

Ana Paula Martini

*Influência da espessura da camada de cimento
e da variação da temperatura no
comportamento mecânico de fragmentos
cerâmicos utilizados em restaurações estéticas*

ARAÇATUBA – SP
2012

Ana Paula Martini

*Influência da espessura da camada de cimento
e da variação da temperatura no
comportamento mecânico de fragmentos
cerâmicos utilizados em restaurações estéticas*

*Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia
do Câmpus de Araçatuba – Unesp, para a obtenção do
Grau de “Mestre em Odontologia” – Área de
Concentração em Prótese Dentária.*

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Passos Rocha

**ARAÇATUBA – SP
2012**

Dedicat6ria

À Deus

Aquele que permite cada conquista, razão do que sou e de tudo que faço.

Aos meus pais, Maria e Orlando

Que sempre me incentivaram e apoiaram, ensinando os verdadeiros valores da vida, dividindo e ensinando a superar cada dificuldade. Muito obrigada por me ensinarem, a cada dia, o verdadeiro sentido da felicidade, da plenitude. E muito obrigada novamente, e sempre, por me fazerem entender quão simples é a felicidade!

*Agradecimentos
Especiais*

Ao meu orientador, Prof. Eduardo Rocha

Responsável por viabilizar tantas oportunidades que têm contribuído imensamente para o meu crescimento profissional. Pela atenção, paciência, amizade e conhecimento partilhado, pelo exemplo não só profissional, mas também pessoal, que tem sido nesses anos de convivência.

Ao Profs. Paulo Henrique e Wirley Assunção

Pela atenção, paciência e amizade sempre dedicadas, pelo conhecimento e exemplo de vida. Sou extremamente agradecida pelos exemplos de docilidade nas relações interpessoais, humildade, os quais revelam nobres valores de vida.

Ao Prof. Paulo Francisco Cesar

Por deixar todos os seus compromissos, deslocar-se até Araçatuba para contribuir, através de seus admiráveis conhecimentos, nesse momento da minha vida.

Aos amigos Amilcar, Erika e Rodolfo

Por todo conhecimento compartilhado, pelos momentos de descontração e amizade. Pelo acolhimento e pela prontidão constante em todas as situações vivenciadas desde o período de iniciação científica. São três amigos admiráveis, agregando valores que ultrapassam as barreiras do conhecimento científico... Ampliando o sentido desse período de pós-graduação.

Aos meus irmãos, cunhadas e sobrinhos

Pelos valiosos momentos em que tudo pareceu – *e foi* – mais fácil!

Ao meu namorado, Gustavo

Pela prontidão em me ouvir e procurar soluções para os problemas que pareciam sempre ser tão difíceis de resolver! Por toda paciência, especialmente nos últimos meses... Pelo amor compartilhado e multiplicado a cada dia. Por ser sal e luz nessa caminhada.

Agradecimientos

Aos meus **queridos amigos de Araçatuba, amigos de graduação e pós-graduação**. Pessoas que ajudam a dar sentido às lutas, acrescentando mais alegria a cada vitória... Responsáveis por muitos momentos de importância indiscutível!

À *Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP*, na pessoa da Diretora **Prof^{ra}. Ana Maria Pires Soubhia** e da Coordenadora de Pós-Graduação **Profa. Maria José Hitomi Nagata**, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Odontologia.

Aos **Professores** do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba por contribuírem para a minha formação acadêmica.

Aos **funcionários** da Seção de Pós-Graduação, do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, e da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, pela prontidão e atenção dispensada.

Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq*, pelo suporte financeiro fornecido durante o período de realização do curso de Mestrado.

*A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram
para a realização deste trabalho.*

Resumo

RESUMO

Martini AP. Influência da espessura da camada de cimento e da variação da temperatura no comportamento mecânico de fragmentos cerâmicos utilizados em restaurações estéticas [Dissertação]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2012.

Introdução: Fragmentos cerâmicos têm sido utilizados como opção restauradora em dentes anteriores com necessidade de pequenas correções de contorno e forma. A espessura da camada de cimento resinoso e a variação da temperatura intra-bucal são fatores influentes no sucesso das restaurações cerâmicas convencionais como inlays, onlays, coroas e laminados. Entretanto, a literatura não apresenta dados sobre a influência destes dois fatores no comportamento mecânico do fragmento cerâmico que geralmente apresenta dimensões não uniformes, principalmente nos limites da restauração. **Proposição:** O objetivo do presente estudo é analisar, através do método dos elementos finitos tridimensional (EF 3-D), o comportamento da camada de cimento resinoso e da cerâmica, variando a espessura da camada de cimento e a temperatura intra-bucal. **Materiais e Métodos:** Após a obtenção do conjunto de imagens microtomográficas de um incisivo central maxilar, o modelo sólido do dente será elaborado no programa Mimics. A partir deste modelo inicial (M), 5 modelos serão elaborados no programa SolidWorks, simulando a restauração do ângulo disto-incisal com o uso de um fragmento cerâmico colado ao substrato dental, variando a espessura da camada de cimento resinoso: M1 – 0 µm de espessura; M2 – 50 µm em toda extensão; M3 – 50 µm nas margens e 100 µm à distância; M4 – com 50 µm nas margens e 200 µm à distância; e M5 – com 100 µm nas margens e 200 µm à distância. Para todos os modelos, serão simuladas 4 variações de temperatura similares às mudanças que ocorrem na cavidade bucal (5°C, 20°C, 37°C, e 50°C). A malha

de elementos finitos será refinada segundo a convergência da análise, a ser realizada no programa Ansys Workbench. **Resultados:** A tensão principal máxima no fragmento cerâmico nos modelos M1 a M5 sob temperatura de 5°C foi (MPa): 7,81; 7,82; 27,3; 27,4 e 1,83, respectivamente. Para 50°C, os valores foram 35,6; 35,6; 87,6; 79,2 e 25,9, respectivamente. **Conclusões:** O fragmento cerâmico apresentou maiores valores de tensão de tração conforme houve aumento da temperatura e maiores valores de tensão de compressão com a diminuição da temperatura, sendo que os maiores valores de tensão foram localizados nas margens do fragmento.

Palavras-chave: Análise de elemento finito, cimento de resina, cerâmica, Projeto Auxiliado por Computador, estética.

Abstract

ABSTRACT

Martini AP. Influence of cement layer thickness and variation of temperature in the mechanics of ceramics fragments used in esthetics restoration [Dissertation]. Araçatuba: UNESP - São Paulo State University; 2012.

Introduction: Ceramics fragments have been used for dental/aesthetic restorative purposes in the anterior dentition. The cement layer thickness and temperature variation play an important role for the adequate biomechanical behavior of the ceramics in case of inlays, onlays, total crown and laminate veneers. However, those aspects has not been evaluated in case of ceramics fragments that usually shows non-uniform dimension and shape which might have negative influence in the behavior of dental ceramics fragments. **Purpose:** The aim of this study was evaluated by 3-D finite element analysis the mechanical behavior of the cement layer and ceramic fragment varying the cement layer thickness and the temperature. **Materials and Methods:** After obtaining the microtomography data set of a maxillary central incisor, the solid model was rebuild using Mimics program. The model was exported to the Solidworks program for the simulation of a defect at the distal/incisal edge. This defect was restored with a ceramic fragment bonded to the enamel surface. From this restored model (M), 5 different models were tested: M1 – cement layer (CL) showing 0 μm of thickness; M2 – CL with an uniform thickness of 50 μm ; M3 – CL with 50 μm at the margin of ceramics and 100 μm in the inner area; M4 – CL with 50 μm at the margin of ceramics and 200 μm in the inner area; and M5 – CL with 100 μm at the margin of ceramics and 200 μm in the inner area. In all models, the environment temperature changed from 5°C to 50°C in 4 increments. The finite element (FE) mesh was refined drove by convergence of analysis. The numerical

approach was performed using Ansys Workbench FE program. **Results:** The maximum principal stress in the ceramic fragment under 5°C was (M1 to M5) (MPa): 7.81, 7.82, 27.3, 27.4 and 1.83, respectively. For 50°C, the values were 35.6, 35.6, 87.6, 79.2 and 25.9, respectively. **Conclusions:** The ceramics fragments showed higher values of tensile stress as there was an increase of the temperature and higher values of compressive stress as there was a decreasing of the temperature. The highest values were located on the margins of the fragment.

Key Words: Finite element analysis, resin cement layer, CAD-CAM, ceramics, esthetics.

Lista de Figuras

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo geométrico de um incisivo central maxilar reconstruído com o auxílio do programa SolidWorks. Em destaque, a capa de esmalte (a), a dentina (b) e o ligamento periodontal (c).....	48
Figura 2	Detalhes relacionados ao fragmento cerâmico. 1 - Visão frontal e disto-vestibular do incisivo central maxilar restaurado. 2 – Visão aproximada do fragmento (em transparência), ressaltando a relação com a camada de cimento e o esmalte dental.....	49
Figura 3	Malha de elementos finitos.....	50
Figura 4	Tensão principal máxima (MPa) no fragmento cerâmico em M2 submetido às temperaturas de 5°C e 50°C, respectivamente.....	51
Figura 5	Tensão principal máxima (MPa) no fragmento cerâmico em M3 submetido às temperaturas de 5°C e 50°C, respectivamente.....	52
Figura 6	Tensão principal máxima (MPa) no fragmento cerâmico em M4 submetido às temperaturas de 5°C e 50°C, respectivamente.....	53
Figura 7	Tensão principal máxima (MPa) no fragmento cerâmico em M5 submetido às temperaturas de 5°C e 50°C, respectivamente.....	54
Figura 8	Localização da Tensão principal máxima (MPa) no fragmento cerâmico.....	55

Lista de Tabelas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Variações da espessura da camada de cimento e cerâmica nos diferentes modelos nas margens da restauração e à distância das margens.....	57
Tabela 2	Propriedades mecânicas e térmicas dos materiais utilizados na simulação.....	57
Tabela 3	Valores de tensão principal máxima (σ_{\max}), tensão principal mínima (σ_{\min}), tensões cisalhantes (shear stress) e expansão térmica (thermal strain) nos modelos M1, M2, M3, M4 e M5, variando a temperatura em 5, 20, 37 e 50°C.....	58

*Lista de
Abreviaturas*

LISTA DE ABREVIATURAS

3D = tridimensional

CAD = projeto assistido por computador

CCR = camada de cimento resinoso

EF = elementos finitos

FC = fragmento cerâmico

M = modelo

mm = milímetros

MPa = megapascal

N = Newtons

σ_{\max} = tensão principal máxima

σ_{\min} = tensão principal mínima

μ CT = microtomografia

μ m = micrômetros

E = módulo de elasticidade

ν = coeficiente de Poisson

Sumário

SUMÁRIO

1.1	Introdução	25
1.2	Materiais e Métodos	29
1.3	Resultados	33
1.4	Discussão	37
1.5	Conclusão	41
1.6	Referências	43
1.7	Figuras	48
1.8	Tabelas	57
2	Anexo	60

