



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

ROBERTA DOS SANTOS RANGEL SILVA

**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM DIFERENTES
ESPESSURAS DE LAMINADOS CERÂMICOS EM PRÉ-MOLARES
SUPERIORES - TABLE TOP**

2017

ROBERTA DOS SANTOS RANGEL SILVA

**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM DIFERENTES ESPESSURAS
DE LAMINADOS CERÂMICOS EM PRÉ-MOLARES SUPERIORES - TABLE TOP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia,
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte
das exigências para a obtenção do grau de CIRURGIÃO-DENTISTA.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Daniel Andreatta Filho
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Luiz Souto Borges

São José dos Campos
2017

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2018]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Silva, Roberta dos Santos Rangel

Avaliação da distribuição de tensões em diferentes espessuras de laminados cerâmicos em pré-molares superiores - table top / Roberta dos Santos Rangel Silva. - São José dos Campos : [s.n.], 2017.
23 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Graduação em Odontologia - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2017.

Orientador: Osvaldo Daniel Andreatta Filho.

1. Análise de elementos finitos. 2. Dissilicato de lítio. 3. Laminados cerâmicos. I. Andreatta Filho, Osvaldo Daniel, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osvaldo Daniel Andreatta Filho (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese

Prof. Dr. Sérgio Lucio Pereira de Castro Lopes

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Departamento de Diagnóstico e Cirurgia

Prof. Dr. Claudio Antonio Talge Carvalho

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Departamento de Odontologia Restauradora

São José dos Campos, 09 de novembro de 2017.

DEDICATÓRIA

A Deus, em Sua imensa bondade, que abençoou e abençoa cada passo meu, me capacitando diariamente para que eu possa superar as dificuldades. Meu melhor amigo, esteve ao meu lado cada segundo nessa trajetória. Obrigada Senhor por me permitir viver esse momento tão sonhado, essa vitória pertence a Ti.

Aos meus pais, Roberto e Sônia, sem vocês nada seria possível, obrigada por me educar e despertar em mim a vontade de prosperar, sempre me incentivando a estudar. Me orgulho de tê-los presente na minha vida. Agradeço por todo amor, carinho, esforço e dedicação, para que eu pudesse concluir meus estudos.

Aos meus amados avós, José Quintino e Edmea, em vocês eu encontrei inspiração para lutar e buscar sempre progredir, me orgulho imensamente da história de superação da vida de vocês. Obrigada por sempre me apoiarem, por acreditarem na minha capacidade e sempre estarem presentes em todos os momentos da minha vida.

A minha irmã, Rainá, obrigada por toda ajuda, por proporcionar momentos felizes.

Ao meu tio e padrinho Alexandre, obrigada tio por sempre estar presente na minha vida, me ajudando em todas as situações, você foi essencial para que esse momento se concretizasse.

Ao meu amado namorado Jefferson, você fez os momentos difíceis parecerem mais leves, obrigada pelo seu carinho, amor e paciência, e também por estar ao meu lado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Alexandre Luiz Souto Borges. Professor, obrigada por cada instante que o senhor se dispôs a me ensinar e que se dedicou a esta pesquisa. Comecei a admirá-lo como o profissional capacitado e incrível que o senhor é, e também como a pessoa alegre, paciente, bondosa e humana que tive o prazer de conhecer melhor.

A Dayana Campanelli Moraes, obrigada pela ajuda, paciência, disponibilidade e dedicação que você empenhou durante todo o desenvolvimento desta pesquisa, você foi essencial.

Ao professor Osvaldo Daniel Andreatta Filho, obrigada por me permitir fazer parte de sua ideia, por sempre ter sido agradável e paciente.

Ao João Paulo Tribst, obrigada por sempre ter sido solícito, e ter se demonstrado disponível para ajudar a qualquer momento.

" O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis". José de Alencar

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Modelamento tridimensional	11
2.2 Pré-processamento	11
3 RESULTADOS	14
4 DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	21

Silva RSR. Avaliação da distribuição de tensões em diferentes espessuras de laminados cerâmicos em pré-molares superiores - Table top [trabalho de conclusão de curso]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2017.

RESUMO

O presente estudo avaliou a tensão gerada em pré-molares superiores reabilitados com fragmentos cerâmicos de dissilicato de lítio na superfície oclusal (*table top*). Através do software CAD (desenho assistido por computador), um pré-molar superior foi modelado seguindo suas referências anatômicas. Os tecidos dentários foram modelados individualmente, contendo esmalte, dentina e ligamento periodontal, e os principais pontos anatômicos foram utilizados como parâmetros para a criação do modelo. Também foi modelada a geometria do fragmento cerâmico que variou entre as espessuras: 0,5 mm, 1,0 mm e 1,5 mm. As geometrias sólidas foram exportadas para o software de análise no formato STEP. Os materiais foram considerados isotrópicos, homogêneos e lineares. Os valores do módulo de elasticidade (E) e do coeficiente de Poisson (ν) de cada material foram informados de acordo com a literatura. Uma carga de 200N foi aplicada na região central da superfície oclusal, simulando uma carga mastigatória axial. Os resultados obtidos foram em tensão máxima principal (MPa) de acordo com o critério de falha dos materiais analisados (tensão de tração). Foi possível observar diferenças significativas nos resultados entre os grupos analisados. Assim, os resultados mostraram que quanto mais fina a restauração, maior o esforço de tração concentrado. Assim, através desta metodologia, foi possível concluir que fragmentos cerâmicos oclusais mais conservadores apresentam inferior comportamento mecânico, mas os três grupos de restauração analisados suportam a reabilitação oclusal de pré-molares superiores.

