

UM ESTUDO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES CAUSADAS POR IMPLANTES DENTAIS ANGULADOS

Paulo César Ferreira

Estevam Barbosa de Las Casas

Carlos Alberto Cimini Jr.

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Estruturas
CEP 30110-060 – Belo Horizonte, MG, Brasil

Elson Magalhães Toledo

Luis Paulo da Silva Barra

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Estruturas
CEP 36036-330 – Juiz de Fora, MG, Brasil

Mauro Cruz

Maxtron

CEP 36036-330 – Juiz de Fora, MG, Brasil

***Resumo:** Este estudo tem como objetivo realizar simulações computacionais do comportamento mecânico de implantes dentais angulados Bioform[®] da empresa Maxtron – Juiz de Fora, obtendo a distribuição das tensões através do Método dos Elementos Finitos, com um modelo sólido tridimensional discretizado da mandíbula. Os implantes verticais e angulados foram analisados separadamente inseridos na região dos pré-molares da mandíbula. A distribuição das tensões foi obtida conforme as restrições de deslocamentos, forças musculares atuantes na mandíbula e uma carga de 100 N aplicada na direção axial do implante, procurando representar com maior fidelidade uma mandíbula em processo mastigatório. O modelo matemático foi processado no programa Ansys[®], após os procedimentos computacionais e obtenção das tensões na interface osso-implante para os dois tipos de implantes, verificou-se a diferença dos níveis de tensões na interface dos dois implantes quando submetidos a um carregamento axial.*

***Palavras-chave:** Implantes angulados, Método dos Elementos Finitos, Tensões, Mandíbula.*

1. INTRODUÇÃO

Dentistas e especialistas empregam várias técnicas para enfrentar as conseqüências de parcial ou completa falta de dentes. Uma destas técnicas é a utilização de implantes osseointegráveis.

Vários tipos de implantes foram desenvolvidos buscando atender uma demanda funcional e estética. Os implantes angulados surgiram em resposta à necessidade de uma melhor adaptação às particularidades geométricas do osso sem perder a funcionalidade. São geralmente utilizados na região anterior da maxila e também para evitar a interferência com o nervo alveolar na região molar posterior da mandíbula.

Os implantes Bioform[®] possuem vários modelos, dentre estes estão os implantes verticais e os angulados. Os implantes verticais apresentam modelos com alturas de 9 a 17 mm e diâmetros de 3,3 a 6,2 mm. Os implantes angulados possuem modelos com alturas de 13 a 15 mm e ângulos de 25° a 45°. Os modelos escolhidos para a análise foram os modelos 413 para o vertical e o 414.35°, que possuem as dimensões médias dentre as apresentadas pelos modelos.

A angulação é desfavorável ao implante do ponto de vista mecânico, pois quando este é submetido a carregamentos na direção axial de sua parte reta surgem reações de momento em sua parte inclinada, aumentando as tensões.

O objetivo deste estudo é a determinação das tensões em torno dos implantes angulado e vertical, instalados na região pré-molar mandibular, sob um carregamento na direção axial dos implantes.

2. MÉTODOS E MATERIAIS

As tensões foram determinadas através do programa Ansys[®], simulando o processo de carregamento de um implante instalado na região dos pré-molares em uma mandíbula.

Para a geração do sólido representando a geometria da mandíbula foi utilizada uma tomografia computadorizada de uma mandíbula real. As seções contidas nesta tomografia foram mapeadas em um programa de Desenho Auxiliado por Computador (CAD), onde se obteve as coordenadas dos pontos, os quais foram armazenados em arquivos texto e exportados posteriormente para o programa Ansys[®]. Com os pontos inseridos no programa, utilizando suas ferramentas de construção, obteve-se as linhas representando o contorno das seções extraídas da tomografia, através destas linhas construiu-se as superfícies e finalmente o modelo sólido.

Os modelos dos implantes foram obtidos através de projetos fornecidos pela Maxtron, contendo as dimensões necessárias para a determinação analítica dos pontos que formam o contorno, as superfícies e o sólido de cada implante.

Feita a interseção booleana do volume do implante posicionado na mandíbula, considerou-se uma osseointegração total, não permitindo deslocamentos relativos entre o osso e o implante. As figuras 1a e 1b mostram os implantes vertical e angulado posicionados na região pré-molar da mandíbula. As propriedades mecânicas do implante e das camadas ósseas são apresentadas na Tabela 1.

