

Influência da configuração cavitária e tipo de material restaurador na distribuição de tensões em pré-molar superior

Poliana Gonçalves Miranda – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia – poly_mir@hotmail.com

Bruno Rodrigues Reis – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia – reisbrunor@gmail.com

Alexandre Coelho Machado – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia – alexandrecoelho Machado@gmail.com

Carlos Jose Soares – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia – carlosjsoares@umarama.ufu.br

Paulo Vinícius Soares – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia – paulovsoares@yahoo.com.br

Resumo. A necessidade de recobrimento de cúspide e a relação do preparo cavitário e material restaurador são fatores de importância na prática clínica e em estudos laboratoriais. O objetivo deste trabalho foi, por meio do método de elementos finitos 3D, analisar o comportamento biomecânico de pré-molares superiores variando o tipo de preparo e material restaurador. Por meio de scanearamento de um pré-molar de anatomia média, foi gerado modelo simulando um pré-molar superior. Posteriormente foram simulados preparos inlay e onlay e estes restaurados com materiais de propriedades semelhantes a resina composta (16.6 Gpa); resina laboratorial (18.8 Gpa); cerâmica reforçada com dissilicato de lítio (102 Gpa); cerâmica reforçada com leucita (65 Gpa). Foi simulado carregamento de 50 N em cada vertente triturator das cúspides vestibular e palatina. Concluiu-se que, quanto maior o módulo de elasticidade menor tensão é transferida a estrutura dental. Entretanto, materiais de módulo de elasticidade muito maior que os da estrutura dental em cavidades inlays, não apresentam adequada concentração de tensão. Os modelos que utilizaram cerâmica reforçada com leucita demonstram um comportamento biomecânico mais próximo ao dente hígido.

Palavras chave: Recobrimento de cúspide, Cerâmica, Resina Composta, Método de elementos finitos.

1. INTRODUÇÃO

Para que o dente possa receber as cargas fisiológicas e executar sua função em plenitude, um complexo integrado atua na distribuição de tensões e deformações em seu interior e deve funcionar de maneira adequada (Abo-Hamar et al., 2005). Este complexo é constituído pelo esmalte e pela dentina, estruturas de característica mecânicas diferentes, mas que atuam protegendo-se mutuamente, unidos pela junção amelo-dentinária (Giannini et al., 2004). Diante da perda de estrutura dental em decorrência da cárie, trauma ou preparo cavitário, este estado de tensões e deformações é modificado (Soares et al., 2009). O procedimento restaurador deve atuar no sentido de devolver o comportamento biomecânico de maneira similar ao dente hígido (Soares et al., 2008).

As resinas compostas apresentam-se como materiais restauradores adequados, devido, principalmente à capacidade de adesão às estruturas dentais (Soares et al., 2008) e princípios de conservação máxima de estrutura para confecção de preparos (Soares et al., 2008). Contudo, apresentam desvantagens como: altos valores de contração de polimerização (Suliman et al., 1993), profundidade de polimerização limitada (de Camargo et al., 2009), dificuldades na definição dos contatos proximais, reprodução anatômica (van Dijken, 2000) e acabamento e polimento adequado. As cerâmicas dentais são considerados materiais restauradores com características estéticas desejáveis, tais como translucidez e fluorescência (Kelly et al., 1996). Elas também são biocompatíveis, têm alta resistência a compressão e seu coeficiente de expansão térmica é similar ao dente (Soares et al., 2006). Entretanto, são frágeis sob tração, tornando-os suscetíveis a fraturas durante os procedimentos de cimentação e/ou ajuste oclusal (Soares et al., 2006).

Para o estudo de estruturas dentais e materiais restauradores diretos e indiretos, os ensaios mecânicos destrutivos apresentam-se como importantes meios de análise dental em situações de aplicação de cargas pontuais e de alta intensidade (Soares et al., 2006; Soares et al., 2008). Entretanto, este método apresenta limitações sobre o comportamento ultra-estrutural do complexo dente-restauração no momento da aplicação de carga, pois em razão desta, são geradas tensões que resultam em deformações ultra-estruturais, podendo ultrapassar o regime elástico e atingir a ruptura da estrutura, pela formação e propagação de trincas (Soares et al., 2008). O método de elementos finitos tem sido amplamente empregado, com efetividade, em muitas pesquisas para investigar os efeitos da distribuição de tensão em diversas situações reabilitadoras (Soares et al., 2009), bem como o mecanismo pelo qual ocorre o início de uma falha.

