uma das suas utilizações é apoiar uma ponte dentária em casos de perda de dentes molares ou dentes adjacentes, uma vez que os espaços resultantes da extração ou queda de um dente geram, com o tempo, o deslocamento dos dentes adjacentes. Este movimento resulta numa oclusão dentária incorreta que favorece, entre outras patologias, a desordem da articulação temporomandibular (ATM). Neste sentido, a colocação de uma ponte dentária em zircónia evita a mordida incorreta, bem como a preservação da harmonia do sorriso (36,40).

No entanto, quando um ou mais dentes são perdidos, a solução mais eficaz são os implantes dentários, com o objetivo de recuperar a funcionalidade perdida. Após a colocação do implante, o tratamento é concluído com a colocação de uma coroa dentária, nomeadamente de zircónia, permitindo que funções normais como a mastigação sejam realizadas normalmente e ao mesmo tempo, apresentando uma aparência semelhante à do dente natural. Este processo no âmbito da implantologia oral inclui a utilização de coroas provisórias durante um curto período de tempo enquanto se fabricam coroas definitivas do material selecionado (13,19).

Os estudos também referem que as próteses dentárias de zircónia são amplamente utilizadas em restaurações estéticas na região anterior, incluindo coroas dento ou implanto suportadas bem como facetas em dentes naturais. As coroas sobre implantes dentários podem ser coroas individuais ou uma estrutura de várias unidades que é aparafusada ou cimentada no implante uma vez alcançada a osteointegração (29,36).

Enquanto as coroas de zircónia sobre dentes naturais compreendem casquetes de zircónio que são cimentados no núcleo do dente tratado, imitando perfeitamente a forma e a cor dos dentes circundantes, podem também ser estruturas de várias peças soldadas chamadas pontes, nas quais dois dentes naturais atuam como pilares para suportar a prótese cimentada quando faltam uma ou mais peças entre as que são constituídas como pilares (3,20).

Finalmente, existem facetas em dentes naturais, onde são utilizados laminados de zircónia para cobrir o lado vestibular do dente, ou seja, apenas o lado visível dos dentes é tratado, onde o dente natural é reduzido e a faceta de zircónia cimentado na preparação dentária. Este tipo de tratamento é indicado, entre outros, em pacientes que apresentam coloração por tetraciclina, referindo-se a manchas horizontais de tons acinzentados ou acastanhados que se distribuem ao longo da superfície dentária, obtendo-se uma mudança na estética dentária (14,29).

5.6. Entender as consequências de falhas de restaurações efetuadas em bases de zircónia

Os estudos têm sido altamente otimistas sobre a aplicação clínica das bases de zircónia, especialmente nas restaurações dentárias. Contudo, os dados clínicos apresentados são limitados relativamente à resistência ao stress em condições de fadiga, eficiência das técnicas adesivas, comportamento da cor ao longo do tempo e durabilidade das

restaurações, no entanto, têm sido utilizadas em diferentes restaurações orais, considerando a gama de aplicações oferecidas pelas bases de zircónia (24,25).

A natureza das falhas nas restaurações estéticas feitas de materiais não metálicos como a zircónia é dicotómica e afeta diretamente a longevidade da restauração. Estas falhas incluem fratura não reparável da prótese, fratura ou perda da peça de suporte, fratura ou perda do pilar de implante, desenvolvimento de cárie secundária não reparável no dente natural e afrouxamento do parafuso do pilar do implante (30,33).

A origem das fraturas no material de revestimento das restaurações cerâmicas pode ser associada a falhas na coesão entre estes materiais e a subestrutura de zircónia. A este respeito, afirma-se que a resistência da ligação na interface subestrutura/recobrimento dependerá de tensões anteriores, causadas por diferenças nos coeficientes de expansão térmica, humedecimento limitado da subestrutura, aplicação de materiais de revestimento laminado, tensões de carga, formação de defeitos durante o processamento, entre outros (26,32).

Tem sido reconhecido na literatura que as falhas mais frequentes são a descimentação, fratura ou fissuras do material de revestimento, uma vez que as restaurações envolvem geralmente a fabricação de implantes com núcleo de zircónio revestido com cerâmica. Embora quando a porcelana feldspática é utilizada em implantes fixos, as propriedades mecânicas são mantidas, sendo descritas menores taxas de falhas associada ao desprendimento (29,34).

