



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ODONTOLÓGICAS
ÊNFASE EM PRÓTESE DENTÁRIA



Candidato: _____

Data: 19/06/2026

Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Valandro

Nota (Peso 4,0): _____

Tenha uma ótima prova, aproveite para agradecer por acreditar, na minha pessoa, como pretendo orientador para qualificar sua formação!!
Luiz Felipe Valandro

Textos foram fornecidos nessa prova como material suplementar. Não necessariamente precisam ser lidos em sua plenitude, já que as questões devem ser respondidas com base na evidência científica vigente, e não necessariamente/exclusivamente nesses textos.

- 1- Com base no texto 1, nos seus conhecimentos, e na literatura científica vigente, disserte sobre processamento cerâmico de zircônia, fazendo um comparativo entre CAD/CAM aditivo e subtrativo? (Peso 0,75)

A zircônia é uma cerâmica policristalina amplamente utilizada em Odontologia devido à sua elevada resistência mecânica, biocompatibilidade, estabilidade química e propriedades estéticas. O processamento digital dessa cerâmica pode ocorrer por meio de técnicas subtrativas (CAD/CAM milling) ou aditivas (Additive Manufacturing – AM ou impressão 3D).

No método subtrativo, a restauração é projetada digitalmente e obtida a partir da usinagem de blocos ou discos pré-fabricados de zircônia parcialmente sinterizada. Após a fresagem, a peça é submetida à sinterização final, ocorrendo contração volumétrica previsível, em torno de 20–25%. Essa técnica é considerada o padrão-ouro atual devido à elevada previsibilidade clínica, boa adaptação marginal e ampla evidência científica de longo prazo. Entretanto, apresenta limitações relacionadas ao desperdício de material, desgaste das brocas, maior tempo de usinagem para geometrias complexas e dificuldade de reproduzir regiões internas estreitas, sulcos profundos e áreas retentivas.

No método aditivo, a restauração é construída camada por camada a partir de suspensões contendo partículas de zircônia. As principais tecnologias utilizadas em Odontologia são a estereolitografia (SLA) e o Digital Light Processing (DLP). Após a impressão, é necessário realizar etapas de limpeza, remoção dos ligantes orgânicos (debinding) e sinterização. Diferentemente da usinagem, a composição dos materiais impressos inclui resinas fotopolimerizáveis e aditivos que variam conforme a tecnologia empregada, tornando a contração pós-sinterização mais complexa e menos previsível.

Em relação à precisão e adaptação, a revisão sistemática de Alghauli et al. (2024) demonstrou que ambas as técnicas podem produzir restaurações dentro dos limites clinicamente aceitáveis de adaptação marginal. Em geral, a fresagem apresentou melhor trueness (fidelidade ao desenho original) em diversas superfícies, especialmente margens e áreas internas. Contudo, a impressão 3D mostrou desempenho semelhante em vários estudos e, em algumas situações, vantagem na reprodução de geometrias complexas e áreas de difícil acesso para as fresas de usinagem.

Do ponto de vista biológico e estético, os estudos avaliados indicam comportamento semelhante entre as duas técnicas, sem diferenças clinicamente relevantes em rugosidade superficial, resposta biológica ou aparência estética, embora as evidências clínicas de longo prazo para a impressão 3D ainda sejam limitadas.

Assim, pode-se concluir que a fresagem CAD/CAM subtrativa permanece como a técnica mais consolidada e previsível clinicamente, enquanto a manufatura aditiva representa uma tecnologia promissora, com potencial para redução de desperdício de material, produção de estruturas complexas e maior eficiência de fabricação. Entretanto, ainda existem desafios relacionados ao controle da contração durante a sinterização, à padronização dos materiais e à necessidade de evidências clínicas de longo prazo.

