

ANÁLISE DE TENSÕES DESENVOLVIDAS EM DOIS MODELOS DE PRÓTESES DENTAIS

Elson Magalhães Toledo

Paulo César Ferreira

emtc@lnc.c.br

paulocf@lnc.c.br

Laboratório Nacional de Computação Científica

Rua Getúlio Vargas, 333, Quitandinha, CEP 25651-075, Petrópolis - RJ - Brasil

Luis Paulo da Silva Barra

Douglas Cássio Seiberlich de Paiva

luisp@numec.ufjf.br

douglas@numec.ufjf.br

NUMEC - Núcleo de Pesquisa em Métodos Computacionais em Engenharia

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG - Brasil

Mauro Cruz

mc@maurocruz.com.br

CLINEST - Centro Clínico de Pesquisa em Estomatologia

Resumo. *Diversos estudos têm evidenciado a influência dos níveis de tensões da interface osso-implante na estabilidade e durabilidade de sistemas de próteses implanto suportadas. Com o surgimento de novas alternativas de próteses totais ou parciais, o Método dos Elementos Finitos tem demonstrado eficiência nas simulações computacionais para obtenção da distribuição de tensões nessa interface, provendo subsídios para análises comparativas destes sistemas.*

O presente trabalho tem como objetivo específico comparar as tensões desenvolvidas no entorno dos implantes instalados em uma mandíbula edêntula através de duas próteses em monobloco, cada uma com três implantes. Uma primeira prótese com implantes retos alinhados sobre o rebordo e uma outra formada por um primeiro implante angulado frontal com a inclinação voltada para a face lingual, um segundo retilíneo e o terceiro angulado com a inclinação voltada para a face vestibular.

Foram utilizados modelos tridimensionais de mandíbula edêntula com as próteses instaladas na região pré-molar. Cada tipo de prótese foi submetida a cargas verticais no centro de cada uma das coroas e cargas horizontais nas faces externas das coroas no sentido buco-lingual.

São apresentados resultados em termos de tensões principais (σ_1 e σ_3), para a região cervical e contorno buco-lingual da adjacência óssea dos implantes dos dois tipos de próteses, quando se alterna as cargas entre as três coroas.

Keywords: prótese dental, implante dental, elementos finitos, análise de tensões

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da implantodontia, várias alternativas de próteses têm sido aplicadas e estudadas, visando o sucesso da recuperação estética e principalmente funcional do sistema mastigatório. Na busca de solução para casos de edentulismo parcial, o conhecimento da distribuição das tensões em sistemas de próteses é um dos fatores fundamentais para prever o sucesso de tais reconstruções. Uma vez que a carga mastigatória é transmitida à estrutura óssea pelos implantes, o planejamento e execução cuidadosos destes sistemas são essenciais para se alcançar uma distribuição de tensões favorável ao tecido ósseo (Laufer and Gross, 1998). Fatores como posicionamento e geometria dos implantes, tipos de apoios das próteses (implanto ou dento suportadas), relação coroa-implante, vêm sendo considerados para o melhor desempenho mecânico desses sistemas.

Segundo Weinberg (1993), os padrões de distribuição das tensões nas próteses implanto-suportadas são diferentes dos encontrados nas próteses dento-suportadas, devido à ausência nos implantes do ligamento periodontal com seu efeito amortecedor. Quanto à geometria e posicionamento dos implantes, Weinberg and Kruger (1996) aconselham o desalinhamento dos implantes sobre a linha de arcada. Esta indicação apesar de fazer sentido sob o ponto de vista mecânico, não é de fácil obtenção por razões anatômicas, visto não haver com frequência, largura óssea para se fazer tal desalinhamento.

Um bom projeto em termos mecânicos desses sistemas deveria se aproximar do projeto da dentição natural, procedendo o alinhamento das coroas e o desalinhamento do corpo dos implantes com a utilização de implantes inclinados ou angulados, buscando reproduzir as divergências típicas das raízes. Esta condição pode distribuir melhor as tensões no osso, quando comparada com os implantes retilíneos instalados alinhados em relação ao rebordo (Sutpideler et al., 2004).

Na presente análise, dentre os vários modelos de implantes existentes, utiliza-se o sistema Bioform que se caracteriza por possuir geometria cuneiforme, com contornos suaves assemelhando-se a morfologia básica das raízes dos dentes naturais. São utilizadas próteses pré-molarizadas em monobloco sustentadas por um conjunto destes implantes (Figura 1), formando assim os sistemas protéticos que são objetos do presente estudo.