Palavras-chave: Análise de elementos finitos. Dissilicato de lítio. Laminados cerâmicos.

Silva RSR. *Evaluation of stress distribution in different thicknesses table top in upper pre-molars [graduation final work]. São José dos Campos (SP):São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2017.*

ABSTRACT

The present study evaluated the stress generated in upper premolars rehabilitated with ceramic fragments of lithium disilicate on the occlusal surface (Table top). Through the CAD software (computer aided design) an upper premolar was modeled following its anatomical references. The dental tissues were individually modeled, containing enamel, dentin and periodontal ligament, and the main anatomical points were used as parameters for model creation. It was also modeled the geometry of the ceramic fragment that varied between the thicknesses: 0.5mm, 1.0mm and 1.5mm. The solid geometries were exported to the analysis software in STEP format. The materials were considered isotropic, homogeneous and linear. The values of the elastic modulus (E) and Poisson's ratio (ν) of each material were informed according the literature. A load of 200N was applied in the central region of the occlusal surface, simulating an axial masticatory load. The required results were at maximum principal stress (MPa) according to the failure criterion of the materials analyzed (tensile stress). It was possible to observe significant difference in the results between the analyzed groups. So, the results showed how thinner the restoration, higher the tensile stress centered. Thus, through this methodology, it was possible to conclude that more conservative occlusal ceramic fragments present worst mechanical behavior, but the three groups of restoration analyzed would support the occlusal rehabilitation of upper premolars.

Keywords: *Finite element analysis. Lithium disilicate. Ceramic veneer.*

1 INTRODUÇÃO

Diante da rotina estressante enfrentada por muitos pacientes, o bruxismo vem se tornando cada vez mais evidente no consultório odontológico [1]. O bruxismo pode ser definido como um hábito parafuncional que representa um contato não funcional, que se manifesta de forma excêntrica (ranger dos dentes) ou cêntrica (apertar dos dentes) [1]. Seu tratamento ainda é discutível, mas entre os métodos, os mais realizados são a confecção de placas miorrelaxantes, terapia farmacológica e a terapia de suporte psicológico [2].

A dimensão vertical de oclusão (DVO) é definida como a posição vertical da mandíbula em relação à maxila, medida entre dois pontos quando os dentes superiores e inferiores estão em contato intercuspídeo na posição de fechamento máximo [3]. Sua diminuição não acarreta em grande desconforto, porém influencia no arco de abertura e fechamento mandibular, podendo alterar a relação direta entre os dentes que acompanham a guia anterior [4]. Com a necessidade de restabelecer a DVO, é necessário promover condições oclusais adequadas para a obtenção da estabilidade ortopédica, garantindo uma posição ideal entre músculo e esqueleto [5].

A DVO pode ser restabelecida a partir das restaurações indiretas pois são indicadas para casos cuja destruição da estrutura dental ultrapassa os limites aceitáveis para a confecção de uma restauração direta adequada e com durabilidade [6].

As cerâmicas odontológicas estão entre os principais materiais de escolha para restaurar a estrutura dental, devido às suas propriedades como: resistência à compressão, estabilidade de cor, radiopacidade e condutibilidade térmica semelhantes ao dente, biomimetismo e integridade marginal [7]. A busca por estética tem refletido em um aumento de confecções de restaurações em cerâmicas, que não se restringem apenas aos dentes anteriores, abrangendo também a região posterior [7,8].

Dentre as cerâmicas odontológicas disponíveis, destaca-se a cerâmica vítrea reforçada com cristais de disilicato de lítio (aproximadamente de 60-70%), garantindo a esse sistema uma estrutura muito translúcida, conferindo um baixo

índice de refração, refletindo a luz com eficiência e ainda possibilitando adequada resistência mecânica [9,10].

Além de apresentar variedade de cores e possuir alta resistência (360 a 400 MPa), este material é indicado para confecção de restaurações com espessuras extremamente finas (0,3mm) evitando desgastes excessivos para conveniência de preparos protéticos na estrutura dental [11]. Deste modo, com os avanços tecnológicos, a odontologia restauradora, busca a preservação da estrutura dentária, evitando que desgastes acentuados sejam efetuados, buscando o equilíbrio biológico e mecânico, ou seja, entre os tecidos dentários e o material restaurador [12].

Os fragmentos cerâmicos oclusais (Table top), são restaurações confeccionadas, usualmente, em espessuras entre 1,5mm e 2,0mm, exigindo preparos dentários conservadores ou mesmo apenas o arredondamento da estrutura dental, possibilitando que a vitalidade pulpar seja mantida, evitando que tratamentos endodônticos sejam necessários [13]. Apesar de já existirem relatos de casos na literatura que tenham confeccionado restaurações com essa finalidade, ainda não existem estudos que demonstrem como as tensões se dissipam nessa modalidade restauradora.

O estudo das tensões e deformações no elemento dental busca simular e entender o comportamento das estruturas naturais, do dente e de estruturas adjacentes, prevendo possíveis complicações, que possam levar ao fracasso do tratamento indicado, possibilitando que intervenções e modificações sejam realizadas, para isto, muitos estudos recorrem ao uso do método de elementos finitos (FEA) [14].

A análise por elementos finitos é constituída pela discretização de um meio contínuo em pequenos elementos, mantendo as propriedades do meio original. Esses elementos são descritos por equações diferenciais e resolvidos por modelos matemáticos, para se alcançar os resultados desejados [15,16].