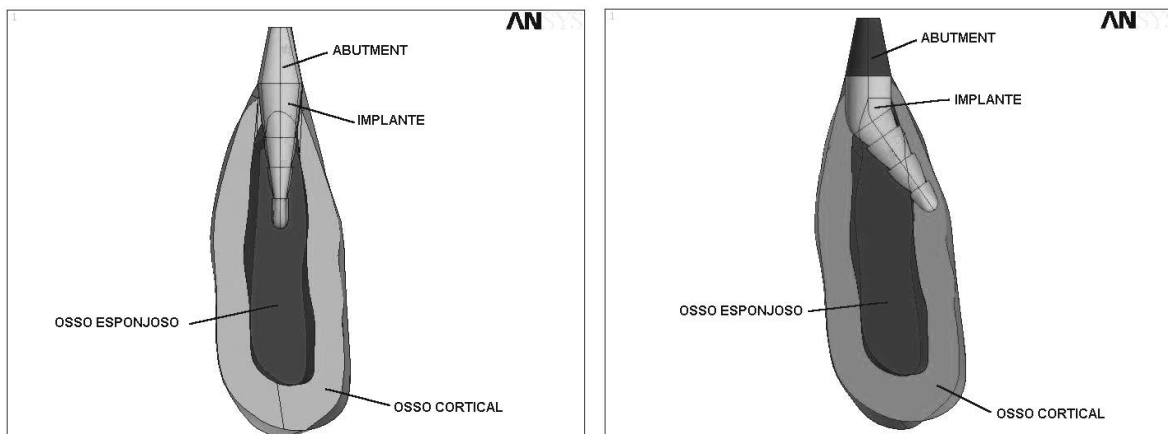


Figura 1– Posicionamento do implante vertical (a) e angulado (b).

Material	Modulo de Elasticidade (MPa)	Coefficiente de Poisson
Implante (titânio)	110.000	0,33
Abutment (titânio)	110.000	0,33
Osso Cortical	13.700	0,30
Osso Esponjoso	1.370	0,30

Tabela 1 – Propriedades mecânicas.

A malha utilizada no modelo é composta de elementos tetraédricos isoparamétricos quadráticos como mostra a figuras 2a.

O sistema de carregamento do modelo é composto por uma força de 100 N aplicada na face superior do *abutment* instalado no implante e as forças dos músculos Masseter, Pterigoideo Lateral, Pterigoideo Médio e Temporal. As forças musculares e suas direções foram obtidas conforme proposto no trabalho de Inou *et al.* (1996), onde se considera a intensidade da força proporcional à seção transversal do músculo, podendo-se ter as forças em função de apenas uma incógnita, facilitando na solução da equação geral de equilíbrio do sistema para a obtenção das forças musculares. O equilíbrio foi feito segundo as restrições de deslocamentos mostrados na figura 2b. Os dois côndilos foram tomados como pontos de apoio, enquanto que a restrição aplicada na região anterior da mandíbula tem reação nula e impede a rotação de corpo rígido em torno do eixo formado pelos dois apoios.

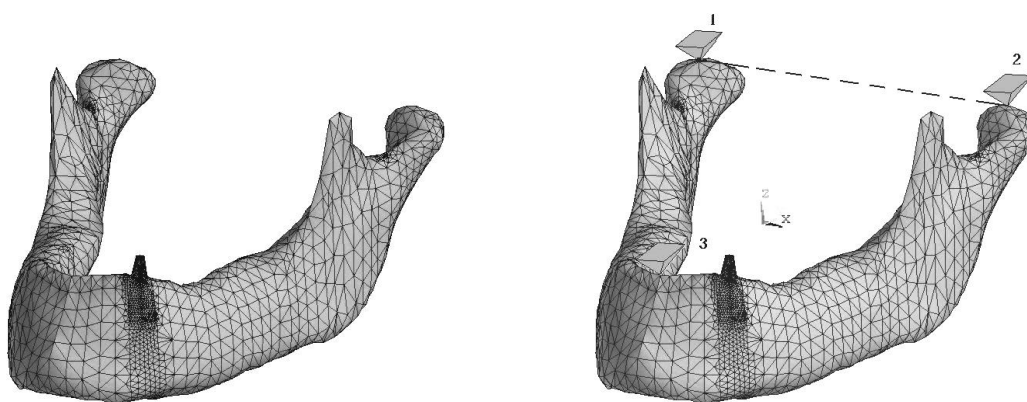


Figura 2 – a) Malha de elementos tetraédricos; b) Restrição de deslocamentos.

