

Lígia Del' Arco Pignatta Cunha

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA
INCLINAÇÃO DO REBORDO E
LOCALIZAÇÃO DO IMPLANTE NA
ASSOCIAÇÃO DE UMA PPR CLASSE I
MANDIBULAR AO IMPLANTE PELO
MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS**

2007

Lígia Del' Arco Pignatta Cunha

**Avaliação da influência da inclinação do
rebordo e localização do implante na
associação de uma PPR classe I mandibular
ao implante pelo método dos elementos finitos**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
do “Campus de Araçatuba – UNESP”, para
obtenção do título de DOUTOR EM
ODONTOLOGIA (Área de Concentração:
Prótese Dentária).

Orientador: Prof. Adjunto Eduardo Piza Pellizzer

Araçatuba

2007

Dados Curriculares

Lígia Del'Arco Pignatta Cunha

nascimento: 03.03.1979 - Jundiaí/SP

filiação: Jomar Medeiros Cunha

Maria Antonieta Del'Arco Pignatta Cunha

1998/2001: Curso de Graduação em Odontologia

Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba -
UNESP

2002/2003: Curso de Pós-Graduação em Prótese Dentária, nível

Especialização, pela Faculdade de Odontologia do Campus
de Araçatuba - UNESP

2003/2004: Curso de Pós-Graduação em Odontologia, nível Mestrado,

área de concentração em Prótese Dentária, pela Faculdade de
Odontologia do Campus de Araçatuba - UNESP

2005/2007: Curso de Pós-Graduação em Odontologia, nível Doutorado,

área de concentração em Prótese Dentária, pela Faculdade de
Odontologia do Campus de Araçatuba - UNESP

*“Aprender é a única coisa da qual a mente humana nunca se cansa, nunca
tem medo e jamais se arrepende”
Leonardo da Vinci*



Dedicatória

A Deus,

força suprema, inspiração, matriz do universo, indefinível.

Aos meus pais, Jomar e Maria Antonieta,

aqueles que nunca faltaram em todos os momentos da minha

vida, orientadores da minha vida pessoal e profissional,

obrigada por todo amor, dedicação, compreensão, incentivo e

ternura.

Ao meu marido André,

por todo o amor e, principalmente, por estar sempre ao meu lado.

*À minha, Nona Coca (in memoriam),
por tudo que representou na minha vida.*

*Ao meu irmão Marcel,
pelo companheirismo que sempre nos uniu.*

*À minha tia Maria Salete,
pelo amor e incentivo constante.... com quem tudo começou!*

*Aos meus padrinhos Selene e Maurício,
pelo carinho, apoio e acolhimento.*

À minha querida família.

"...Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina"
Cora Coralina



Agradecimentos Especiais

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Piza Pellizzer,
obrigada pelos 5 anos de convívio, pelos momentos de dedicação,
pela inestimável confiança e amizade.
Meu eterno agradecimento.*

*“O homem que venceu na vida é aquele que viveu bem, que conquistou o
respeito dos homens inteligentes, que preencheu um lugar, cumpriu uma missão
e que procurou o melhor nos outros e deu o melhor de si”*

Ao Prof. Dr. Eduardo Passos Rocha,

aquele que plantou em mim o amor e o encanto pela prótese dentária.

*A você, que acreditou e guiou o meu caminho até aqui, deixo registrada a
minha mais profunda admiração.*

Ao amigo Fellippo Ramos Verrì,

por compartilhar seus conhecimentos, tempo e disposição

durante a realização deste trabalho.

*“Onde há vontade,
há um caminho.
Onde há boa vontade,
há muitos caminhos*



Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Araçatuba, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, na pessoa do seu diretor, Prof. Dr. Pedro Felício Estrada Bernabé, pelas condições oferecidas para a realização desta pesquisa.

Ao Coordenador do curso de Pós-Graduação em Odontologia Prof. Dr. Idelmo Garcia Rangel Júnior, pelo empenho e respeito com que conduz suas atividades.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Prótese Dentária (2005/2007), nível doutorado, Aline Úrsula e André Vinícius, pela amizade, dedicação, carinho e companheirismo que sempre nos uniram.

Aos colegas de Pós Graduação do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese pelo prazer desse convívio.

Aos colegas de Pós-Graduação em Cirurgia, Ortodontia, Estomatologia e Periodontia pelos momentos que passamos juntos.

Aos docentes do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese pelos ensinamentos transmitidos

e, em especial, ao

Prof. Titular Humberto Gennari Filho,

exemplo de dedicação ao ensino e à pesquisa, agradeço, profundamente, a oportunidade e o prazer desse convívio.

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese pelo carinho, atenção e simpatia que sempre me atenderam.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação pela disponibilidade e atenção.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba

pela gentileza com que me receberam e pela excelente revisão bibliográfica.

*A todos os docentes do Curso de Pós-Graduação em Odontologia
por enriquecerem nosso aprendizado.*

*À Tereza e Isabela
pela amizade, carinho e acolhimento.*

*Em especial, à Prof. Sônia Maria Guimarães de Oliveira,
por fazer parte de mais uma conquista, pelos ensinamentos transmitidos
durante todos esses anos, pela criteriosa correção gramatical, pela
disponibilidade e carinho.*

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

Meu “Muito Obrigada”.

“Agora sei quem sou. Sou pouco, mas sei muito, porque sei o poder imenso
que morava comigo, mas adormecido como um peixe grande no fundo escuro e
silencioso do rio e que hoje é como uma árvore plantada bem alta no meio da
minha vida”
Thiago de Mello



Epígrafe

“Não fales as palavras dos homens.

Palavras com vida humana.

Que nascem, que crescem, que morrem.

Faze a tua palavra perfeita.

Dize somente coisas eternas.

Vive em todos os tempos pela tua voz.

Sê o que o ouvido nunca esquece.

Repete-te para sempre.

Em todos os corações.

Em todos os mundos.”

(Cecília Meireles)

*“Não se pode ensinar tudo a alguém
Pode-se apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo”
Galileu Galilei*



Resumo

CUNHA, L. D. A. P. Avaliação da influência da inclinação do rebordo e localização do implante na associação de uma PPR classe I mandibular ao implante pelo método dos elementos finitos. 2007. 157f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

A resolução protética dos arcos com extremidades livres através da associação entre prótese parcial removível e implantes osseointegrados é, ainda, uma opção pouco utilizada na clínica odontológica. Grande parte dos trabalhos existentes aborda essa associação apenas no rebordo com inclinação horizontal, apesar da importância da conformação do rebordo na dissipação das forças atuantes e no grau de estabilidade da prótese. Desse modo, o propósito dessa pesquisa é avaliar, através do método dos elementos finitos bidimensional, a distribuição de tensão e deslocamento nas estruturas de suporte de uma prótese parcial removível de extremidade livre (PPREL) associada ou não a um implante osseointegrado de 10,0 x 3,75 mm (Sistema Bränemark) com sistema ERA de retenção, em diferentes formatos de rebordo alveolar e localização do implante. Foram elaborados 16 modelos mandibulares, os quais, sob corte sagital, representavam hemiarcos com rebordos horizontal (MA ao MD), descendente distal (ME ao MH), ascendente distal (MI ao ML) ou descendente-ascendente (MM ao MP);

dente natural 33; PPREL convencional, com placa distal no 33 ou apoio incisal na distal do 33, ou PPREL retida por implante, com sistema ERA, localizado na região anterior ou posterior do rebordo. Com o auxílio do programa de elementos finitos ANSYS 9.0, os modelos foram carregados com forças estritamente verticais de 50 N em cada ponta de cúspide. A análise dos Mapas permitiu concluir que o posicionamento do implante de maneira anterior associado à PPREL com placa distal, foi a melhor associação para preservar as estruturas de suporte (dente remanescente e rebordo alveolar residual) quanto à solicitação das mesmas nos diferentes tipos de rebordos alveolares estudados, tanto em relação à tendência ao deslocamento, quanto em relação à distribuição de tensões.

Palavras-chave: prótese parcial removível; implante dentário; análise de elemento finito; perda óssea alveolar.

*“A torneira seca
(mas pior: a falta de sede)
a luz apagada
(mas pior: o gosto do escuro)
a porta fechada
(mas pior: a chave por dentro)”
José Paulo Paes*



Abstract

CUNHA, L. D. A. P. Assessment of the influence of the shape of the ridge and implant location on the association of a Class I mandibular RPD with an implant by the finite element method. 2007. 157f. Thesis (Doctorate) – School of Dentistry, UNESP - Paulista State University, Araçatuba, 2007.

The prosthetic solution of arches with distal extensions by associating removable partial dentures with osseointegrated implants is still an infrequently used option in clinical dentistry. Therefore, the purpose of this research was to assess, by means of the two-dimensional finite element method, the stress distribution and support structure displacement of a distal extension removable partial denture (DERPD) associated with an osseointegrated implant of 10.0 x 3.75 mm, (Bränemark System) with the ERA retention system in different shapes of alveolar ridges and implant locations. Sixteen mandibular models were prepared in sagittal cut, which represented hemiarches with horizontal (MA to MD), distal descendant (ME to MH), distal ascendant (MI to ML) or descendant-ascendant (MM to MP) ridges; natural tooth 33; conventional DERP, with distal plate on 33 or incisal support on the distal of 33, or implant retained DERP, with the ERA system, located in the anterior or posterior region of the ridge. With the aid of the finite element program ANSYS 9.0, the models were loaded with strictly vertical forces

of 50 N on each cusp tip. Analysis of the Maps allowed the conclusion that placement of the implant in the anterior position associated with the DERPDP with a distal plate, was the best association for preserving the abutment structures (remaining tooth and residual alveolar ridge) with regard to the demand on them in the different types of alveolar ridges studied, considering both the trend towards displacement and stress distribution.

Keywords: removable partial denture; dental implant; finite element analysis; alveolar bone loss.

Lista de Figuras

Figura 1 -	Máquina recortadora ISOMET-BUEHLER: (A) visão geral da máquina; (B) detalhe dos dispositivos para fixação e corte, com o disco diamantado utilizado.	104
Figura 2 -	Bloco de resina com implante sendo seccionado.	104
Figura 3 -	Implante com sistema de retenção ERA Sterngold modelado no AutoCAD 2000, após digitalização.	104
Figura 4 -	Elemento Finito PLANE 2, com 6 arestas em parábola e 3 nós.	104
Figura 5 -	Modelo A após a geração da malha de elementos finitos.	105
Figura 6 -	Modelo B após a geração da malha de elementos finitos.	105
Figura 7 -	Modelo C após a geração da malha de elementos finitos.	105
Figura 8 -	Modelo D após a geração da malha de elementos finitos.	105
Figura 9 -	Modelo E após a geração da malha de elementos finitos.	105
Figura 10 -	Modelo F após a geração da malha de elementos finitos.	105
Figura 11 -	Modelo G após a geração da malha de elementos finitos.	106
Figura 12 -	Modelo H após a geração da malha de elementos finitos.	106
Figura 13 -	Modelo I após a geração da malha de elementos finitos.	106
Figura 14 -	Modelo J após a geração da malha de elementos finitos.	106
Figura 15 -	Modelo K após a geração da malha de elementos finitos.	106
Figura 16 -	Modelo L após a geração da malha de elementos finitos.	106
Figura 17 -	Modelo M após a geração da malha de elementos finitos.	107
Figura 18 -	Modelo N após a geração da malha de elementos finitos.	107
Figura 19 -	Modelo O após a geração da malha de elementos finitos.	107

Figura 20 -	Modelo P após a geração da malha de elementos finitos.	107
Figura 21 -	Esquema do carregamento de forças aplicado nos modelos.	107
Figura 22 -	Condições de contorno e carregamento de forças no MD.	107

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tendência ao deslocamento (mm) nos modelos.	44
Gráfico 2 - Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do osso cortical (MPa) nos modelos.	73
Gráfico 3 - Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do osso esponjoso (MPa) nos modelos.	75
Gráfico 4 - Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão da fibromucosa (MPa) nos modelos.	77
Gráfico 5 - Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do dente suporte (MPa) nos modelos.	78
Gráfico 6 - Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do implante (MPa) nos modelos.	79

Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Descrição dos modelos gerados (MA – MP)	33
Tabela 2 -	Dimensões, em milímetros, do osso cortical, ligamento periodontal, fibromucosa, inserção conjuntiva e epitélio juncional	35
Tabela 3 -	Dimensões dos dentes 33, 34, 35, 36 e 37, em milímetros	36
Tabela 4 -	Propriedades mecânicas dos elementos que compõem os modelos	38
Tabela 5 -	Valores Mínimo e Máximo encontrados nos modelos (Mapa geral de deslocamento)	40
Tabela 6 -	Descrição dos modelos gerados (MA – MP)	61
Tabela 7 -	Dimensões, em milímetros, do osso cortical, ligamento periodontal, fibromucosa, inserção conjuntiva e epitélio juncional	63
Tabela 8 -	Dimensões dos dentes 33, 34, 35, 36 e 37 em milímetros	64
Tabela 9 -	Propriedades mecânicas dos elementos que compõem os modelos	66
Tabela 10 -	Valores Mínimo e Máximo encontrados nos modelos (Mapa geral de tensões)	69
Tabela 11 -	Valores Mínimo e Máximo de cada estrutura para cada modelo (MPa)	70

*"O mais belo momento da vida,
o mais carregado de futuro
é o momento presente"*



Sumário

Capítulo 1 - Avaliação da tendência ao deslocamento em relação à inclinação do rebordo e localização do implante na associação de uma PPR classe I mandibular ao implante pelo Método dos Elementos Finitos	27
1.1 Resumo	28
1.2 Introdução	29
1.3 Material e Métodos	32
1.4 Resultado	40
1.5 Discussão	44
1.6 Referências	50
Capítulo 2 – Avaliação da distribuição das tensões em relação à inclinação do rebordo e localização do implante na associação de uma PPR classe I mandibular ao implante pelo Método dos Elementos Finitos	54
2.1 Resumo	55
2.2 Introdução	56
2.3 Material e Métodos	60
2.4 Resultado	68
2.5 Discussão	80
2.6 Referências	87
Anexos	93

*“Que o pão de cada dia tenha no homem o sinal do seu suor.
Mas que sobretudo tenha sempre o quente sabor da ternura”*



Avaliação da tendência ao deslocamento em relação à inclinação do rebordo e localização do implante na associação de uma PPR classe I mandibular ao implante pelo Método dos Elementos Finitos.