Outra causa de fraturas na cerâmica de revestimento pode ser atribuída à falta de suporte uniforme da cerâmica de revestimento devido ao desenho da subestrutura de zircónio. Este desenho dependerá principalmente da profundidade da preparação, da altura dos dentes do pilar, do espaço interdentário e do comprimento da secção a reabilitar. Embora não existam provas científicas que reflitam a ligação química entre a

subestrutura de zircónia e a cerâmica de revestimento, considera-se que a resistência da ligação adesiva é superior à resistência coesiva do próprio material (32,36,37).

Foi mencionado que alguns procedimentos no processamento de peças como a fresagem CAD/CAM em combinação com outros métodos de tratamento de superfície, como a retificação, podem diminuir a resistência e levar a falhas inesperadas, como o aparecimento de microfissuras, poros ou outros. Além disso, a fresagem dura do material e as altas temperaturas levam a danos próximos da superfície e à formação de defeitos que tendem a reduzir significativamente a vida média da restauração (20,36).

Pode ser indicado que elementos como a forma da interface pântico-conetor, distribuição de tensão e concentração dentro da subestrutura de óxido de zircónio podem induzir fraturas no material de revestimento e influenciar as características do mesmo. Contudo, é mencionado que as subestruturas de zircónio para restaurações implanto suportadas posteriores curvas no sentido oclusal resistem melhor às cargas funcionais, diminuindo a possibilidade de fraturas iniciais no material cerâmico de revestimento (38,40).

Por outro lado, poderia ser indicado que as fraturas nas subestruturas de zircónio são altamente possíveis, mas muito improváveis, uma vez que as falhas podem ser atribuídas principalmente a razões técnicas e biológicas. No entanto, com uma correta conceção e seleção do material é possível estimar uma elevada taxa de sobrevivência. Nesta linha é mencionado que as FPD baseadas em óxido de zircónio são capazes de resistir com sucesso a forças de carga funcionais fisiológicas, comparáveis às FPD metalocerâmicas (39).

Em geral, as bases de óxido de zircónio têm sido consideradas entre os materiais mais fortes e com melhor desempenho clínico no campo das restaurações dentárias. Demonstrando que as subestruturas de zircónio são menos suscetíveis à fratura do que

as subestruturas de alumina e que as diferenças nas cargas críticas necessárias para fracionar o material não eram significativas, embora as fraturas no material de revestimento estivessem diretamente dependentes da espessura do adesivo (19,41).

5.7. Recomendar as estratégias mais adequadas para assegurar uma redução na taxa de falhas das restaurações baseadas na zircónia

Os elementos que indicam que uma restauração implantosuportada teve sucesso incluem a ausência de mobilidade do implante no início da fase protética, a ausência de radiolucência na junção osso-implante, a ausência de inflamação nos tecidos que rodeiam o implante dentário (periimplantite) e a ausência de desconforto manifestado pelo paciente em qualquer fase do processo de restauração dentária. Embora seja verdade que deve ser implementado um plano de seguimento, uma vez que as falhas de implantes podem ocorrer cedo ou tarde, em função de ocorrerem antes ou depois da carga funcional dos implantes (10,18).

Na literatura, o fracasso da restauração foi reconhecido como os sinais ou sintomas que levam à explantação do implante dentário, ou seja, a perda da restauração. Na implantologia oral, as taxas de falha são estimadas em cerca de 0,7% a 3,8% de acordo com o tipo de material utilizado na restauração. No caso particular dos implantes à base de óxido de zircónio, as taxas de falhas são relativamente baixas e estimadas em 2,2%, geralmente associadas a fraturas devidas a revestimento ou falhas técnicas no processamento do material (17,27).

Quando se trata de falhas nas restaurações dentárias, não são apenas fatores técnicos que devem ser considerados, pois há elementos associados ao paciente que podem predispor para baixar as taxas de sucesso. Geralmente, as falhas precoces ocorrem como

consequência de falhas de osteointegração que podem ser associadas a fatores sistêmicos, incluindo aspectos como idade, sexo, a existência de doenças (diabetes *mellitus*, osteoporose, doenças cardiovasculares, cancro, imunossupressão, perturbações mentais, hipotiroidismo e outros), o uso de medicamentos, hábitos orais, etc., bem como o uso de drogas e outros fatores que podem estar associados ao insucesso das restaurações dentárias (14,16).