Portanto, o presente estudo visa analisar através da Análise por Elementos Finitos (FEA), o comportamento mecânico e a influencia de três espessuras diferentes de restaurações cerâmicas do tipo table top em pré-molares superiores. A hipótese nula é que não haverá diferença significativa entre os grupos restaurados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Modelamento tridimensional

Através do software CAD - Rhinoceros 3D (version 4.0 SR8 McNeill, Seattle, USA) um modelo 3D de um pré-molar humano previamente validado foi selecionado. O modelo contou com os tecidos dentários modelados individualmente: esmalte, dentina, polpa e ligamento periodontal. Em uma segunda etapa, o modelo 3D hígido (grupo controle) foi replicado e a partir dele foi desenhado três pré-molares superiores com redução oclusal de 0.5mm, 1.0mm e 1.5mm respectivamente, simulando um desgaste patológico decorrente do bruxismo, isto posto, foram criados 3 fragmentos cerâmicos com a mesma anatomia oclusal do pré-molar hígido, sendo portanto: G0 – hígido, G1- 0,5mm, G2- 1,0mm e G3- 1,5mm, conforme a sequência demonstrada na Figura 1.

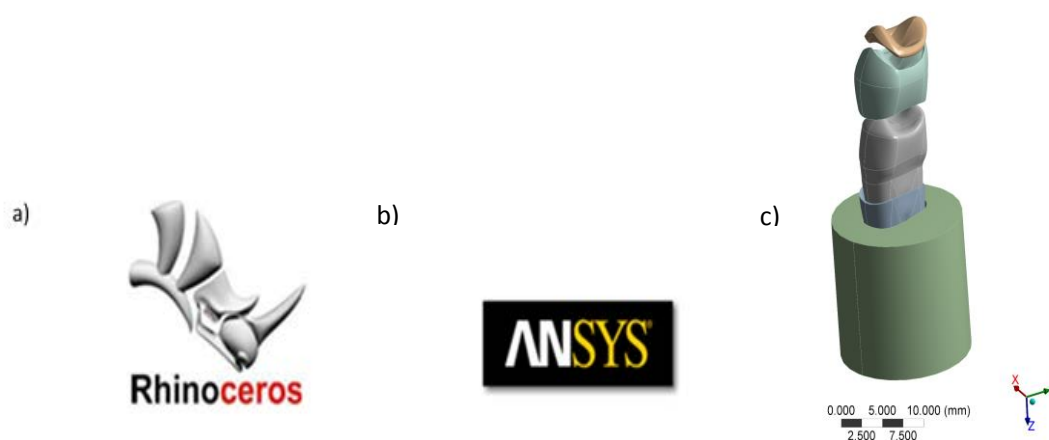


Figura 1: a) Rhinoceros; b) Ansys; c) Decomposição dos componentes do modelo.

2.2 Pré-processamento

As geometrias sólidas foram exportadas para o software de análise (ANSYS 17.0, ANSYS Inc., Houston, USA) em formato STEP (Figura 2). Os valores do módulo elástico (E) e do coeficiente de Poisson (ν) do esmalte, da dentina, do

ligamento periodontal e do simulador de osso (poliuretano) foram retirados da literatura e utilizados para realização da análise estática estrutural mecânica (Quadro 1). Os materiais foram considerados isotrópicos, homogêneos e lineares. Os contatos foram considerados perfeitamente colados e a fixação do sistema definida na base do cilindro de fixação.

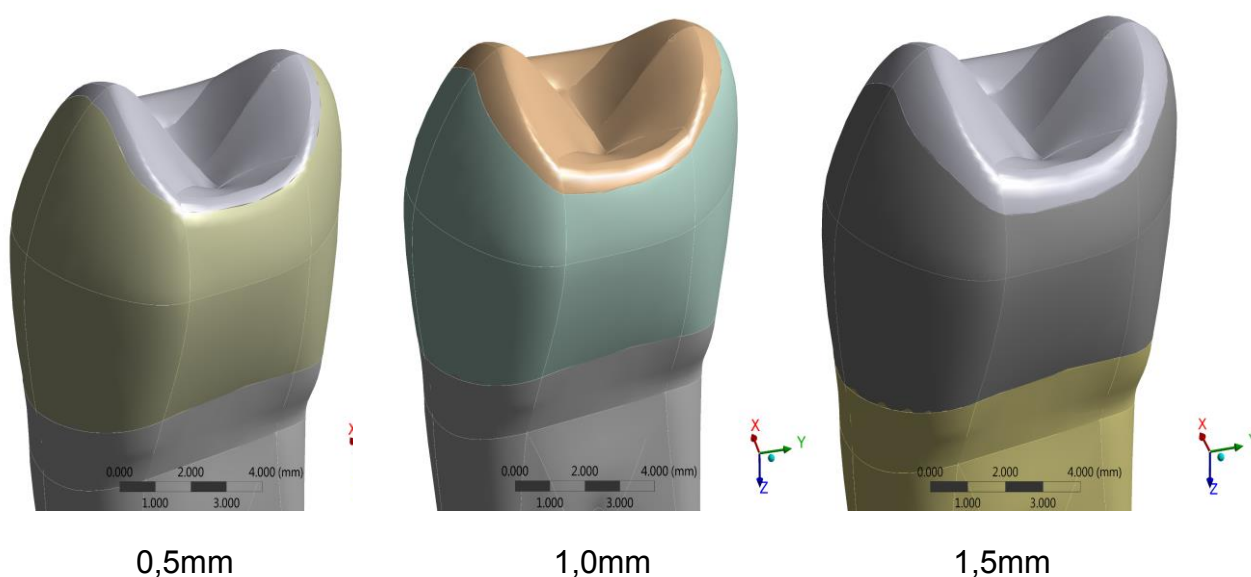


Figura 2- Fragmentos cerâmicos confeccionados.