1.1 Resumo*

A resolução protética dos arcos com extremidades livres através da associação entre Prótese Parcial Removível (PPREL) e implantes osseointegrados é uma opção pouco utilizada na clínica odontológica. O propósito dessa pesquisa foi avaliar, através do método dos elementos finitos, a tendência ao deslocamento das estruturas de suporte da PPREL associada ao implante, em diferentes formatos de rebordo alveolar e localização do implante. Foram elaborados 16 modelos mandibulares que representavam, em corte sagital, hemiarcos com rebordos horizontal, descendente distal, ascendente distal ou descendente-ascendente; dente natural 33; PPREL convencional, com placa distal ou apoio incisal no 33, ou PPREL retida por implante com sistema ERA localizado na região anterior ou posterior do rebordo. Com o auxílio do programa ANSYS 9.0, os modelos foram carregados com forças verticais de 50 N. Concluiu-se que a associação do implante diminuiu a tendência ao deslocamento da PPREL nas inclinações de rebordos analisadas; o rebordo ascendente distal foi o maior beneficiado com a associação dos implantes, já que houve acentuada diminuição da tendência ao deslocamento nessa conformação; finalmente, a associação do implante de maneira anterior à PPREL com placa distal preservou eficazmente as estruturas de suporte quanto à solicitação das mesmas nos diferentes tipos de rebordos estudados.

Palavras-Chave: prótese parcial removível, implante dentário, análise de elemento finito, perda óssea alveolar.

*Texto escrito seguindo as normas da Revista *Brazilian Dental Journal* (Anexo A)

1.2 Introdução

A resolução protética dos arcos com extremidades livres através de prótese parcial removível é considerada uma das situações que apresenta maior dificuldade para o clínico. A falta de um suporte dental distal, aliada à diferença de resiliência entre a fibromucosa e o ligamento periodontal, 1:13, faz com que se forme, quando da ação de forças de compressão, um sistema de alavancas, podendo ser potencialmente destrutiva aos tecidos de suporte.

Com o advento dos implantes osseointegrados, há um aumento considerável das alternativas de tratamento para pacientes com esse perfil. Nos casos em que se tem necessidade de fazer uso das Próteses Parciais Removíveis de Extremidade Livre (PPRELs), surge a oportunidade de se eliminar o movimento de alavanca nesses aparelhos, causado pela diferença de resiliência entre as estruturas de suporte, através da associação de implantes na extremidade livre, conseguindo-se conforto e estabilidade.

A maioria dos trabalhos existentes que relatam essa associação são abordagens clínicas, como os de Keltjens et al. (1), Halterman et al. (2), McAndrew (3), Mitrani et al. (4) e Mijiritsky e Karas (5). No entanto o número de trabalhos de pesquisa vem aumentando a cada ano, fazendo do método dos elementos finitos (MEF) uma metodologia eficaz para analisar a distribuição de tensões e a tendência ao deslocamento das estruturas de suporte nos pacientes com esse perfil (6-13).

Grande parte dos trabalhos de pesquisa (6-9,12,13) que abordam a associação entre PPREL e implantes através do MEF analisa a distribuição das tensões e a tendência ao deslocamento das estruturas de suporte apenas no rebordo com inclinação horizontal, com exceção dos trabalhos de Martin Júnior (10) e Lucas (11), apesar da importância da conformação do rebordo residual na dissipação das forças atuantes e no grau de estabilidade da prótese.

Em 1943, Elbrecht (14) relatou a influência da inclinação sagital da crista óssea alveolar nos casos de PPR. De acordo com o autor, o rebordo alveolar poderia assumir, no plano sagital, 4 formatos básicos: 1) rebordo horizontal; 2) rebordo descendente distal; 3) rebordo ascendente distal e 4) rebordo descendente-ascendente (côncavo). Essas formas de rebordo têm sido discutidas em relação aos aspectos positivos e negativos que possam apresentar para suporte de uma PPREL. Os horizontais seriam os melhores formatos de rebordo residual, já que eles possibilitariam uma distribuição mais uniforme das cargas mastigatórias sobre todo o rebordo. Os descendentes distais teriam a área principal de suporte determinando o plano inclinado para distal, facilitando uma decomposição de forças, cuja resultante viria a tracionar a prótese para distal. Isto determinaria um esforço indesejável sobre o suporte dental, que também seria tracionado na mesma direção; contrariamente, os ascendentes distais ofereceriam um plano inclinado que propiciaria condições para a resultante tracionar a base da sela para mesial. Esse efeito seria neutralizado pelos dentes remanescentes, numa força de reação conjunta que os pontos de contato entre eles propiciariam. Dessa maneira, esta seria uma forma favorável de rebordo residual; os descendentes-ascendentes ou

côncavos seriam os mais desfavoráveis, pois as cargas que incidissem mais para mesial tenderiam a tracionar a base da prótese para distal e vice-versa, os que incidissem mais para distal tracionariam para mesial. Durante o ato mastigatório, esta base ficaria à mercê de forças de sentido ora distal, ora mesial, comprometendo rapidamente as estruturas de sustentação do dente principal de suporte.

Muito embora as inclinações descendente distal, ascendente distal e descendente-ascendente sejam consideradas como as de pior prognóstico, em função da dissipação de forças oblíquas sobre o rebordo alveolar, os dados podem ser considerados inconclusivos à luz de tecnologias e metodologias disponíveis atualmente, como o MEF, que permite uma interpretação simplificada dos eventos que atuam na região de extremidade livre e sua influência sobre o dente suporte (10).

Ao se associar uma PPREL mandibular a um implante osseointegrado, utilizando um adequado sistema de retenção, ocorre uma transformação de uma classe I de Kennedy em uma classe III, com um grande ganho biomecânico, o que permite maior eficiência mastigatória, maior estabilidade da prótese e, dependendo da localização do implante, melhor estética (13).

Os trabalhos de pesquisa demonstram que a associação da PPREL ao implante osseointegrado é benéfica para as estruturas de suporte. No entanto a maioria dos trabalhos existentes (6,7,9,10,11,13) o associa na região posterior do rebordo edentado, apesar de Cunha (8) ter demonstrado pelo MEF que o

posicionamento do implante numa região mais anterior do rebordo (mais próxima ao dente suporte) alivia de modo mais pronunciado as estruturas analisadas.

Desse modo, em virtude da escassez dos trabalhos de pesquisa acerca desse tema e da importância do mesmo na atualidade, o objetivo do presente estudo foi avaliar, através do método dos elementos finitos bidimensional, a influência da inclinação do rebordo alveolar, bem como a influência da localização do implante osseointegrado associado à PPR com sistema ERA de retenção, na tendência ao deslocamento das estruturas de suporte e da PPR durante esta associação.

1.3 Material e Métodos

Modelos:

Para a realização do presente estudo foram elaborados dezesseis modelos mandibulares que, sob o aspecto sagital, simulavam hemiarcos parcialmente desdentados, sem suporte dental posterior, nos quais permaneceram constantes as características do dente remanescente (33), a extensão do rebordo na extremidade livre, a característica do periodonto de suporte e de proteção, as distâncias biológicas (crista alveolar, junção cimento-esmalte e inserção conjuntiva), a espessura da estrutura metálica de Cromo-Cobalto (Cr-Co) e o número de dentes artificiais, sendo que a inclinação do rebordo e a sela protética sofreram variações (Tabela 1).

MODELOS	DESCRIÇÃO DOS MODELOS
MA	representou um hemiarco mandibular com rebordo horizontal, sem suporte posterior, com a presença do dente 33 e de uma PPREL convencional, com placa distal na região proximal do 33.
MB	semelhante ao MA, diferenciando-se deste pela presença de um implante osseointegrado Bränemark de 10 x 3,75 mm com sistema ERA de retenção associado na região anterior (região do centro do segundo pré-molar) da base da PPREL.
MC	semelhante ao MA, entretanto apresentou uma PPREL com apoio metálico na incisal do 33.
MD	semelhante ao MC, diferenciando-se deste pela presença de um implante osseointegrado Bränemark de 10 x 3,75 mm com sistema ERA de retenção associado na região posterior (região da cúspide distal do segundo molar) da base da PPREL.
ME	semelhante ao MA, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MF	semelhante ao MB, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MG	semelhante ao MC, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MH	semelhante ao MD, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MI	semelhante aos MA e ME, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
MJ	semelhante aos MB e MF, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.

MK	semelhante aos MC e MG, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
ML	semelhante aos MD e MH, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
MM	semelhante aos MA, ME e MI, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.
MN	semelhante aos MB, MF e MJ, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.
MO	semelhante aos MC, MG e MK, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.
MP	semelhante aos MD, MH e ML, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.

Tabela 1 – Descrição dos modelos gerados (MA – MP)

Programas

O programa utilizado para a elaboração dos modelos foi o AutoCAD 2000 (Autodesk Inc., USA), que permite a elaboração de desenhos com dimensões muito próximas da realidade. Os elementos e componentes dos modelos puderam, assim, ser reproduzidos dentro de um elevado padrão de fidelidade. Após a elaboração dos modelos, os mesmos foram exportados para o programa de elementos finitos – ANSYS 9.0 (Swanson Analysis Systems, Houston, Pa).

Geometria das estruturas

1) Mandíbula e Ligamento periodontal:

A mandíbula foi representada por um bloco envolvendo o dente suporte (33), sendo que as dimensões das estruturas, como osso cortical, ligamento periodontal, fibromucosa, inserção conjuntiva e epitélio juncional foram baseadas em literatura específica (6,7,13) e estão apresentadas na Tabela 2.

Estrutura	Dimensão (mm)
Osso Cortical	0,50
Ligamento Periodontal	0,25
Fibromucosa	1,00
Inserção Conjuntiva	1,00
Epitélio Juncional	1,00

Tabela 2 – Dimensões, em milímetros, do osso cortical, ligamento periodontal, fibromucosa, inserção conjuntiva e epitélio juncional

2) Dentes naturais e artificiais:

As dimensões do dente 33 e das coroas dos dentes 34, 35, 36 e 37 foram registradas de acordo com os dados estabelecidos na literatura (6,7,13), presentes na Tabela 3. As propriedades mecânicas dos dentes artificiais foram consideradas idênticas às da base de resina acrílica, formando com esta uma estrutura única e, desse modo, apenas a distância coronária dos dentes artificiais, no sentido mésio-distal, foi registrada.

Dentes	Distância mésio-distal da coroa	Altura da coroa	Raiz	Comprimento total
33	6,9	10,3	15,3	25,3
34	6,9	-	-	-
35	7,3	-	-	-
36	11,2	-	-	-
37	10,7	-	-	-

Tabela 3 – Dimensões dos dentes 33, 34, 35, 36 e 37, em milímetros

3) Prótese Parcial Removível:

As dimensões da estrutura metálica da PPR em Cr-Co foram utilizadas de acordo com Rocha (6), que realizou mensurações em 5 pontos distintos, utilizando um paquímetro digital e obteve uma média de 0,8mm, a qual foi aplicada em toda a extensão da estrutura metálica e de 2,0 mm para o apoio disto-incisal (MC, MD, MG, MH, MK, ML, MO, MP). A PPR, em alguns modelos (MA, MB, ME, MF, MI, MJ, MM, MN), apresentava uma placa distal localizada na região proximal do dente 33.

A PPR apresentou quatro dentes artificiais de resina acrílica unidos à base de resina que abrangeu toda a extensão referente à fibromucosa, incluindo a malha de retenção e o conector menor.

4) Sistema de Implante e a Conexão com a PPR

O sistema de implante utilizado no estudo foi o Bränemark (Nobel Biocare AB, Gotemburgo, Suécia). Utilizou-se um implante padrão liso rosqueado e de dimensões de 10 x 3,75 mm. O sistema de conexão utilizado foi o sistema de

retenção ERA RV (Sterngold-Implamed, São Paulo, Brasil). O implante, com o respectivo sistema de retenção, foi incluído em resina acrílica ativada quimicamente – Ortoclas (Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo). Após criterioso acabamento e polimento, o conjunto foi posicionado em uma recortadora (Isomet 1000 Precision Saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) para ser seccionado ao meio, no sentido do seu longo eixo, possibilitando a visualização direta do passo de rosca, da superfície interna e da adaptação entre os componentes. Com o auxílio de um SCANNER (HP psc 1315 all-in-one), o bloco foi digitalizado e exportado para o programa de desenho gráfico AutoCAD 2000 (Autodesk Inc., USA), no qual foi possível reproduzir, com alta fidelidade, as dimensões, os formatos interno e externo do implante, além de sua relação com o sistema de retenção.

Desenvolvimento dos modelos de Elementos Finitos

O método dos elementos finitos trata-se de uma técnica de interação numérica computadorizada para determinar deslocamento e fadiga, através de um modelo pré-desenhado. Para o programa ser processado, é necessária a descrição de algumas características dos tecidos de suporte e da prótese construída. Para todos os elementos, foram determinadas características mecânicas inerentes à sua função e localização, de acordo com os dados fornecidos pela literatura específica.

Os modelos criados no programa AutoCAD 2000 foram exportados para o programa de elementos finitos ANSYS 9.0 para determinação das regiões e geração da malha de elementos finitos. Para a geração da malha, utilizou-se o

elemento sólido bidimensional PLANE 2, que representa 6 nós e 3 arestas, descrevendo uma parábola.