Os estudos que envolvem a aplicação clínica de bases de zircónia em restaurações dentárias mostraram que os implantes de uma unidade têm uma maior resistência à fratura ao nível da cabeça do implante em comparação com as restaurações que compreendem duas ou mais unidades. Tais implantes não são recomendados, uma vez que o processamento das peças, tais como a fresagem para a colocação da coroa, tem uma influência negativa estatisticamente significativa na resistência à fratura (29,30).

Uma ligação adesiva alta e duradoura proporciona uma elevada retenção, melhora a adaptação marginal, previne microinfiltrações e aumenta a resistência à fratura da restauração. A este respeito, os estudos mencionam que as coroas de zircónia podem ser cimentadas com métodos convencionais e adesivos, quer por compómeros, ionómeros de vidro modificados com resina e cimentos autoadesivos, que geram forças adesivas semelhantes às dos cimentos de resina composta. No entanto, o preparo adesivo para cerâmica de vidro não melhora a força adesiva na zircónia (8,38).

Por outro lado, as FPD à base de óxido de zircónio podem ter um bom desempenho a longo prazo, desde que os conectores sejam concebidos e fabricados corretamente, ou seja, quando as peças fabricadas são sujeitas ao máximo de tensão de rutura. Assim, é possível controlar a taxa de falha da restauração ao considerar as forças de tração máximas que ocorrem na parte gengival do conector entre os pilares, cuja magnitude dependerá das condições de aplicação da carga, da forma e do tamanho do conector (33,37).

Como já foi demonstrado, existem múltiplos tipos de falhas que podem ser atribuídas a diferentes circunstâncias. No caso de desprendimento do material de revestimento, as possíveis reparações são tratadas através de um bom processo de polimento ou, nos casos em que o envolvimento é mais severo, será necessário substituir completamente a restauração. No entanto, quando se trata de fissura envolvendo fratura na interface da faceta, é mais difícil de diagnosticar, e por isso a única solução é a sua substituição diretamente (9,42).

6. CONCLUSÃO

No campo da prótese dentária, a zircónia é um dos materiais de vanguarda, tornando-se nos últimos anos a base da restauração estética, uma vez que é impercetível a partir do exterior. Por conseguinte, tem sido utilizada no fabrico de coroas, facetas e próteses, bem como outros elementos auxiliares, tais como brackets ortodônticos e ferramentas cirúrgicas. Com base nestas considerações e retomando os objetivos estabelecidos no início da investigação, as seguintes afirmações emergem à maneira de conclusão:

- As restaurações à base de zircónio destacam-se pelas suas qualidades físicas e estéticas, especialmente pelo seu pouco peso, biocompatibilidade, dureza, durabilidade e resistência, além de oferecerem um aspeto natural e luminoso que não se perde mesmo quando ocorre uma recessão gengival, uma vez que a parte interna é feita de zircónio branco, translúcido, altamente maleável, revestido com materiais cerâmicos, sendo uma excelente alternativa às restaurações metálicas.
- No desenvolvimento da restauração oral, surgiu a necessidade de encontrar soluções, tanto em termos de funcionalidade como de estética. Por esta razão, a zircónia estabeleceu-se como o material com maiores vantagens no fabrico de próteses dentárias, com ênfase na estética imbatível e na elevada biocompatibilidade, resultando na sua aplicação bem sucedida em próteses dentárias.
- As falhas das restaurações cerâmicas em bases de zircónia incluem fissuras do material de revestimento, problemas de ligação entre a base de zircónia e a cerâmica de revestimento, fraturas no núcleo de zircónia, fraturas causadas pelo tratamento inadequado de ambos os materiais, perda de retenção, problemas de osteointegração e desenho inadequado da restauração. Tudo isto leva à perda ou falha do procedimento de reabilitação oral.