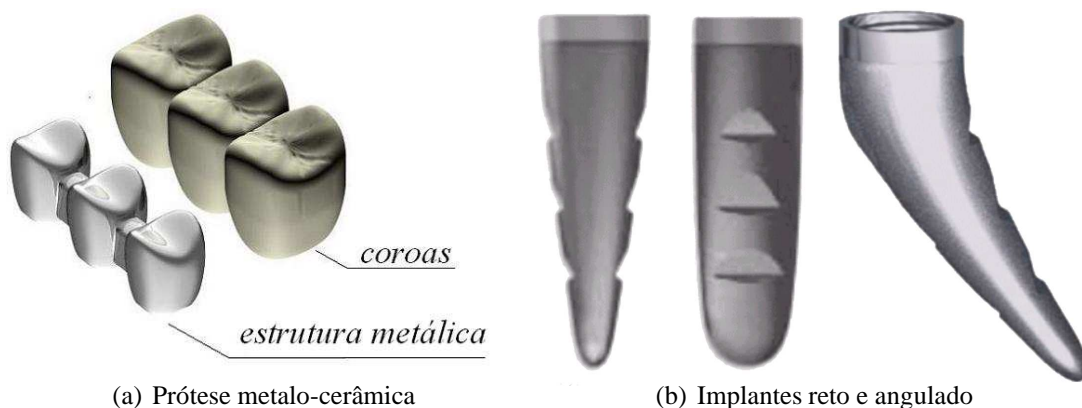


Figura 1: Elementos dos Sistemas de Próteses.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho busca fornecer dados comparativos sobre as tensões desenvolvidas no entorno dos implantes dentais instalados na mandíbula através de dois sistemas implanto-suportadas, cada uma delas com três implantes.

O primeiro (Sistema Reto) é constituído de uma prótese de três elementos suportada por três implantes retilíneos alinhados sobre o rebordo (Figura 2a). O segundo (Sistema Angulado) é constituído de uma prótese de três elementos suportada por três implantes, um angulado frontal com inclinação voltada para a face lingual, um retilíneo e outro angulado com inclinação voltada para a face vestibular (Figura 2b).

Os implantes retilíneos utilizados possuem 13 mm de comprimento e 4 mm de diâmetro na face superior, ao passo que os implantes angulados têm 14 mm de comprimento e angulação de 35°.

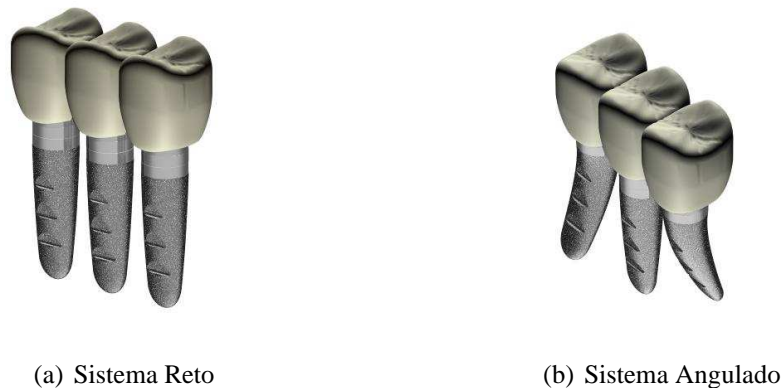


Figura 2: Modelos geométricos propostos

A distribuição das tensões na estrutura óssea adjacente foi obtida através de simulações numéricas computacionais via Método dos Elementos Finitos, utilizando o modelo geométrico de uma mandíbula edêntula com as próteses inseridas na região pré-molar esquerda.

3. MODELOS COMPUTACIONAIS

O modelo geométrico tri-dimensional da mandíbula empregado em trabalhos anteriores (Barra et al., 2001; Cruz, 2001; Ferreira, 2003; Vilela et al., 2003; Cruz et al., 2003), foi gerado com base em imagens digitalizadas, provenientes de uma tomografia computadorizada. A geometria das próteses foram obtidas a partir das dimensões extraídas de protótipos montados com elementos de casos reais a serem instalados. A Figura 3 mostra os modelos geométricos dos dois tipos de próteses, enquanto que a Figura 4 mostra o modelo geométrico da mandíbula com uma destas próteses inserida na região pré-molar esquerda.

Em virtude da irregularidade geométrica do contorno mandibular, foram estudadas várias posições de inserção do conjunto de implantes na mandíbula, principalmente para o caso do sistema angulado, buscando evitar que os implantes ultrapassassem o limite da camada cortical e de modo que todos ficassem inseridos na mandíbula.