Quadro 1 - Propriedades mecânicas usadas para a Análise por Elementos Finitos

	Módulo elástico (MPa)	Coefficiente de Poisson	Referência
Esmalte	84,1	0,33	Sorrentino [26]
Dentina	18,6	0,31	Lu [33] e Rubin [27]
Polpa	0,3	0,45	Torpali [28]
Ligamento Periodontal	0,0689	0,45	Upadhyaya [29]
Dissilicato de Lítio	95	0,3	Ivoclar Vivadent [30] e Heintze [31]
Poliuretano	3,5	0,3	Miyashiro [32]

A malha foi gerada automaticamente pelo software, em seguida foi aplicado o teste de convergência de malha (10%) para definir uma quantidade mínima de subdivisão da geometria em elementos finitos que não interfira nos resultados. Assim, foi gerada uma malha com uma média de 152.837 nós e 84.874 elementos (Figura 3). A carga simulada foi de 200N, aplicada no centro da face oclusal do pré-molar superior, simulando o contato fisiológico em máxima intercuspidação (Figura 4).

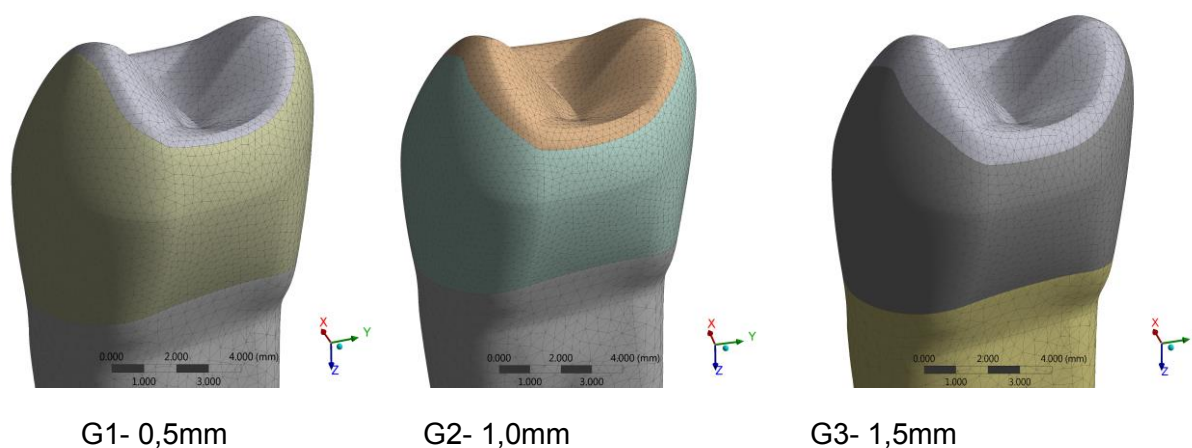


Figura 3- Malha trabalhada dos três fragmentos cerâmicos.

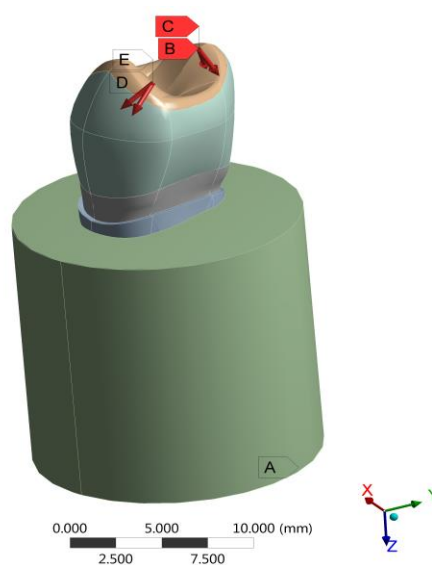




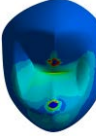
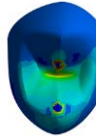
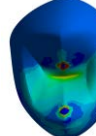
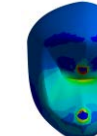



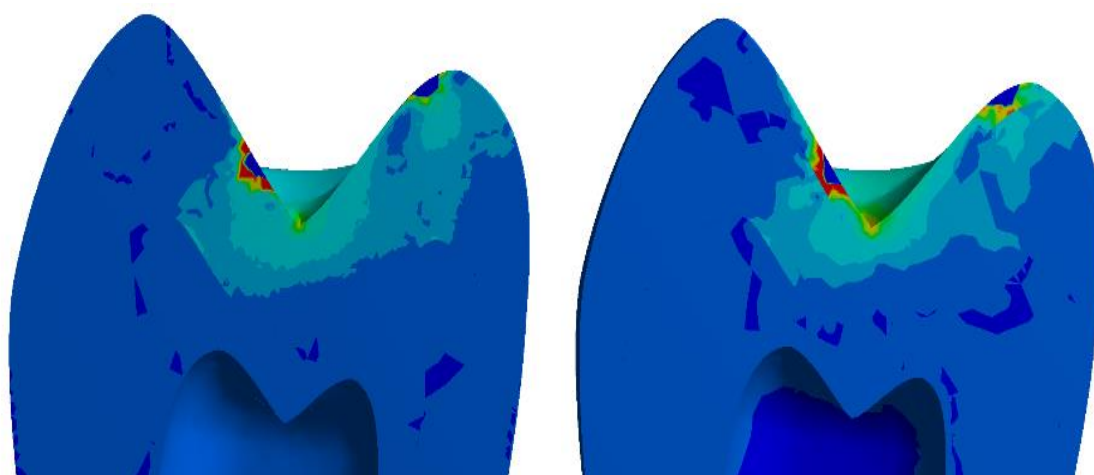
Figura 4- Carregamento na face oclusal simulando uma carga axial.