- 2- Com base no texto 2, seus conhecimentos prévios, e literatura vigente, disserte sobre a importância de ensaios de fadiga em Odontologia. (Peso 0,75)

Os ensaios de fadiga possuem grande relevância na Odontologia por permitirem uma avaliação mais próxima das condições clínicas às quais materiais restauradores, próteses, implantes e dentes restaurados são submetidos durante a mastigação. Diferentemente dos ensaios estáticos de resistência à fratura, os testes de fadiga utilizam cargas cíclicas e repetidas, geralmente em ambiente úmido, simulando a ação contínua das forças mastigatórias ao longo do tempo. Dessa forma, conseguem reproduzir mecanismos de falha que ocorrem clinicamente e que frequentemente não são identificados por testes monotônicos convencionais.

A fadiga pode ser definida como a degradação das propriedades mecânicas de um material decorrente da aplicação repetida de tensões ou deformações, levando à iniciação e propagação progressiva de defeitos e trincas até a falha final. Um aspecto fundamental é que a fratura por fadiga ocorre em níveis de carga inferiores à resistência máxima obtida em testes estáticos, demonstrando que os valores de resistência à fratura isoladamente não são suficientes para prever o desempenho clínico de materiais odontológicos.

Nos materiais cerâmicos, especialmente, a importância dos ensaios de fadiga é ainda maior devido ao comportamento frágil dessas estruturas. Defeitos superficiais e internos atuam como concentradores de tensão e favorecem o crescimento subcrítico de trincas sob carregamento cíclico, podendo culminar em falhas catastróficas após longos períodos de serviço clínico. Assim, a avaliação da fadiga torna-se essencial para estimar a longevidade e a confiabilidade das restaurações cerâmicas.

Além da análise da sobrevivência dos materiais, os ensaios de fadiga permitem investigar a influência de diversos fatores clínicos e laboratoriais no desempenho mecânico das restaurações, tais como:

- tratamento de superfície das cerâmicas;
- qualidade da adesão entre substrato, cimento e restauração;
- espessura e viscosidade do cimento resinoso;
- ajustes internos realizados com pontas diamantadas;
- acabamento e polimento superficial;
- geometria e espessura das restaurações;
- propriedades mecânicas dos materiais de infraestrutura e suporte.

Os resultados desses ensaios auxiliam no desenvolvimento de novos materiais e protocolos clínicos, permitindo estimar taxas de sobrevivência, confiabilidade estrutural e comportamento em longo prazo por meio de análises estatísticas específicas, como Kaplan-Meier e Weibull.

Portanto, os ensaios de fadiga constituem uma ferramenta indispensável na pesquisa odontológica moderna, pois fornecem informações mais realistas sobre o comportamento mecânico dos materiais restauradores, auxiliando na previsão da longevidade clínica e na tomada de decisões baseadas em evidências científicas. As evidências atuais demonstram que a fadiga é um dos principais mecanismos responsáveis pela falha de restaurações odontológicas e que sua avaliação deve complementar os ensaios convencionais de resistência mecânica.

- 3- Com base no texto 3, seus conhecimentos prévios, e literatura vigente, disserte sobre qual a influência do módulo elástico do substrato sobre o comportamento das restaurações cerâmicas aderidas sobre este, e qual a mecânica envolvida em tal mecanismo de interação. (Peso 0,75)

O comportamento mecânico das restaurações cerâmicas adesivamente cimentadas não depende exclusivamente das propriedades intrínsecas da cerâmica, mas também das características do substrato sobre o qual elas estão apoiadas. Entre essas características, o módulo elástico do substrato exerce papel fundamental na distribuição de tensões, na deformação do conjunto restaurador e, conseqüentemente, na resistência à fadiga e à fratura das restaurações cerâmicas. O módulo elástico representa a rigidez de um material, ou seja, sua capacidade de resistir à deformação quando submetido a uma carga. Substratos com elevado módulo elástico, como ligas metálicas ou núcleos metálicos fundidos, apresentam menor deformação sob carregamento. Em contrapartida, substratos com menor módulo elástico, como dentina, resinas compostas e materiais poliméricos, deformam-se mais facilmente quando submetidos às mesmas forças mastigatórias.