Introdução

1.1 Introdução

A capacidade das cerâmicas em reproduzir a beleza e a aparência dos dentes naturais com elevada fidelidade tem fundamentado parte das ações clínicas com demanda estética.¹⁻⁷ Essencialmente, o emprego dos diferentes sistemas cerâmicos envolve o uso de cerâmicas reforçadas para restaurações do tipo inlay/onlay até o uso de sistemas cerâmicos sem suporte metálico para reabilitações orais com próteses fixas.⁸⁻¹²

A evolução dos materiais cerâmicos tem sido acompanhada pelo aperfeiçoamento da chamada 'odontologia adesiva',¹³⁻¹⁶ tornando possível a confecção de restaurações em cerâmica para situações clínicas caracterizadas por nenhuma ou mínima necessidade de preparo dental, os chamados fragmentos cerâmicos, ou lentes de contato,¹⁷⁻¹⁹ os quais são restaurações cerâmicas parciais para correções de contorno/forma na dentição anterior de modo minimamente invasivo. São cimentados sobre os dentes naturais, eliminando, por exemplo, diastemas, espaços mortos ou corrigindo o perfil de bordas incisais e pontos de contato, eventualmente sobre dentes intactos, sem nenhum tipo de preparo.¹⁹

Entretanto, as restaurações parciais em cerâmica demandam maior investigação, não havendo estudos sobre o comportamento mecânico da restauração e a influência da camada de cimento resinoso na estabilidade de todo o conjunto. Nos casos de laminados cerâmicos, Magne et al., em 1999,²⁰ observaram a necessidade de uma relação ótima, caracterizada por uma razão maior do que 3 entre a espessura da cerâmica e a da camada de cimento. Esta relação previne a propagação de falhas provocadas por tensões compressivas decorrentes da contração do agente cimentante, bem como por tensões trativas/compressivas decorrentes da expansão/contração do cimento resinoso em função das alterações de temperatura na cavidade bucal (entre 0°C e 67°C).^{20,21}

Ressalta-se que cerâmicas delgadas ($<600\mu\text{m}$) combinadas com adaptação marginal inadequada ($>200\mu\text{m}$) estão mais sujeitas à falha estrutural.²⁰ Havendo respeito à relação ótima, a camada de cimento resinoso com aproximadamente $50\mu\text{m}$ nas margens da restauração e com $100\mu\text{m}$ à distância das margens tem sido apontada como adequada para a manutenção da integridade da cerâmica, desde que a cerâmica apresente, no mínimo, $300\mu\text{m}$ de espessura em toda sua extensão.²⁰ A não observação destas características pode induzir a ocorrência de trincas, gerando uma falha estrutural que pode comprometer o sucesso do caso clínico.^{8,20-22}

Nos casos de fragmentos cerâmicos, considerando o volume reduzido que o caracteriza, com áreas que podem medir aproximadamente $200\mu\text{m}$ de espessura, a contração do cimento resinoso pode ser crítica para a cerâmica, principalmente se não se respeitar a proporção de 3:1 com a camada de cimento. Associada às alterações de temperatura no meio bucal, a estabilidade dos fragmentos cerâmicos pode estar comprometida.

No entanto, embora desejável, não está fundamentado se o grau de desadaptação dos fragmentos cerâmicos e sua relação com a espessura da camada de cimento resinoso deve seguir o estabelecido para os laminados cerâmicos.^{23,24} Além da carência de informações, o estudo numérico de Magne et al., 1999,²⁰ além de bidimensional, foi direcionado para a interpretação de laminados cerâmicos e não de fragmentos. Adicionalmente, a depender do resultado final que se deseje alcançar no caso clínico, o respeito à uniformidade da espessura em toda a extensão do fragmento cerâmico pode não ser estabelecido, influenciando o comportamento estrutural e comprometendo a estabilidade da restauração.

A redução da temperatura intraoral ($\pm 5^\circ\text{C}$) pode exacerbar os efeitos deletérios das tensões trativas e levar à falha estrutural da cerâmica, principalmente nas áreas mais

delgadas do fragmento, uma vez que diferentes espessuras da camada de cimento resinoso podem ser estabelecidas. Por outro lado, linhas de cimentação espessas, além de potencializar os efeitos deletérios das tensões compressivas, estão sujeitas à ocorrência de manchamentos que podem comprometer o resultado estético de maneira irreversível. Ou seja, a espessura ideal para a linha de cimentação no uso de fragmentos cerâmicos é um aspecto inexplorado e que demanda maiores investigações.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, com o uso do método dos elementos finitos tridimensional (EF 3-D), o comportamento da camada de cimento resinoso e do fragmento cerâmico, variando a temperatura e a espessura da camada de cimento, na reconstrução do ângulo disto-incisal de um incisivo central maxilar. A hipótese testada é a de que o fragmento cerâmico estará em risco estrutural nas regiões mais delgadas, independente da espessura da camada de cimento resinoso, principalmente em baixas temperaturas ($<20^{\circ}\text{C}$).

*Materiais e
Métodos*

1.2 Materiais e Métodos

Foi obtido um conjunto de imagens microtomográficas (μ CT) de um incisivo central maxilar (CT40, Scanco Medical, Bassersdorf, Switzerland) para a geração do modelo sólido. A reconstrução do sólido foi realizada com o auxílio do programa Mimics 13.1 (Materialise, Leuven, Bélgica) para o reconhecimento das estruturas que o compõem: esmalte, dentina e câmara pulpar, sendo que a coroa apresentou 12 mm de comprimento, 8,5mm em sua extensão disto-mesial e 7mm em sua maior extensão vestibulo-palatina (Figura 1). O modelo sólido criado foi exportado para o programa de modelagem gráfica SolidWorks (SolidWorks Corp., Concord, MA, USA), para a simulação do defeito no ângulo disto-incisal e respectiva restauração com um fragmento cerâmico à base de dissilicato de lítio que variou em espessura de 100 μ m a 300 μ m, dependendo do modelo analisado, simulando a situação clínica de fechamento de diastema (Figura 2).

A partir deste modelo inicial (M), e utilizando o programa SolidWorks (SolidWorks Corp., Concord, MA, USA), foram gerados outros modelos variando a espessura da camada de cimento resinoso (CCR) e conseqüentemente a espessura do fragmento cerâmico (FC). A CCR variou da seguinte forma (tabela 1):

M1, CCR inexistente, simulando a justaposição do dente ao fragmento cerâmico (controle positivo);

M2, CCR com 50 μ m de espessura, uniformemente distribuída em toda a interface dente/restauração (relação FC:CCR = 5:1);

M3, CCR com 50 μ m de espessura nas margens da restauração e 100 μ m à distância das margens (FC:CCR = 5:1 nas margens e 2:1 à distância da margem);

M4, CCR com 50 µm de espessura nas margens da restauração e 200 µm à distância das margens (FC:CCR = 5:1 nas margens e 1:2 à distância da margem);

M5, CCR com 100 µm de espessura nas margens da restauração e 200 µm à distância das margens (FC:CCR = 2:1 nas margens e 1:2 à distância da margem – controle negativo).

Sendo assim, a espessura da CCR foi diferente para cada modelo, influenciando a espessura do FC, o qual também variou para evitar o sobre contorno da restauração.

O cimento resinoso simulado foi o Variolink II (Ivoclar, Schaan, Lichtenstein).²⁵ O ligamento periodontal foi representado por uma camada de 0,25 mm uniformemente distribuída ao redor da raiz do incisivo central (Figura 1).

A variação de temperatura foi realizada de acordo com as alterações que ocorrem cotidianamente no meio bucal, com limites registrados pela literatura entre 0°C e 67°C, decorrentes da ingestão de variadas substâncias em diferentes temperaturas.^{20,21} De acordo com o estudo de Magne et al. 1999,²⁰ foi assumido um valor de 20°C para representar a temperatura base para o uso do cimento resinoso. Além dessa temperatura, outras três variações foram utilizadas: 5°C, 37°C e 50°C. As diferentes temperaturas foram testadas em todos os modelos (M1, M2, M3, M4 e M5).

Os modelos criados no programa SolidWorks 2010 (SolidWorks Corp., Concord, MA, USA) foram exportados para o programa de elementos finitos Ansys Workbench 10.0 (Swanson Analysis Inc., Houston, PA, USA) no formato .igs (*Initial Graphics Exchange Specification* - especificação inicial de intercâmbio gráfico) para a análise numérica. As propriedades mecânicas e térmicas dos materiais utilizados constam na tabela 2.^{21,25-27}

Foi aplicada em toda superfície incisal de todos os modelos uma força (1N) paralela ao longo eixo do dente e avaliada a influência desse carregamento nos resultados obtidos, uma vez que a variável de interesse era a temperatura.

Todos os materiais do presente estudo foram considerados homogêneos e isotrópicos, com todas as interfaces de contato consideradas perfeitamente unidas.

A geração da malha de elementos finitos foi realizada segundo a convergência da análise (6%),²⁸ apresentando elementos tetraédricos com dimensões compatíveis à espessura da camada de cimento resinoso. Os modelos mostraram variação de 226306 a 229613 elementos e de 339550 a 346717 nós (Figura 3). Além disso, como condição de contorno, a superfície externa do ligamento periodontal foi fixada nos eixos x, y e z ($x=y=z=0$).

Os resultados foram analisados sobre os seguintes critérios: tensão principal máxima (σ_{\max}), tensão principal mínima (σ_{\min}), tensões cisalhantes (shear stress) e expansão térmica (thermal strain), tanto para o FC quanto para a CCR.

Como não está prevista variação estatística para cada modelo testado ($n=1$), a análise estatística descritiva foi aplicada na comparação dos resultados.

Resultados

1.3 Resultados

Todos os valores encontrados para cada critério de análise verificado no FC e na CCR encontram-se descritos na tabela 3.

Os resultados mostram que a adaptação perfeita – caracterizada pela ausência da camada de cimento, com união total entre o fragmento e o esmalte – apresenta os menores valores de σ_{\max} , a qual representa as tensões de tração, sendo a melhor condição em relação à distribuição de tensão, servindo de parâmetro para a interpretação dos resultados obtidos neste trabalho. Paralelamente, verificou-se que o carregamento incisal não alterou os valores de tensão encontrados no FC e na CCR na ausência de carregamento e, portanto, não interferiu nos resultados obtidos.

O M2 apresentou aumento dos valores de tensão de tração no FC conforme a temperatura aumentou. No entanto, não pode ser feita a mesma observação em relação à CCR, cujos valores variaram em menor intensidade, tendendo à uniformidade, com exceção para a temperatura de 20°C, na qual, tanto o FC quanto a CCR, apresentaram valores menores para todos os critérios de análise. De acordo com o observado em M1, a tensão de compressão, representada pela σ_{\min} , é maior nas temperaturas mais baixas, alcançando um pico de 19,6 MPa para 5°C. O M2 apresentou σ_{\max} igual a 104 MPa na temperatura de 37°C.