Os materiais envolvidos no estudo foram considerados homogêneos, isotrópicos e linearmente elásticos e os modelos assumidos em estado plano de tensão.

Após a geração da malha, o próximo passo foi a incorporação das propriedades mecânicas de cada estrutura, listadas na Tabela 4, assim como a condição de contorno e carregamento.

Estrutura	Módulo de Elasticidade E (Gpa)	Coefficiente de Poisson (v)
Esmalte	41,0	0,30
Dentina	18,60	0,31
Ligamento Periodontal	0,0689	0,45
Fibromucosa	0,68	0,45
Ossso Cortical	13,70	0,30
Ossso Esponjoso	1,37	0,30
Implante (Ti)	103,40	0,35
Sistema ERA (Ti)	103,40	0,35
Cápsula de Nylon	2,4	0,39
Estrutura de CoCr	185,00	0,35
Resina Acrílica	8,30	0,28

Tabela 4 – Propriedades mecânicas dos elementos que compõem os modelos

Condições de contorno

Para uma correta utilização do programa de elementos finitos é necessário que o modelo seja fixado em pontos estratégicos, para que não sofra ação da inércia, nem realize movimentos ou deformações indesejáveis, ou mesmo para determinar restrições que simulem a realidade. Assim, os lados esquerdo e direito dos modelos foram fixados somente na direção x (horizontal) para impedir apenas a movimentação lateral das estruturas, permitindo, desse modo, a simulação do movimento vertical (intrusão) da base da PPREL sobre a fibromucosa e, conseqüentemente, a deformação do osso cortical e esponjoso abaixo dela. Somente o osso cortical da base dos modelos foi fixado na direção y, além da direção x, por se tratar da estrutura limítrofe dos modelos na região inferior. Nos modelos que possuíam a placa distal associada, toda a superfície entre a placa distal, a resina que entra em contato com o esmalte dental, e o próprio esmalte dental nesta região, foram fixados na direção x. Porém, como as estruturas foram “não solidárias”, o movimento vertical é possível e independente entre as estruturas.

Carregamento

O carregamento de forças foi realizado nas pontas das cúspides dos dentes naturais e artificiais em todos os modelos. Foram aplicadas forças de 50N, as quais foram fracionadas em 5 pontos de aplicação de 10 N, na direção estritamente vertical.

1.4 Resultados

Os resultados da presente pesquisa foram obtidos através de Mapas de Deslocamentos, nos quais a tendência ao deslocamento pôde ser observada nas diferentes estruturas nos modelos, através de análise comparativa. Esses mapas, após serem resolvidos automaticamente pelo programa e obtidos os pontos Mínimo e Máximo de deslocamento, foram plotados dentro de uma mesma escala para facilitar a comparação. Os Mapas de Deslocamentos possuem valores expressos em milímetros (mm).

A Tabela 5 apresenta os valores Mínimo e Máximo encontrados nos Mapas Gerais de deslocamento de cada modelo.

Modelos	Deslocamento Mínimo	Deslocamento Máximo
Modelo A	0	0,126375
Modelo B	0	0,114888
Modelo C	0	0,126217
Modelo D	0	0,114578
Modelo E	0	0,116512
Modelo F	0	0,104695
Modelo G	0	0,116047
Modelo H	0	0,105947
Modelo I	0	0,144278
Modelo J	0	0,134796
Modelo K	0	0,145456

Modelo L	0	0,128012
Modelo M	0	0,120996
Modelo N	0	0,108713
Modelo O	0	0,12091
Modelo P	0	0,108731

Tabela 5 – Valores Mínimo e Máximo encontrados nos modelos (mm)

Pela análise dos mapas de deslocamento dos modelos, pôde-se observar que, nos modelos com rebordo horizontal (MA, MB, MC e MD), os valores máximos encontrados se concentraram na região das cúspides mediana (MA e MD) ou distal (MB e MC) do 36. O maior valor encontrado nesses modelos foi de 0,126375 mm localizado no MA. Com a associação dos implantes (MB e MD), houve uma acentuada diminuição da tendência ao deslocamento, em termos de área (franja de valor 0,113132 – 0,129294 mm), na PPR. Em relação ao dente suporte, no MB (implante mesial e placa distal), ele foi menos solicitado em termos de valores (máxima de 0,080809 mm) e área atingida (franja de valor 0,064647 – 0,080809 mm), quando comparado aos demais modelos (MA, MC e MD). Analisando-se o rebordo, observou-se que com a associação do implante anterior (MB) houve uma diminuição da tendência ao deslocamento da base protética e conseqüente alívio na região do rebordo entre o dente suporte e o implante em termos de valores (máxima de 0,080809 mm), diferentemente do ocorrido com a associação do implante posterior (MD), que não aliviou a tendência ao deslocamento dessa região do rebordo, apesar de ter diminuído a tendência ao deslocamento da base protética de maneira significativa.

Em relação aos modelos com rebordo descendente distal (ME, MF, MG e MH), os valores máximos observados localizaram-se nas cúspides mediana (ME e MG) ou distal (MF) do 36, e na ponta de cúspide do 35 (MH). O maior valor encontrado entre esses modelos localizou-se no ME (0,116512 mm). Quando da associação dos implantes, tanto no modelo com placa distal (MF), quanto no modelo com apoio (MH), houve diminuição acentuada da tendência ao deslocamento da PPR em termos de valores (máxima de 0,113132 mm) e área atingida (franja de valor 0,096971 – 0,113132 mm). Em relação ao dente suporte, o MF (PPR com placa distal e implante anterior) apresentou a menor tendência ao deslocamento em termos de valores (até 0,80809 mm) e área atingida que a observada nos demais modelos analisados (ME, MG e MH). Quanto ao rebordo, o implante anterior (MF) aliviou de maneira nítida a área entre ele e o dente suporte, o mesmo não ocorrendo entre o implante posterior (MH) e o dente suporte.

Analisando-se os modelos com rebordo ascendente distal (MI, MJ, MK e ML), os maiores valores obtidos localizaram-se na região entre a cúspide distal do 36 e mesial do 37, em todos os modelos. O maior valor observado entre esses modelos localizou-se no MK (PPR convencional com apoio incisal) sendo de 0,145456 mm. Houve diminuição da tendência ao deslocamento da PPR, em termos de área (franja de valor 0,129294 – 0,145456 mm), nos modelos após a inserção dos implantes (MJ e ML). No entanto, apesar dessa diminuição da tendência ao deslocamento da PPR após a associação dos implantes, o dente suporte foi menos solicitado, em termos de área (franja de valor 0,064647 –

0,080809 mm), e o rebordo em termos de valores (máxima de 0,080809 mm), apenas no modelo com placa distal e implante anterior (MJ).

Finalmente, analisando-se os modelos com rebordo descendente-ascendente (MM, MN, MO e MP), os valores máximos se localizaram na região da cúspide distal (MM, MN e MO) e mediana (MP) do 36. O MM (PPR convencional com placa distal) apresentou o maior valor obtido entre esses modelos (0,120996 mm). Observou-se diminuição da tendência ao deslocamento da PPR com a inserção dos implantes (MN e MP) em termos de valores (máxima de 0,113132 mm). O dente suporte foi nitidamente menos solicitado, em termos de valores (máxima de 0,064647mm), no modelo com PPR com placa distal retida por implante anterior (MN). Houve diminuição da tendência ao deslocamento na região do rebordo entre o dente suporte e o implante, em termos de valores (máxima de 0,064647 mm), apenas no MN.

Desse modo, em todos os tipos de rebordos, o conjunto PPR com placa distal retida por implante anterior (MB, MF, MJ e MN) foi o que menos solicitou tanto o dente suporte quanto o rebordo (região entre dente suporte e implante). A associação dos implantes e sistema de retenção fez com que houvesse diminuição da tendência ao deslocamento da PPR em todos os modelos analisados, quando comparados aos modelos com PPR convencional. A maior tendência ao deslocamento verificada (Máxima) ocorreu no MK (rebordo ascendente distal e PPR convencional com apoio incisal), com o valor de 0,145456 mm, e o menor valor Máximo ocorreu no MF (rebordo descendente distal e PPR implanto-retida com placa distal), sendo de 0,104695 mm.

No gráfico abaixo, pode-se observar os valores máximos da tendência ao deslocamento, nos diferentes modelos analisados.

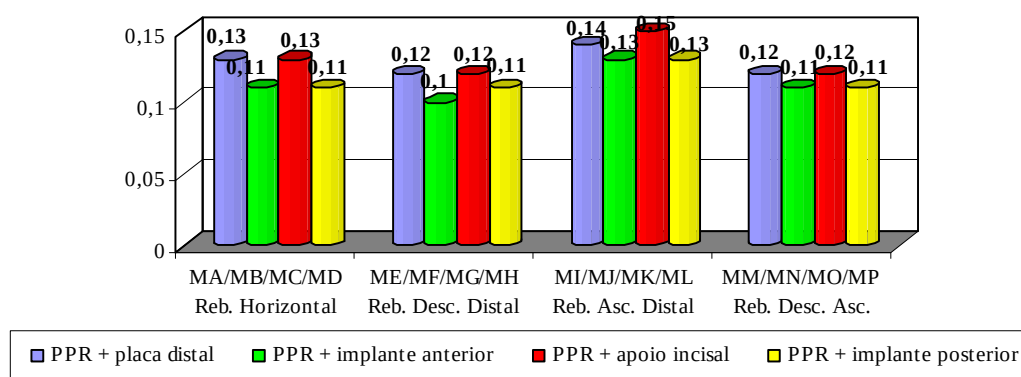


GRÁFICO 1 – Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tendência ao deslocamento (mm) nos modelos.

1.5 Discussão

Apesar da complexidade dos estudos que envolvem a biomecânica das PPRELs, vários autores tentaram minimizar os problemas relacionados com a falta de estabilidade das mesmas, provocada pelo duplo sistema de sustentação. E, com o advento dos implantes osseointegrados, tornou-se possível associá-los às PPRELs, eliminando a extremidade livre através do posicionamento dos mesmos nessa região, tornando-as próteses implanto-dento-muco suportadas, permitindo maior estabilidade e retenção (1-13).

Dentre as estruturas de suporte dessas próteses, o rebordo residual toma especial atenção do ponto de vista fisiológico e anatômico, já que os dentes remanescentes são fixados no interior dos alvéolos dentais pelas fibras do

ligamento periodontal, principais responsáveis pelo suporte das cargas mastigatórias, e o rebordo residual, apesar de receber parte dessas cargas, não apresenta estruturas para suportá-las (11).

O rebordo residual é constituído por fibromucosa, osso cortical e osso esponjoso e, em casos de extremidades livres, ele pode assumir determinados formatos, conforme estabelecido por Elbrecht (14). Em relação ao formato, fatores como: tempo de extração dental; força de mordida; localização da carga e sua frequência; uso ou não de prótese; porosidade óssea; grau de mineralização; densidade óssea e grau de deformação; intensidade, frequência, duração e direção das forças aplicadas no rebordo influenciariam na forma adquirida (15-20).

Essas conformações deveriam merecer especial atenção no momento do planejamento das PPRELs, já que estão diretamente relacionadas à dissipação das forças atuantes e ao grau de estabilidade da prótese. No entanto são poucos os trabalhos de pesquisa realizados para analisar a influência da inclinação do rebordo residual sobre as estruturas de suporte da PPREL, como os trabalhos com elementos finitos de Martin Júnior (10), Lucas (11), Camargo (17) e Plaza (18). Cecconi (19), através de testes laboratoriais, observou que a angulação do rebordo residual, no plano sagital, altera a direção e a magnitude do movimento do dente suporte. Guedes et al. (20), através de análise radiográfica e dados clínicos, avaliaram a conformação dos rebordos de 64 hemiarcos e, desse modo, os autores observaram que em 93,76% dos casos o rebordo apresentava a conformação descendente distal, com inclinação média de 17,95°.

Os trabalhos de pesquisa existentes com a associação do implante osseointegrado à PPREL utilizaram o implante localizado posteriormente no rebordo e com apoio no último dente suporte (6,7,9,11,13), ou anteriormente, com uma placa distal (8,12). Cunha (8) estudou a melhor localização do implante e verificou, através do método do elemento finito, que é a mais próxima ao último dente suporte. São duas as possibilidades clínicas: a primeira, quando o implante é localizado posteriormente, necessitando utilizar um apoio e um grampo no último dente suporte e, a segunda, quando o implante é localizado anteriormente com uma placa distal, não necessitando do grampo tornando o tratamento mais estético, como relatado por Pellizzer (13). Essas duas possibilidades nortearam este estudo.

Após análise dos Mapas de Deslocamentos obtidos no presente estudo, observou-se que parte das estruturas de suporte apresentou comportamentos distintos com PPREL convencional ou associada ao implante (anterior ou posterior) nas diferentes conformações de rebordo. Esses resultados podem ser comparados aos estudos que utilizaram o MEF, porém essa comparação torna-se relativa, por depender da semelhança entre os modelos, das propriedades mecânicas incorporadas, das condições de contorno e de carregamento, e da qualidade da malha de elementos finitos (6).

De maneira geral, analisando-se os resultados obtidos, foi possível observar que a associação do implante à PPREL, em todos os formatos de rebordo, com o implante localizado anterior ou posteriormente, tendeu a diminuir o deslocamento da base protética, estando de acordo com os trabalhos de Rocha

(6), Verri et al (7), Cunha (8), Santos (9), Lucas (11), Verri (12) e Pellizzer (13), simulando um aumento na estabilidade desta, o que pode ser suportado por abordagens clínicas como relatado por Keltjens (1), Halterman (2), McAndrew (3), Mitrani (4) e Mijiritsky & Karas (5). Dessa forma, a presença do implante com o respectivo sistema de retenção (sistema ERA – Sterngold) diminuiu a intrusão da PPREL, ou seja, minimizou a movimentação da sela protética no sentido vertical.