Quando uma restauração cerâmica é cimentada sobre um substrato mais rígido, ocorre menor flexão do conjunto restaurador durante a aplicação das cargas oclusais. Essa redução da deformação diminui a concentração de tensões de tração na superfície interna da restauração, especialmente na interface de cimentação, região considerada crítica para o início das falhas em materiais cerâmicos. O estudo de Machry et al. demonstrou que restaurações cimentadas sobre substratos metálicos apresentaram maiores cargas de falha, maior número de ciclos até a fratura e maior confiabilidade estrutural quando comparadas às cimentadas sobre substratos menos rígidos. A mecânica envolvida nesse fenômeno está relacionada à teoria da flexão de placas aderidas. Durante a mastigação, a carga aplicada na superfície oclusal provoca uma deformação da restauração. Se o substrato apresentar baixa rigidez, ele acompanha essa deformação, permitindo maior flexão do sistema. Como as cerâmicas possuem elevada resistência à compressão, porém limitada resistência à tração, essa flexão gera tensões trativas na superfície interna da restauração, favorecendo a nucleação e propagação de trincas radiais originadas na interface adesiva. Esse mecanismo explica por que a maioria das falhas clínicas de restaurações cerâmicas se inicia na superfície cimentada e progride em direção à superfície oclusal.

Por outro lado, quando o substrato apresenta elevado módulo elástico, sua menor deformação restringe a flexão da restauração, reduzindo a magnitude das tensões trativas desenvolvidas na região interna da cerâmica. A análise por elementos finitos apresentada no artigo demonstrou justamente uma redução da tensão principal máxima (Maximum Principal Stress – MPS) em todas as cerâmicas avaliadas quando cimentadas sobre substratos mais rígidos. Além da influência do substrato, o próprio módulo elástico da cerâmica também interfere no comportamento mecânico do conjunto. Materiais mais rígidos, como a zircônia e o dissilicato de lítio, tendem a concentrar maiores tensões internas, enquanto materiais com módulo elástico mais próximo ao da dentina, como as cerâmicas infiltradas por polímero (PICN), promovem distribuição de tensões mais homogênea. Dessa forma, materiais híbridos podem apresentar desempenho favorável em determinadas situações clínicas, especialmente quando associados a substratos menos rígidos.

Sob o ponto de vista clínico, esses conceitos justificam a preocupação com a preservação de estrutura dental sadia e com a escolha adequada dos materiais de reconstrução coronária. Dentes com grande perda estrutural restaurados com materiais de baixo módulo elástico podem gerar maior deformação do complexo restaurador, aumentando a suscetibilidade à fadiga das cerâmicas. Em contrapartida, substratos mais rígidos tendem a melhorar o suporte mecânico da restauração, aumentando sua longevidade clínica.

Em conclusão, o módulo elástico do substrato é um dos principais fatores determinantes para o comportamento biomecânico das restaurações cerâmicas adesivas. Substratos mais rígidos reduzem a flexão do sistema restaurador, diminuem a concentração de tensões trativas na superfície cimentada e aumentam a resistência à fadiga e à fratura. Já substratos menos rígidos favorecem a deformação do conjunto, intensificando a formação e propagação de trincas radiais, que constituem o principal mecanismo de falha das restaurações cerâmicas na prática clínica. Essa interação entre a rigidez do substrato e as propriedades mecânicas da cerâmica deve ser considerada durante o planejamento restaurador para otimizar a previsibilidade e a longevidade dos tratamentos indiretos.