Pode ser observado ainda em M2, que a CCR apresentou um comportamento inverso ao da σ_{\min} na comparação com o que foi observado no FC. A tensão de cisalhamento aumentou, para o FC e a CCR nas temperaturas mais elevadas, ao contrário dos dados obtidos em M1, o qual apresentou maior valor de tensão de cisalhamento em 5°C. Da mesma forma, a tensão térmica aumentou com o aumento da temperatura em FC e CCR, em conformidade com M1, assumindo sempre os mesmos

valores para todos os modelos, variando apenas para as diferentes temperaturas aplicadas.

Ao observar M3, notou-se aumento de ambas, σ_{\max} e tensão cisalhante, na temperatura mais elevada para o FC, e somente da tensão de cisalhamento para a CCR, a qual apresentou picos de σ_{\max} na temperatura de 5°C. Enquanto a σ_{\min} é maior para a temperatura de 5°C no FC, na CCR ela é maior em 50°C. O M4 apresentou dados bastante semelhantes ao M3 para todos os critérios analisados, inclusive atingindo valores semelhantes e mais elevados que os outros modelos para a σ_{\max} na temperatura de 5°C (27,3 e 27,4 MPa), sendo que uma das principais diferenças entre os dois modelos foi que, em M4, a tensão de compressão, apesar de mais elevada em 5°C, apresentou um valor muito próximo para a temperatura de 50°C (41,8 e 41,6 MPa, respectivamente).

Por fim, M5 revelou, de modo geral, valores reduzidos de σ_{\max} , σ_{\min} e tensão de cisalhamento para o FC quando comparado aos outros modelos analisados. No entanto, o comportamento do modelo para as diferentes temperaturas foi similar aos demais: σ_{\max} aumentou como o aumento da temperatura, a σ_{\min} comportou-se de modo inverso, sendo que a tensão de cisalhamento, à semelhança do que ocorreu em M1, teve pico registrado em 5°C. A CCR, diferentemente dos modelos M2, M3 e M4, apresentou maior valor de σ_{\max} em 50°C. O mesmo aconteceu com a tensão de cisalhamento. Já a σ_{\min} , apresentou maior valor quando o modelo foi submetido à temperatura de 5°C.

Resumidamente, altas temperaturas geraram maiores valores de tensão de tração no FC, a qual se concentrou em suas bordas, na porção mais convexa do fragmento. A maior variação de σ_{\max} observada no FC decorrente das alterações de temperatura aconteceu em M5, cuja tensão foi de 1,8 MPa para 5°C e de 25,9 MPa para 50°C. Em relação à CCR, embora não tenha havido alterações tão expressivas quando observamos

as temperaturas de 5°C e 50°C, o maior aumento de σ_{\max} , entre os extremos de temperatura, também aconteceu em M5. As figuras 4, 5, 6 e 7 mostram as variações de σ_{\max} para os modelos M2, M3, M4 e M5 nos extremos das temperaturas analisadas (5°C e 50°C) e a figura 8 (M5 em 50°C), ilustra a localização predominante dos maiores valores de tensão de tração no FC, sempre nas bordas do fragmento cerâmico.

Discussão

1.4 Discussão

Segundo Magne et al., 1999,²⁰ as restaurações cerâmicas representam a primeira escolha quando a resolução estética é primordial. Características favoráveis como alta resistência, biocompatibilidade, estabilidade de cor, coeficiente de expansão térmica semelhante ao da estrutura dentária e baixa condutividade térmica, além de requererem mínimos desgastes da estrutura dentária, ainda podem ser eficientemente ‘colados’ aos dentes são fatores determinantes. Porém, este cenário poderá sofrer mudanças com o uso de sistemas resinosos com elevado grau de conversão e propriedades mecânicas e estéticas melhoradas.

O presente trabalho, ao variar a espessura da CCR e do FC, constatou o efeito gerado pelas variações de temperatura no meio bucal através do método dos elementos finitos 3D. Os resultados mostram tensão de tração e tensão de compressão concentradas sempre nas bordas da CCR e do FC, independente das condições de espessura e temperatura analisadas. De modo geral, a temperatura de 5°C provoca os maiores valores de σ_{\min} encontrados no FC, enquanto a σ_{\max} apresenta maiores valores no fragmento com o aumento da temperatura.

Camadas de cimento mais delgadas e uniformes (M2), capazes de estabelecer uma razão entre FC/CCR maior do que 3, mostram-se favoráveis na distribuição das tensões tanto no FC quanto na CCR, assim como para os laminados cerâmicos,²⁰ exceto para a temperatura de 37°C, na qual ocorre elevação, especialmente da σ_{\max} . No entanto, deve-se salientar a dificuldade clínica em obter uma CCR tão delgada e uniforme em todos os pontos da restauração, o que praticamente inviabiliza a obtenção real desta condição.

Quando se analisa camadas de cimento mais espessas (M5), encontram-se valores reduzidos de tensão em comparação aos outros modelos. Em baixas temperaturas (5°C), nota-se aumento da tensão de compressão no fragmento. Entretanto, devem ser ponderados os efeitos da CCR espessa influenciando na estética final do caso, seja pela linha de cimentação mais disponível ao manchamento, seja pela maior translucidez do FC. Convém ressaltar que M5 foi o modelo com maior variação entre os valores de tensão de tração e de tensão de compressão no FC (de 5° para 50°C: 1,8 e 25,9 MPa para a σ_{\max} e 14,4 e 2,4 MPa para a σ_{\min}). Além disso, camadas de cimento espessas nos casos de restaurações delgadas, significam redução da espessura da cerâmica com provável desadaptação da restauração, ambos sendo fatores para o insucesso do caso.²⁹

Camadas de cimento de espessura variável, mais delgadas nas margens do que no centro, de modo que, ao menos nas regiões mais próximas às margens do FC, haja a preservação da razão ótima sugerida por Magne et al., 1999,²⁰ como em M3 e M4, não se observam alterações consideráveis nos critérios analisados. Tanto os valores quanto a distribuição de tensão para os critérios de análise são muito semelhantes. As figuras 5 e 6 mostram uma ilha de menor concentração de tensão principal máxima contida pelas margens mais delgadas do fragmento, local em que se encontram os valores mais elevados para as tensões estudadas. Análises fractográficas mostram que a origem das trincas está localizada nessas regiões de concentração de tensão, estendendo-se pela prótese até resultar na fratura da cerâmica.³⁰

Embora os valores de tensão encontrados estejam abaixo do valor de resistência à compressão até mesmo das cerâmicas feldspáticas convencionais que é de 150 MPa,²⁰ enquanto sua resistência à tração encontra-se numa faixa de cerca de metade do valor de resistência à compressão, deve-se considerar que mesmo nesses casos, quando as cargas

aplicadas estão abaixo do valor de resistência da cerâmica, os repetitivos carregamentos podem gerar falhas subcríticas, as quais, lentamente, poderão resultar em falhas críticas.³¹ Considerando que as cerâmicas não possuem capacidade de se deformar plasticamente, defeitos ou mesmo falhas microscópicas da cerâmica são fatores que contribuem para a ocorrência da falha clínica.³²

Com base nas considerações estabelecidas, pode-se ponderar que a hipótese testada neste estudo foi parcialmente aceita, uma vez que o local de concentração da tensão foi na margem do FC. Pois, apesar das espessuras definidas neste estudo para o FC, foi necessário que suas margens sofressem progressivo afinamento, evitando assim, degraus entre a restauração e o esmalte adjacente. Por conta disso, a região mais delgada do FC sofreu mais sollicitação mecânica, sendo ponto de concentração de tensão. Além disso, o aumento da temperatura revelou-se mais influente no comportamento da restauração pelos elevados valores de tensão de cisalhamento e de tração encontrados, concordes com Campos et al., 2011,³¹ que afirmaram que as tensões de tração tendem a ser mais críticas do que as tensões de compressão para materiais cerâmicos, dada sua inerente fragilidade.

Estudos clínicos prospectivos devem ser estimulados para a comprovação dos resultados aqui observados, uma vez que deve-se considerar que a união simulada neste estudo foi perfeita entre todos os componentes e em todas as regiões da interface, clinicamente, apenas as bordas do cimento ficam expostas às variações de temperatura, o que não ocorre na simulação com elementos finitos, na qual toda a camada de cimento é submetida à variação, além dessas variações serem momentâneas.

Conclusão

Conclusão

1.5 Conclusão

Considerando as limitações do presente trabalho, é possível concluir que:

- ✓ O aumento da temperatura, de modo geral, provoca aumento da tensão de tração no FC, enquanto baixas temperaturas causam aumento da tensão de compressão no FC;
- ✓ Em todos os modelos, os picos de tensão se localizaram nas margens do FC;
- ✓ Embora a simulação de camadas de cimento mais espessas que o fragmento cerâmico tenha favorecido menores σ_{\max} , é importante considerar as implicações clínicas negativas para a estética desta condição.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro – auxílio à pesquisa (Processo nº 2008/00209-9).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro – bolsa de estudos (Processo nº 147071/2010-0).

Referências

1.6 Referências

1. Magne P, Douglas WH. Additive contour of porcelain veneers: a key element in enamel preservation, adhesion, and esthetics for aging dentition. *J Ad Dent* 1999;1:81-92.
2. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of literature. *J Prosthet Dent* 2003;89:268-274
3. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin N Am* 2004;48:513-530.
4. Abo-Hamar SE, Hiller K-A, Jung H, Federlin M, Friedl K-H, Schmalz G. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Invest* 2005;9:161-167.
5. Griggs JA. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent Clin N Am* 2007;52:713-727.
6. Kitayama S, Nikaido T, Takahashi R, Zhu L, Ikeda M, Foxton RM et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2010;26:426-432.
7. Shiraishi T, Wood DJ, Shinozaki N, Noort R. Optical properties of base dentin ceramics for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2011;27:165-172.
8. Conrad HJ, Seong W, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007;98:389-404.
9. Peumans M, Hikita K, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P et al. Bond durability of composite luting agents to ceramic when exposed to long-term thermocycling. *Oper Dent* 2007;32:372-379.
10. Della Bona A, Borba M, Benetti P, Cecchetti D. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. *Braz Oral Res* 2007;21:10-15.

11. Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 2008;139:8S-13S.
12. Magne P, Paranhos MPG, Schlichting LH. Influence of material selection on the risk of inlay fracture during pre-cementation functional occlusal tapping. *Dent Mater* 2011;27:109-113.
13. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehab* 2001;28:1022-1028.
14. Magne P, Cascione D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 2006;96:354-361.
15. Lawrence M, Padipatvuthikul P. Variables related to materials and preparing for bond strength testing irrespective of the test protocol. *Dent Mater* 2010;26:e17-e23.
16. Isgró G, Addison O, Fleming GJP. Deformation of a dental ceramic following adhesive cementation. *J Dent Res* 2010;89:87-90.
17. Shuman IE. Aesthetic correction of a damage occlusion using varied preparation designs and pressed ceramic restorations. *Dent Today* 2004;23:66-72.
18. Kina S, Bruguera A. *Invisível. Restaurações estéticas cerâmicas*, 2nd ed., Maringá:Dental Press;2008.
19. Kina S. *Equilibrium – cerâmicas adesivas – case book*, 1st ed., São Paulo:Artes médicas;2009.
20. Magne P, Versluis A, Douglas WH. Effect of luting shrinkage and thermal loads on the stress distribution in porcelain laminate veneers. *J. Prosthet Dent* 1999;81:335-344.
21. Güngör MA, Dundar M, Karaoglu Ç, Artunç C. Time-related thermal stresses on heat-pressed all-ceramics: a FEA study. *Hacettepe dishekimligi fakultesi dergisi* 2005;29:51-59.

22. Magne P, Douglas WH. Interdental design of porcelain veneers in the presence of composite fillings: finite element analysis of composite shrinkage and thermal stresses. *Int. J. Prosthodont* 2000;13:117-124.
23. Peumans M, Meerbeek BV, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers: a review of the literature. *J Dent* 2000;28:163-177.
24. Spear F, Holloway J. Which all-ceramic system is optimal for anterior esthetics? *J Am Dent Ass* 2008;139(S):19S-24S.
25. Archangelo CM, Rocha EP, Anchieta RB, Martin-Jr M, Freitas-Jr AC, Ko CC et al. Influence of buccal cusp reduction when using porcelain laminate veneers in premolars. A comparative study using 3-D finite element analysis. *J Prosthodont Res* 2011;55:221-227.
26. Tunc EP. Finite element analysis of heat generation from different light-polymerization sources during cementation of all-ceramic crowns. *J Prosthet Den* 2007;97:366-74.
27. Lin CL, Chang YH, Lin YF. Combining structural-thermal coupled field FE analysis and the Taguchi method to evaluate the relative contributions of multi-factors in a premolar adhesive MOD restoration. *J Dent* 2008;36:626-636.
28. Lin CL, Chang CH, Wang CH, Ko CC, Lee HE. Numerical investigation of the factors effecting interfacial stresses in an MOD restored tooth by auto-meshed finite element method. *J Oral Rehabil* 2001;28:517-525.
29. Lin TM, Liu PR, Ramp LC, Essig ME, Givan DA, Pan YH. Fracture resistance and marginal discrepancy of porcelain laminate veneers influenced by preparation design and restorative material in vitro. *J Dent* 2012 (In press)
30. Quinn JB, Quinn GD, Kelly JR, Scherrer SS. Fractography analyses of three ceramic whole crown restoration failures. *Dent Mater* 2005;21:920-929.
31. Campos RE, Soares CJ, Quagliatto PS, Soares PV, Junior OBO, Santos-Filho PCF et al. In vitro study of fracture load and fracture pattern of ceramic crows: a finite element and fractography analysis. *J Prostodont* 2011;20:447-455.

32. Della Bona A. Adesão às cerâmicas: evidências científicas para o uso clínico, 1st ed., São Paulo:Artes Médicas;2009, p.46-87.

Figuras

1.7 Figuras

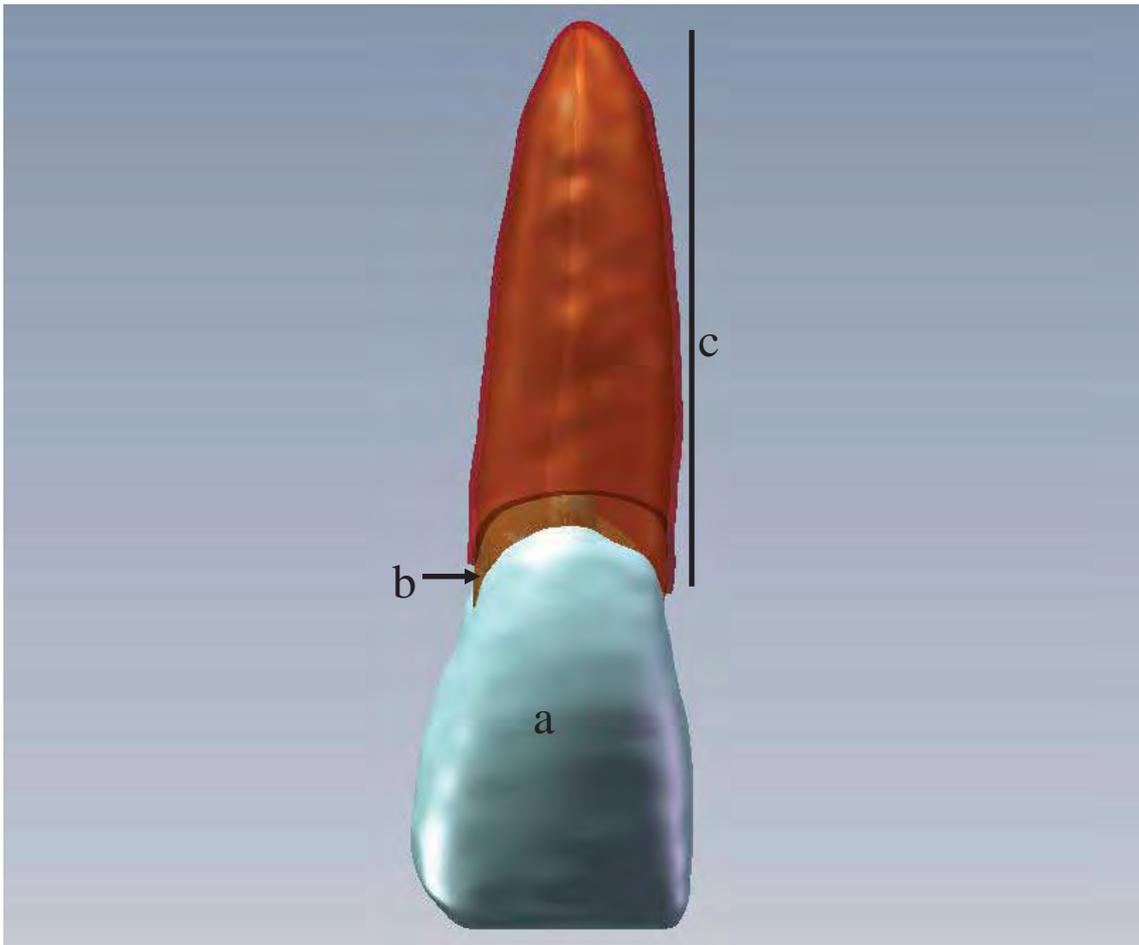


Figura 1. Modelo geométrico de um incisivo central maxilar reconstruído com o auxílio do programa SolidWorks. Em destaque, a capa de esmalte (a), a dentina (b) e o ligamento periodontal (c).

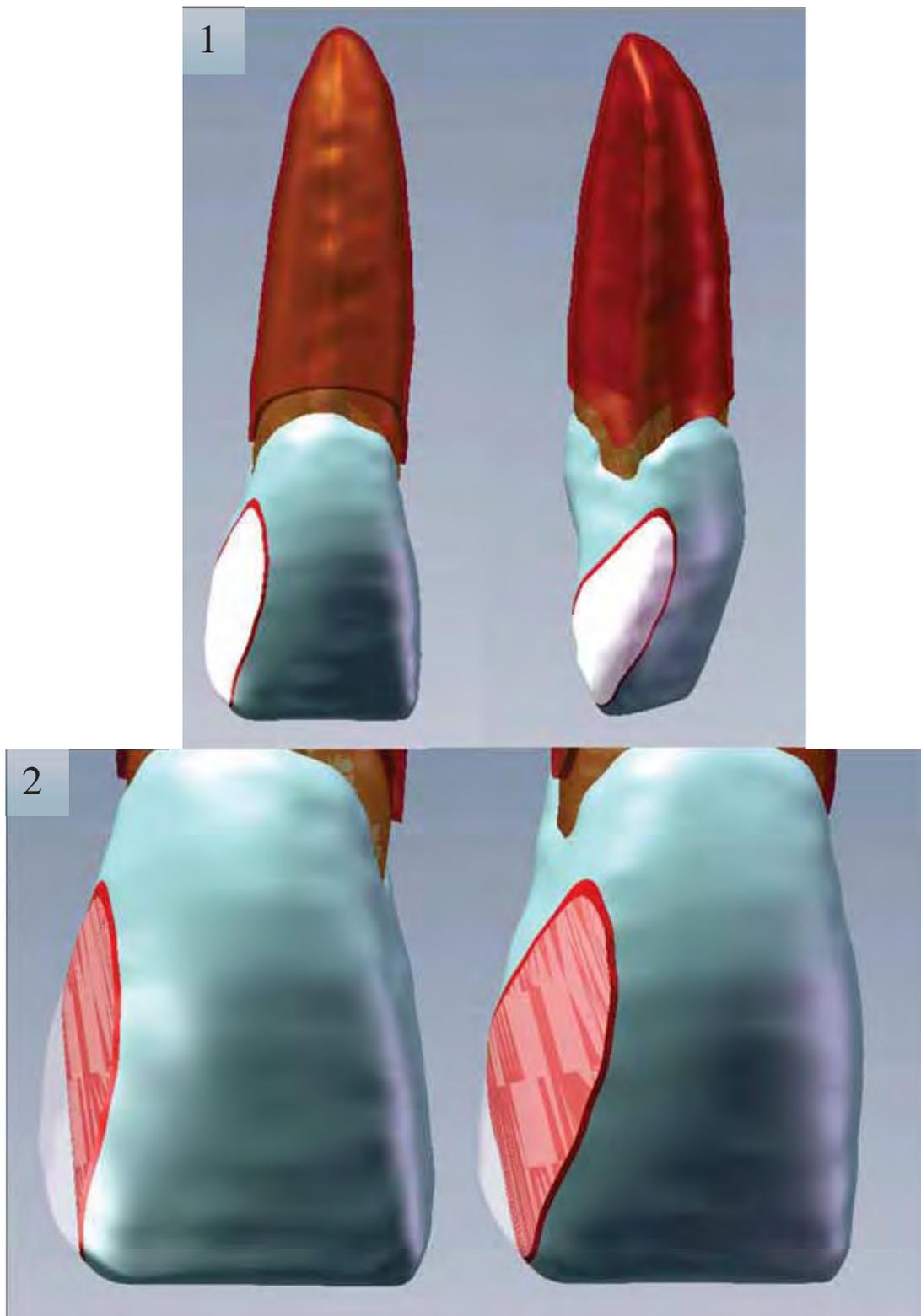


Figura 2 – Detalhes relacionados ao fragmento cerâmico. 1 - Visão frontal e disto-vestibular do incisivo central maxilar restaurado. 2 – Visão aproximada do fragmento (em transparência), ressaltando a relação com a camada de cimento e o esmalte dental.