Apesar dos mapas terem demonstrado menor movimentação da base protética após a incorporação dos implantes, apenas nos modelos com PPREL com placa distal associada aos implantes posicionados anteriormente observou-se diminuição significativa na tendência ao deslocamento do rebordo, principalmente na região entre o dente suporte e o implante osseointegrado, concordes aos trabalhos de Cunha (8) e Verri (12), que também observaram diminuição na solicitação do rebordo próximo ao dente suporte após a incorporação do implante.

Em relação ao dente suporte, em todos os modelos analisados, o posicionamento do implante na região posterior do rebordo não aliviou de maneira significativa a solicitação do mesmo, estando de acordo com os trabalhos de Cunha (8) e Lucas (11). No entanto, em todos os modelos, após a incorporação dos implantes anteriormente, houve diminuição acentuada da tendência ao deslocamento do dente suporte, evidenciando uma superioridade de os implantes posicionados anteriormente o aliviarem, resultados semelhantes aos encontrados por Cunha (8). Quando do implante nessa posição, optou-se pelo uso da placa distal, por melhorar a estética e proporcionar liberdade de movimentação vertical,

não sobrecarregando o 33, como relatado por Cunha (8) e Verri (12). Desse modo, após a associação do implante na região distal, não houve alívio no deslocamento do dente suporte, já que a área referente ao mesmo não demonstrou alterações significantes quando comparadas aos modelos com a PPREL convencional, observações contrárias às realizadas por Keltjens et al. (1), os quais verificaram, através de análise clínica, que o implante posterior reduziu a solicitação do dente suporte, e concordes à Cunha (8) e Lucas (13) que não observaram alívio acentuado no mesmo após a associação do implante posterior. Quando do posicionamento do implante na região posterior do rebordo, optou-se pela associação da PPREL com apoio incisal, já que, clinicamente, seria inviável a utilização da placa distal nesses casos.

Analisando-se a tendência ao deslocamento nos diferentes formatos de rebordo, observou-se que os modelos com rebordo ascendente distal (MI, MJ, MK e ML) foram os que apresentaram maiores tendências à movimentação em termos de valores e área atingida, demonstrando uma maior tendência ao deslocamento da PPREL nos modelos com essa conformação de rebordo, e foram os modelos mais beneficiados com a associação dos implantes, já que a área atingida diminuiu acentuadamente, concordando com o trabalho de Lucas (11). Camargo (17), em seu estudo, comparando a distribuição das tensões e deformação nas estruturas de suporte da PPREL nos rebordos descendente distal e ascendente distal através do MEF, concluiu que o formato descendente distal gera mais torque principalmente ao dente suporte, no entanto, os maiores valores de deformação das estruturas de suporte deram-se no rebordo ascendente distal, concordando com o observado no

presente estudo. Plaza (18), utilizando a mesma metodologia, analisou os formatos de rebordo horizontal e descendente-ascendente e concluiu que o formato horizontal apresentou uma melhor distribuição das tensões e gerou menor torque ao dente suporte. Por fim, Martin Júnior (10), em seu estudo, observou que o formato de rebordo descendente distal apresentou as maiores concentrações de tensões na maioria dos aspectos considerados pelo autor, mas, assim como as diferenças não foram tão acentuadas, em alguns momentos o formato descendente distal não se mostrou como o mais potencialmente lesivo.

Em todos os tipos de rebordos, o conjunto PPR com placa distal retida por implante anterior (MB, MF, MJ e MN) foi o que menos solicitou tanto o dente suporte quanto o rebordo (região entre dente suporte e implante). Esses resultados reforçam a teoria de que o conjunto placa distal e implante anterior atua de maneira mais eficaz em relação ao alívio das estruturas de suporte, quando comparado à associação implante posterior e apoio incisal, em todos os formatos de rebordo.

A partir do exposto, pode-se concluir que: a associação do implante, de maneira anterior ou posterior, diminuiu a tendência ao deslocamento da PPREL em todos os formatos de rebordos analisados; o rebordo ascendente distal foi o maior beneficiado com a associação dos implantes, já que houve uma diminuição acentuada da tendência ao deslocamento nessa conformação, tanto em termos de valores, como de área atingida; e, por fim, a associação do implante de maneira anterior à PPREL com placa distal foi a melhor forma para preservar as estruturas

de suporte (dentes remanescentes e rebordo alveolar residual) quanto à solicitação das mesmas nos diferentes tipos de rebordos alveolares estudados.

1.6 Referências

1. Keltjens HMAM, Käyser AF, Hertel R, Battistuzzi PGFCM. Distal extension removable partial dentures supported by implants and residual teeth: considerations and case reports. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8(2):208-213.
2. Halterman SM, Rivers JA, Keith JD, Nelson DR. Implant support for removable partial overdentures: a case report. *Implant Dent* 1999;8(1):74-78.
3. Mcandrew R. Prosthodontic rehabilitation with a swing-lock removable partial denture and a single osseointegrated implant: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2002;88(2):128-131.
4. Mitrani R, Brudvik JS, Phillips KM. Posterior implants for distal extension removable prostheses: a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23(4):353-359.
5. Mijiritsky E, Karas S. Removable partial denture design involving teeth and implants as an alternative to unsuccessful fixed implant therapy: a case report. *Implant Dent* 2004;13(3):218-222.
6. Rocha EP. Prótese parcial removível de extremidade livre associada a um implante osseointegrado: estudo através do método dos elementos finitos.

- [Doctoral Thesis]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas; 2001. 123p.
7. Verri FR, Pellizzer EP, Rocha EP, Pereira JA. Influence of length and diameter of implants associated with distal extension removable partial dentures. *Implant Dent* 2007;16(3):270-280.
 8. Cunha LDAP. Avaliação da influência da localização do implante osseointegrado associado à PPR classe I mandibular. Estudo pelo método dos elementos finitos. [Master Dissertation]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista; 2004. 182p.
 9. Santos CMF. Avaliação da influência da angulação do implante osseointegrado associado à prótese parcial removível classe I mandibular pelo método dos elementos finitos. [Master Dissertation]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista; 2005. 202p.
 10. Martin Junior M. Influência do formato do rebordo alveolar na distribuição interna das tensões em prótese parcial dento-implantossuportada. [Master Dissertation]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista; 2005. 196p.
 11. Lucas LVM. Influência do formato do rebordo na associação de uma prótese parcial removível de extremidade livre mandibular associada ao implante com sistema ERA de retenção, pelo método dos elementos finitos. [Doctoral Thesis]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista; 2006. 154p.

12. Verri, FR. Avaliação da influência do nível de inserção do dente suporte e do sistema de conexão entre prótese parcial removível mandibular classe I associada a implante osseointegrado. Análise pelo método dos elementos finitos. [Doctoral Thesis]. Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista; 2006. 123p.
13. Pellizzer EP. Influência do sistema de retenção entre um implante osseointegrado e uma prótese parcial removível. Estudo através do Método dos Elementos Finitos. [Livre docência]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista; 2006. 249p.
14. Elbrecht A. De la prótesis y de su construccion. Rev Odontol 1943;31(1):15-32.
15. Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. J Prosthet Dent 1962;12(3):441-450.
16. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridge in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. J Prosthet Dent 2003;89(5):427-435.
17. Camargo RZB. Análise comparativa pelo método dos elementos finitos bidimensional das tensões geradas nas estruturas de suporte de prótese parcial removível de extremidade livre inferior sobre rebordo residual ascendente distal e descendente distal. [Master Dissertation]. São Paulo: Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2005. 193 p.
18. Plaza CAS. Análise comparativa, pelo método dos elementos finitos bidimensional, das tensões geradas nas estruturas de suporte de prótese

parcial removível de extremidade livre inferior, em rebordo horizontal e descendente-ascendente. [Master Dissertation] São Paulo: Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2004. 170 p.

19. Cecconi BT, Asgar K, Dootz E. Removable partial denture abutment tooth movement as affected by inclination of residual ridges and type of loading. J Prosthet Dent 1971;25(4):375-381.
20. Guedes GG, Zanetti AL, Feltrin PP. Analysis of the prevalence of different topographical characteristics of the residual ridge in mandibular free-end arches. Braz Oral Res 2004;18(1):29-34.

“O segredo dos que triunfam é começar sempre de novo”



Avaliação da distribuição das tensões em relação à inclinação do rebordo e localização do implante na associação de uma PPR classe I mandibular ao implante pelo Método dos Elementos Finitos.

2.1 Resumo*

A resolução protética dos arcos mandibulares com extremidades livres através da associação entre prótese parcial removível e implantes osseointegrados é, ainda, uma opção pouco utilizada na clínica odontológica. Desse modo, o propósito dessa pesquisa foi avaliar, através do método dos elementos finitos bidimensional, a distribuição das tensões nas estruturas de suporte de uma prótese parcial removível de extremidades livres (PPREL) associada a um implante, em diferentes formatos de rebordo alveolar e localização do implante. Foram elaborados 16 modelos mandibulares, os quais, em corte sagital, representavam hemiarcos com rebordos horizontal, descendente distal, ascendente distal ou descendente-ascendente; dente natural 33; PPREL convencional, com placa distal no 33 ou apoio incisal na distal do 33, ou PPREL retida por implante com sistema ERA localizados na região anterior ou posterior dos rebordos. Com o auxílio do programa de elementos finitos ANSYS 9.0, os modelos foram carregados com forças estritamente verticais de 50 N em cada ponta de cúspide. A análise dos Mapas permitiu concluir que: a associação dos implantes na extremidade livre aliviou a solicitação da fibromucosa, osso cortical e esponjoso em todos os modelos analisados; o implante posicionado anteriormente aliviou de maneira mais acentuada a solicitação do dente suporte; os rebordos ascendente distal e descendente-ascendente foram os maiores beneficiados em relação à distribuição das tensões quando da associação dos implantes; e, por fim, as PPRELs

*Texto escrito seguindo as normas da Revista *The International Journal of Prosthodontics* (Anexo B)

convencionais, quando associadas à placa distal, aliviaram de forma mais nítida o dente suporte, quando comparadas às associadas ao apoio incisal.

Palavras-chave: prótese parcial removível, implante dentário, análise de elemento finito, perda óssea alveolar.

2.2 Introdução

A reabilitação protética dos arcos sem suporte distal através das Próteses Parciais Removíveis de Extremidades Livres (PPRELs) é considerada complexa por envolver diferentes estruturas de suporte. O suporte distal dessas próteses é realizado pelo conjunto fibromucosa e rebordo residual, e o suporte anterior, pelos elementos dentais remanescentes. Essas estruturas que suportam as próteses parciais removíveis com extensões distais diferem marcadamente na sua resposta viscoelástica ao carregamento. A falta de um suporte dental distal, aliada à diferença de resiliência entre a fibromucosa e o ligamento periodontal dos dentes remanescentes, 1:13, faz com que se forme, quando da ação de forças de compressão, um sistema de alavancas, podendo ser potencialmente destrutiva aos tecidos de suporte (1).

Entretanto, atualmente, têm-se a possibilidade de eliminar o movimento de alavanca nesses aparelhos, através da associação de implantes na extremidade livre, resultando em maior estabilidade e retenção, como citado na literatura por autores como Ganz (2), Battistuzzi et al. (3), George (4), Keltjens et al. (5), Giffin (1), Jang (6), Halterman et al. (7), Pellechia et al. (8), McAndrew (9), Mitrani et

al. (10), Kuzmanovic et al. (11), Mijiritsky e Karas (12), Uludag e Celik (13), Ohkubo et al. (14), Verri et al.(15).

Filosofias de desenhos, concordando em minimizar esse sistema de alavancas, vêm aparecendo regularmente na literatura odontológica e, em 1984, Monteith (16) classificou esses conceitos de desenhos em 4 categorias: 1- flexibilidade da base da prótese, representada pela utilização dos rompe-forças; 2- técnica mucostática de moldagem, na qual o rebordo desdentado é relacionado ao dente suporte, através de pressão digital sobre este; 3- conceito mucofuncional, que inclui as técnicas de moldagem que registram a superfície tecidual na forma que o rebordo residual assume durante o carregamento funcional; 4- implantes endósseos, que procuram eliminar todo o movimento da prótese através da reconstituição do apoio distal perdido. Portanto observa-se que a associação de implante e prótese parcial removível não é recente, tanto que o autor descreve aplicações envolvendo o uso de implantes endósseos, do tipo laminado, para suportar a base da Prótese Parcial Removível (PPR) ou receber uma Prótese Parcial Fixa (PPF) associada aos dentes naturais.

Desde então, inúmeros trabalhos clínicos surgiram na tentativa de melhorar o comportamento biomecânico destas próteses através desta associação (PPREL e implantes osseointegrados). No entanto os artigos publicados, em sua maioria, são abordagens clínicas, sendo em pequeno número os trabalhos de pesquisa existentes (14,15).

Ohkubo et al. (14) investigaram o efeito do posicionamento de um implante servindo como suporte sob a base de uma PPREL mandibular em relação

à estabilidade da mesma. O método de avaliação ocorreu através de sensores de pressão localizados abaixo da sela protética, e foram aplicadas forças estritamente verticais. Os autores concluíram que a colocação de um implante na área distal para suportar uma PPREL diminui a pressão exercida sobre os tecidos moles da área e os benefícios clínicos seriam a prevenção do deslocamento distal da PPR e diminuição da reabsorção óssea do rebordo residual.