Conforme a figura 2b, no ponto 1 estão impedidas as translações em x, y e z; no ponto 2 estão impedidas as translações em y e z; e no ponto 3 está impedida a translação em z.

As forças foram aplicadas nos nós correspondentes aos pontos de atuação das forças musculares e a força de 100 N, conforme a figuras 3. As forças dos músculos Masseter e Pterigoideo Médio foram distribuídas nos nós da superfície correspondentes à área de atuação dos mesmos, enquanto que as outras foram consideradas concentradas em apenas um nó por atuarem em uma área muito pequena.

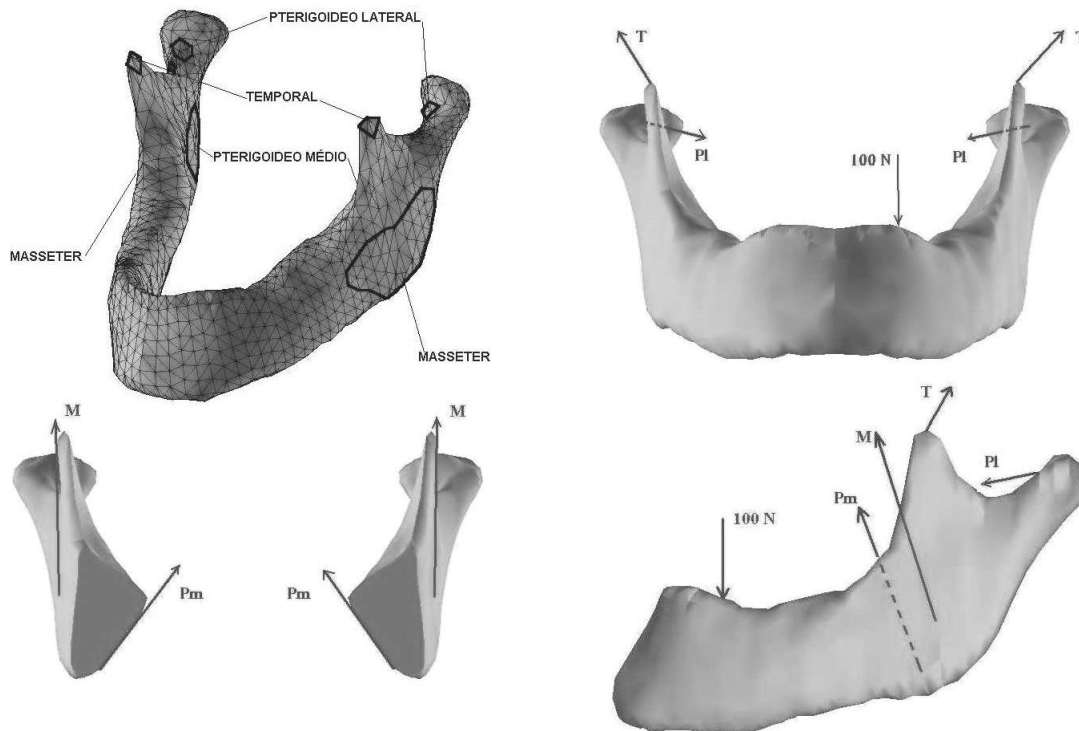


Figura 3 – Posição das forças aplicadas.

Com a solução computacional do sistema obteve-se as tensões que são representadas em termos da maior e menor tensão principal (σ_1 e σ_3) nos gráficos das figuras 5 a 8 que representam as tensões na interface do implante com o osso ao longo de uma seção bucal-lingual e outra mesial-distal. A figura 4 mostra os contornos da interface representados nos gráficos. A linha 1-2-3 representa a interface lingual-bucal e a linha 4-2-5, a interface mesial-distal.