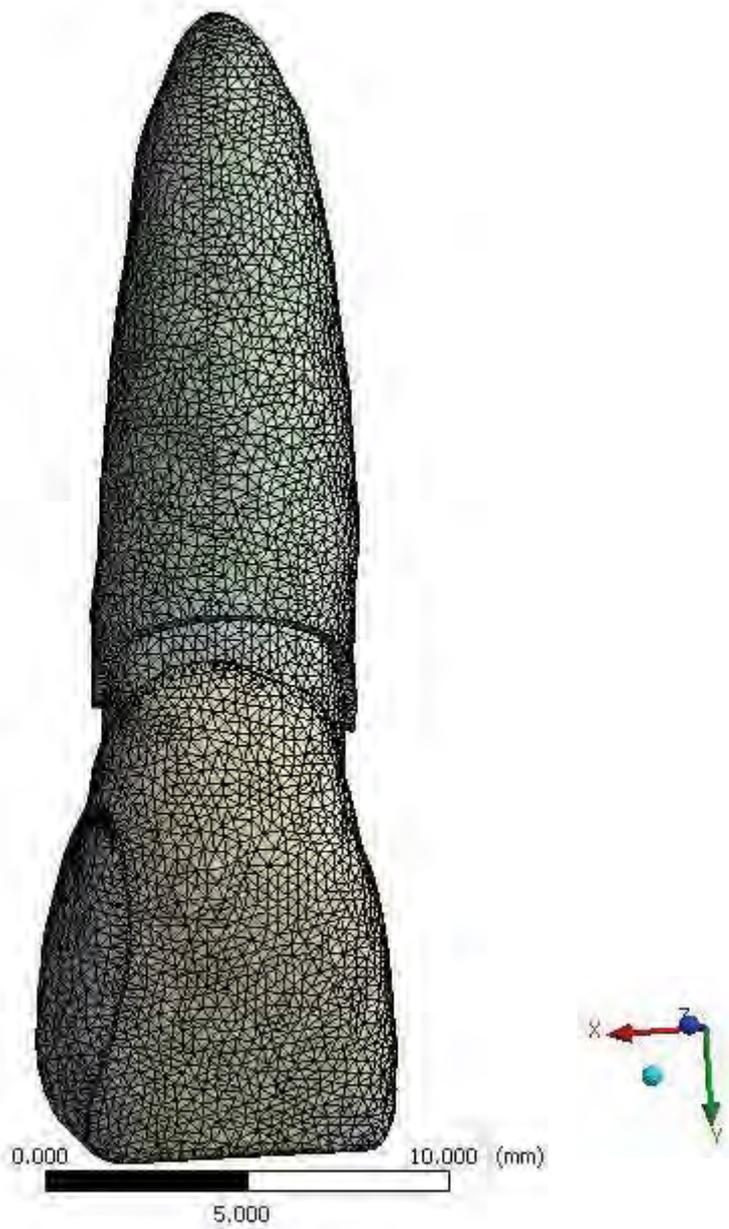


Figura 3 – Malha de elementos finitos.

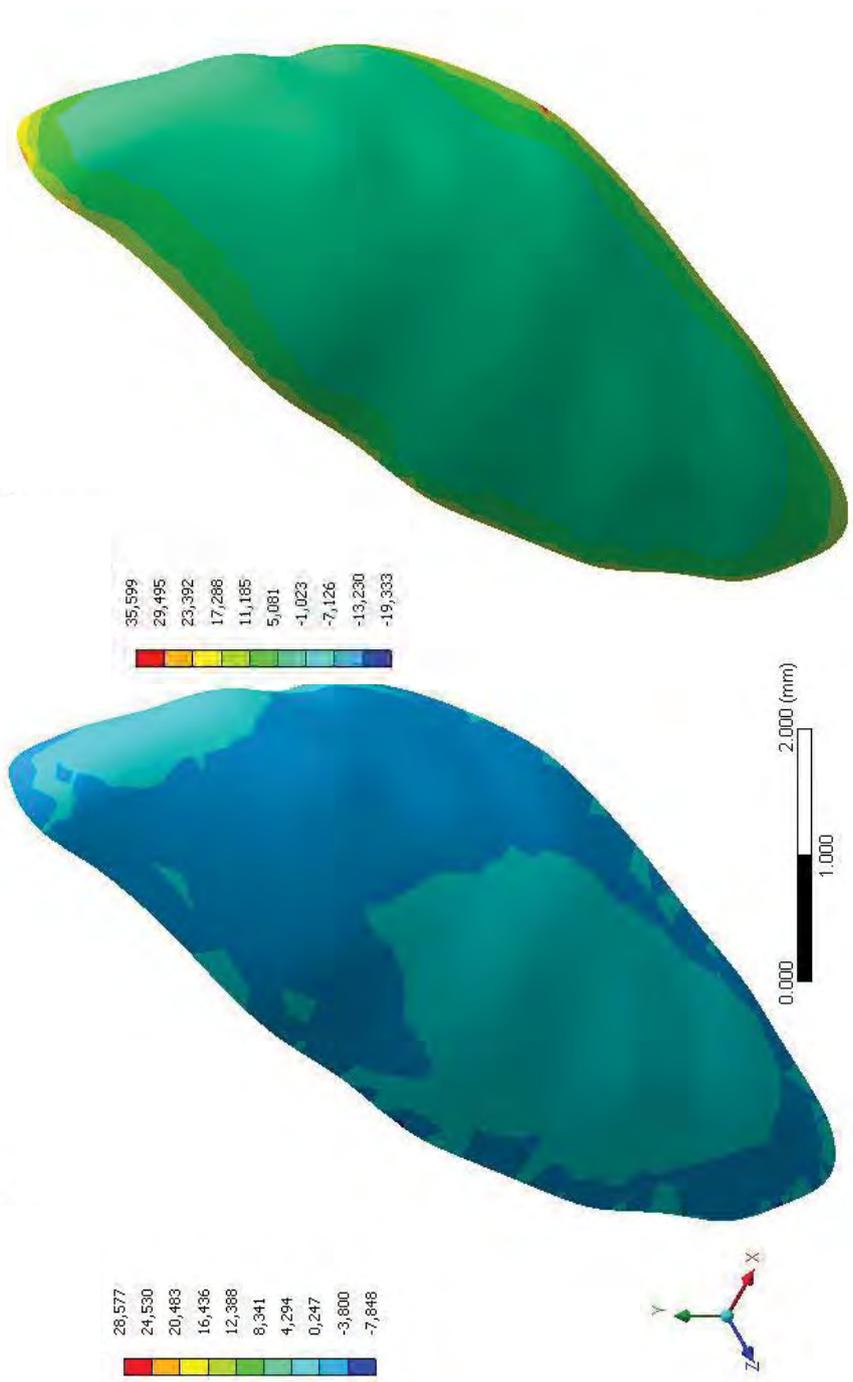
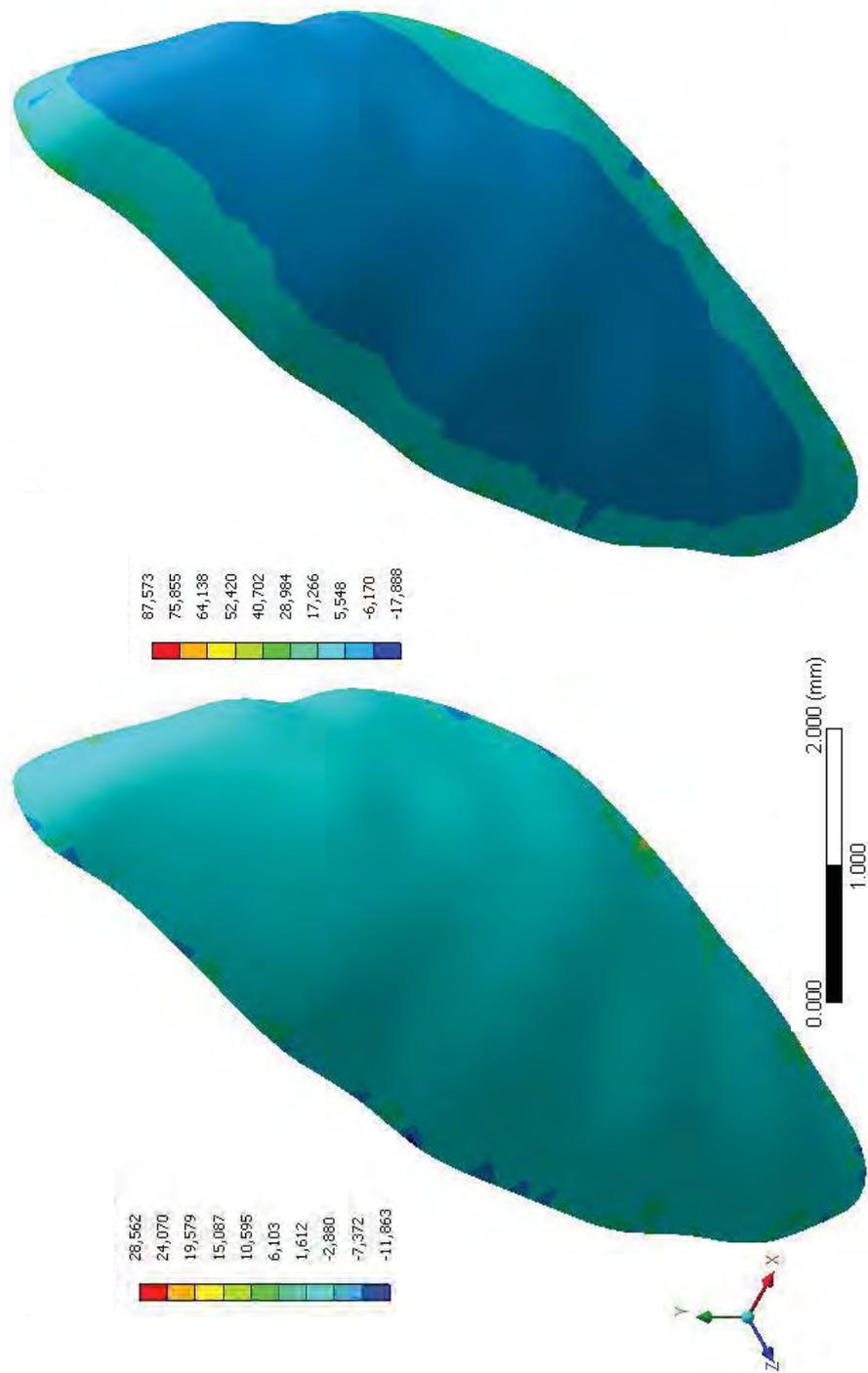


Figura 4 – Tensão principal máxima (MPa) no FC em M2 submetido a 5°C e 50°C, respectivamente.