- Geralmente, as falhas nas restaurações dentárias à base de óxido de zircônio ocorrem devido a falhas técnicas. Assim, a principal estratégia para reduzir a taxa de falhas é cuidar do processo de mecanização das peças, reduzindo assim as fraturas, o aparecimento de microfissuras ou porosidade, tanto na zircônia como no material de revestimento. Considerando que a mecanização desafia as propriedades mecânicas do material, uma vez que as forças compressivas residuais durante a preparação da zircônia afetam a resistência da mesma.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Esquivel I. Tratamiento de superficies en restauraciones indirectas de óxido de zirconio para mejorar su adhesión. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2017;1-67.
2. Beuer F, Dent M, Stimmelmayer M. Estudio prospectivo sobre restauraciones de zirconio: resultados clínicos de tres años Prótesis. Quintessence Int. 2010;41(7):631-7.
3. Oumvertos Koutayas S, Vagkopoulou T, Pelekanos S, Koidis P, Rudolf Strub J. Zirconia en odontología: segunda parte. Revolución clínica basada en la evidencia. Eur J Esthet Dent. Abril de 2010;3(2):126-61.
4. Schneider F, Siebert F. Restauraciones de dióxido de zirconio CAD / CAM sin recubrimiento Caso clínico Prótesis. Quintessence. 2011;24(6):292-303.
5. Díaz-Romeral P. Restauraciones cerámicas de óxido de zirconio (sistema Lava de 3M-ESPE): a propósito de un caso. Maxilaris. 2008;1:162-78.
6. Velastegui C, Toro M, Chaple A, Sánchez G, Fernández E. Fracasos de las restauraciones cerámicas en base de circonio. Rev Cuba Estomatol [Internet]. 2019;56(4):1-10. Disponible en: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/2107>
<http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/2107>
7. Koushyar KJ. Recomendaciones para la Selección del Material Cerámico Libre de Metal, de Acuerdo a la Ubicación de la Restauración en la Arcada. Int J Odontostomatol. 2010;4(3):237-40.
8. Stimmelmayer M, Lang A, Beuer F, Mansour S, Erdelt K, Krennmair G, et al. Mechanical stability of all-ceramic abutments retained with three different screw materials in two-piece zirconia implants—an in vitro study. Clin Oral Investig. 2020;24(5):1801-6.
9. Pereira GKR, Graunke P, Maroli A, Zucuni CP, Prochnow C, Valandro LF, et al.

- Lithium disilicate glass-ceramic vs translucent zirconia polycrystals bonded to distinct substrates: Fatigue failure load, number of cycles for failure, survival rates, and stress distribution. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2019;91:122–30. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.12.010>
10. Bergamo ETP, Bordin D, Ramalho IS, Lopes ACO, Gomes RS, Kaizer M, et al. Zirconia-reinforced lithium silicate crowns: Effect of thickness on survival and failure mode. *Dent Mater* [Internet]. 2019;35(7):1007–16. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.04.007>
 11. Passia N, Chaar MS, Kern M. Outcome of posterior fixed dental prostheses made from veneered zirconia over an observation period of up to 13 years. *J Dent* [Internet]. 2019;86(March):126–9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.05.032>
 12. Zarone F, Di Mauro MI, Spagnuolo G, Gherlone E, Sorrentino R. Fourteen-year evaluation of posterior zirconia-based three-unit fixed dental prostheses: A Prospective clinical study of all ceramic prosthesis. *J Dent*. 2020;101(March).
 13. Schönhoff LM, Lümekemann N, Buser R, Hampe R, Stawarczyk B. Fatigue resistance of monolithic strength-gradient zirconia materials. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;119(January).
 14. Sen N, Us YO. Fatigue survival and failure resistance of titanium versus zirconia implant abutments with various connection designs. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;122(3):315.e1-315.e7. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.036>
 15. Woo ES, Goldstein G, Choi M, Bromage TG. In vitro shear bond strength of 2 resin cements to zirconia and lithium disilicate: An in vitro study. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021;125(3):529–34. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.020>
 16. Yilmaz B, Batak B, Seghi RR. Failure analysis of high performance polymers and new generation cubic zirconia used for implant-supported fixed, cantilevered prostheses. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(6):1132–9.