Sendo assim, a proposta deste estudo foi avaliar o comportamento biomecânico por meio de análise pelo método de elementos finitos em 3D de pré-molares superiores humanos variando o tipo de preparo cavitário (Inlay e onlay) e o tipo de material restaurador (Resina composta, resinas laboratorial, cerâmica reforçada com leucita e cerâmica Reforçada com Dissilicato de Lítio).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho aplicou o método de elementos finitos 3D para análise do comportamento biomecânico mensurando o campo de tensões em modelos numéricos virtuais que simulam diversas condições restauradoras de pré-molares superiores com perdas parciais de estrutura dental.

Dente pré-molar superior de dimensão padrão foi selecionado, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa desta mesma instituição (217/06) e posicionado em Scanner de contato (MDX-40, Roland, Centro de Tecnologia da Informação - CTI, Campinas, SP, Brasil), gerando arquivo *.STL (Stereolitográficos). Os arquivos armazenados sob formato *.STL do esmalte, dentina e polpa foram exportados para software de modelagem Bio-CAD (Computer Assisted Desing; Rhino3D 4.0, Rhinoceros, USA) para geração de modelo tridimensional que serviu como padrão do dente hígido e sobre o qual foi simulado as diversas condições de tratamento restaurador (Figs 1 e 2). Foi realizada a simulação do ligamento periodontal e inclusão em cilindro de resina de poliestireno, simulando condições realizadas geralmente em estudo laboratoriais.

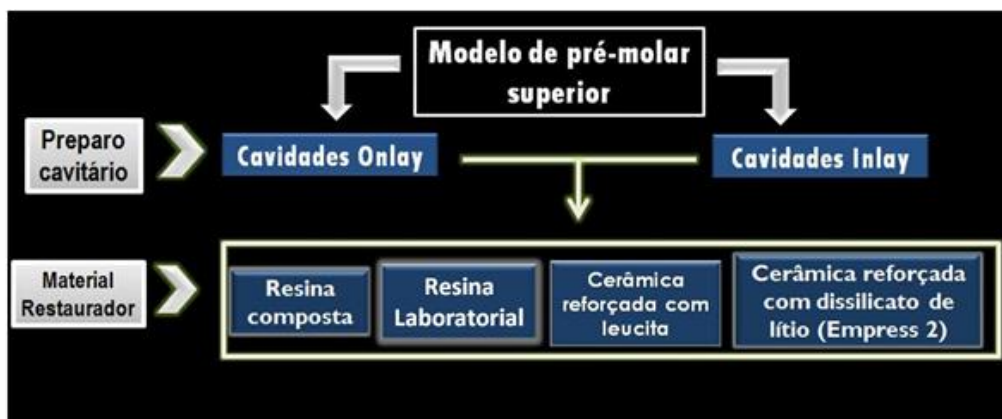


Figura 1. Esquema da divisão dos grupos experimentais, no qual foram variados o preparo cavitário em função de diferentes materiais restauradores

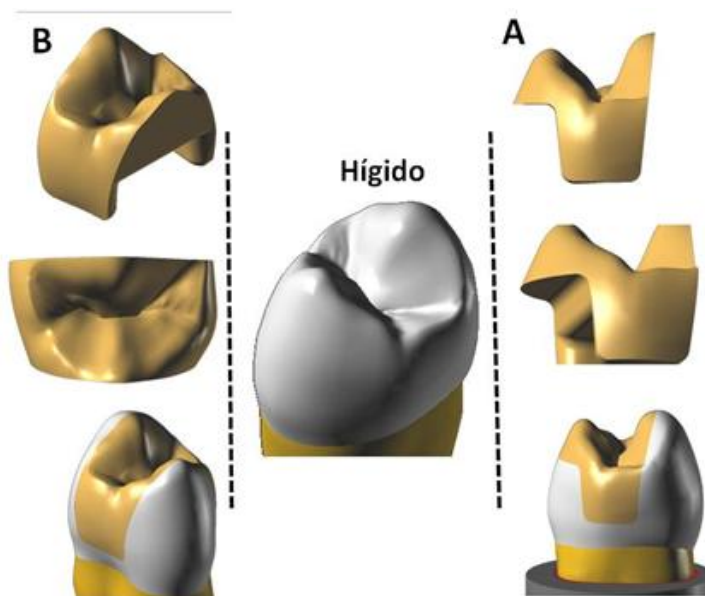


Figura 2. A- Restauração onlay; B- Restauração Inlay, ambas mimetizam a forma coronária do dente hígido.