Verri et al.(15) avaliaram a influência do diâmetro e do comprimento de implantes osseointegrados em associação com próteses parciais removíveis de extremidades livres e a influência da PPREL convencional na solicitação das estruturas de suporte de uma PPREL mandibular, utilizando o método dos elementos finitos bidimensional (MEF-2D). Pelos resultados, os autores concluíram que: a presença da PPR por si só sobrecarregou o dente-suporte, bem como as demais estruturas de suporte da PPR; a presença do implante diminuiu as tensões, principalmente nas extremidades dos rebordos desdentados; tanto o comprimento quanto o diâmetro do implante tenderam a diminuir as tensões à medida que aumentavam suas dimensões.

Desse modo, os trabalhos que avaliam esta associação evidenciam os benefícios do implante na redução das tensões sobre o rebordo alveolar, e este, por sua vez, é apresentado como um fator influente no planejamento e na biomecânica das PPRELs, quer seja pela diferença viscoelástica em relação aos dentes, quer seja pelo formato anatômico no plano sagital (17,18,19).

Em 1943, Elbrecht (17) relatou a influência da inclinação sagital da crista óssea alveolar na movimentação das PPRELs. De acordo com o autor, o

rebordo alveolar poderia assumir, no plano sagital, 4 formatos básicos: 1) rebordo horizontal – a prótese conservaria sua posição sobre um rebordo horizontal, onde a carga seria transmitida verticalmente, perpendicular ao rebordo; 2) rebordo descendente distal – a prótese se apoiaria num plano inclinado e, na incidência de carga vertical, a tendência ao desalojamento seria para distal seguindo a orientação do rebordo; 3) rebordo ascendente distal – na incidência de uma carga vertical a tendência ao desalojamento seria para mesial, em direção aos dentes suportes; 4) rebordo descendente-ascendente – combinação dos casos da crista alveolar descendente distal com a crista alveolar ascendente distal, respectivamente. Dentre os 4 formatos de rebordo descritos, Guedes et al. (19) constataram ser de 93,76% a prevalência do rebordo descendente distal entre os 64 pacientes analisados nesse estudo.

Cecconi et al. (18) observaram, através de testes laboratoriais, os efeitos da inclinação dos rebordos residuais e do carregamento na movimentação do dente suporte, e constataram que a angulação do rebordo, no plano sagital, altera a dimensão e a magnitude do movimento do dente suporte.

Muito embora os formatos descendente distal, ascendente distal e descendente-ascendente sejam considerados como os de pior prognóstico, em função da dissipação de forças oblíquas sobre o rebordo alveolar, os dados podem ser considerados inconclusivos à luz de tecnologias e metodologias disponíveis atualmente, como o MEF.

Desse modo, em virtude da escassez dos trabalhos de pesquisa acerca desse tema e da importância do mesmo na atualidade, o objetivo do presente

estudo foi avaliar, através do método dos elementos finitos bidimensional, a influência da inclinação do rebordo alveolar, bem como, a influência da localização do implante osseointegrado associado à PPR com sistema ERA de retenção, na distribuição das tensões entre as estruturas de suporte durante esta associação.

2.3 Material e Métodos

A metodologia utilizada neste estudo baseou-se no trabalho de Verri et al. (15). Para desenvolvê-la, foram utilizados: um computador (Pentium IV 3.0 MHz, 512 Mb RAM, 80 Gb HD); uma impressora multifuncional (HP 1315); um programa de desenho assistido AutoCAD 2000 (Autodesk Inc., USA); um programa de elementos finitos ANSYS 9.0 (Swanson Analysis Systems, Houston, Pa, USA); resina acrílica ORTOCLASS, Artigos Odontológicos Clássico LTDA, São Paulo; implante 3,75mm x 10,00mm, sistema Bränemark, Nobel Biocare; sistema ERA RV, Sterngold – Implamed; recortadora metalográfica ISOMET – BUHELER 1000;

Modelos

Para a realização do presente estudo foram elaborados dezesseis modelos mandibulares que, sob o aspecto sagital, simulavam hemiarcos parcialmente desdentados, sem suporte dental posterior, nos quais permaneceram constantes as características do dente remanescente (33), a extensão do rebordo na extremidade

livre, a característica do periodonto de suporte e de proteção, as distâncias biológicas (crista alveolar, junção cimento-esmalte e inserção conjuntiva), a espessura da estrutura metálica de Cromo-Cobalto (Cr-Co) e o número de dentes artificiais, sendo que a inclinação do rebordo e a sela protética sofreram variações (Tabela 6).

MODELOS	DESCRIÇÃO DOS MODELOS
MA	representou um hemiarco mandibular com rebordo horizontal, sem suporte posterior, com a presença do dente 33 e de uma PPREL convencional, com placa distal na região proximal do 33.
MB	semelhante ao MA, diferenciando-se deste pela presença de um implante osseointegrado Bränemark de 10 x 3,75 mm com sistema ERA de retenção associado na região anterior (região do centro do segundo pré-molar) da base da PPREL.
MC	semelhante ao MA, entretanto apresentou uma PPREL com apoio metálico na incisal do 33.
MD	semelhante ao MC, diferenciando-se deste pela presença de um implante osseointegrado Bränemark de 10 x 3,75 mm com sistema ERA de retenção associado na região posterior (região da cúspide distal do segundo molar) da base da PPREL.
ME	semelhante ao MA, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MF	semelhante ao MB, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MG	semelhante ao MC, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.
MH	semelhante ao MD, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente distal.

	descendente distal.
MI	semelhante aos MA e ME, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
MJ	semelhante aos MB e MF, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
MK	semelhante aos MC e MG, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
ML	semelhante aos MD e MH, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação ascendente distal.
MM	semelhante aos MA, ME e MI, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.
MN	semelhante aos MB, MF e MJ, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.
MO	semelhante aos MC, MG e MK, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.
MP	semelhante aos MD, MH e ML, entretanto o rebordo distal apresenta uma conformação descendente-ascendente.

Tabela 6 – Descrição dos modelos gerados (MA – MP)

Programas

O programa utilizado para a elaboração dos modelos foi o AutoCAD 2000 (Autodesk Inc., USA), que permite a elaboração de desenhos com dimensões muito próximas da realidade. Os elementos e componentes dos modelos puderam, assim, ser reproduzidos dentro de um elevado padrão de fidelidade. Após a elaboração dos modelos, os mesmos foram exportados para o programa de elementos finitos – ANSYS 9.0 (Swanson Analysis Systems,

Houston, Pa). Esse programa toma um problema complexo e o subdivide em vários outros resolvendo-os e combinando-os, adequadamente, a fim de oferecer a solução para todo o conjunto. Foi desenvolvido no início dos anos 60 para auxiliar a indústria aeroespacial e hoje, em versão atualizada, apresenta uma gama variada de aplicações (20).

Geometria das estruturas

1) Mandíbula e Ligamento periodontal:

A mandíbula foi representada por um bloco envolvendo o dente suporte (33), sendo que as dimensões das estruturas, como osso cortical, ligamento periodontal, fibromucosa, inserção conjuntiva e epitélio juncional foram baseadas em literatura específica e estão apresentadas na Tabela 7.

Autor	Estrutura	Dimensão (mm)
Verri et al. (15)	Osso Cortical	0,50
Coolidge (21)	Ligamento Periodontal	0,25
Rebóssio (22)	Fibromucosa	1,00
Gargiulo et al. (23)	Inserção Conjuntiva	1,00
Gargiulo et al. (23)	Epitélio Juncional	1,00

Tabela 7 – Dimensões, em milímetros, do osso cortical, ligamento periodontal, fibromucosa, inserção conjuntiva e epitélio juncional

2) Dentes naturais e artificiais:

As dimensões do dente 33 e das coroas dos dentes 34, 35, 36 e 37 foram registradas de acordo com os dados estabelecidos por Verri et al. (15) presentes na

Tabela 8. As propriedades mecânicas dos dentes artificiais foram consideradas idênticas às da base de resina acrílica, formando com esta uma estrutura única e, desse modo, apenas a distância coronária dos dentes artificiais, no sentido méso-distal, foi registrada.

Dentes	Distância méso-distal da coroa	Altura da coroa	Raiz	Comprimento total
33	6,9	10,3	15,3	25,3
34	6,9	-	-	-
35	7,3	-	-	-
36	11,2	-	-	-
37	10,7	-	-	-

Tabela 8 – Dimensões dos dentes 33, 34, 35, 36 e 37 em milímetros

3) Prótese Parcial Removível:

As dimensões da estrutura metálica da PPR em Cr-Co foram utilizadas de acordo com Verri et al. (15), que realizou mensurações em 5 pontos distintos, utilizando um paquímetro digital e obteve uma média de 0,8mm, a qual foi aplicada em toda a extensão da estrutura metálica e de 2,0 mm para o apoio disto-incisal (MC, MD, MG, MH, MK, ML, MO, MP). A PPR, em alguns modelos (MA, MB, ME, MF, MI, MJ, MM, MN), apresentava uma placa distal localizada na região proximal do dente 33.

A PPR apresentou quatro dentes artificiais de resina acrílica unidos à base de resina que abrangeu toda a extensão referente à fibromucosa, incluindo a malha de retenção e o conector menor.

4) Sistema de Implante e a Conexão com a PPR

O sistema de implante utilizado no estudo foi o Bränemark (Nobel Biocare AB, Gotemburgo, Suécia). Utilizou-se um implante padrão liso rosqueado e de dimensões de 10 x 3,75 mm. O sistema de conexão utilizado foi o sistema de retenção ERA RV (Sterngold-Implamed, São Paulo, Brasil). Para a criação do modelo matemático envolvendo o desenho do implante, seguiu-se a técnica estabelecida por Verri et al. (15). O implante, com o respectivo sistema de retenção, foi incluído em resina acrílica ativada quimicamente – Ortoclas (Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo). Após criterioso acabamento e polimento, o conjunto foi posicionado em uma recortadora (Isomet 1000 Precision Saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) para ser seccionado ao meio, no sentido do seu longo eixo, possibilitando a visualização direta do passo de rosca, da superfície interna e da adaptação entre os componentes. Com o auxílio de um SCANNER (HP psc 1315 all-in-one), o bloco foi digitalizado e exportado para o programa de desenho gráfico AutoCAD 2000 (Autodesk Inc., USA), no qual foi possível reproduzir, com alta fidelidade, as dimensões, os formatos interno e externo do implante, além de sua relação com o sistema de retenção.

Desenvolvimento dos modelos de Elementos Finitos

O método dos elementos finitos trata-se de uma técnica de interação numérica computadorizada para determinar deslocamento e fadiga, através de um modelo pré-desenhado (24). Para o programa ser processado, é necessária a

descrição de algumas características dos tecidos de suporte e da prótese construída. Para todos os elementos, foram determinadas características mecânicas inerentes à sua composição, de acordo com os dados fornecidos pela literatura específica.

Os modelos criados no programa AutoCAD 2000 foram exportados para o programa de elementos finitos ANSYS 9.0 para determinação das regiões e geração da malha de elementos finitos. Para a geração da malha, utilizou-se o elemento sólido bidimensional PLANE 2, que representa 6 nós e 3 arestas, descrevendo uma parábola.

Os materiais envolvidos no estudo foram considerados homogêneos, isotrópicos e linearmente elásticos e os modelos assumidos em estado plano de tensão.

Após a geração da malha, o próximo passo foi a incorporação das propriedades mecânicas de cada estrutura, listadas na Tabela 9, assim como a condição de contorno e carregamento.

Estrutura	Módulo de Elasticidade	Coefficiente de	Autores
	E (Gpa)	Poisson (ν)	
Esmalte	41,0	0,30	Farah et al. (24)
Dentina	18,60	0,31	Farah et al. (24)
Ligamento Periodontal	0,0689	0,45	Farah et al. (24)
Fibromucosa	0,68	0,45	Ko et al. (25)
Osso Cortical	13,70	0,30	Farah et al. (24)
Osso Esponjoso	1,37	0,30	Farah et al (24)

Implante (Ti)	103,40	0,35	Sertgoz e Gunever (26)
Sistema ERA (Ti)	103,40	0,35	Sertgoz e Gunever (26)
Cápsula de Nylon	2,4	0,39	<i>Cornell University</i> (27)
Estrutura de CoCr	185,00	0,35	Williams (28)
Resina Acrílica	8,30	0,28	Darbar et al. (29)

(base e dentes artificiais)

Tabela 9 – Propriedades mecânicas dos elementos que compõem os modelos

Condições de contorno

Para uma correta utilização do programa de elementos finitos é necessário que o modelo seja fixado em pontos estratégicos, para que não sofra ação da inércia, nem realize movimentos ou deformações indesejáveis, ou mesmo para determinar restrições que simulem a realidade. Assim, os lados esquerdo e direito dos modelos foram fixados somente na direção x (horizontal) para impedir apenas a movimentação lateral das estruturas, permitindo, desse modo, a simulação do movimento vertical (intrusão), da base da PPREL sobre a fibromucosa e, conseqüentemente, a deformação do osso cortical e esponjoso abaixo dela. Somente o osso cortical da base dos modelos foi fixado na direção y, além da direção x, por se tratar da estrutura limítrofe dos modelos na região inferior. Nos modelos que possuíam a placa distal associada, toda a superfície entre a placa distal, a resina que entra em contato com o esmalte dental, e o próprio esmalte dental nesta região, foram fixados na direção x. Porém, como as estruturas foram “não solidárias”, o movimento vertical é possível e independente entre as estruturas.

Carregamento

O carregamento de forças foi realizado nas pontas das cúspides dos dentes naturais e artificiais em todos os modelos. Foram aplicadas forças de 50N, as quais foram fracionadas em 5 pontos de aplicação de 10 N, na direção estritamente vertical. Em seguida, o programa de elementos finitos resolve o problema matemático e gera resultados, os quais podem ser visualizados na forma de mapas de tensão de Von Mises, para que, então, sejam realizadas suas análise e interpretação.