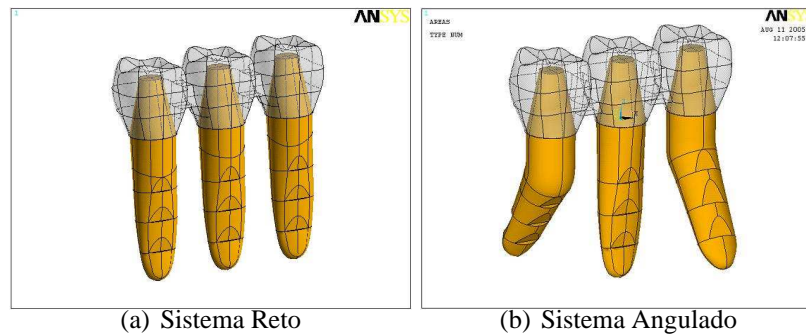


Figura 3: Modelos Computacionais

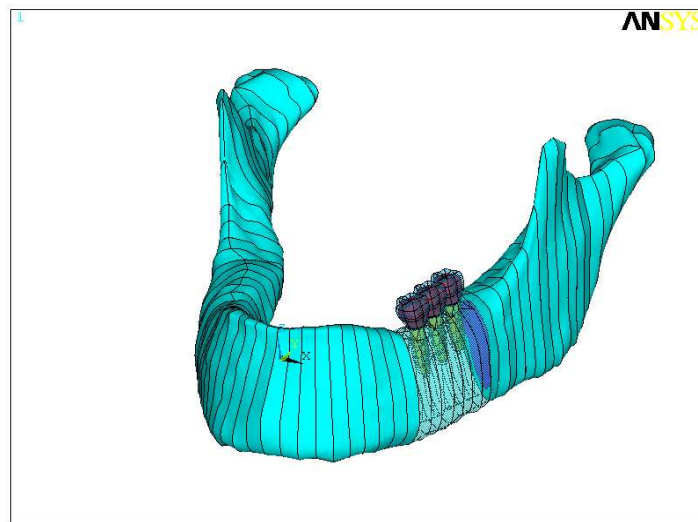


Figura 4: Modelo da mandíbula com os implantes na região molar

Todos os materiais envolvidos nesta análise foram tratados como isotrópicos, homogêneos e linearmente elásticos, sendo que para a mandíbula adotou-se uma estrutura óssea padrão constituída de dois tipos de ossos: osso cortical e osso trabecular. As propriedades mecânicas dos materiais empregados estão descritas na Tabela 1.

Com os modelo geométrico e suas propriedades definidas procedeu-se a discretização destes domínios utilizando elementos tetraédricos isoparamétricos quadráticos devido à complexidade geométrica dos modelos. A Tabela 2 contém os números de elementos e nós utilizados nas malhas de cada modelo constante deste estudo.

De modo similar ao realizado em trabalhos anteriores (Barra et al., 2001; Cruz, 2001; Ferreira, 2003; Vilela et al., 2003; Cruz et al., 2003), foram consideradas as forças musculares (Masseter, Pterigóideo Médio, Pterigóideo Lateral e Temporal) e a carga de oclusão sobre a prótese, como um sistema em equilíbrio (Inou et al., 1996).

No total foram simuladas seis situações de carregamento: cargas de oclusão na direção vertical e horizontal aplicadas separadamente sobre cada um dos implantes de cada uma das próteses. Na direção vertical adotou-se uma carga de 100 N e na horizontal uma carga de 20 N aplicada na direção e sentido buco-lingual.

Tabela 1: Características das Malhas.

Modelo	Domínio	Elementos	Nós
Sistema Reto	Completo	243.621	339.164
	mandíbula + implantes	137.044	188.839
Sistema Angulado	Completo	246.477	343.302
	mandíbula + implantes	141.140	194.535

Tabela 2: Propriedades Mecânicas dos Materiais.

Material	Módulo de Elasticidade (MPa)	Coefficiente de Poisson
Titânio	110.000	0,33
Cerâmica	82.800	0,28
Osso Cortical	13.700	0,30
Osso Trabecular	1.370	0,30

4. Resultados

Para efeitos de comparação apresentamos em seguida os gráficos com a distribuição das tensões principais (σ_1 e σ_3) de von-Mises na região cervical (colo) e contorno buco-lingual de cada um dos implantes em cada um dos sistemas quando variamos o carregamento sobre cada um destes implantes.

Inicialmente apresenta-se na Figura 5 as linhas de referência empregadas no traçado das curvas de tensões, tanto para a região cervical (Figura 5a) quanto para o contorno buco-lingual (Figura 5b).