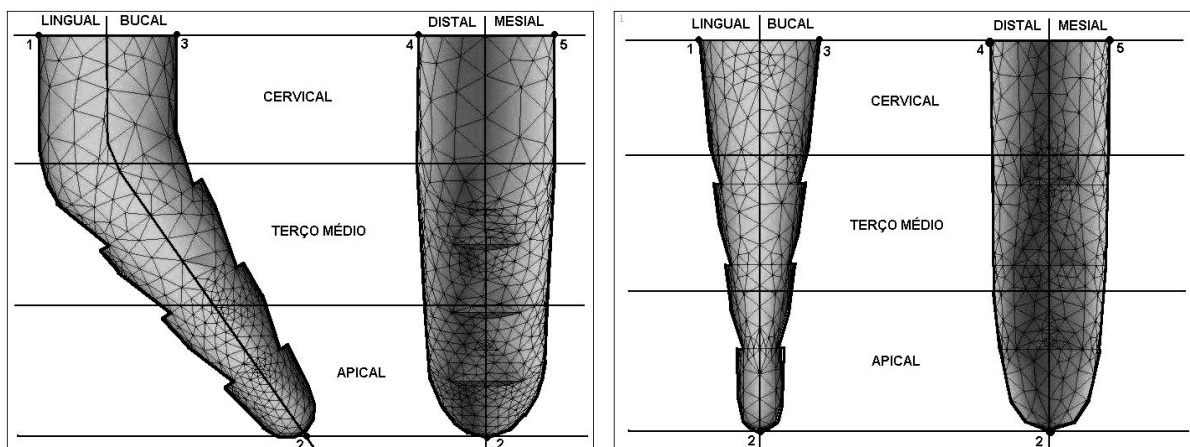


Figura 4 – Regiões e contornos: a) Implante Angulado; b) Implante Vertical.

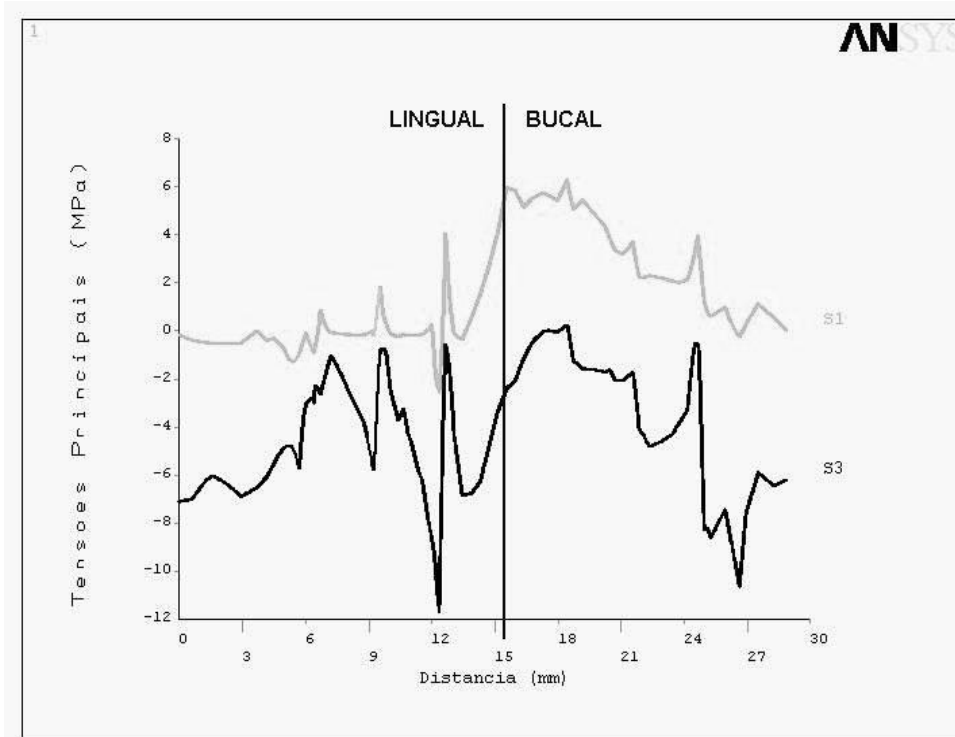


Figura 5 – Tensões principais σ_1 e σ_3 ao longo do contorno que define a interface do implante angulado com o osso na seção bucal-lingual.