Figura 5 – Tensão principal máxima (MPa) no FC em M3 submetido a 5°C e 50°C, respectivamente.



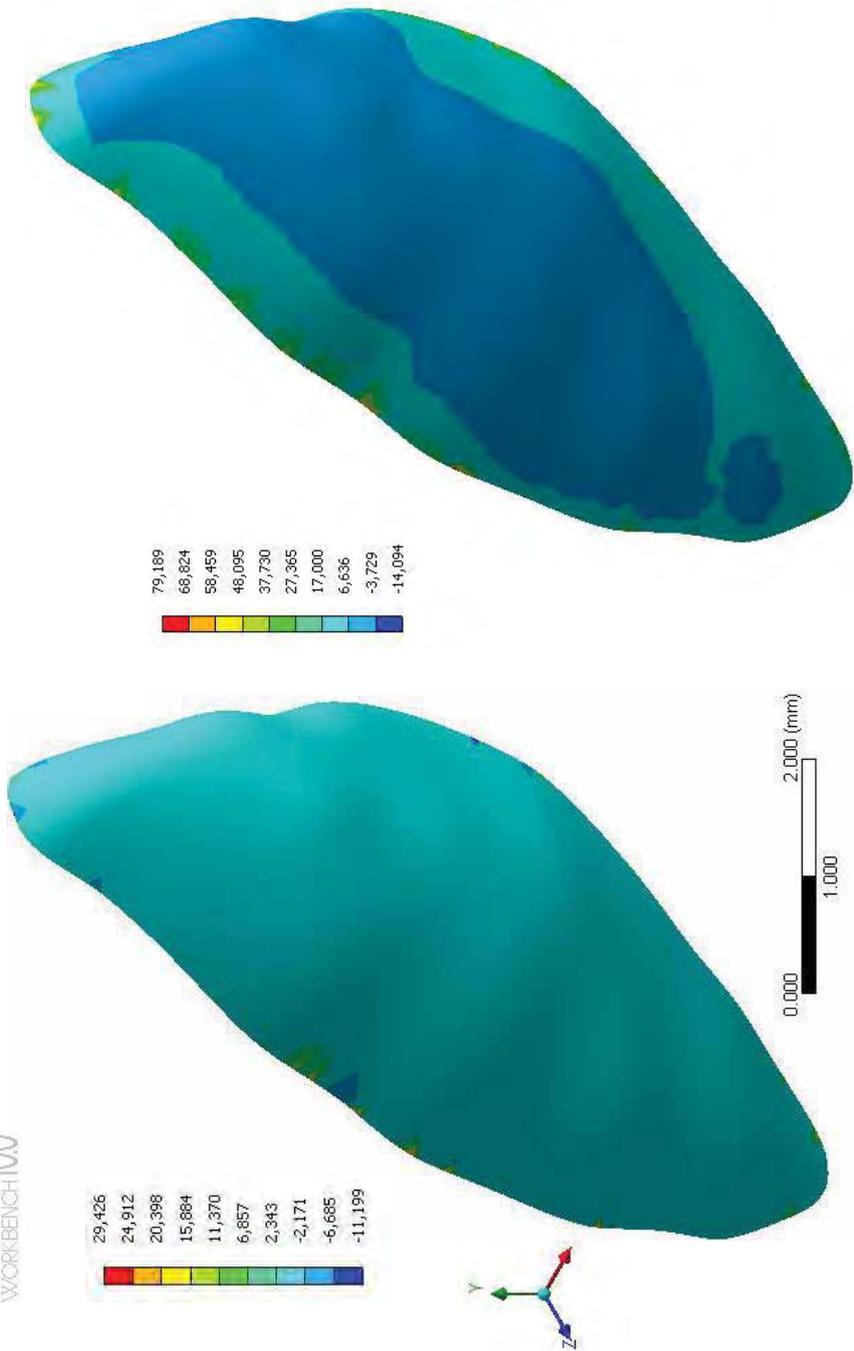


Figura 6 – Tensão principal máxima (MPa) no FC em M4 submetido a 5°C e 50°C, respectivamente.

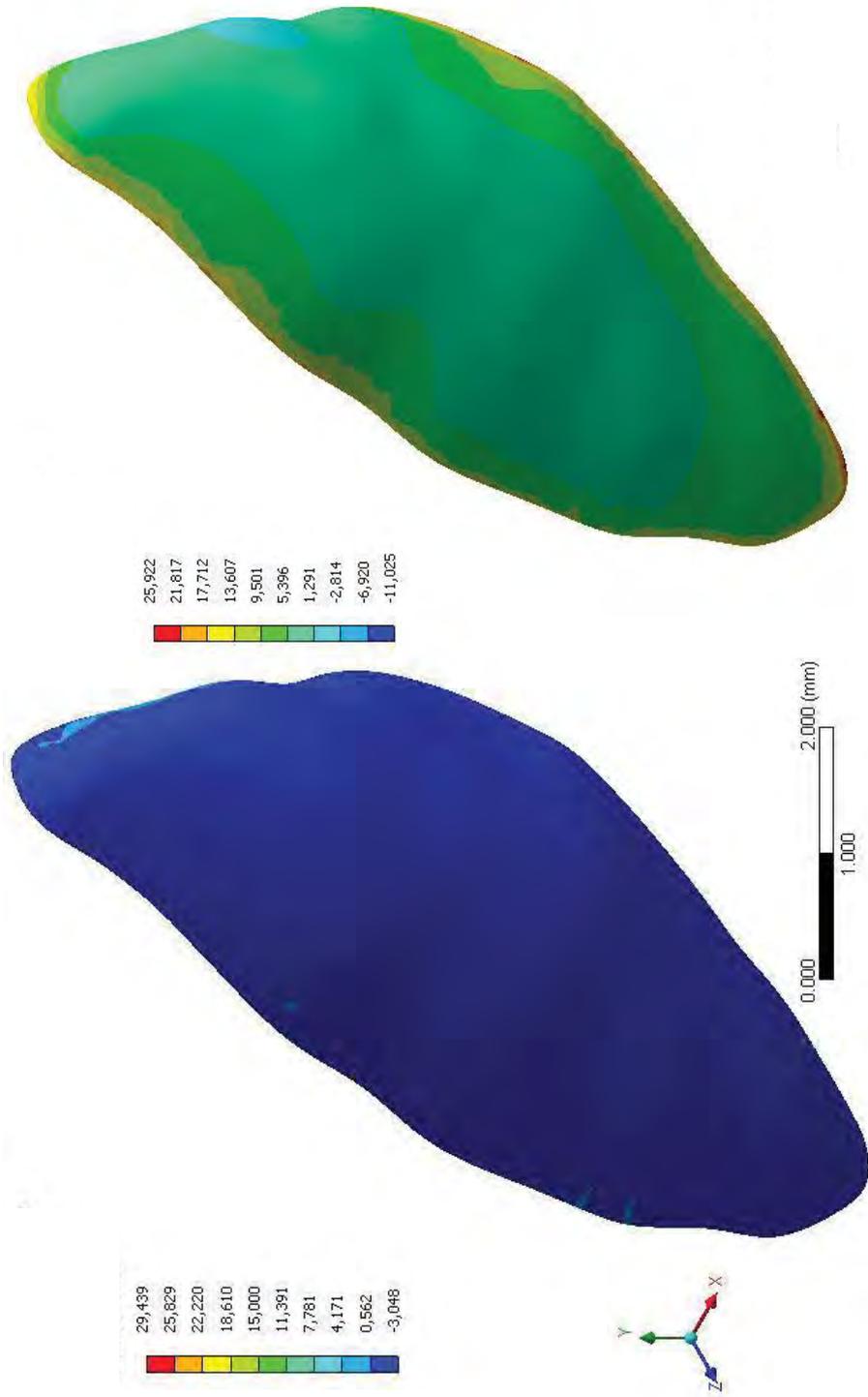


Figura 7 – Tensão principal máxima (MPa) no FC em M5 submetido a 5°C e 50°C, respectivamente.

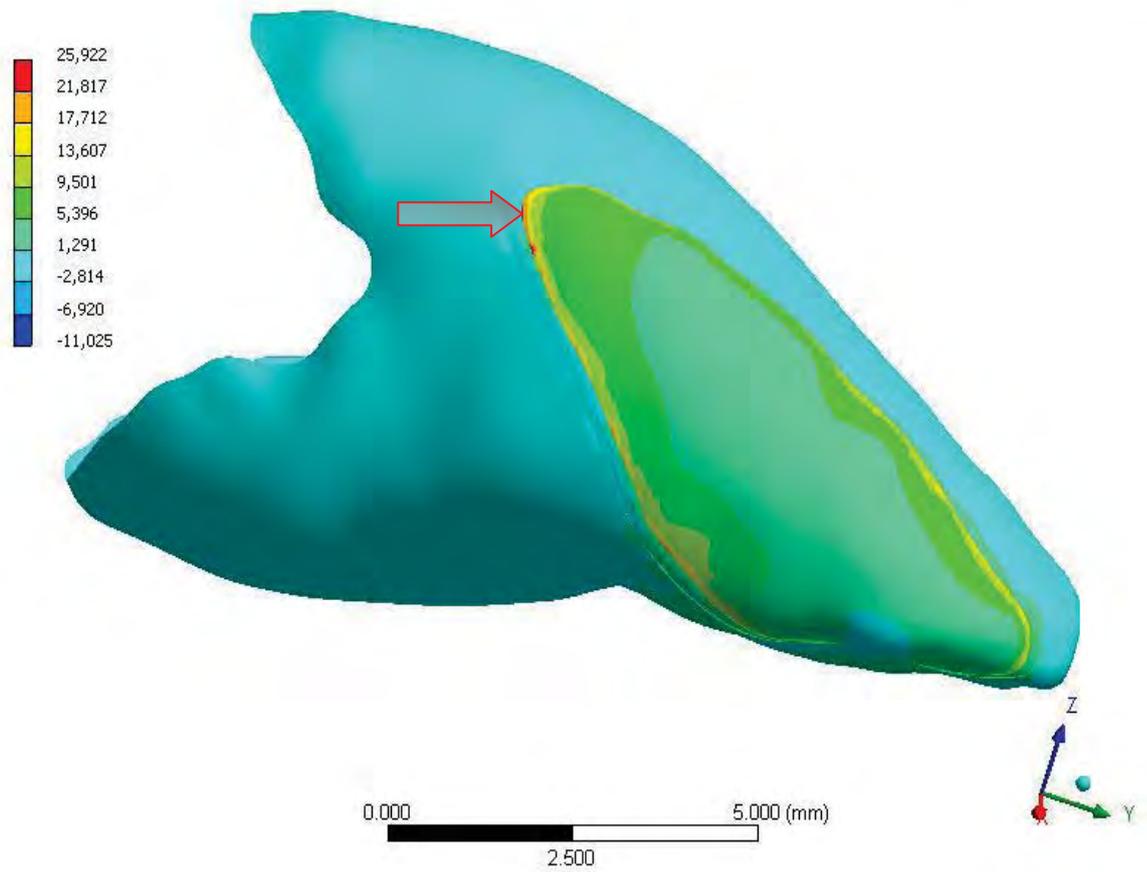


Figura 8 – Localização da tensão principal máxima (MPa) no fragmento cerâmico cimentado ao dente (seta).