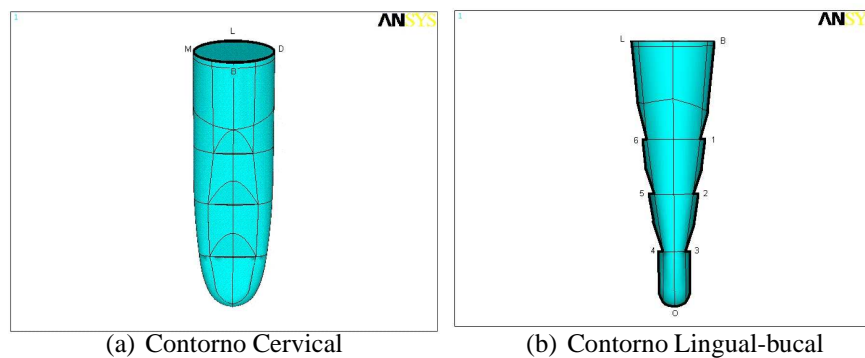


Figura 5: Linhas de referencia para gráfico de tensões

As Figuras 6 (a, b) e 7 (a, b) apresentam a distribuição de tensões principais (σ_1 e σ_3), junto a região cervical para cada um dos implantes em cada um dos sistemas considerados, quando posicionamos a carga vertical de 100 N em cada um destes implantes. Em seguida procedemos a mesma comparação para carga horizontal de 20 N (Figuras 6 (c, d) e 7 (c, d)).

Nas Figuras 8 e 9 comparamos as tensões ao longo da linha buco-lingual de cada implante nas mesmas condições das comparações anteriores.

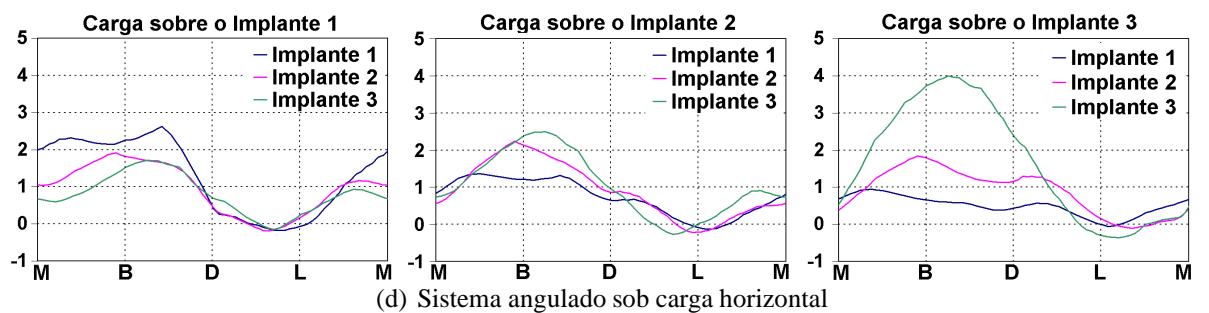
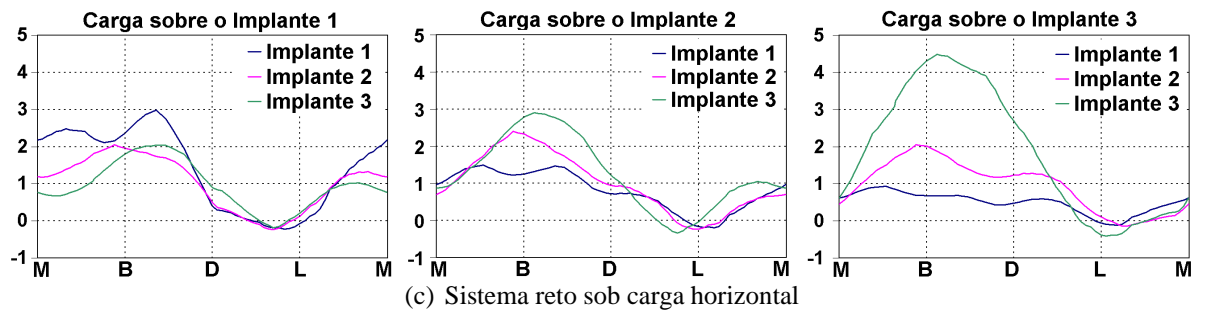
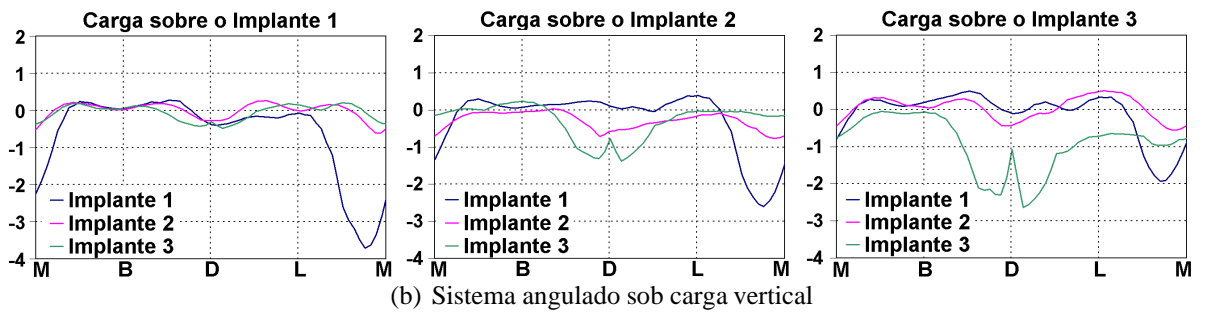
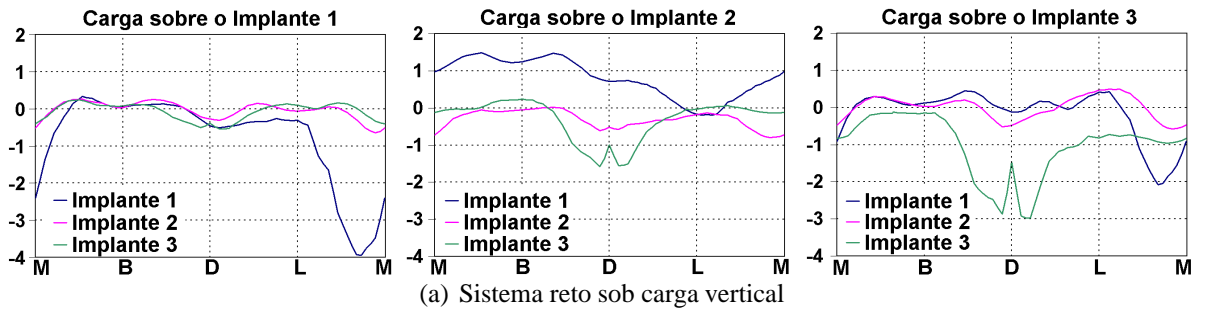