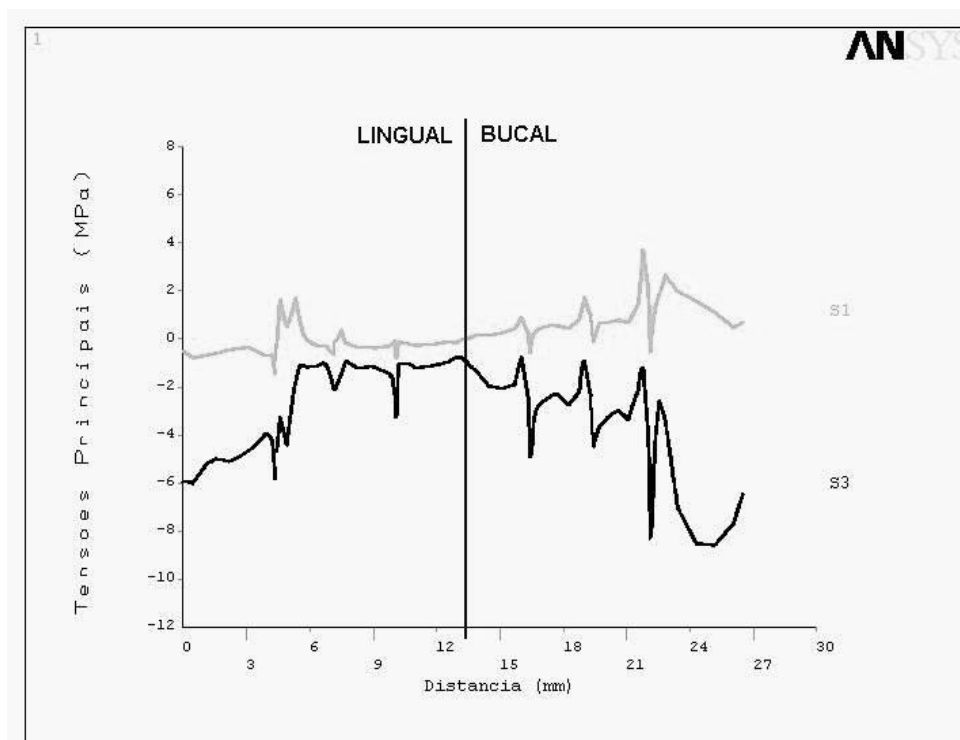


Figura 6 – Tensões principais σ_1 e σ_3 ao longo do contorno que define a interface do implante vertical com o osso na seção bucal-lingual.

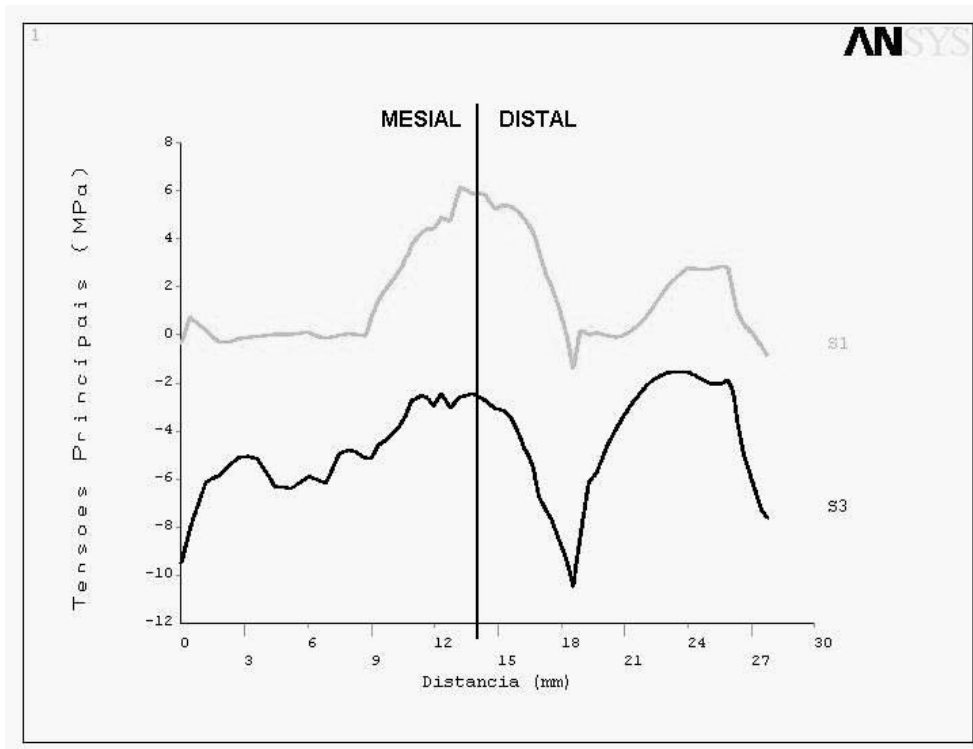


Figura 7 – Tensões principais σ_1 e σ_3 ao longo do contorno que define a interface do implante angulado com o osso na seção mesial-distal.