- 4- Com base no texto 4, seus conhecimentos prévios, e literatura vigente, disserte sobre a importância da cimentação adesiva, e cite os protocolos de tratamento de superfície recomendados para cada microestrutura cerâmica. (Peso 0,75)

A cimentação adesiva representa um dos avanços mais importantes da Odontologia Restauradora moderna, pois possibilita a união efetiva entre estrutura dental, material restaurador e agente cimentante, formando um complexo biomecânico integrado capaz de distribuir tensões de maneira mais favorável. Além de aumentar a retenção das restaurações indiretas, a cimentação adesiva contribui para a preservação de estrutura dentária, melhora a vedação marginal, reduz a microinfiltração e aumenta a resistência à fratura de restaurações cerâmicas, especialmente em preparos minimamente invasivos. A adesão também permite a indicação clínica de restaurações ultrafinas, como laminados cerâmicos, que dependem diretamente da qualidade da interface adesiva para seu desempenho clínico.

Do ponto de vista mecânico, a cimentação adesiva promove a união entre substrato dental e cerâmica, reduzindo concentrações localizadas de tensão e favorecendo a dissipação das cargas mastigatórias. Essa integração estrutural aumenta a resistência à propagação de trincas e melhora o comportamento em fadiga, principal mecanismo de falha das restaurações cerâmicas ao longo do tempo. Além disso, a interface adesiva contribui para reforçar cerâmicas vítreas relativamente frágeis, tornando-as clinicamente previsíveis mesmo em espessuras reduzidas.

Entretanto, o sucesso da cimentação adesiva depende diretamente do tratamento de superfície realizado na cerâmica, o qual varia conforme sua composição microestrutural. As cerâmicas odontológicas podem ser divididas, de forma simplificada, em cerâmicas vítreas (ricas em sílica) e cerâmicas policristalinas (com reduzida ou nenhuma fase vítrea).

Nas cerâmicas vítreas ou sílica-baseadas, como feldspáticas, leucita-reinforçadas e dissilicato de lítio, o protocolo de escolha consiste no condicionamento com ácido fluorídrico seguido da aplicação de silano. O ácido fluorídrico dissolve seletivamente a matriz vítrea, criando microporosidades e aumentando a rugosidade superficial e a energia de superfície. Posteriormente, o silano estabelece ligações químicas entre a sílica da cerâmica e a matriz orgânica do cimento resinoso, promovendo retenção micromecânica e adesão química simultaneamente.

Nas cerâmicas policristalinas de alta resistência, como alumina e zircônia, o condicionamento com ácido fluorídrico é ineficaz devido à ausência de fase vítrea suscetível à dissolução ácida. Nesses materiais, o tratamento recomendado consiste em jateamento com partículas de óxido de alumínio para promover rugosidade superficial e remoção de contaminantes, seguido da aplicação de primers contendo monômeros fosfatados funcionais, especialmente o 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato), capaz de estabelecer ligação química estável com os óxidos metálicos presentes na superfície da zircônia. Alternativamente, podem ser utilizados sistemas de silicatização seguidos de aplicação de silano.

Mais recentemente, para a zircônia, também foram propostos métodos como a infiltração seletiva por vidro seguida de condicionamento, buscando criar uma superfície mais receptiva à adesão. Contudo, na prática clínica atual, a combinação de jateamento com óxido de alumínio e primer contendo MDP permanece como o protocolo mais amplamente aceito e respaldado pela literatura científica.

Em síntese, a cimentação adesiva é fundamental para a longevidade clínica das restaurações indiretas, contribuindo para retenção, vedação marginal, reforço estrutural e resistência à fadiga. O sucesso desse procedimento depende da correta seleção do protocolo de tratamento superficial de acordo com a microestrutura cerâmica: ácido fluorídrico e silano para cerâmicas vítreas, e jateamento associado a primers contendo MDP (ou silicatização seguida de silanização) para cerâmicas policristalinas, especialmente a zircônia. Essas estratégias garantem interfaces adesivas mais duráveis e previsíveis clinicamente.