Figura 6: Tensões σ_1 no contorno cervical dos implantes

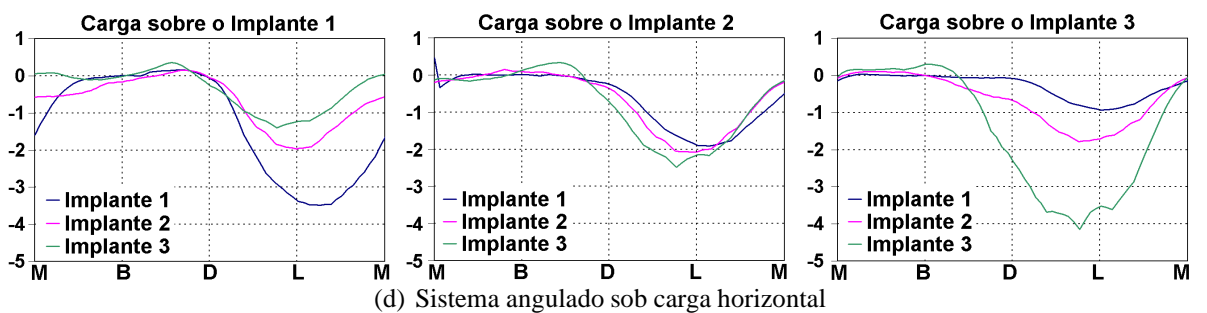
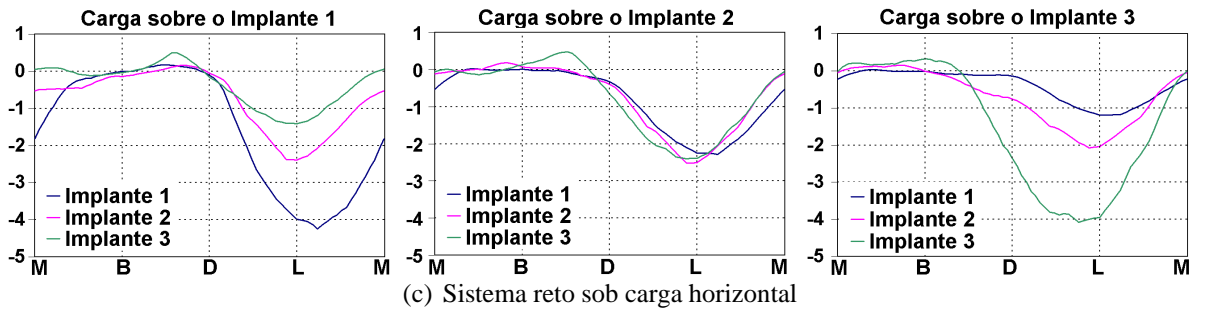
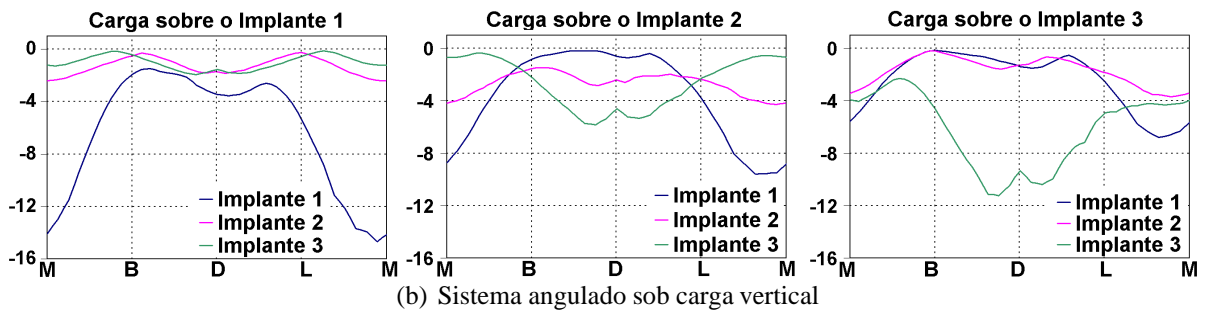
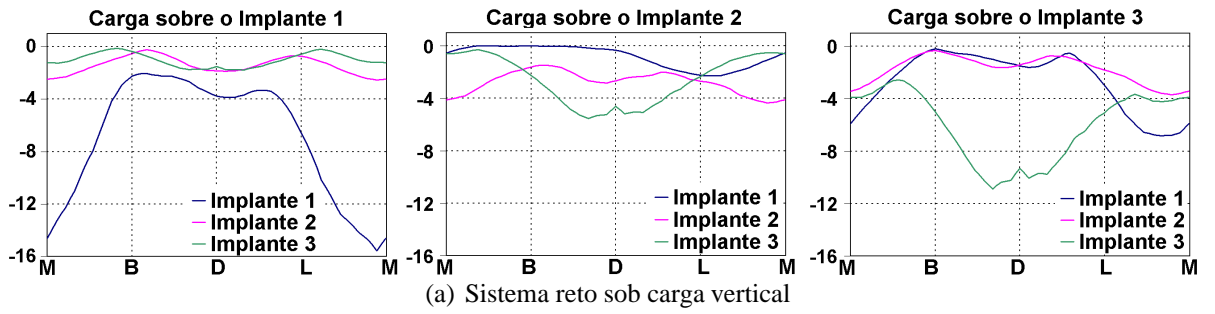