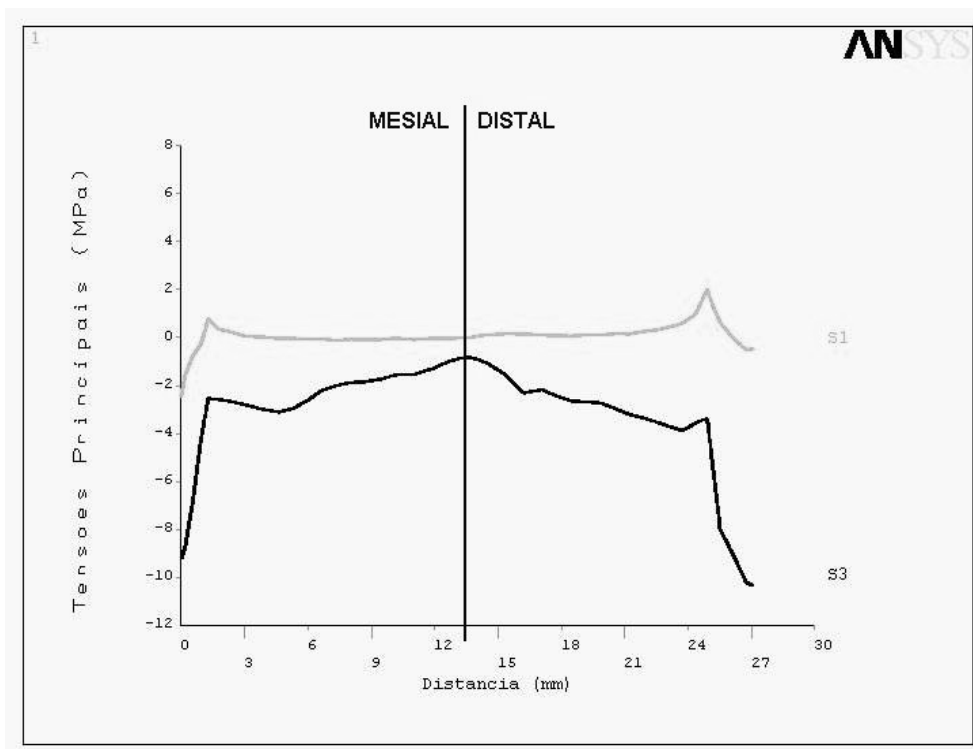


Figura 8 – Tensões principais σ_1 e σ_3 ao longo do contorno que define a interface do implante vertical com o osso na seção mesial-distal.

3. RESULTADOS

No implante angulado, a maior tensão de tração ocorreu na região apical no lado bucal com o valor de 6,90 MPa. No terço-médio do implante a maior tensão de tração foi de 4,05 MPa no lado bucal, enquanto que na região cervical o valor da tensão de tração caiu para 3,18 MPa no lado distal. A maior tensão de compressão ocorreu na região apical no lado lingual com o valor de 11,60 MPa. No terço-médio a maior tensão de compressão foi de 11,22 MPa no lado distal e na região cervical foi de 11,25 MPa no lado mesial.

No implante vertical, a maior tensão de tração ocorreu no terço-médio no lado bucal com o valor de 3,90 MPa. Na região cervical do implante a maior tensão de tração foi de 2,71 MPa no lado bucal, enquanto que na região apical o valor da tensão de tração caiu para 0,84 MPa no lado bucal. A maior tensão de compressão ocorreu na região cervical no lado distal com o valor de 10,41 MPa. No terço-médio a maior tensão de compressão foi de 6,05 MPa no lado lingual e na região apical foi de 2,32 MPa no lado bucal.

Implante Angulado								
Regiões	σ_1 (MPa)				σ_3 (MPa)			
	Lados				Lados			
	lingual	bucal	mesial	distal	lingual	bucal	mesial	distal
Cervical	0,33	1,76	1,07	3,18	-7,06	-1,18	-11,25	-8,14
terço-médio	3,19	4,05	0,12	0,34	-6,85	-4,61	-6,50	-11,22
Apical	6,05	6,90	6,13	5,33	-11,60	-11,03	-3,00	-7,26

Tabela 2 – Maiores tensões ocorridas na interface do implante angulado.