3 RESULTADOS

Os resultados exigidos foram em tensão máxima principal (Mpa). Nos gráficos colorimétricos obtidos, as cores quentes na escala indicam maior magnitude da tensão de tração, conforme Quadro 2. A diferença de concentração de tensão entre os grupos pode ser observada pela quantidade de área da superfície dental envolvida por valores de tração elevada. Deste modo é possível observar que a maior concentração de tensão de tração para o dente e para o fragmento cerâmico de dissilicato de lítio é evidenciada no grupo G1, enquanto que o G3 apresenta a menor concentração de tensão, tanto para o fragmento cerâmico, quanto para o dente (Figuras 5 e 6).

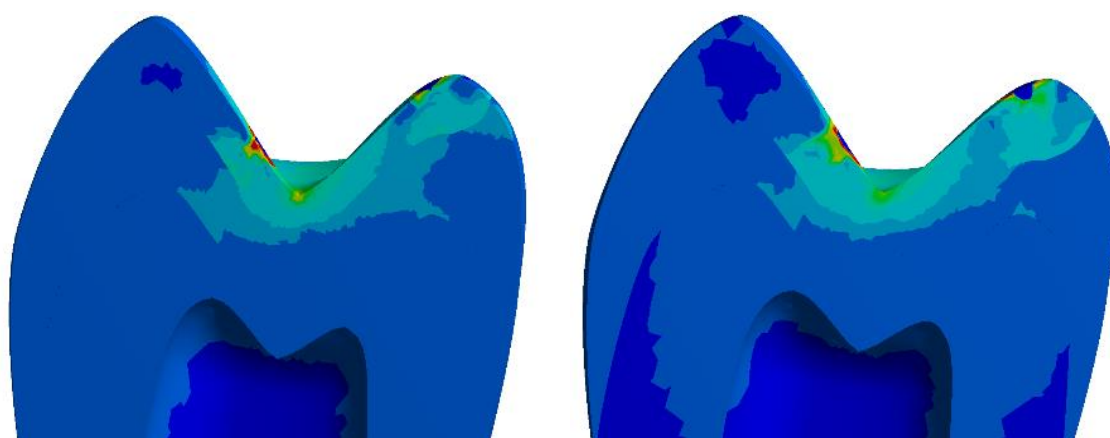
Quadro 2- Distribuição de tensão, em máxima intercuspidação, no elemento dentário e na faceta cerâmica

Pré-molar Hígido	Redução 0,5mm	Redução 1,0mm	Redução 1,5mm	
				Tensão máxima principal
				Tensão máxima principal
 100 80 60 45 30 10 0 276.29 Max 90 70 50 35 20 5 -1391.1 Min				Legenda



a) Hígido

b) 0,5mm



c) 1,0mm

d) 1,5mm

Figura 5- Ampliação das imagens da distribuição de tensão máxima principal, no dente hígido e nos grupos de fragmentos cerâmicos.