Figura 7: Tensões σ_3 no contorno cervical dos implantes

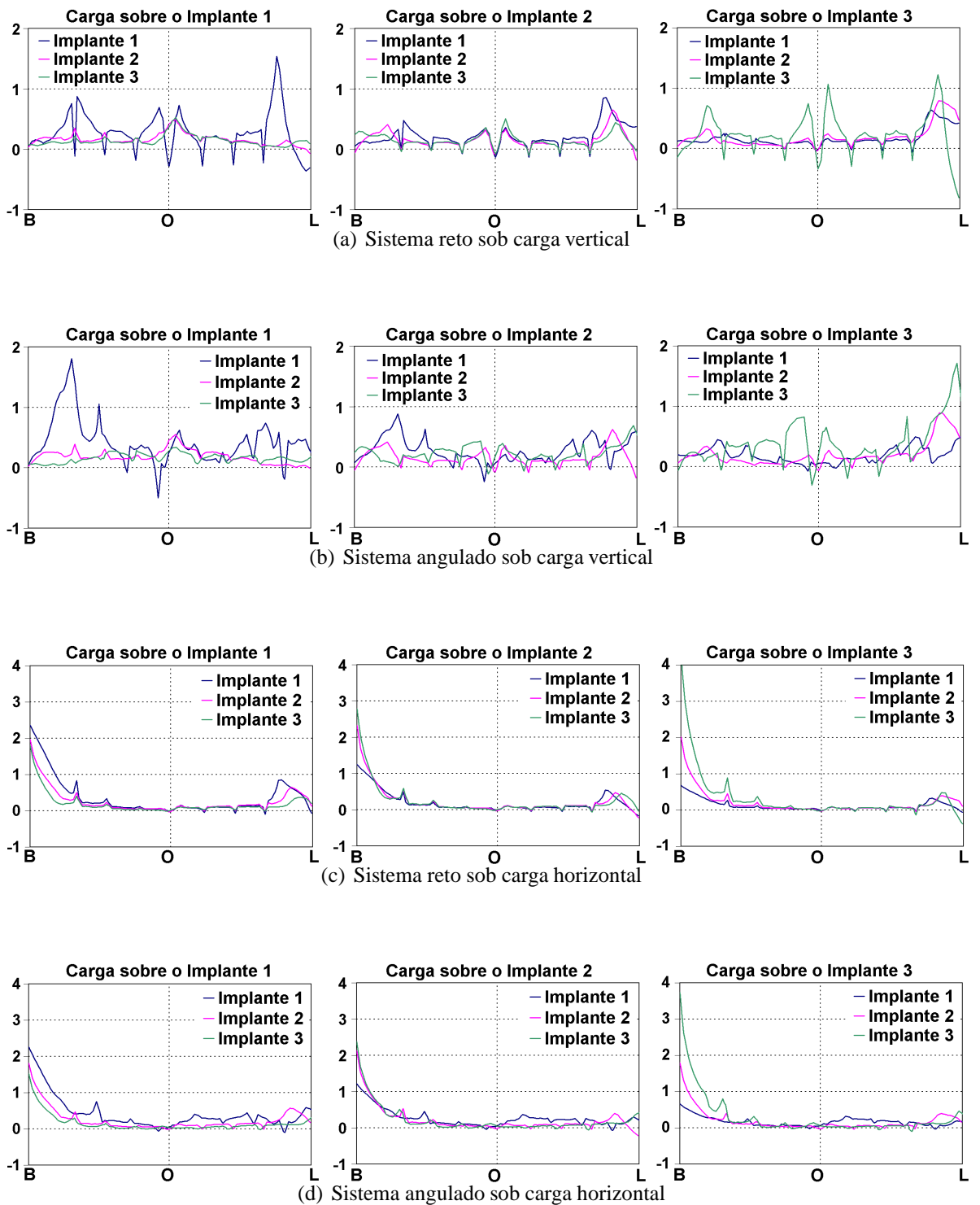


Figura 8: Tensões σ_1 no contorno buco-lingual dos implantes