Implante Vertical								
Regiões	σ_1 (MPa)				σ_3 (MPa)			
	Lados				Lados			
	lingual	bucal	mesial	distal	lingual	bucal	mesial	distal
Cervical	-0,61	2,71	0,78	2,10	-6,08	-8,37	-9,98	-10,41
terço-médio	1,95	3,90	0,03	0,15	-6,05	-4,65	-3,00	-4,00
Apical	0,00	0,84	0,00	0,11	-1,99	-2,32	-1,05	-1,05

Tabela 3 – Maiores tensões ocorridas na interface do implante vertical.

4. DISCUSSÃO

Considerando as condições a que estes implantes estão submetidos, pode-se dizer que, do ponto de vista mecânico, as tensões apresentadas são um ponto de partida para se obter informações clínicas que dizem respeito à sua funcionalidade. Não se pretende vincular diretamente esses resultados ao sucesso dos implantes, embora seja admitido o conceito de que as tensões causadas por esforços mastigatórios e de oclusão são os fatores principais na remodelagem óssea ao longo da vida.

De modo geral, as tensões ocorridas no implante angulado foram mais altas que no implante vertical. Os valores mais altos de compressão ocorreram na região apical do implante angulado, abrangendo vários pontos desta região. Valores altos de compressão também atuam nas regiões do terço-médio e apical, porem em áreas menores. As maiores tensões de compressão no implante vertical ocorreram na região cervical e foram diminuindo

ao longo da região do terço-médio e apical. As tensões de tração atingiram valores menores, sendo que no implante angulado os valores maiores de tração também ocorreram na região apical e no implante vertical ocorreram na região cervical e em áreas menores da região do terço-médio.

No trabalho publicado por Canay *et al.* (1996), foram feitas análises bidimensionais de implantes verticais e angulados do sistema ITI Bonafit (Straumann). O implante angulado tem sua parte inclinada fora do osso, o que não é o caso deste implante Bioform®. A Estrutura óssea onde se instalou o implante foi composta apenas por osso cortical, com propriedades mecânicas de 19.730 MPa para o módulo de elasticidade e 0,30 para o coeficiente de Poisson. Para o titânio, foram adotados 113.800 MPa para o módulo de elasticidade e 0,33 para o coeficiente de Poisson. Sob um carregamento vertical de 100 N, foram geradas tensões de compressão de 110 MPa na região cervical de implantes angulados e 20 MPa na mesma região de implantes verticais. O terço-médio e a região apical dos implantes angulados também apresentaram tensões de compressão maiores que os implantes verticais. No entanto no lado lingual, as tensões de compressão no implante angulado foram de 3 MPa e 25 MPa nos implantes verticais.

Agradecimentos

À Maxtron, por contribuir para a viabilização desta pesquisa; à Softec – Software Technology e a ANSYS Inc., pela disponibilidade do software.

REFERÊNCIAS

- Barra, L. P. S., Toledo, E. M., Cruz, M. e Lemonge, A. C. C., 2001, Análise de Tensões na Vizinhança de um implante Bioform, COBEM, CD-ROM.
- Brunski, J. B., Puleo, D. A., Nanci, A., 2000, Biomaterials and Biomechanics of Oral and Maxillofacial Implants: Current Status and Future Developments, International Journal Oral and Maxillofacial Implants, vol. 15, pp. 15-46.
- Canay, S., Hersek N., Akpınar, I. e Asik, Z., 1996, Comparison of stress distribution around vertical and angled implants with finite element analysis, Quintessence International, vol. 27, n. 9, pp.591-598.
- Cruz, M C. A., 2001, Análise tridimensional de tensões em torno do implante cuneiforme pelo Método dos Elementos Finitos, Tese de Mestrado, Universidade Camilo Castelo Branco, Campinas.
- Inou, N., Fujiwara, H. Y. e Maki, K., 1996, Functional Adaptation of Mandibular Bone, Computational Biomechanics, Springer-Verlag, pp. 23-42.
- Iplikçioğlu, H., Akça, K., 2002, Comparative evaluation of supporting three-unit fixed partial protheses on stress distribution in the bone, Journal of Dentistry, vol. 30, pp. 41-46.
- van Zyl, P. P., Grundling, N. L., Jooste, C. H. e Terblance, E., 1995, Three-Dimensional Finite Element Model of a Human Mandible Incorporating Six Osseointegrated Implants for Stress Analysis of Mandibular Cantilever Protheses, International Journal Oral and Maxillofacial Implants, vol. 10, pp. 51-57.