Os modelos geométricos gerados no CAD foram exportados para software de pré-processamento (FEMAP, NoranEngineering, USA) e a malha de cada estrutura foi gerada empregando um elemento sólido do tipo quadrático tetraédricos com 10 nós. Posteriormente, as propriedades mecânicas necessárias para definição do comportamento biomecânico das estruturas foram definidas como sendo de estruturas isotrópicas, lineares e homogêneas (Tab 1).

Tabela 1- Propriedades dos materiais utilizados neste estudo

	Módulo de Elasticidade (Mpa)	Coefficiente de Poisson
Esmalte (Wright & Yettram, 1979)	46.8×10^3	0.30
Dentina (Rees et al., 1994)	18×10^3	0.31
Poliéster (Farah et al., 1981)	50	0.45
Resina de Poliestireno (Stafford et al., 2004)	13.5×10^3	0.30
Resina composta (Huysmans & Van der Varst, 1993; Soares et al., 2008b)	16.6×10^3	0.24
Resina laboratorial (Soares et al., 2008b)	18.8×10^3	0.24
Leucita (Soares et al., 2008b)	65×10^3	0.23
Dissilicato de lítio (Yamanel, 2009)	102×10^3	0.27

Foi aplicado carregamento de 50N em cada vertente triturante de cúspide. A restrição do modelo foi realizada na base e superfície lateral do cilindro (Fig. 3). Os modelos foram exportados para o núcleo de processamento (geração do solve) do software (NeiNastran, NoranEngineering, USA). Para análise dos resultados foi empregado critério de associação de tensões máximas principais, Von Mises.

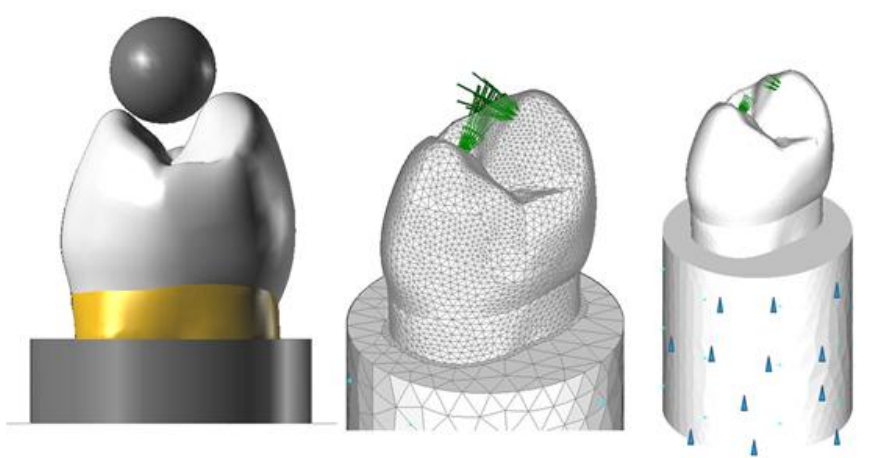


Figura 3. Simulação de área de contato oclusal de 50 N em cada vertente triturante das cúspides inclinada 45 °, simulando o contato correspondente a uma esfera de 4.0 mm de diâmetro. A restrição é indicada pelas setas azuis e foi realizada com toda região externa do cilindro.

3. RESULTADOS

O resultado da metodologia de elementos finitos está representada nas figuras de 4 a 7. Na análise dos preparos inlays, entre os materiais resinosos não foi observada diferença na distribuição de tensões. Resina laboratorial e resina composta causaram maior concentração de tensão nas cúspides quando comparado aos modelos restaurados com materiais cerâmicos, exceto os restaurados com cerâmica reforçada com dissilicato de lítio. Os preparos onlay apresentaram comportamento diferente aos dos preparos inlay. Os materiais de menor módulo de elasticidade, que correspondem aos materiais resinosos, demonstraram maiores valores para as tensões analisadas, os valores para a parede pulpar da caixa oclusal foram 3,0 Mpa, as tensões na cúspide palatina cerca de 3,2 Mpa.