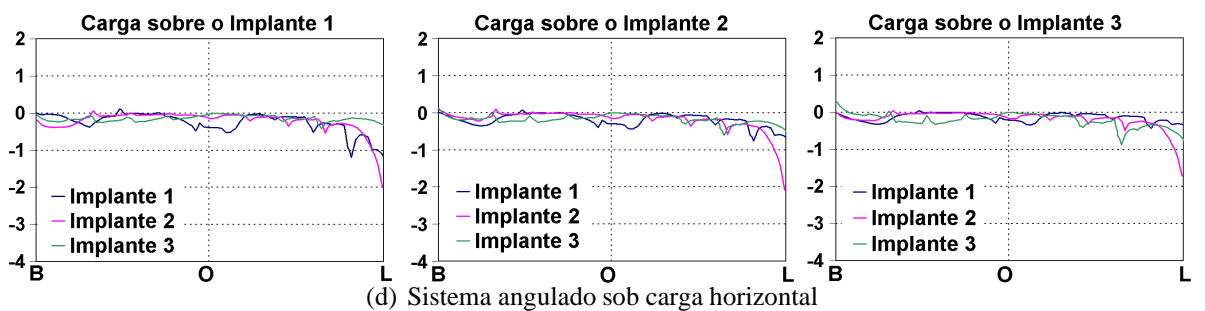
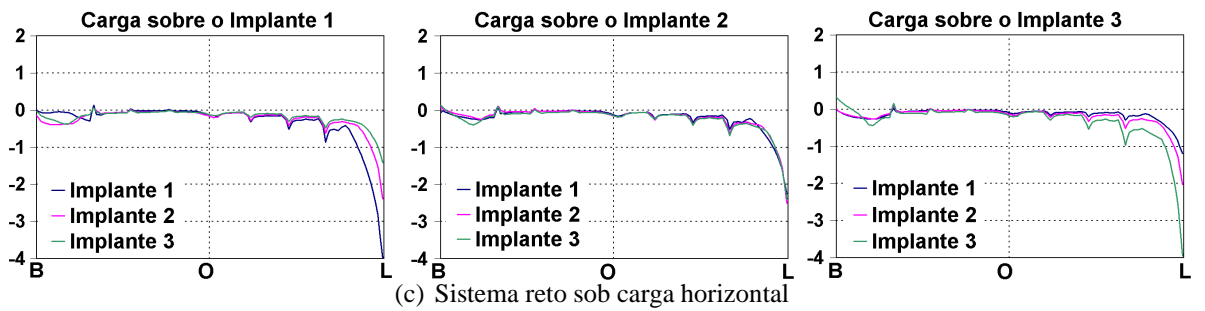
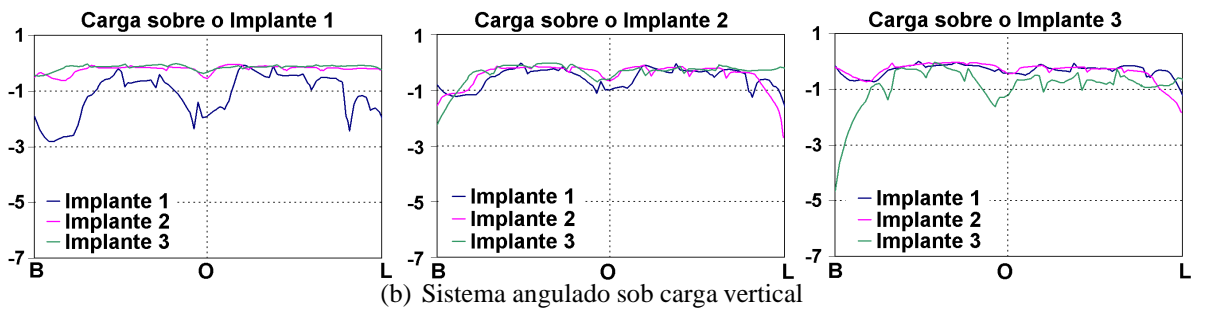
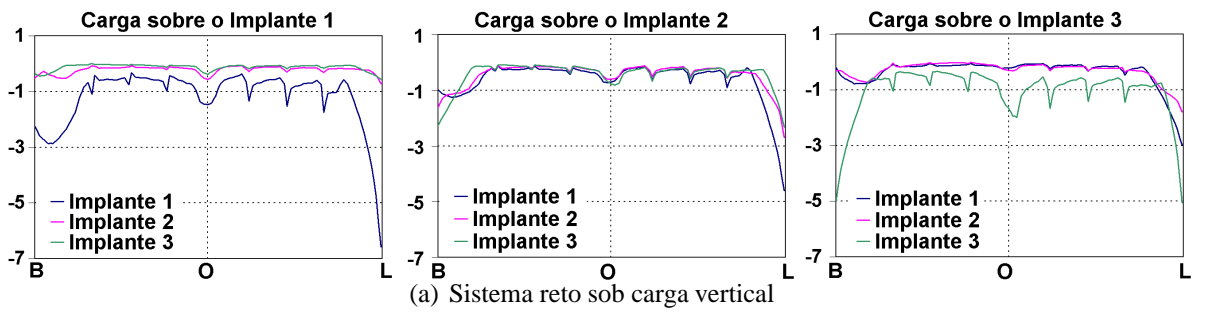