2.4 Resultados

Os resultados da presente pesquisa foram obtidos através dos Mapas de Tensões de von Mises, nos quais a distribuição da tensão pôde ser observada nas diferentes estruturas nos modelos, através de análise comparativa. Esses mapas, após serem resolvidos automaticamente pelo programa e obtidos os pontos Máximo e Mínimo de tensão para cada estrutura individualizada, foram plotados dentro de uma mesma escala para facilitar a comparação. Os Mapas de Tensões possuem valores expressos em Mega Pascal (MPa).

Mapas de Tensão:

Através da análise dos Mapas Gerais de Tensões de todos os modelos foi possível confeccionar a Tabela 10, a seguir, que apresenta os valores Mínimo e Máximo obtidos em cada modelo.

MODELOS	Valor Mínimo	Valor Máximo
Modelo A	0,215773	88,994
Modelo B	0,043009	189,192
Modelo C	0,202919	69,875
Modelo D	0,047358	145,195
Modelo E	0,153143	91,955
Modelo F	0,047146	184,097
Modelo G	0,356739	72,876
Modelo H	0,027262	148,878
Modelo I	0,223841	75,191
Modelo J	0,030696	196,771
Modelo K	0,223034	64,79
Modelo L	0,051742	148,25
Modelo M	0,105081	58,905
Modelo N	0,030374	207,232
Modelo O	0,113053	55,611
Modelo P	0,033526	131,068

Tabela 10 – Valores Mínimo e Máximo encontrados nos modelos (MPa)(Mapa geral de Tensões)

Após análise dos Mapas Gerais de Tensões (anexo) pôde-se observar que os modelos com PPR convencional e placa distal (MA,ME,MI,MM) apresentaram suas máximas localizadas entre o conector menor e a placa em todos os tipos de rebordos. Entre os modelos com PPR convencional e apoio incisal, as máximas permaneceram na região da estrutura metálica (MC, MG, MK), com exceção do MO (rebordo descendente-ascendente) em que a máxima se concentrou na região do dente suporte com valor de 55,611 MPa. Já os modelos com PPR retida por

implante (MB, MD, MF, MH, MJ, ML, MN, MP) apresentaram as máximas na região da rosca interna do implante (lado esquerdo). O maior valor máximo (207,232 MPa) se deu no Modelo N (PPR retida por implante com placa distal em rebordo descendente-ascendente), localizado na região do implante. Todos os valores máximos dos modelos com PPR com apoio incisal, com ou sem implantes, foram menores que os dos modelos com PPR com placa distal, com ou sem implantes, respectivamente (Tabela 10).

Para uma melhor visualização e análise dos resultados obtidos em relação à distribuição de tensões de von Mises, é necessária a individualização das estruturas e padronização das tensões entre as mesmas, para tornar-se possível a observação, com precisão, da distribuição das tensões nos diferentes modelos. Segue-se a Tabela 11 com os valores Mínimo e Máximo encontrados em cada modelo nos diferentes Mapas de Tensões das diferentes estruturas analisadas.

MODELOS		Osso	Osso	Fibromucosa	Dente	Implante
		Cortical	Esponjoso		Suporte	
MA	Mín	0,880423	0,465541	0,215773	0,552338	-
	Máx	49,234	15,514	8,682	39,442	-
MB	Mín	0,364928	0,449385	0,19214	0,23725	0,043009
	Máx	39,137	21,574	8,207	35,945	189,192
MC	Mín	1,809	1,1	0,202919	0,79089	-
	Máx	56,949	17,587	7,887	58,339	-
MD	Mín	1,247	0,638893	0,208238	0,954677	0,047358

	Máx	55,232	19,479	8,666	59,683	145,195
ME	Mín	1,026	0,458232	0,153143	0,331675	-
	Máx	48,178	15,108	8,344	35,639	-
MF	Mín	0,366137	0,465233	0,20614	0,251248	0,047146
	Máx	37,885	21,152	8,578	34,508	184,097
MG	Mín	2,136	1,157	0,595741	0,765636	-
	Máx	55,454	17,547	7,522	57,487	-
MH	Mín	2,557	0,696263	0,480953	0,997859	0,027262
	Máx	53,783	20,96	12,013	58,91	148,878
MI	Mín	0,978174	0,462652	0,223841	0,332846	-
	Máx	49,409	15,448	8,996	35,38	-
MJ	Mín	0,351618	0,449697	0,267058	0,278244	0,030696
	Máx	39,451	21,46	11	35,942	196,771
MK	Mín	1,077	0,651338	0,223034	0,912896	-
	Máx	55,853	16,847	9,237	52,084	-
ML	Mín	1,302	0,502641	0,233464	0,875992	0,051742
	Máx	54,636	21,384	10,471	55,968	148,25
MM	Mín	0,642659	0,462348	0,105081	0,332474	-
	Máx	44,813	14,639	8,914	35,85	-
MN	Mín	0,432466	0,454639	0,192442	0,296221	0,030374
	Máx	33,008	23,635	11,646	34,986	207,232
MO	Mín	0,831443	0,620633	0,113053	0,958253	-
	Máx	50,981	16,092	8,692	55,611	-
MP	Mín	0,199383	0,660397	0,110531	0,899872	0,033256
	Máx	50,351	18,269	11,447	57,431	131,068

Tabela 11 – Valores Mínimo e Máximo de cada estrutura para cada modelo (MPa)

Osso Cortical

Analisando-se o osso cortical, observou-se que os valores Máximos de tensão, em todos os modelos, localizaram-se no 1/3 apical distal do dente suporte. O maior valor encontrado para o osso cortical entre todos os modelos (MA ao MP) deu-se no MC (PPR convencional com apoio incisal, formato horizontal de rebordo), e foi de 56,949 MPa (Tabela 11). O menor valor encontrado ocorreu no MJ (PPR implanto-retida com placa distal, formato ascendente distal de rebordo) e foi de 0,3516 MPa.

Em todos os modelos com placa distal, com ou sem implantes, os valores máximos encontrados no osso cortical foram menores que os observados nos modelos com apoio incisal, com ou sem implantes, respectivamente (Tabela 11).

Quando da inserção do implante mesial (PPR implanto-retida e placa distal), em todos os formatos de rebordos, notou-se diminuição das tensões no osso cortical ao redor do dente suporte em 20% (MB – horizontal e MJ – ascendente distal), 21,4% (MF – descendente distal) e 26% (MN – descendente-ascendente), quando comparados aos modelos com PPR convencional e placa distal. No entanto, o mesmo não foi tão pronunciado quando da inserção dos implantes posteriores (PPR implanto-retida e apoio incisal), sendo a diminuição dos valores em 1,2% (MP – descendente-ascendente), 2,2% (ML – ascendente distal) e 3% (MD – horizontal e MH – descendente distal), quando comparados aos modelos com PPR convencional e apoio incisal.

Analisando-se o osso cortical da região dos rebordos, independente ao tipo de rebordo, nota-se que com a inserção do implante anteriormente e com

placa distal há uma diminuição das tensões na região entre o dente suporte e o implante, e com a inserção do implante posteriormente com apoio incisal, o alívio das tensões ocorre somente na região do rebordo posterior ao implante.

As Máximas foram sempre menores entre os modelos com PPR implanto-retida e placa distal (MB, MF, MJ, MN) (Tabela 11). Em relação ao osso cortical, o rebordo descendente-ascendente apresentou as menores tensões.

No gráfico abaixo, pode-se observar os valores máximos da tensão do osso cortical, nos diferentes modelos analisados.

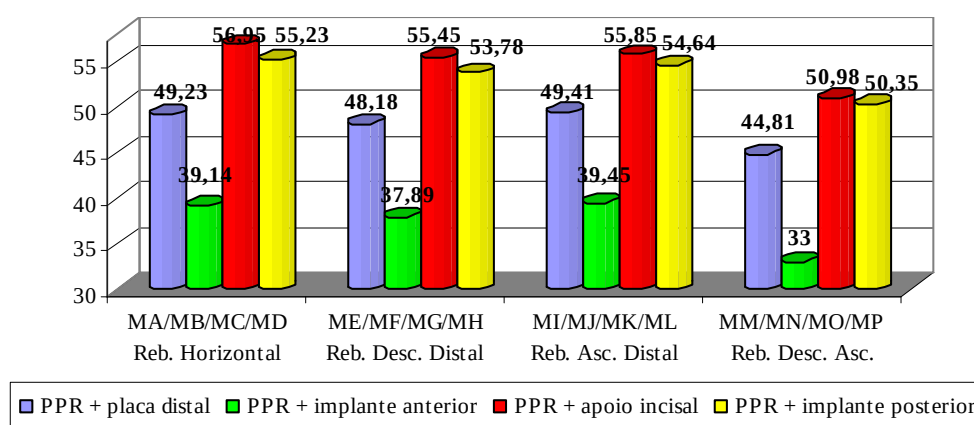


GRÁFICO 2 – Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do osso cortical (MPa), nos modelos.

Osso Esponjoso:

Quando da análise do osso esponjoso, entre os diferentes tipos de rebordo, observou-se que em todos os modelos com PPR convencional (com placa distal ou apoio incisal) os valores máximos localizaram-se no ápice do dente suporte, e nos modelos com PPR implanto-retida esses valores deram-se no ápice do implante (implante anterior ou posterior). O maior valor obtido (Tabela 11)

localizou-se no MN (PPR implanto-retida e placa distal, formato de rebordo descendente-ascendente) e foi de 23,635 MPa. Em contrapartida, o menor valor encontrado ocorreu no MB (PPR implanto-retida e placa distal, formato de rebordo horizontal) e foi de 0,449385 MPa.

Em todos os casos, os modelos com PPR convencional e placa distal apresentaram menores valores máximos no ápice do 33 do que os modelos com PPR convencional com apoio incisal (Tabela 11). Quando da inserção dos implantes anteriormente (em todos os formatos de rebordo) houve um aumento dos valores máximos observados em 39% (MB, MF, MJ) e 61% (MN). No entanto esses valores deram-se no ápice do implante. Em todos os formatos de rebordo, a PPR retida por implante anterior e placa distal aliviou, em termos de valores ou área atingida, o dente suporte e o rebordo alveolar.

Em relação à associação dos implantes posteriores, após a incorporação dos mesmos os valores máximos encontrados aumentaram em 10,7% (MD), 19,5% (MH), 26,9% (ML) e 13,5% (MP), todos localizados no ápice dos implantes. Quando da incorporação destes implantes, não houve alívio, em termos de área ou valores, do ápice dos dentes suportes, em todos os formatos de rebordo. Entretanto, em relação à solicitação do rebordo alveolar, em todos os formatos, houve alívio na região posterior ao implante (MD, MH, ML, MP). Nos rebordos ascendente distal (ML) e descendente-ascendente (MP), apesar de o implante não ter diminuído de forma acentuada a solicitação do ápice do dente suporte, houve alívio claro da solicitação na região central do rebordo em termos de valores ou área atingida.

O ápice do dente suporte foi claramente mais solicitado, na maioria dos modelos, quando da presença de PPR convencional e apoio incisal (quando comparada à PPR convencional e placa distal).

No gráfico abaixo, pode-se observar os valores máximos da tensão do osso esponjoso, nos diferentes modelos analisados.

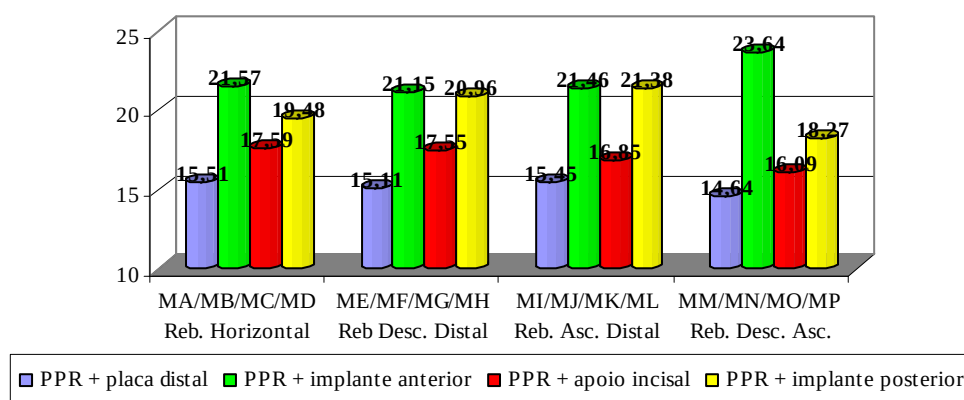


GRÁFICO 3 – Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do osso esponjoso (MPa), nos modelos.

Fibromucosa:

Analisando-se a fibromucosa, entre todos os modelos, com os diferentes formatos de rebordos, o valor Máximo de tensões foi observado no MH (PPR implanto-retida e apoio incisal, formato de rebordo descendente distal) sendo 12,013 MPa. A Mínima deu-se no MM (PPR convencional com placa distal, formato de rebordo descendente-ascendente) com valor de 0,105081 MPa.

Na maioria dos modelos analisados (com exceção do MB, PPR implanto-retida e placa distal, formato de rebordo horizontal) as máximas elevaram-se após a inserção dos implantes anterior (em 2,8%, 22,3%, 30,6%, respectivamente em

MF, MJ, MN) ou posteriormente (em 9,9%, 59,7%, 10,5% e 31,7%, respectivamente em MD, MH, ML E MP). Todas as máximas, nos modelos com implantes, localizaram-se na região correspondente ao pescoço do implante (região mesial ou distal) e, nos modelos sem implante, esses valores deram-se na região anterior (MA e ME) ou média (MC, MG, MI, MM, MK e MO) do rebordo.

Em relação à solicitação da fibromucosa, em todos os formatos de rebordos, com a associação dos implantes (anteriores ou posteriores), os rebordos apresentaram áreas de tensões menores, apesar do aumento da máxima, que se concentrou em um pequeno ponto próximo ao implante. Em todos os modelos, após a incorporação dos implantes, a faixa de valores entre 8,044 MPa e 9,367 MPa diminuiu levando em consideração a área.