17. Skjold A, Schriwer C, Gjerdet NR, Øilo M. Effect of artificial aging on high translucent dental zirconia: simulation of early failure. *Eur J Oral Sci.* 2020;128(6):526–34.
18. Garcia-Hammaker S, Saglik B, Sierraalta M, Razzoog M. Influence of Screw Channel Angulation on the Fracture Resistance of Zirconia Abutments: An In Vitro Study. *J Prosthodont.* 2021;30(4):329–34.
19. Rinke S, Zuck T, Hausdörfer T, Leha A, Wassmann T, Ziebolz D. Prospective clinical evaluation of chairside-fabricated zirconia-reinforced lithium silicate ceramic partial crowns—5-year results. *Clin Oral Investig [Internet].* 2022;26(2):1593–603. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04132-y>
20. Scarano A, Stoppaccioli M, Casolino T. Zirconia crowns cemented on titanium bars using CAD/CAM: A five-year follow-up prospective clinical study of 9 patients. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):1–9.
21. Alaki SM, Abdulhadi BS, AbdElBaki MA, Alamoudi NM. Comparing zirconia to anterior strip crowns in primary anterior teeth in children: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health [Internet].* 2020;20(1):1–11. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01305-1>
22. Sahebi M, Ghodsi S, Berahman P, Amini A, Zeighami S. Comparison of retention and fracture load of endocrowns made from zirconia and zirconium lithium silicate after aging: an in vitro study. *BMC Oral Health [Internet].* 2022;22(1):1–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02072-x>
23. Cionca N, Hashim D, Mombelli A. Two-piece zirconia implants supporting all-ceramic crowns: Six-year results of a prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(6):695–701.
24. Kumchai H, Juntavee P, Sun AF, Nathanson D. Comparing the repair of veneered zirconia crowns with ceramic or composite resin: An in vitro study. *Dent J.* 2020;8(2).
25. Gupta S, Abdulmajeed A, Donovan T, Boushell L, Bencharit S, Sulaiman TA. Monolithic Zirconia Partial Coverage Restorations: An In Vitro Mastication

- Simulation Study. *J Prosthodont*. 2021;30(1):76–82.
26. Koller M, Steyer E, Theisen K, Stagnell S, Jakse N, Payer M. Two-piece zirconia versus titanium implants after 80 months: Clinical outcomes from a prospective randomized pilot trial. *Clin Oral Implants Res*. 2020;31(4):388–96.
 27. Lunt A, Salvati E, Baimpas N, Dolbnya I, Neo TK, Korsunsky AM. Investigations into the interface failure of yttria partially stabilised zirconia - porcelain dental prostheses through microscale residual stress and phase quantification. *Dent Mater* [Internet]. 2019;35(11):1576–93. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.08.098>
 28. Heller H, Arieli A, Beitlitum I, Pilo R, Levartovsky S. Load-bearing capacity of zirconia crowns screwed to multi-unit abutments with and without a titanium base: An in vitro pilot study. *Materials (Basel)*. 2019;12(19).
 29. Spitznagel FA, Röhrig S, Langner R, Gierthmuehlen PC. Failure load and fatigue behavior of monolithic translucent zirconia, picn and rapid-layer posterior single crowns on zirconia implants. *Materials (Basel)*. 2021;14(8).
 30. Steyer E, Herber V, Koller M, Végh D, Mukaddam K, Jakse N, et al. Immediate restoration of single-piece zirconia implants: A prospective case series—Long-term results after 11 years of clinical function. *Materials (Basel)*. 2021;14(22).
 31. Tang Z, Zhao X, Wang H, Liu B. Clinical evaluation of monolithic zirconia crowns for posterior teeth restorations. *Med (United States)*. 2019;98(40).
 32. Agustín-Panadero R, Serra-Pastor B, Roig-Vanaclocha A, Fons-Font A, Solá-Ruiz MF. Fracture resistance and the mode of failure produced in metal-free crowns cemented onto zirconia abutments in dental implants. *PLoS One*. 2019;14(8):1–11.
 33. Solá-Ruiz MF, Leon-Martine R, Labaig-Rueda C, Selva-Otalaorrouchi E, Agustín-Panadero R. Clinical outcomes of veneered zirconia anterior partial fixed dental prostheses: A 12-year prospective clinical trial. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021;1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.09.046>

34. Malgaj T, Abram A, Kocjan A, Jevnikar P. Influence of nanostructured alumina coating on the clinical performance of zirconia cantilevered resin-bonded fixed dental prostheses: Up to 3-year results of a prospective, randomized, controlled clinical trial. *J Prosthet Dent.* 2021;1-7.
35. Bergamo ETP, Campos TMB, Lopes ACO, Cardoso KB, Gouvea MVR, de Araújo-Júnior ENS, et al. Hydrothermal aging affects the three-dimensional fit and fatigue lifetime of zirconia abutments. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;124(June):1-11.
36. Schepke U, Gresnigt MMM, Browne WR, Abdolazadeh S, Nijkamp J, Cune MS. Phase transformation and fracture load of stock and CAD/CAM-customized zirconia abutments after 1 year of clinical function. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(6):559-69.
37. Serra-Pastor B, Loi I, Fons-Font A, Solá-Ruíz MF, Agustín-Panadero R. Periodontal and prosthetic outcomes on teeth prepared with biologically oriented preparation technique: a 4-year follow-up prospective clinical study. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2019;63(4):415-20. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.03.006>
38. Spies BC, Balmer M, Jung RE, Sailer I, Vach K, Kohal RJ. All-ceramic single crowns supported by zirconia implants: 5-year results of a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(5):466-75.
39. Teixeira H, Branco AC, Rodrigues I, Silva D, Cardoso S, Colaço R, et al. Effect of albumin, urea, lysozyme and mucin on the triboactivity of Ti6Al4V/zirconia pair used in dental implants. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2021;118(January):104451. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104451>
40. Tirone F, Salzano S, Rolando E, Pozzatti L, Rodi D. Framework Fracture of Zirconia Supported Full Arch Implant Rehabilitation: A Retrospective Evaluation of Cantilever Length and Distal Cross-Sectional Connection Area in 140 Patients Over an Up-To-7 Year Follow-Up Period. *J Prosthodont.* 2022;31(2):121-9.
41. Zandinejad A, Methani MM, Schneiderman ED, Revilla-León M, Bds DM. Fracture