Figura 9: Tensões σ_3 no contorno buco-lingual dos implantes

5. CONCLUSÕES

Como mostrado nos gráficos das Figuras 6 e 7, não há grandes diferenças na distribuição de tensões para os dois modelos de próteses. Ressaltando ainda que a ordem de grandezas das tensões avaliadas na região cervical, já que esta é a mais solicitada, estão dentro da faixa de valores encontrados em trabalhos semelhantes (Eskitascioglu et al., 2004; Ciftci and Canay, 2000).

Alem disto, as Figuras 8 e 9 mostram os níveis de tensões para os contornos buco-lingual dos implantes dos dois sistemas sob carga vertical e horizontal, onde se constata que os níveis de tensões abaixo da região cervical são menores que os que ocorrem nesta região.

Referências

- Barra, L. P. S., Toledo, E. M., Cruz, M., & Lemonge, A. C. C., 2001. Análise de tensões na vizinhança de um implante bioform. *XVI COBEM - Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, vol. 1, pp. 340–346.
- Ciftci, Y. & Canay, S., 2000. The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 15, n. 4, pp. 571–582.
- Cruz, M., 2001. Análise tridimensional de tensões em torno do implante cuneiforme pelo método dos elementos finitos. Dissertação de Mestrado, Universidade Camilo Castelo Branco.
- Cruz, M., Wassal, T., Barra, L. P. S., Toledo, E. M., & Lemonge, A. C. C., 2003. Three-dimensional finite element stress analysis of cuneiform-geometry implant. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 18, n. 5, pp. 675–684.
- Eskitascioglu, G., Usumez, A., & Sevimay, M., 2004. The influence of occlusal loading location on stress transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: a three-dimensional finite element study. *J. Prosthet. Dent.*, vol. 91, n. 2, pp. 144–150.
- Ferreira, P. C., 2003. Modelagem do comportamento estrutural de uma mandíbula edentula com implantes vertical e angulado. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Inou, N., Fujiwara, H. Y., & Magri, K., 1996. Functional adaptation of mandibular bone, computational biomechanics. *Springer-Verlag*, pp. 23–42.
- Laufer, B. Z. & Gross, M., 1998. Splinting osseointegrated implants and natural teeth in rehabilitation of partially edentulous patients. *Int. J. Periodont. Rest. Dent.*, vol. 25, pp. 69–80.
- Sutpideler, M., Eckert, S. E., & Zobitz, M., 2004. Finite element analysis of effect of prosthesis height, angle of force application and implant offset on supporting bone. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 19, n. 6, pp. 819–825.

- Vilela, J., Barra, L. P. S., & Toledo, E. M., 2003. Análise pelo método dos elementos finitos da influencia da corticalização em implantes dentários. *XXIV CILAMCE*.
- Weinberg, L. A., 1993. The biomechanics of force distribution in implant-supported prosthesis. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 8, n. 1, pp. 19–31.
- Weinberg, L. A. & Kruger, B., 1996. An evaluation of torque (moment) on implant/prosthesis with staggered buccal and lingual offset. *Int. J. Periodont. Rest. Dent.*, vol. 16, n. 3, pp. 253–265.