Nota-se que com a associação dos implantes anterior ou posteriormente, há uma diminuição acentuada da solicitação da fibromucosa na região do rebordo residual, principalmente nos rebordos ascendente distal (MJ e ML, respectivamente) e descendente-ascendente (MN e MP, respectivamente). E, de maneira geral, a solicitação da fibromucosa é menor quando o implante é localizado anteriormente.

No gráfico abaixo, pode-se observar os valores máximos da tensão da fibromucosa, nos diferentes modelos analisados.

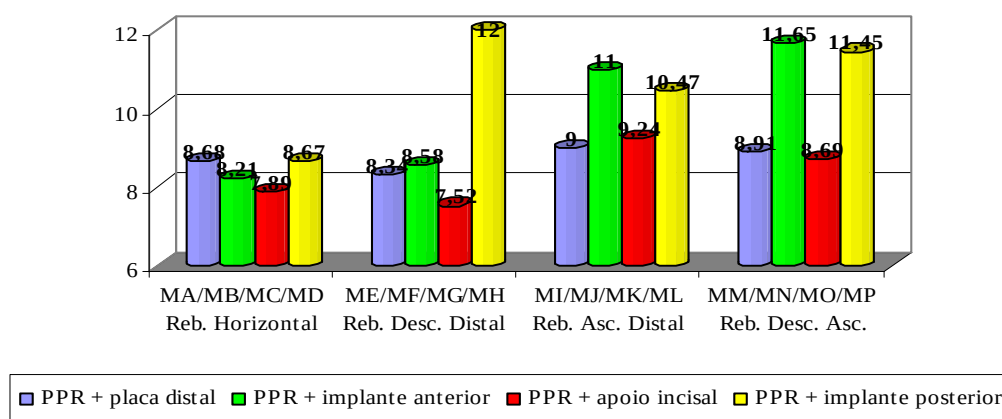


GRÁFICO 4 – Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão da fibromucosa (MPa), nos modelos.

Dente Suporte:

Os valores máximos, de acordo com os mapas de tensões, localizaram-se, em todos os modelos com PPR com placa distal (convencional ou implanto-retida), na região da junção cimento-esmalte no lado mesial, no entanto, em todos os modelos com PPR com apoio incisal (convencional ou implanto-retida), esses valores permaneceram nessa região na face distal.

Em nenhum dos modelos observados a associação dos implantes posteriores à PPR aliviou a distribuição das tensões no dente suporte e, de acordo com a Tabela 11, as tensões aumentaram, em todos os modelos, após a inserção desses implantes (aumento de 2,3%, 2,5%, 7,5% e 3,3%, respectivamente em MD, MH, ML e MP). Para os modelos com PPR com placas distais, as máximas, na maioria deles (exceto no MJ), diminuíram após a associação dos implantes anteriores (diminuição de 8,9%, 3,2% e 2,4%, respectivamente em MB, MF e MN) em todos os formatos de rebordo.

Em todos os modelos com placa, pôde-se observar uma leve diminuição da distribuição das tensões após a inserção dos implantes anteriormente. Comparando-se os modelos com PPR com placas distais ou apoios incisais, em todos eles (PPR convencional ou implanto-retida), os modelos em que foram incorporados os implantes anteriormente com a placa distal aliviaram o dente suporte e os modelos com apoio e os implantes localizados posteriormente não aliviaram o dente suporte.

No gráfico abaixo, pode-se observar os valores máximos da tensão do dente suporte, nos diferentes modelos analisados.

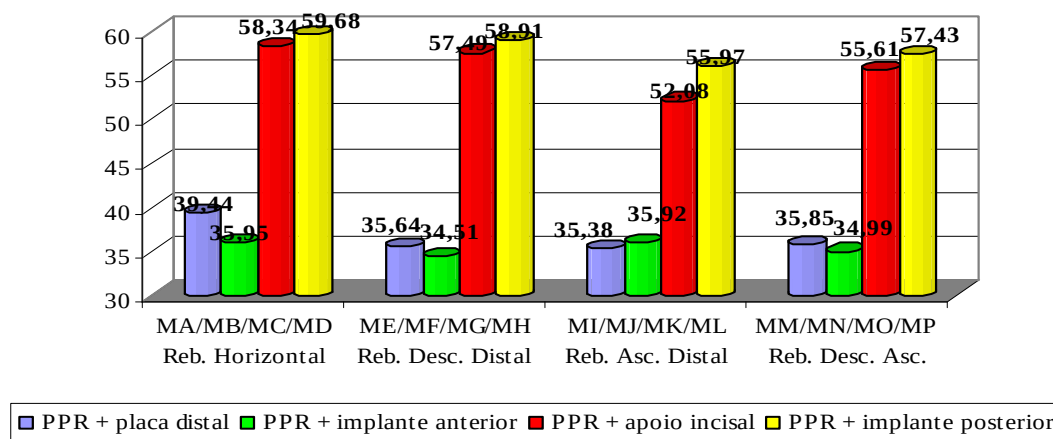


GRÁFICO 5 – Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do dente suporte (MPa), nos modelos.

Implante:

Por fim, analisando-se a distribuição das tensões no implante, nas 8 situações (MB, MD, MF, MH, MJ, ML, MN e MP), observou-se que as tensões máximas atingiram a rosca interna do corpo do implante, do lado esquerdo. Após

análise de cada modelo, observou-se que nos modelos com implantes associados à PPR na região anterior (MB, MF, MJ e MN), a metade direita do mesmo foi mais solicitada e, quando do posicionamento posterior (MD, MH, ML e MP), a maior solicitação concentrou-se na metade esquerda, em termos de área atingida (franjas de valores 92,118 – 138,161 MPa). O maior valor Máximo obtido deu-se no MN (PPR convencional com placa distal, formato de rebordo descendente-ascendente) sendo 207,232 MPa. As maiores tensões se deram nos implantes com a placa distal em todos os modelos. As máximas diminuíram, quando da incorporação dos implantes posteriores, quando comparados aos modelos com implantes anteriores, em 23% (rebordo horizontal), 19% (rebordo descendente distal), 24,6% (rebordo ascendente distal) e 36,7% (rebordo descendente-ascendente).

No gráfico abaixo, pode-se observar os valores máximos da tensão do implante, nos diferentes modelos analisados.

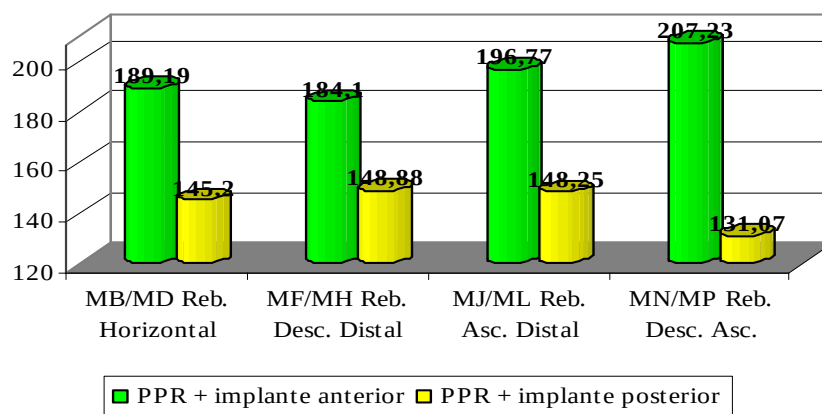


GRÁFICO 6 – Gráfico de colunas comparando os valores máximos da tensão do implante (MPa), nos modelos.

2.5 Discussão

A prótese parcial removível de extremidade livre apresenta uma biomecânica complexa, cujo movimento pode induzir forças em diversas direções, potencialmente destrutivas às estruturas de suporte (30). Dentre os fatores identificados como responsáveis por essa complexidade pode-se destacar a diferença entre o tipo de suporte em relação à transmissão de cargas: o suporte dental e o mucoso. Essas estruturas apresentam características fisiológicas e mecânicas distintas entre si, portanto reagem diferentemente quando solicitadas pelas forças mastigatórias.

Foi objetivo de vários pesquisadores estudar a biomecânica das PPRELs e tentar minimizar os problemas relacionados com a falta de estabilidade das mesmas provocada pelo duplo sistema de sustentação (31-39). Com o advento dos implantes osseointegrados, tornou-se possível associá-los às PPRELs, eliminando a extremidade livre através do posicionamento dos mesmos nessa região, tornando-as próteses implanto-dento-muco suportadas.

São vários os estudos clínicos que utilizaram dessa associação na tentativa de conseguir estabilidade, conforto e preservação das estruturas de suporte remanescentes nos casos de extremidades livres, como as abordagens clínicas de Ganz (2), George (4), Battistuzzi et al. (3), Keltjens et al. (5), Giffin (1), Budtz-Jorgensen (40), Jang et al. (6), Halterman et al. (7), McAndrew (9), Mitrani et al. (10), Kuzmanovic et al. (11) e Uludag e Celik (13). Em

contrapartida, são raros os estudos laboratoriais que comprovam os benefícios relacionados a essa associação (14,15).

A inclinação dos rebordos residuais, apesar de exercer papel fundamental na distribuição de forças atuantes e na estabilidade das próteses, não recebe especial atenção durante o planejamento, e são poucos os estudos realizados para analisar a influência do formato do rebordo residual sobre as estruturas de suporte da PPREL (17,18,19,41,42).

São vários os problemas relacionados com a falta de estabilidade das PPRELs e os métodos para tentar minimizá-los, como a utilização de placas distais no dente suporte adjacente à área desdentada. Elas funcionariam como um direcionador durante a remoção ou inserção das próteses, solicitariam menos o dente suporte e permitiriam o movimento vertical da PPREL na área próxima ao mesmo, aliviando-o (43,44,45).

Portanto, na presente investigação, o comportamento das estruturas de suporte, frente ao posicionamento do implante na extremidade livre com o sistema ERA de retenção e frente aos diferentes formatos de rebordo, tornou-se perfeitamente visível graças ao método dos elementos finitos o qual possibilitou não só uma visão clara dos fenômenos dinâmicos que se processaram, como pôde, também, quantificá-los, sabendo exatamente os pontos em que as maiores e as menores tensões ocorreram.

Através dos Mapas gerais de Tensões, pôde-se observar que os valores máximos de tensões localizaram-se, na grande maioria dos modelos, quando da aplicação do carregamento, na estrutura metálica da PPREL e nos implantes,

quando eles estavam associados. O maior valor Máximo encontrado, entre todos os modelos, deu-se no implante do modelo com PPR implanto-retida e com placa distal, no formato de rebordo descendente-ascendente (MN). No entanto, para uma análise mais detalhada dos resultados obtidos, foi necessária a individualização das estruturas de suporte.

Desse modo, analisando-se os mapas de tensão do osso cortical, primeiramente, com a associação dos implantes posteriores, não foi observado nítido alívio das tensões no ápice do dente suporte, entre todos os formatos de rebordo estudados. Porém houve alívio na solicitação do rebordo residual na região posterior desses implantes nos formatos horizontal e descendente distal, o que por si só já justificaria a utilização dos implantes de forma distal, conforme demonstrado por Verri et al. (15). No entanto, quando da aproximação dos implantes para a região mais anterior do rebordo, houve alívio mais acentuado tanto da região do ápice do dente suporte, como da região do rebordo residual entre o implante e o dente remanescente, em todos os formatos de rebordo. Os valores máximos observados no osso cortical, na região do ápice do dente suporte, foram sempre menores, em todos os formatos de rebordo, nos modelos com PPR implanto-retida com placa distal, estando de acordo com autores como Nairn (43), Pezzoli et al. (44) e Itoh et al. (45) que acreditam que o uso da placa solicitaria menos o dente suporte.

Em relação ao osso esponjoso, analisando-se a diferença entre a solicitação das estruturas de suporte frente à incorporação das PPR convencionais com apoio incisal ou placa distal, em todos os formatos de rebordo, a utilização

das placas distais solicitou menos o ápice do dente suporte, concordes às abordagens clínicas que afirmam que a utilização de placas distais faria com que houvesse uma melhor distribuição das forças aos tecidos suportes (43,44,45). Com a associação dos implantes anteriores com sistema ERA de retenção, o ápice do dente suporte foi aliviado em termos de área, demonstrando que essa associação proposta poderia promover, além de alívio ao dente suporte, melhoria estética pela ausência de grampos. Nesse momento houve uma concentração das tensões no ápice dos implantes, com as máximas localizando-se nessa região e com valores maiores que os encontrados no ápice do 33. No entanto, é de se esperar que, quando se concentram esforços em determinada estrutura, as demais passem a ser menos solicitadas, pois houve uma concentração dos esforços em outro ponto. Em relação à associação dos implantes posteriormente, não houve alívio nítido no ápice do dente suporte, assim como observado para o osso cortical e concordando com o estudo de Verri et al. (15).

Em relação à solicitação do osso esponjoso na região do rebordo residual, quando do posicionamento dos implantes anteriormente, há um grande alívio, em termos de área, na região entre o dente remanescente e o implante, e quando da associação dos implantes posteriormente, o rebordo passa a ser aliviado na região posterior ao implante, em todos os formatos de rebordo, como observado para o osso cortical. Entretanto o posicionamento dos implantes (anterior ou posteriormente) promoveu um alívio acentuado da região central do rebordo residual nos formatos ascendente distal e descendente-ascendente, em termos de área atingida, demonstrando os benefícios da associação dos implantes à

extremidade livre quando da ocorrência dessas inclinações, já que são consideradas como as de pior prognóstico, em função da dissipação de forças oblíquas sobre o rebordo alveolar (17,18).