Tabelas

1.8 Tabelas

Tabela 1. Variações da espessura da camada de cimento e cerâmica nos diferentes modelos nas margens da restauração e à distância delas, ou seja, sob a porção central das restaurações.

MODELO	Espessura da camada de cimento (μm)		Espessura do fragmento cerâmico (μm)	
	Margem da restauração	Porção central da restauração	Margem da restauração	Porção central da restauração
M1	0	0	300	300
M2	50	50	250	250
M3	50	100	250	200
M4	50	200	250	100
M5	100	200	200	100

Tabela 2. Propriedades mecânicas e térmicas dos materiais utilizados na simulação (^aArchangelo et al., 2011²⁵; ^bGüngör et al., 2005²¹; ^cTunc 2007²⁶; ^dLin et al., 2008²⁷).

MATERIAL	Módulo de elasticidade (MPa)	Coefficiente de Poisson	Coefficiente de expansão térmica (1 ^o C)
Esmalte	80000 ^a	0,30 ^a	10x10 ^{-6b}
Dentina	15000 ^a	0,31 ^a	11,4x10 ^{-6b}
Polpa	2x10 ^{-3a}	0,45 ^a	180x10 ^{-6c}
Ligamento Periodontal	175x10 ^{-3a}	0,45 ^a	10x10 ^{-6d}
Cimento	8300 ^a	0,30 ^a	30x10 ^{-6b}
Cerâmica	65000 ^a	0,24 ^a	9,7x10 ^{-6b}

Tabela 3. Valores de tensão principal máxima (σ_{\max}), tensão principal mínima (σ_{\min}), tensões cisalhantes (shear stress) e expansão térmica (thermal strain) para FC e CCR, variando a temperatura em 5, 20, 37 e 50°C, em M1, M2, M3, M4 e M5.

	T°	FC				CCR			
		σ_{\max}	σ_{\min}	Shear stress	Thermal strain	σ_{\max}	σ_{\min}	Shear stress	Thermal strain
M1	5°C	2×10^{-5}	-9,2	3,8	-21×10^{-5}	-	-	-	-
	20°C	0,2	-1,1	0,4	-3×10^{-5}	-	-	-	-
	37°C	8,5	-1,3	1,5	22×10^{-5}	-	-	-	-
	50°C	15,6	-2,4	2,6	40×10^{-5}	-	-	-	-
M2	5°C	7,8	-19,6	7,3	-21×10^{-5}	15,5	-7,9	2,8	-49×10^{-5}
	20°C	0,9	-2,4	0,9	-3×10^{-5}	1,8	-0,9	0,3	-6×10^{-5}
	37°C	104,0	-16,7	21,6	22×10^{-5}	16,2	-20,1	2,8	46×10^{-5}
	50°C	35,6	-10,5	12,9	40×10^{-5}	15,8	-24,4	6,9	86×10^{-5}
M3	5°C	27,3	-46,9	9,1	-21×10^{-5}	17,2	-7,7	3,1	-49×10^{-5}
	20°C	3,4	-5,3	1,1	-3×10^{-5}	2,1	-0,9	0,4	-6×10^{-5}
	37°C	46,9	-19,5	7,4	22×10^{-5}	7,9	-14,2	3,4	46×10^{-5}
	50°C	87,6	-36,9	14,1	40×10^{-5}	14,8	-26,8	6,2	86×10^{-5}
M4	5°C	27,4	-41,8	15	-21×10^{-5}	12,8	-4,5	2,5	-49×10^{-5}
	20°C	3,2	-4,9	1,8	-3×10^{-5}	2,0	-0,5	0,3	-6×10^{-5}
	37°C	42,5	-22,3	11,3	22×10^{-5}	4,5	-14,1	2,7	46×10^{-5}
	50°C	79,2	-41,6	21	40×10^{-5}	8,3	-26,9	5,0	86×10^{-5}
M5	5°C	1,8	-14,4	4,6	-21×10^{-5}	6,4	-5,8	2,4	-49×10^{-5}
	20°C	0,2	-1,7	0,5	-3×10^{-5}	0,8	-0,7	0,3	-6×10^{-5}
	37°C	13,9	-1,3	2,2	22×10^{-5}	5,8	-5,3	1,6	46×10^{-5}
	50°C	25,9	-2,4	4,1	40×10^{-5}	10,8	-2,4	2,9	86×10^{-5}

Anexo

2. Anexo

Normas para publicação no periódico 'Journal of Prosthodontic Research'

Journal of Prosthodontic Research

Official Journal of Japan Prosthodontic Society

Guide

for

Authors

Journal of Prosthodontic Research originated as an official journal of Japan Prosthodontic Society. It has recently developed a long-range plan to become the most prestigious Asian journal of dental research regarding all aspects of oral and occlusal rehabilitation, fixed/removable prosthodontics, oral implantology and applied oral biology and physiology. The Journal will cover all diagnostic and clinical management aspects necessary to reestablish subjective and objective harmonious oral aesthetics and function.

The most-targeted topics:

1. Clinical Epidemiology and Prosthodontics
2. Fixed/Removable Prosthodontics
3. Oral Implantology and Regenerative Medicine
4. Prosthodontics-Related Biosciences (Mechanobiology, Bone Metabolism, Microbiology/Immunology, Infection Control)
5. Oral Physiology and Biomechanics (Masticating and Swallowing Function, Parafunction, e.g., bruxism)
6. Orofacial Pain and Temporomandibular Disorders (TMDs)
7. Adhesive Dentistry / Dental Materials / Aesthetic Dentistry

Prosthodontic treatment may become necessary as a result of developmental or acquired disturbances in the orofacial region, of orofacial trauma, or of a variety of dental and oral diseases and orofacial pain conditions.

The scientific content of the Journal therefore strives to reflect the best of evidence-based clinical dentistry. Modern clinical management should be based on solid scientific evidence gathered about diagnostic procedures and the properties and efficacy of the chosen intervention. The content of the Journal also includes documentation of the possible side-effects of rehabilitation, as well as prognostic perspectives of the treatment modalities chosen.

The Journal focuses on presenting original research findings and original technical appraisals, generating critical reviews and relevant case stories, and stimulating commentaries and professional debates in the Letters to the Editor column.

Journal of Prosthodontic Research will consider materials prepared and submitted according to these instructions. Papers submitted are subject to peer review. Papers will be evaluated by at least two anonymous persons, either members of the Editorial Board or qualified invited referees. However, we reserve the right to make any changes necessary to make the contribution conform to the editorial standards of the journal, as deemed by the Editorial Board based on the recommendations of reviewers.

Articles must be of the following categories: review, original article, case report, or technical procedure, and not previously published or being considered for publication elsewhere. Any contributions accepted for publication will become the copyright of this journal. No responsibility is accepted by the Editorial Board for opinions or ethics expressed by contributors.

The work shall not be subsequently published in any other publication in any language without prior written consent of the publisher.

In general, manuscripts should be prepared according to the guidelines produced by the International Committee of Medical Journal Editors: Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. Update October 2007. Further information can be found at <http://www.icmje.org>.

Ethical standards and guidelines

Authorship

All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data; (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content; (3) final approval of the version to be submitted.

Acknowledgements

All contributors who do not meet the criteria for authorship as defined above should be listed in an acknowledgements section. Examples of those who might be acknowledged include persons who provided purely technical help or writing assistance or a department chair who provided only general support. Authors should disclose whether they had any writing assistance and identify the entity that funded for this assistance.

Conflict of interest

At the end of the text, under a subheading "Conflict of interest statement," all authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding.

Role of the funding source

All sources of funding should be declared as an acknowledgement at the end of the text. Authors should declare the role of study sponsors, if any, in the study design; in the collection, analysis, and interpretation of data; in the writing of the manuscript; and in the decision to submit the manuscript for publication. If the study sponsors had no such involvement, the authors should so state.

Randomized controlled trials

Reports of randomized controlled trials submitted for publication in *Journal of Prosthodontic Research* should include a completed Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) flowchart. Please refer to the CONSORT statement web site at <http://www.consort-statement.org> for more information. *Journal of Prosthodontic Research* has adopted the proposal from the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), which requires, as a condition of consideration for publication of reports of clinical trials, registration in a public trials registry. Trials must register at or before the onset of patient enrolment. The clinical trial registration number should be included at the end of the abstract of the article. For this purpose, a clinical trial is defined as any research project that prospectively assigns human subjects to intervention or comparison groups to study the cause-and-effect relationship between a medical intervention and a health outcome. Studies designed for other purposes, such as to study pharmacokinetics or major toxicity (e.g. phase I trials) would be exempt. Further information can be found at <http://www.icmje.org>.

Ethics

Work on human beings that is submitted to *Journal of Prosthodontic Research* should conform to the principles laid down in the Declaration of Helsinki: Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects, adopted by the 18th World Medical Assembly, Helsinki, Finland, June 1964, amended by the 29th World Medical Assembly, Tokyo, Japan, October 1975, the 35th World Medical Assembly, Venice, Italy, October 1983, and the 41st World Medical Assembly, Hong Kong, September 1989. The manuscript should contain a statement that the work has been approved by the appropriate ethics committees related to the institution(s) in which it was performed and that subjects gave informed consent to the work. Studies involving experiments with animals must state that their care was in accordance with institution guidelines. Patients' and volunteers' names, initials, and hospital numbers should not be used.

Submission to *Journal of Prosthodontic Research* now proceeds online via Elsevier Editorial System—<http://ees.elsevier.com/jpor>. Authors will be guided step-by-step through

uploading files directly from their computers. Electronic PDF proofs will be automatically generated from uploaded files, and used for subsequent reviewing.

Authors should send queries concerning the submission process or journal procedures to AuthorSupport@elsevier.com. Authors can check the status of their manuscript within the review procedure using Elsevier Editorial System.

Authors submitting hard copy papers will usually be asked to resubmit using Elsevier Editorial System. The Editor-in-Chief may occasionally allow hard copy submissions of some components of an article; please contact him should you consider this necessary, and send any such items to:

Editor-in-Chief
c/o Elsevier Japan
1-9-15 Higashi-Azabu, Minato-ku, Tokyo 106-0044
Tel: +81-3-3589-5037, Fax: Tel: +81-3-3589-6364
E-mail: jp.jpr@elsevier.com

Manuscript Format

Manuscripts should be written clearly in English. The order of the manuscript should be: Title page, abstract, key words, text, references, tables, legends, and figures. The manuscript should be typed with double spacing (not to exceed 70 characters, including spaces, on a line) about 800 words per page correspond to one page of finished makeup. All manuscripts must be covered with a title page including the title (within 25 words), type of article, an abbreviated title (within 10 words) for use as a running head and three to five key words. The authors' full and complete names, degrees, and institutions should be given on the title page, as well as full postal address, telephone/fax numbers, and e-mail address for correspondence. The number of pages in the text, number of tables and figures, and the quantity of reprints desired should be stated on the bottom of the title page. The pledge statement attached to this journal must be accompanied with manuscript.