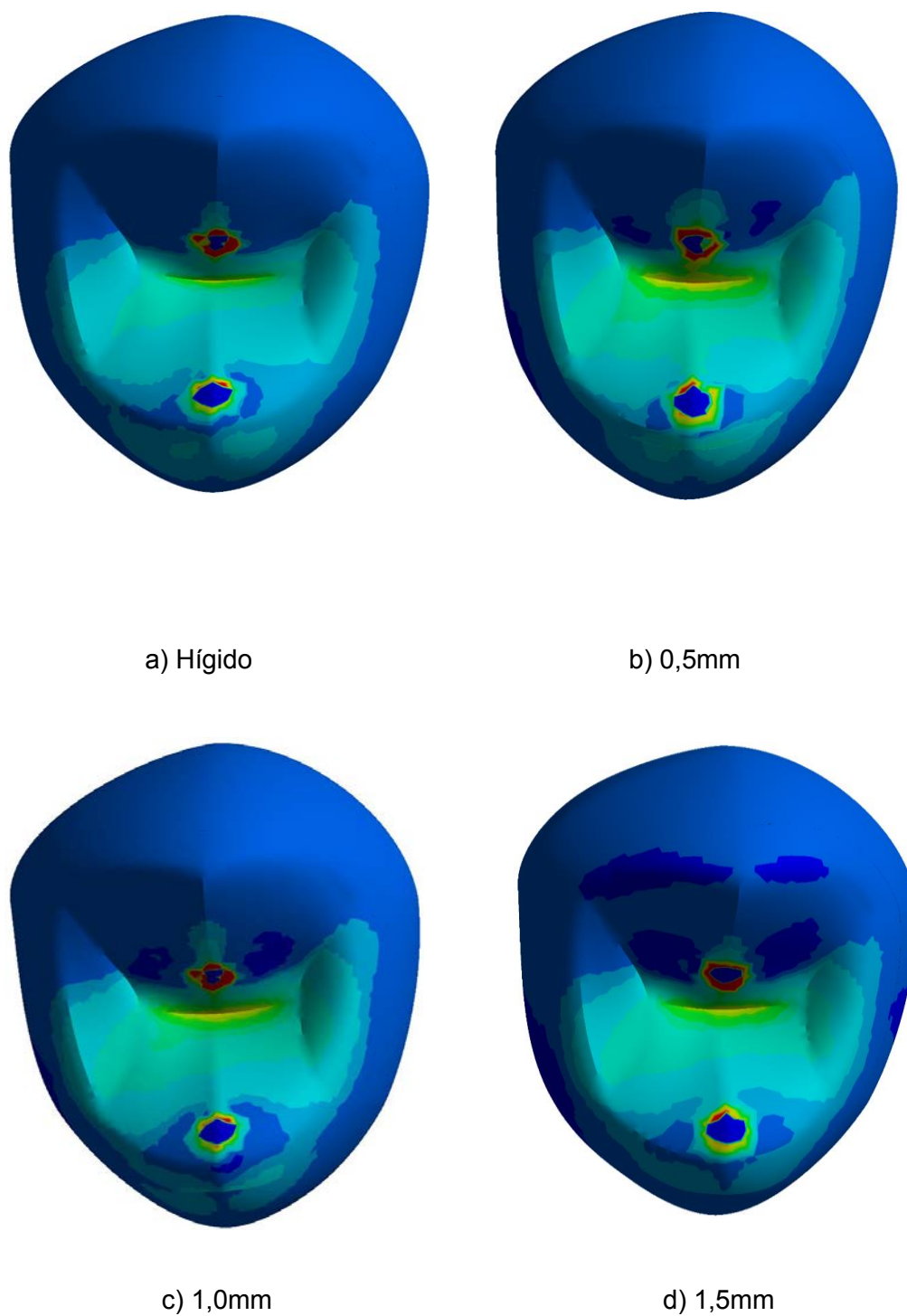


Figura 6- Ampliação das imagens de tensão máxima principal, no dente hígido e nos fragmentos cerâmicos.

Os grupos G1, G2 e G3 mostraram diferença significativa (10%), com base no teste de convergência de malha, uma vez que os picos de concentração de tensão em esmalte evidenciaram que o grupo G1 apresentou o dobro de tensão quando comparado com o G3,

demonstrado pela Figura 7.

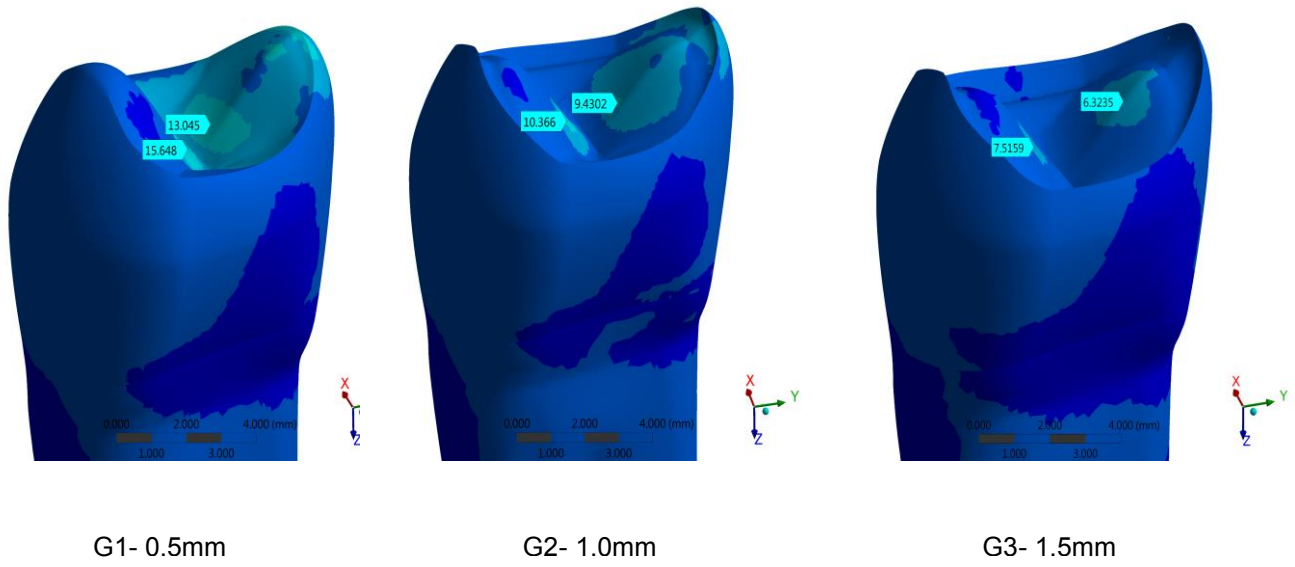


Figura 7- Mensuração dos valores de tensão no esmalte dental.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou por meio de FEA, as tensões geradas em pré-molares superiores reabilitados na face oclusal com fragmentos cerâmicos de dissilicato de lítio (Table top). Assim a hipótese nula foi negada pois os resultados demonstraram que as restaurações com fragmentos cerâmicos (Table top) com espessura de 0,5mm (Grupo1) obtiveram maior concentração de tensão em comparação aos outros grupos quando aplicada a carga de 200N.

Em relação ao preparo, foi considerado apenas o arredondamento da estrutura dental apenas na face oclusal, simulando uma redução patológica ocorrida através da parafunção do bruxismo, não abrangendo dentina. Habekost et al. [36] apontaram que a preservação da estrutura dental, durante a confecção dos preparos cavitários, minimiza a perda da resistência biomecânica dos tecidos dentários. Os autores observaram que preparos cavitários para restaurações inlay exibiram resistência superior quando comparadas com restaurações onlay [36]. Assim, no presente estudo, um preparo conservador envolvendo apenas a face oclusal apresenta-se bastante viável, pois valores de tensão maiores do que a resistência flexural do dissilicato de lítio [7,15] não foi observada, sugerindo que as restaurações não irão fraturar.