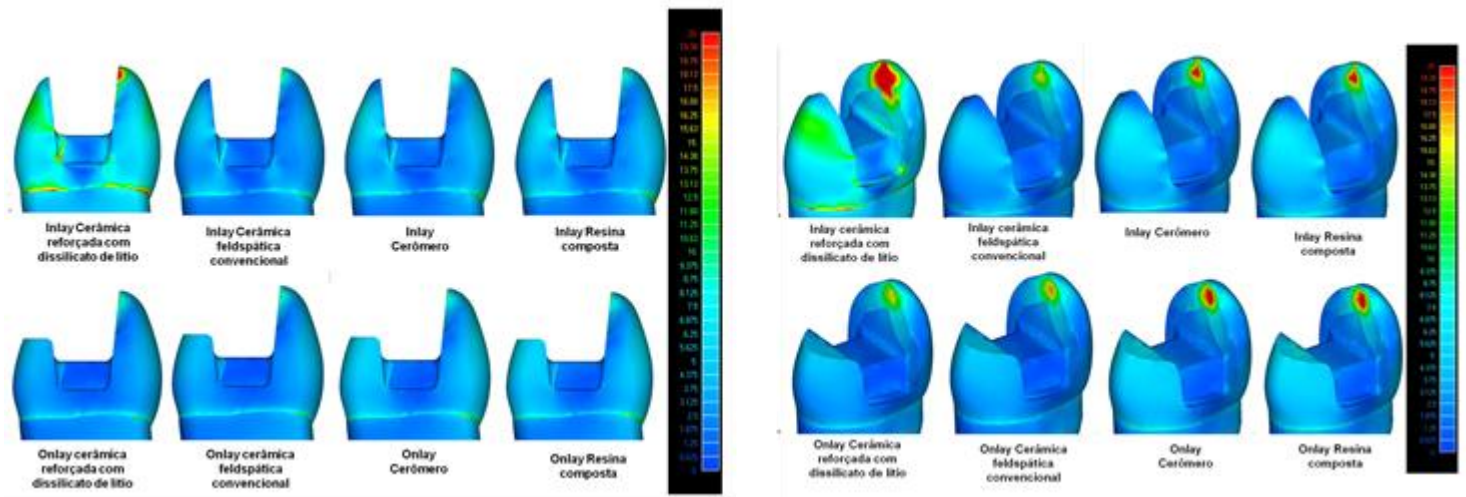


Figura 4. Tensões de Von Misses em vista mesial e perspectiva

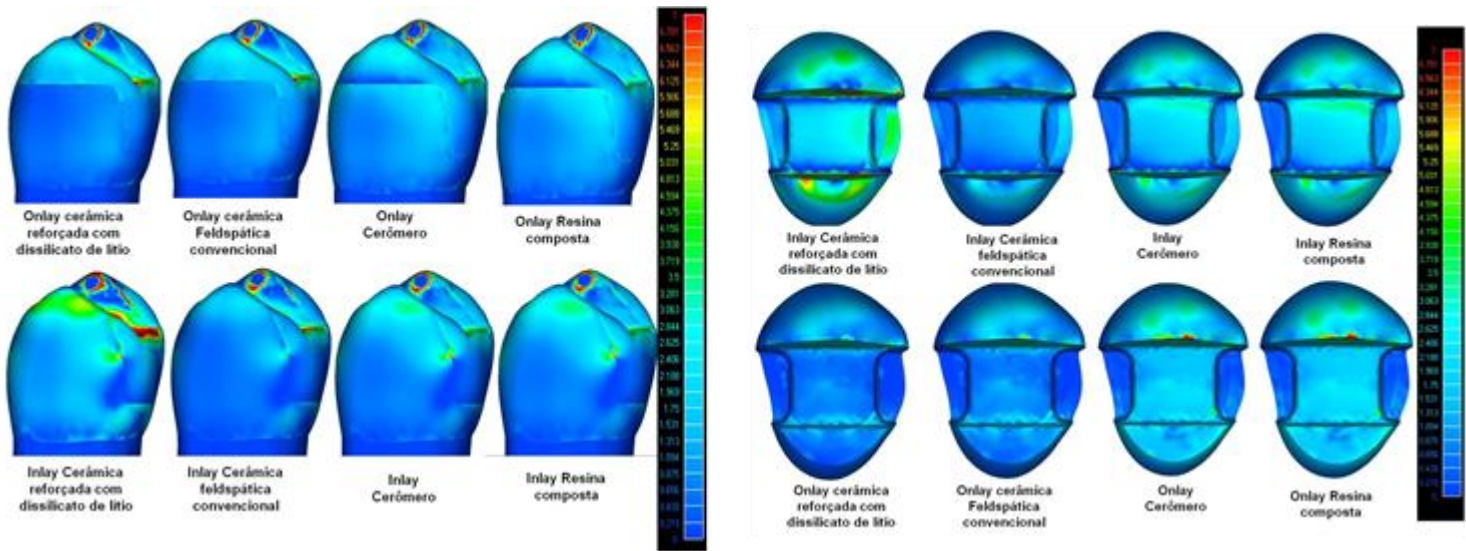


Figura 5. Tensões máximas