- 5- Com base nos aspectos abordados nas questões anteriores e no conceitos de prótese dentária, desenvolva o conhecimento científico aplicado a uma abordagem clínica no caso a seguir:

Um paciente do sexo masculino, 52 anos, comparece à clínica com queixa de desgaste excessivo dos dentes e comprometimento estético. Durante a anamnese, relata apertamento dentário noturno há mais de 15 anos e episódios frequentes de tensão muscular. O exame clínico revela desgaste generalizado compatível com bruxismo, perda significativa de estrutura dentária posterior e redução da dimensão vertical de oclusão (DVO), mas não são constatadas perdas de elementos dentários. Após período de adaptação com restaurações provisórias e confirmação da nova DVO, foi indicado tratamento reabilitador definitivo envolvendo restaurações indiretas unitárias, livres de metal, em todos os dentes posteriores e anteriores. Qual a sua sugestão para a seleção do material restaurador mais indicado para a reabilitação definitiva deste paciente? (Peso 1,00)

O caso clínico apresenta um paciente com bruxismo crônico, perda generalizada de estrutura dentária, redução da dimensão vertical de oclusão (DVO) e necessidade de reabilitação extensa, configurando uma situação de alto risco biomecânico. Nesses casos, a seleção do material restaurador deve considerar não apenas resistência à fratura, mas também comportamento em fadiga, distribuição e absorção de tensões, reparabilidade e longevidade clínica.

A principal indicação pode ser a utilização de cerâmicas policristalinas à base de zircônia, especialmente em regiões posteriores, devido à sua elevada resistência à flexão, alta tenacidade à fratura e maior resistência à propagação de trincas, características importantes em pacientes submetidos a elevadas cargas mastigatórias decorrentes do bruxismo. Dessa forma, a zircônia apresenta elevada previsibilidade mecânica e excelente desempenho em reabilitações extensas.

Entretanto, a resposta não deve necessariamente restringir-se à indicação de zircônia. Com base nos conceitos biomecânicos discutidos nos artigos, também pode ser justificada a utilização de restaurações indiretas em resina composta. Por apresentarem módulo de elasticidade inferior ao das cerâmicas e mais próximo ao da dentina, as resinas compostas possuem maior capacidade de absorção e dissipação de tensões, reduzindo concentrações de estresse e o risco de fraturas catastróficas. Além disso, em pacientes com parafunção severa, oferecem vantagens como maior facilidade de reparo intraoral, menor custo biológico em eventuais retratamentos e possibilidade de manutenção conservadora ao longo do tempo. Como limitações, apresentam maior suscetibilidade ao desgaste e menor estabilidade superficial quando comparadas às cerâmicas.

As cerâmicas vítreas, como o dissilicato de lítio, podem ser consideradas principalmente para a região anterior em situações de maior exigência estética. Contudo, em pacientes com bruxismo severo e reabilitações extensas, apresentam maior suscetibilidade à propagação de trincas e falhas por fadiga quando comparadas à zircônia, exigindo criteriosa avaliação clínica, adequada espessura restauradora e controle oclusal.

Independentemente do material selecionado, o sucesso clínico depende da validação prévia da nova DVO por meio de restaurações provisórias, do planejamento oclusal adequado, da correta seleção do protocolo de cimentação, da distribuição equilibrada dos contatos oclusais e da utilização de placa estabilizadora noturna para controle das cargas parafuncionais.

Conclui-se que a zircônia constitui a principal alternativa para reabilitações extensas em pacientes bruxômanos devido à sua elevada resistência mecânica e à fadiga. Entretanto, restaurações indiretas em resina composta também podem ser adequadamente indicadas em função de seu comportamento biomecânico mais resiliente, menor risco de falhas catastróficas e maior facilidade de reparo. Espera-se que o aluno seja capaz de justificar sua escolha relacionando as propriedades dos materiais às demandas biomecânicas e funcionais do caso clínico.