Foi considerado também as concentrações de tensões na estrutura dental dos grupos G1, G2 e G3, onde o grupo G3 de 1,5mm obteve o melhor resultado, apesar da diferença final entre os grupos ter sido significativa com base no teste de convergência, não podemos assumir que clinicamente haverá diferença pois em todos os grupos restaurados, os valores encontrados são inferiores a 20 MPa.

A reabilitação de pacientes com desgaste dentário é uma questão de grande relevância, uma vez, que essas alterações patológicas implicam em fatores fisiológicos e estéticos [4]. A diminuição da dimensão vertical de oclusão ocasionada pelo desgaste dental influencia no arco de abertura e fechamento mandibular, podendo alterar a relação direta entre os dentes que acompanham a guia anterior, e também sua diminuição pode gerar desconforto [4].

Tavarez et al. [35], propôs que quando comparadas, restaurações estéticas confeccionadas a partir de cerâmica feldspática, apresentando configurações do tipo

fragmento e do tipo overlay, submetidas a testes de resistência à fratura, mostraram que os fragmentos cerâmicos obtiveram melhores resultados, além de evitar que a estrutura dental se fragilize com preparos biomecânicos muito extensos [16].

Bertoncelo et al. [37], também analisaram a resistência de laminados cerâmicos reabilitando pré-molares superiores, onde observaram que as restaurações feitas em dissilicato de lítio obtiveram resultados significantes chegando a 530N no teste de compressão, quando comparadas a outros sistemas cerâmicos [37]. Assim, uma carga fisiológica de 200N, simulada nesse estudo não ocasionará a fratura do material, corroborando com os valores da escala de tensão encontrados na figura.

Magne et al. [13], analisaram 30 espécimes divididos em três grupos, onde restaurações do tipo table top foram confeccionadas, 10 restaurações de IPS Empress CAD, 10 de IPS e.max CAD e 10 em resina composta (Paradigma Blocos MZ100), cimentadas na oclusal de terceiros molares superiores; cada table top apresentava espessura média de 1,2mm ao sulco central, um máximo de 1,8mm de ponta de cúspide e 1,6mm na inclinação interna da cúspide. Os autores encontraram uma taxa de sobrevivência para as restaurações em resina composta de 100% com 1400 N, porém vale observar que em carga fisiológica as restaurações de dissilicato de lítio apresentaram 100% de sobrevivência, e que mesmo com mais de uma tonelada de força ainda apresentaram 30% de sobrevivência [13].

Apesar de não conseguir retratar todas as variáveis existentes no ambiente bucal, a análise por elementos finitos vem se mostrando eficiente, quanto à investigação dos efeitos da distribuição de tensão em diversas situações reabilitadoras, identificando o mecanismo inicial de uma falha, e possibilitando que novas alternativas sejam estudadas [28].

5 CONCLUSÃO

Considerando as variantes desse estudo, pode-se concluir que fragmentos cerâmicos oclusais mais conservadores apresentam inferior comportamento mecânico, porém todos os três grupos com diferentes espessuras suportariam reabilitar a oclusal de pré-molares superiores.

REFERÊNCIAS

1. Wigdorowicz-Makowerowa N, Grodzki C, Panek H, Máslanka T, Plonka K, Palacha A. Epidemiologic studies on prevalence and etiology functional disturbances of the masticatory system. *J Prosthet Dent.* 1979;41(1):76-82.
2. Attanasio R. An overview of bruxism and its management. *Dent Clin North Am.* 1997;41:229-41.
3. Dawson PE. Optimum TMJ condyle position in clinic practice. *J Periodontics Restor Dent.* 1985;5:10.
4. Henriques SEF. Reabilitação oral: filosofia, planejamento e oclusão. São Paulo: Santos Editora; 2003.
5. Okeson JP. Fundamentos da oclusão e desordens temporomandibulares. 4.ed. São Paulo: Artes Médicas; 2000.
6. Magne P, Knezevic A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int.* 2009 Oct; 40(9):729-37.
7. Raut A, Rao PL, Ravindranath T. Zirconium for esthetic rehabilitation: an overview. *Indian J Dent Res.* 2001;22(1):140-3. doi: 10.4103/0970-9290.79979.
8. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J.* 2011;56(1):84-96. doi: 10.1111/j. 1834-7819.2010.01299.x.
9. Culp L, McLaren EA. Lithium disilicate: the restorative material of multiple options. *Compendium.* 2010 Nov-Dec;31(9):716-25.
10. Gomes EA, Assunção WG, Rocha EP, Santos PH. Ceramic in dentistry: current situation. 2008;319-25.
11. Ritter RG, Rego NA. Material considerations for using lithium disilicate as a thin veneer option. *J Cosmet Dent.* 2009;25(3):111–17.
12. Magne P, Belser U. Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach. Chicago: Quintessence; 2002.
13. Magne P, Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN. In vitro Fatigue resistance of CAD/ CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J Dent.* 2010 Sep;104(3):149-57. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60111-4.
14. Wakabayashi N, Ona M, Suzuki T, Igarashi Y. Nonlinear finite element analyses: advances and challenges in dental applications. *J Dent.* 2008;36:463-71. doi: 10.1016/j.jdent.2008.03.010.
15. Trivedi S. Finite element analysis: a boon to dentistry. *J Oral Biol CraniofacRes.* Sep-Dec 2014;4(3):200–3. doi: 10.1016/j.jobcr.2014.11.008.