principais, vista da cúspide palatina e oclusal.

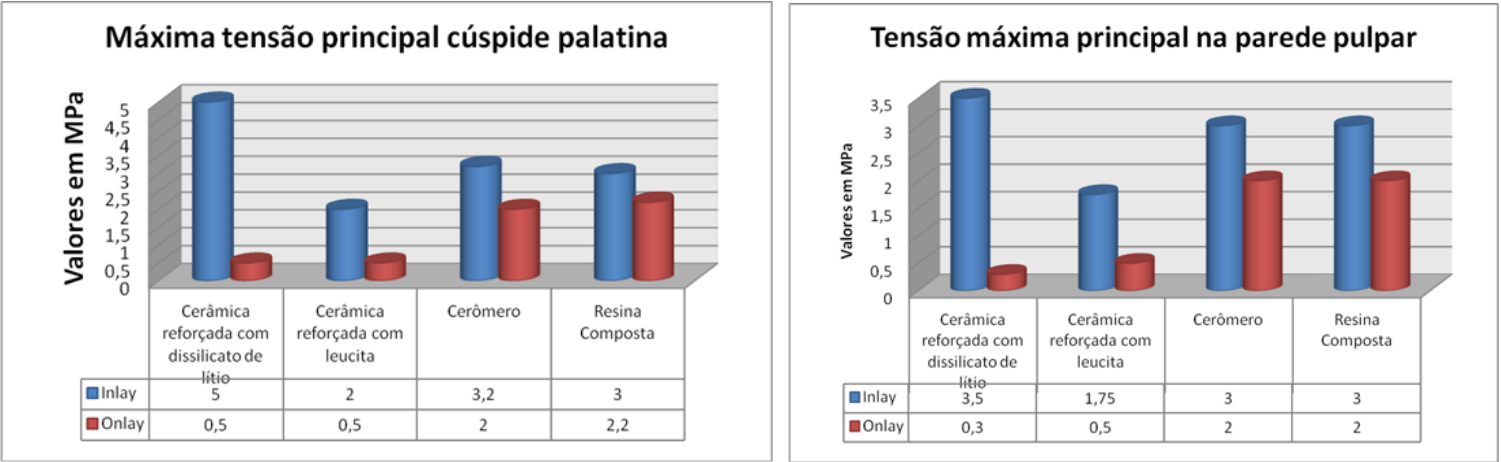


Figura 6. Valores de tensão (Mpa) mensurados na cúspide palatina e parede pulpar.