- Resistance of Additively Manufactured Zirconia Crowns when Cemented to Implant Supported Zirconia Abutments: An in vitro Study. *J Prosthodont.* 2019;28(8):893–7.
42. Zucuni CP, Ilha BD, May MM, May LG, Valandro LF. Grinding the intaglio surface of yttria partially- and fully-stabilized zirconia polycrystals restorations: Effect on their fatigue behavior. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2020;109(January):1-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103800>
43. Sixto Iglesias MS, Arencibia García E, Ordaz Hernández E, Rodríguez Perera EZ, García Cardentey J. La rehabilitación protésica implantomucosoportada en el desdentado total. *Rev Ciencias Médicas Pinar Rio* [Internet]. 2015;19(2):185–94. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&%5Cnpid=S1561-31942015000200003
44. Zapana Tello I, Soto Caffo MK. Técnicas De Rehabilitación Oral Con Resinas Y Cerámica. *Rev Odontológica Basadrina.* 2019;3(1):42–5.
45. Naranjo Pizano RM, Muñoz Zapata S, Monsalve Collante V, Rincón Gómez A. Compilación de 5 revisiones de tema realizadas en el posgrado de Rehabilitación oral” y “Compilación de 5 casos clínicos realizados en el posgrado de Rehabilitación oral. Universidad CES; 2021;1-43.
46. Ochoa-Vázquez BL, Cedillo-Orellana SI, Guachizaca-Uyaguari RP, Gallegos-Torres DK. Mimetización de corona cerámica libre de metal de un incisivo central superior. Reporte de caso. *Odontol Sanmarquina.* 2021;24(3):291–8.
47. Salazar-López C, Quintana-del Solar M. Rehabilitación estética-funcional combinando coronas de disilicato de Litio en el sector anterior y coronas metal-cerámica en el sector posterior. *Rev Estomatológica Hered.* 2016;22(6):102–9.
48. Asharaf S, Suma A, Deivanai M, Mani R. Zirconia: Properties and Application — a Review. *Pakistan Oral Dent J.* 2014;34(1):178–83.
49. Saridag S, Tak O, Alniacik G. Basic properties and types of zirconia: An overview.

- World J Stomatol. 2013;2(3):40.
50. Hanawa T. Zirconia versus titanium in dentistry: A review. *Dent Mater J. Janeiro de 2020;39(1):24–36.*
 51. Ban S. Chemical durability of high translucent dental zirconia. *Dent Mater J. Janeiro de 2020;39(1):12–23.*
 52. Giménez X, Dávila L, Lugo G, Romero I, Yibrin C, Rojas T, et al. Salud periimplantaria. *Rev Odontológica los Andes. 2019;14(2):186–94.*
 53. Drago AA. Consideraciones sobre el perfil de emergencia en implantes dentales. Parte 1. *Claves Odontol. 2014;73(73):83–8.*
 54. Gómez Mira F, Ardila Medina CM. Contornos y perfil de emergencia: Aplicación clínica e importancia en la terapia restauradora. *Av Odontoestomatol. 2009;25(6):331–8.*
 55. Lamas Lara C, Paz Fernández J, Paredes Coz G, Angulo de la Vega G, Cardoso Hernández S. Rehabilitación Integral en Odontología. *Odontol Sanmarquina. 2012;15(1):31–4.*
 56. Becerra G. Fundamentos biomecánicos en rehabilitación oral. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia. 2005;17(1):67–83.*