FULL-LENGTH PAPERS

In the case of full-length papers, the following format is recommended:

Abstract

Briefly state a summary of the text, within 250 words, as a structured abstract.

1. Review: Purpose, Study selection, Results, Conclusions
2. Original article: Purpose, Methods, Results, Conclusions
3. Case Report: Patients, Discussion, Conclusions
4. Technical Procedure: Purpose, Methods, Conclusions

Introduction

1. Clearly and briefly describe the background and the rational objective of the study, with a review of earlier publications.
2. It is recommended that previous studies described should be the most relevant. Avoid exhaustive review of the literature.

Materials and methods

1. Clearly describe the subjects and sample size, the experimental procedures, and apparatus (manufacturer's name and address) used in the study.
2. In the case of experiments on human and animal subjects, give an account that the methods are regarded as ethically sound.
3. In the event of an original design, the details should be provided. Otherwise, references accompanied by sufficient information for interdisciplinary evaluation will suffice.
4. The type of statistical analysis used, as well as commercial software, must be stated in this section.
5. Do not include discussion in this section.

6. Describe precisely all drugs and chemicals used, including generic names, doses, and routes of administration.

Results

1. Present the essential results in the text, in a clear and concise manner.
2. Use tables and figures to compare and contrast the findings.
3. Do not repeat in the text all the detailed data in the tables and figures.
4. Do not include discussion in this section.
5. In the statistical analysis, please define the probability values and show that the differences reported were found to be statistically significant.

Discussion

1. Demonstrate the objective reliability of the results, as well as the property and limitation of the experimental procedures and subjects used.
2. Point out the significance and the limitation of the study, including implications for future research.
3. Describe and evaluate the results with a scientifically critical view, and discuss your findings in the context of other publications, including opposing views.
4. The introduction or details of the results should not be repeated in this section.
5. Subjective comments can only be made in this section; however, speculation must be identified as such.
6. Link the conclusions with the objectives of the study, as stated in the introduction.

Acknowledgments

Acknowledgments, a scientific meeting at which the data were presented, the sources of funding for the study, and/or any other special mention, may be stated before the references section.

References

All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. References should be numbered consecutively in the order in which they are first mentioned. In the text they should be cited with Arabic numerals between square brackets. For listing references, follow the JAMA style, abbreviating names of journals according to Index Medicus. List all authors/editors but if there are more than six, list the first six plus et al.

Examples:

Journal reference style:

Beresin VE, Schiesser FJ. The neutral zone in complete dentures. *J Prosthet Dent* 1976; 36: 356–357.

List all authors when six or fewer; when seven or more, list first six and add et al.

Book reference style:

Rugh JD, Ohrbach R. Occlusal parafunction. In: Mohl ND, Zarb GA, Carsson GE, Rugh JD, editors. *A textbook of occlusion*, 2nd ed., Chicago: Quintessence; 1988, p. 249–261.

FUNDAMENTAL RULE FOR STRUCTURE OF TEXT AND METHOD OF DESCRIPTION

Review

The length shall be no more than 8 printed pages. Reviews shall introduce and summarize a specific theme useful for the reader. It shall correctly introduce the background subject area and the outcomes of past research, and special attention shall be paid to the selection of reference literature. The presentation of strongly biased views should be avoided. It is desirable to describe the methods used to search, select, and summarize the information.

Original article

Original articles shall have high novelty leading to objective conclusions and contribute to the development of prosthodontics. The length shall be no more than 10 printed pages.

<Structure of original article>

Introduction: The background, purpose, and significance of research shall be described in understandable manner.

Method of research (Materials and methods): The material and apparatus or method used for the research shall be clearly and concisely described so that additional tests may be performed by other persons using the same method. Also, the setup of experimental conditions, number of samples, sampling method, and statistical processing shall conform to the purpose of study.

Results (Performance): Only the objective observations shall be described; the subjective views of the authors shall be avoided. The observed results shall be indicated in tables, in principle, and values such as average and standard deviation shown jointly. Refer to "Measuring data and its treatment" described hereunder for verification of significant difference and multiple comparison.

Discussion: Adequate elaboration shall be made on the methods and results referring to the relevant literature, and arguments and opinions should follow a logical procedure. Furthermore, the discussion shall be focused on the purpose of the research; comprehensive discussion of irrelevant material shall be avoided. In addition, discussion shall be made not only of the results obtained but also on their significance for prosthodontics.

Conclusion (Summary): Only obtained results shall be described accurately and concisely.

Case report

Proposals for the modification of diagnostic methods, treatment methods, and treatment skill that are considered established in the field of prosthodontics as well as reports of rare case examples, unexpected complications, or unexpected development of disease may fall in this category. Cases shall be concretely and concisely described so as to inform readers in their treatment of patients. The length shall not exceed 6 printed pages, in principle.

<Structure of case report>

Introduction: The introduction shall state the positioning of the case in dental clinics and its characteristics; describe the problems identified and clearly explain why the case is worthy of reporting.

Outline of the case: Concrete and concise description shall be made on the outline of the case such as examination, findings of inspection, diagnosis, and therapeutic policy, treatment, and progress. Subtitles may be used to help the understanding of readers.

Discussion: Refer to the related and important literature and discuss the case to be reported. Discuss the characteristics of the case, treatment, and progress, and refer to the prosthodontic positioning of the case.

Conclusion: The conclusion shall include helpful points for readers in their own clinical practice.

Technical procedure

Introduction of new clinical operation method, research method, and use method of materials may be submitted, and the length shall not exceed 6 printed pages, in principle. Acceptable articles shall not introduce new products or mere technical information but shall describe novel effectiveness of treatment, long-term stability, or performance of equipment enhanced due to improvement proposed by the author.

<Structure of technical introduction procedure>

Introduction: Clearly describe the purpose of technology (operation method, research method, use method, etc.) to be introduced.

Materials and methods: Describe clearly, systematically, and understandably the materials, equipment, use method, methodology, and operational method.

Difference from conventional methods: Summarize and describe concisely the main points of the new contrivance and novelty that are different from conventional methods. Especially, clear description shall be made on the development or contrivances made by the author.

Effect or performance: Clearly describe the improvement in effectiveness and safety resulting from the improvement introduced. Also, description shall be made on the merits and demerits of the operation method to be introduced.

Conclusion: Description shall be made only of the obtained conclusions about the new contrivance and novelty different from conventional methods as well as the points improved thereby and its effectiveness.

TABLES AND FIGURES

Tables

Tables should be submitted online as a separate file, bear a concise title, and be numbered with Arabic numerals. Tables should be cited in the text. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurement should be added between parentheses. Vertical lines should not be used to separate columns.

Figures

- The number of figures used to present data essential to illustrate or prove a point should be kept to a minimum.
- Reference should be made in the text to each illustration. Figures will be reduced to fit to the size of one column (7.5 cm) or two columns (16 cm), and any lettering should be large enough to allow this reduction without becoming illegible
- Each figure should be accompanied by a title and an explanatory legend on a separate page called Legends to Figures. There should be sufficient experimental details in the legend to make the figure intelligible without reference to the text
- Legends to Figures should be typed double-spaced, in numerical order, on a separate page
- Photographs should be as high in contrast as possible
- Indicate the magnification of photomicrographs in bar scales on the illustration itself instead of numerical magnification factors
- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Helvetica, Times, Symbol
- Number the illustrations according to their sequence in the text
- Use a logical naming convention for your artwork files
- Provide all illustrations as separate files.
- Provide captions to illustrations separately
- Produce images near to the desired size of the printed version

CORRESPONDENCE

All communications relating to the publication should be addressed to:

Editor-in-Chief
c/o Elsevier Japan
1-9-15 Higashi-Azabu, Minato-ku, Tokyo 106-0044
Tel: +81-3-3589-5037, Fax: Tel: +81-3-3589-6364
E-mail: jp.jpr@elsevier.com

AUTHOR RIGHTS

As an author you (or your employer or institution) may do the following:

- make copies (print or electronic) of the article for your own personal use, including for your own classroom teaching use
- make copies and distribute such copies (including through e-mail) of the article to research colleagues, for the personal use by such colleagues (but not commercially or systematically, e.g., via an e-mail list or list server)
- post a pre-print version of the article on Internet websites including electronic pre-print servers, and to retain indefinitely such version on such servers or sites
- post a revised personal version of the final text of the article (to reflect changes made in the peer review and editing process) on your personal or institutional website or server, with a link to the journal homepage (on <http://elsevier.com>)
- present the article at a meeting or conference and to distribute copies of the article to the delegates attending such a meeting
- for your employer, if the article is a "work for hire", made within the scope of your employment, your employer may use all or part of the information in the article for

- other intra-company use (e.g., training)
- retain patent and trademark rights and rights to any processes or procedure described in the article
- include the article in full or in part in a thesis or dissertation (provided that this is not to be published commercially)
- use the article or any part thereof in a printed compilation of your works, such as collected writings or lecture notes (subsequent to publication of your article in the journal)
- prepare other derivative works, to extend the article into book-length form, or to otherwise re-use portions or excerpts in other works, with full acknowledgement of its original publication in the journal

US National Institutes of Health (NIH) voluntary posting ("Public Access") policy

Elsevier facilitates author response to the NIH voluntary posting request (referred to as the NIH "Public Access Policy"; see <http://publicaccess.nih.gov>) by posting the peer-reviewed author's manuscript directly to PubMed Central on request from the author, 12 months after formal publication. Upon notification from Elsevier of acceptance, we will ask you to confirm via e-mail (by e-mailing us at NIHauthorrequest@elsevier.com) that your work has received NIH funding and that you intend to respond to the NIH policy request, along with your NIH award number to facilitate processing. Upon such confirmation, Elsevier will submit to PubMed Central on your behalf a version of your manuscript that will include peer-review comments, for posting 12 months after formal publication. This will ensure that you will have responded fully to the NIH request policy. There will be no need for you to post your manuscript directly with PubMed Central, and any such posting is prohibited.

PROOFS

AND

OFFPRINT

Proofs will be sent to the corresponding author together with the offprint order form. If an e-mail address is supplied, proofs will be sent as e-mail attachment in PDF format, together with instructions. Authors are requested to return corrections by e-mail or fax within 48 hours. Authors will be charged for extensive alterations in the proofs. Offprint can be ordered at the price shown on the offprint order form.

Journal of Prosthodontic Research does not have page charges.