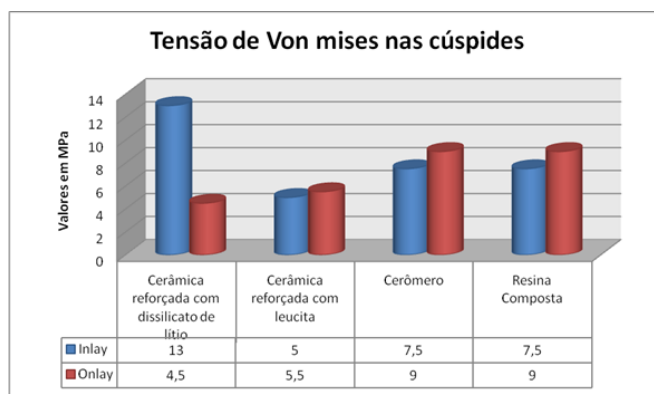


Figura 7. Valores de tensão de Von Mises mensurados na região das cúspides de ambos preparos

4. REFERÊNCIAS

- Abo-Hamar, S.E., Federlin, M., Hiller, K.A., Friedl, K.H. & Schmalz, G. "Effect of temporary cements on the bond strength of ceramic luted to dentin". *Dental Materials* 2005; 21(9):794-803.
- Farah, J.W., Clark A.E. & Ainpour, P.R. "Elastomeric impression materials". *Operative Dentistry* 1981;6(1):15-9.
- Giannini, M., Soares, C.J., de Carvalho, R.M. "Ultimate tensile strength of tooth structures". *Dental Materials* 2004;20(4):322-9.
- Huysmans, M.C. & Van der Varst, P.G. "Finite element analysis of quasistatic and fatigue failure of post and cores". *Journal of Dentistry* 1993;21(1):57-64.
- Kelly, J.R., Nishimura, I. & Campbell, S.D. "Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives". *Journal of Prosthetic Dentistry* 1996;75(1):18-32.
- Rees, J.S., Jacobsen, P.H. & Hickman, J. "The elastic modulus of dentine determined by static and dynamic methods". *Clinical Materials* 1994;17(1):11-5.
- Soares, C.J., Castro, C.G., Santos Filho P.C., Soares, P.V., Magalhaes, D. & Martins, L.R. "Two-dimensional FEA of dowels of different compositions and external surface configurations". *Journal of Prosthodontic* 2009;18(1):36-42.
- Soares, C.J., Martins, L.R., Fonseca, R.B., Correr-Sobrinho, L. & Fernandes Neto, A.J. "Influence of cavity preparation design on fracture resistance of posterior Leucite-reinforced ceramic restorations". *Journal of Prosthetic Dentistry* 2006;95(6):421-9.
- Soares, P.V., Santos-Filho, P.C., Gomide, H.A., Araujo, C.A., Martins, L.R. & Soares C.J. "Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution". *Journal of Prosthetic Dentistry* 2008b;99(2):114-22.
- Stafford, C.M., Harrison, C., Beers, K.L., Karim, A., Amis, E.J & VanLandingham MR, et al. "A buckling-based metrology for measuring the elastic moduli of polymeric thin films". *Natural Materials*. 2004;3(8):545-50.
- van Dijken, J.W. "Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up". *Journal of Dentistry* 2000;28(5):299-306.
- Wright, K.W. & Yettram, A.L. "Reactive force distributions for teeth when loaded singly and when used as fixed partial denture abutments". *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1979;42(4):411-6.
- Yamanel, K., Caglar, A., Gulsahi, K. & Ozden, U.A. "Effects of different ceramic and composite materials on stress distribution in inlay and onlay cavities: 3-D finite element analysis". *Dental Materials Journal* 2009;28(6):661-70.

5. ABSTRACT

The need for coating cusp and ratio of cavity preparation and restorative material are important factors in clinical practice and laboratory studies. The aim of this study was, through the finite element 3D method, to analyze biomechanical behavior of maxillary premolars ranging the type of preparation and restorative material. Through scanning of a premolar with anatomy average model was generated simulating a premolar. Were subsequently simulated inlay and onlay preparations and restored with these material properties similar to composite resin (16.6 GPa); resin laboratory (18.8 GPa) reinforced ceramic with lithium disilicate (102 GPa); reinforced ceramics with leucite (65 GPa). Was simulated load of 50 N in each side grinding of buccal and palatal cusp. It was concluded that, materials with higher modulus of elasticity transfer less stress for tooth structure. However, materials with modulus of elasticity much larger than dental structure in cavities inlays, not present adequate stress concentration. The models that used reinforced ceramics with leucite show a behavior biomechanical closest to healthy teeth.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.