16. Lotti RS, Machado AW, Mazzeiro ET, Landre Júnior J. Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial Maringá*. 2006 Mar-Abril;11(2):35-43.
17. Martins LM. Confiabilidade de coroas de dissilicato de lítio com diferentes espessuras sob fadiga [tese]. Bauru (SP): Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru; 2011. doi: 10.11606/T.25.2011.tde-21032012-160714.
18. Santos FA, Santos dos C, Carvalho de M, Almenida K, Silva CA, Lazar DRR. Mechanical properties of dental ceramics lithium disilicate based on silica from rice husk, with and without oxide addition. 68º abm Int annual congresso; 2013. p.4260-71.
19. Oliveira W de F, Popoff DAV, Souza Júnior AG. Restaurações estéticas com dissilicato de lítio: relato de caso clínico. *Revista Digital*. Buenos Aires. 2013;18(179) [aproximadamente 5 p]. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd179/restauracoes-esteticas-com-dissilicato-de-litio.htm>
20. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 1. *Eur J Esthet Dent*. 2008;3:30-44.
21. Signore A, Benedicenti S, Covani U, Ravera G. A 4- to 6-year retrospective clinical study of cracked teeth restored with bonded indirect resin composite onlays. *Int J Prosthodont*. 2007;20:609-16.
22. Ledley RH, Hung HK. "Linear model of tooth displacement by applied forces." *J Dent Res*. 1968;48:32-7. doi: 10.1177/00220345680470031401.
23. Oliveira EJ. *Biomecânica básica para ortodontistas*. Belo Horizonte: UFMG; 2000.
24. Gallagher RH. Introduction. In: Gallagher RH. *Finite element analysis: fundamentals*. 4.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1975. p.1-19.
25. Mori M, Ueti M, Matson E, Saito T. Finite element analysis of internal stress distribution, under axial force, in sound tooth, and in tooth restored with metaloceramic crown and cast metal post and core. *Rev Odontol Univ São Paulo*. 1997 Apr- June;11(2):99-107. doi:10.1590/S0103-06631997000200006.
26. Sorrentino R, Aversa R, Ferro V, Auriemma T, Zarone F, Ferrari M. et al Three-dimensional finite element analysis of strain and stress distributions in endodontically treated maxillary central incisors restored with different post, core and crown materials. *Dent Mater*. 2006 Oct;23(8):983-93. doi: 10.1016/j.dental.2006.08.006.
27. Rubin C, Krishnamurthy N, Capilouto E, Yi H. Stress analysis of the human tooth using a three-dimensional finite element model. *J Dent Res*. 1983 Feb;62(2):82-6. doi:10.1177/00220345830620021701.
28. Toparli M, Aykul H, Sasaki S. Temperature and thermal stress analysis of a crowned maxillary second premolar tooth using three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil*. 2003 Jan;30:99-105.

29. Upadhyaya V, Bhargava A, Parkash H, Chittaranjan B, Kumar V. A finite element study of teeth restored with post and core: effect of design, material, and ferrule. 2016 May;13(3):233-8.
30. Ivoclar Vivadent. IPS e.max Press [internet]. Schaan, Liechtenstein: Ivoclar Vivadent; 2009 [acesso em 2016 Jan 10]. Disponível em file:///C:/Users/thuer/Downloads/IPS+e-max+Press%20(1).pdf.
31. Heintze SD, Cavalleri A, Zellweger G, Büchler A, Zappini Z. Fracture frequency of all-ceramic crowns during dynamics loading in a chewing simulator using diferente loadin and luting protocols. Dent Mat. 2008;24:1352-61.
32. Miyashiro M, Suedam V, Moretti Neto RT, Ferreira PM, Rubo JH. Validation of an experimental polyurethane model for biomechanical studies on implant supported prosthesis--tension tests. J Appl Oral Sci. 2011 May-Jun;19(3):244-8.
33. Lu Z, Zhang Y, Zhang W, Wang M. Influence of post-core on the strength of endodontically treated and crowned teeth. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2002; 37:43-6.
34. Amoroso AP, Ferreira MB, Torcato LB, Pellizzer EP, Mazaro JVQ, Gennari Filho H. Dental ceramics: properties, indications and clinical considerations. Rev. Odontol. Araçatuba. 2012 Jul-Dez;33(2):19-25.
35. Tavares RRJ, Firoozmand LM, Silva MB, Malheiros AS, Bandéca MC. Overlays or Ceramic Fragments for Tooth Restoration: an analysis of fracture resistance. J Contemp Dent Practic. 2014 Jan-Feb;15(1):56-60.
- Habekost Lde V, Camacho GB, Pinto MB, Demarco FF. Fracture resistance of premolars restored with partial ceramic restorations and submitted to two different loading stresses. Oper Dent. 2006 Mar-Apr;3:221. doi: 10.2341/05-11.
36. Bertoncelo CA, Moreira MA, Archangelo CM, Silva CO, Sábio S, Corrêa GO. In vitro evaluation of fatigue resistance and adhesion laminated ceramics veneers in premolars with total coverage of the buccal cusp. Revista UNINGÁ Review. 2014 Jul-Set;19(1):10-3.
37. Lucchese PRA, Jakumiú JRG, Archangelo CM, Silva CO, Sábio S, Corrêa GO. Evaluation of mechanical behavior of ceramic laminates in premolars without coverage of cusp. Braz J Surg and Clin Res. 2014 Jun-Ago;7(1):23-9.
38. Soares CJ, Castro CG, Santos Filho PC, Soares PV, Magalhães D, Martins LR. Two-dimensional FEA of dowels of diferente compositions and external surface configurations. J Prosthodont. 2009;18(1):36-42.
39. Reis BR. Influência da configuração cavitária e tipo de material restaurador no comportamento biomecânico de pré-molar superior: análise por elementos finitos [tese]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2010.