Como observado no osso esponjoso, a associação dos implantes (posterior ou anteriormente) com o respectivo sistema de retenção, promoveu maior alívio na solicitação da fibromucosa da região do rebordo, em termos de área atingida ou valores, que nos modelos com PPR convencionais, o que está de acordo com Verri et al. (15), que também observaram diminuição das tensões com a incorporação do implante posterior no formato de rebordo horizontal, e Ohkubo et al. (14), que demonstraram que a colocação de um implante agindo como suporte de uma PPREL diminui a pressão exercida sobre os tecidos moles do rebordo residual. Nota-se que, como para o osso esponjoso, com a associação dos implantes, há uma diminuição acentuada da solicitação da fibromucosa na região do rebordo residual, principalmente nos rebordos ascendente distal e descendente-ascendente, o que mais uma vez justificaria a associação desses implantes nesses formatos de rebordo, principalmente.

Analisando-se o dente suporte, quando da utilização das PPRs implanto-retidas ou convencionais, a solicitação do mesmo foi menos pronunciada entre os modelos que utilizavam as placas distais, demonstrando a capacidade desta em não transmitir torque para o dente suporte da forma que o apoio incisal transmite, como relatado por Nairn (43), Pezzoli et al. (44) e Itoh et al. (45). Quando se observou a solicitação do dente suporte frente ao posicionamento dos implantes, notou-se que os associados posteriormente não aliviaram, em termos de valores e

área, a solicitação do dente remanescente em nenhum dos 4 formatos de rebordos analisados. Entretanto, na maioria dos modelos (rebordos horizontal, descendente distal e descendente-ascendente), houve diminuição das Máximas observadas no dente suporte quando da associação anterior dos implantes.

Finalmente, em relação à distribuição das tensões internas nos implantes, em todas as situações (MB, MD, MF, MH, MJ, ML, MN e MP), houve uma concentração das tensões máximas na região da rosca interna, metade esquerda, como observado por Verri et al. (15), no formato horizontal de rebordo e com o implante atuando apenas como suporte da PPREL. Em termos de área atingida, notou-se que quando do posicionamento do implante anteriormente, houve uma concentração das tensões na metade direita do mesmo, devido à incidência de forças ocorrer, em grande parte, na base da prótese distalmente ao implante. O mesmo fenômeno foi observado quando da associação posterior do implante, já que a concentração das tensões deu-se na metade esquerda do mesmo, evidenciando concentração da incidência de forças na base da prótese mesialmente ao implante.

Além dos benefícios, demonstrados no presente estudo, sobre o posicionamento anterior do implante, vale ressaltar que, clinicamente, são inúmeros os fatores que impossibilitam o posicionamento do implante de maneira posterior, como a quantidade óssea que pode mostrar-se reduzida nessa região e a proximidade ao canal mandibular. Nesses casos o posicionamento do implante na primeira metade da extremidade livre torna-se mais vantajosa. Entretanto achados clínicos sobre a associação do implante na região anterior da extremidade livre

nos diferentes formatos de rebordo poderiam enriquecer estes resultados, demonstrando a necessidade de estudos futuros sobre estes aspectos, devido à carência de pesquisas científicas nesta área.

Desse modo, a partir do exposto, conclui-se que a associação dos implantes nas extremidades livres, anterior ou posteriormente, diminuiu a solicitação da fibromucosa e ossos cortical e esponjoso, da região do rebordo residual, em todos os formatos de rebordo analisados. No entanto, o posicionamento anterior do implante aliviou, de forma mais evidente, em todos os formatos de rebordo, a solicitação do dente suporte, quando comparado ao posicionamento posterior. Em relação aos modelos com próteses parciais removíveis convencionais, quando as mesmas foram associadas às placas distais, aliviaram de maneira mais nítida o dente suporte, que quando associadas aos apoios distais. Finalmente, observou-se que os rebordos com formatos ascendente-distal e descendente-ascendente, quando da associação dos implantes nas duas localizações, foram os maiores beneficiados em relação à distribuição das tensões sobre o rebordo residual (fibromucosa e osso esponjoso), já que notou-se acentuada diminuição das tensões nessa estrutura com a associação dos mesmos.

2.6 Referências

1. Giffin KM. Solving the distal extension removable partial denture base movement dilemma: a clinical report. *J Prosthet Dent* 1996;76(4):347-349.
2. Ganz SD. Combination natural tooth and implant-borne removable partial denture: a clinical report. *J Prosthet Dent* 1991;66(1):1-5.
3. Battistuzzi PG, Van Slooten H, Käyser AF. Management of an anterior defect with a removable partial denture supported by implants and residual teeth: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1992;7(1):112-115.
4. George MA. Removable partial denture design assisted by osseointegrated implants. *J Calif Dent Assoc*, Sacramento, v.20, n.1, p.64-66, Jan. 1992.
5. Keltjens HM, Käyser AF, Hertel R, Battistuzzi PGFCM. Distal extension removable partial dentures supported by implants and residual teeth: considerations and case reports. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8(2):208-213.
6. Jang Y, Emtiaz S, Tarnow DP. Single implant-supported crown used as an abutment for a removable cast partial denture: a case report. *Implant Dent* 1998;7(3):199-204.
7. Halterman SM, Rivers JA, Keith JD, Nelson DR. Implant support for removable partial overdentures: a case report. *Implant Dent* 1999;8(1):74-78.
8. Pellecchia M, Pellecchia R, Emtiaz S. Distal extension mandibular removable partial denture connected to an anterior fixed implant-supported prosthesis: a

- clinical report. J Prosthet Dent 2000;83(6):607-612.
9. Mcandrew R. Prosthodontic rehabilitation with a swing-lock removable partial denture and a single osseointegrated implant: a clinical report. J Prosthet Dent 2002;88(2):128-131.
 10. Mitrani R, Brudvik JS, Phillips KM. Posterior implants for distal extension removable prostheses: a retrospective study. Int J Periodontics Restorative Dent 2003;23(4):353-359.
 11. Kuzmanovic DV, Payne AG, Purton DG. Distal implants to modify the Kennedy classification of a removable partial denture: a clinical report. J Prosthet Dent 2004;92(1):8-11.
 12. Mijiritsky E, Karas S. Removable partial denture design involving teeth and implants as an alternative to unsuccessful fixed implant therapy: a case report. Implant Dent 2004;13(3):218-222.
 13. Uludag B, Celik G. Fabrication of a maxillary implant-supported removable partial denture: A clinical report. J Prosthet Dent 2006;95(1):19-21.
 14. Ohkubo C, Kurihara D, Shimpō H, Suzuki Y, Kokubo Y. Effect of implant support on distal extension removable partial dentures: *in vitro* assessment. J Oral Rehabil 2007;34:52-56.
 15. Verri FR, Pellizzer EP, Rocha EP, Pereira JA. Influence of length and diameter of implants associated with distal extension removable partial dentures. Implant Dent 2007;16(3):270-280.
 16. Monteith BD. Management of loading forces on mandibular distal-extension prostheses. Part I: evaluation of concepts for design. J Prosthet Dent

1984;52(5):673-681.

17. Elbrecht A. De la prótesis y de su construcción. *Rev Odontol* 1943;31(1):15-32.
18. Cecconi BT, Asgar K, Dootz E. Removable partial denture abutment tooth movement as affected by inclination of residual ridges and type of loading. *J Prosthet Dent* 1971;25(4):375-381.
19. Guedes CG, Zanetti AL, Feltrin PP. Analysis of the prevalence of different topographical characteristics of the residual ridge in mandibular free-end arches. *Braz Oral Res* 2004;18(1):29-34.
20. Geng JP, Tan KBC, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001;85(6):585-598.
21. Coolidge ED. The thickness of the human periodontal membrane. *J Am Dent Assoc & D Cos* 1937;24(8):1260-1270.
22. Rebóssio AD. *Protesis parcial removible*. Buenos Aires: Mundi, 1963:16-17.
23. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32(7):261-267.
24. Farah JW, Craig RG, Meroueh KA. Finite element analysis of a mandibular model. *J Oral Rehabil* 1988;15(6):615-624.
25. Ko CC, Chu CS, Chung KH, Lee MC. Effects of posts on dentin stress distribution in pulpless teeth. *J Prosthet Dent* 1992;68(3):421-427.
26. Sertgöz A, Güvener S. Finite element analysis of the effect of cantilever and implant length on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. *J Prosthet Dent* 1996;76(2):165-169.

27. <http://www.mse.cornell.edu>
28. Williams DF. Biocompatibility of clinical implant materials. Boca Raton: CRC Press, 1981:99-127.
29. Darbar UR, Huggett R, Harrison A, Williams K. Finite element analysis of stress distribution at the tooth-denture base interface of acrylic resin teeth debonding from the denture base. *J Prosthet Dent* 1995;74(6):591-594.
30. Chou TM, Caputo AA, Moore DJ, Xiao B. Photoelastic analysis and comparison of force-transmission characteristics of intracoronal attachments with clasp distal-extension removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1989;62(3):313-319.
31. Preiskel HW. Impression techniques for attachment-retained distal extension removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1971;25(6):620-628.
32. Boero E, Forbes WG. Considerations in design of removable prosthetic devices with no posterior abutments. *J Prosthet Dent* 1972;28(3):253-263.
33. Nally JN. Methods of handling abutment teeth in class I partial dentures. *J Prosthet Dent* 1973;30(4):561-566.
34. Kratochvil FJ, Caputo AA. Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1974;32(1):52-61.
35. Thompson WD, Kratochvil FJ, Caputo AA. Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal-extension removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1977;38(3):261-273.
36. Craig RG, Farah JW. Stresses from loading distal-extension removable

- partial dentures. *J Prosthet Dent* 1978;39(3):274-277.
37. Argerakis GP. Functional forces with removable partial dentures. *Dent Clin North Am* 1985;29(1):67-80.
38. Morikawa M, Masumi S, Kido H, Toyoda S, Kozono Y. Analysis of abutment tooth movement utilizing mandibular kinesiograph (MKG). Part 2: Effects of clasp design in unilateral free-end denture. *Dent Mater J* 1989;8(1):56-64.
39. Ku YC, Shen YF, Chan CP. Extracoronaral resilient attachments in distal-extension removable partial dentures. *Quintessence Int* 2000;31(5):311-317.
40. Budtz-Jørgensen E. Restauration of the partially edentulous mouth – a comparison of overdentures, removable partial dentures, fixed partial dentures and implant treatment. *J Dent* 1996;24(4):237-244.
41. Christidou L, Osborne J, Chamberlain JB. The effects of partial denture design on the mobility of abutment teeth. *Brit Dent J* 1973;3:9-17.
42. Feingold GM, Grant AA, Johnson W. The effect of variation of residual ridge on partial denture abutment tooth movement. *J Oral Rehabil* 1988;15:379-384.
43. Nairn RI. The problem of free-end denture bases. *J Prosthet Dent* 1966;16(3):522-532.
44. Pezzoli M, Highton R, Caputo A, Matyas J. Retention magnets in guiding plates of distal-extension removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1988;60(5):577-582.
45. Itoh H, Caputo AA, Wylie R, Berg T. Effects of periodontal support and

- fixed splinting on load transfer by removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1998;79(4):465-471.
46. Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. *J Prosthet Dent* 1962;12(3):441-450.
47. Tallgren A, Lang BR, Walker GF, Ash Junior MM. Roentgen cephalometric analysis of ridge resorption and changes in jaw and occlusal relationships in immediate complete denture wearers. *J Oral Rehabil* 1980;7(1):77-94.
48. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridge in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent* 2003;89(5):427-435.

“Não sei...

Se a vida é curta ou longa demais para nós,
Mas sei que nada do que vivemos tem sentido,
Se não tocarmos o coração das pessoas.

Muitas vezes basta ser:

Colo que acolhe, Braço que envolve,
Palavra que conforta, Silêncio que respeita,
Alegria que contagia, Lágrima que corre,
Olhar que acaricia, Desejo que sacia,
Amor que promove.

É isso não é coisa do outro mundo, é o que dá sentido à vida.

É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa
demais,

Mas que seja intensa, verdadeira, pura...

Enquanto durar.

Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que
ensina.”

Cora Coralina



- Anexo A -

Normas para Publicação:

Brazilian Dental Journal

A **Brazilian Dental Journal** publica artigos completos, comunicações rápidas e relatos de casos, relacionados a assuntos de Odontologia ou disciplinas correlatas. Serão considerados para publicação apenas artigos originais. Na submissão de um artigo, o autor deve informar em carta de encaminhamento que o material não foi publicado anteriormente e não está sendo considerado para publicação em outro periódico, quer seja no formato impresso ou eletrônico.

ENDEREÇO PARA SUBMISSÃO:

Brazilian Dental Journal
Fundação Odontológica de Ribeirão Preto
Av. do Café, s/n 14040-904 Ribeirão Preto, SP, Brasil
Fax: +55-16-633-0999
E-mails: bdj@forp.usp.br e pecora@forp.usp.br

SERÃO CONSIDRADOS APENAS TRABALHOS REDIGIDOS EM INGLÊS. Autores cuja língua nativa não for o Inglês, devem ter seus artigos revisados por profissionais proficientes na língua inglesa. **Os trabalhos aceitos para publicação serão submetidos à revisão do Inglês e das normas técnicas (technical review) para adequação ao padrão de publicação da Revista, sendo o custo repassado aos autores. A submissão de um artigo ao BDJ implica na aceitação prévia desta condição.** A decisão de aceitação para publicação é de responsabilidade dos Editores e baseia-se nas recomendações do corpo editorial e/ou revisores "ad hoc". Os artigos que não forem considerados aptos para publicação serão devolvidos aos autores, acompanhados de carta justificativa. Os conceitos emitidos nos trabalhos publicados no BDJ são de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo obrigatoriamente a opinião do corpo editorial.

AS NORMAS DESCRITAS A SEGUIR DEVERÃO SER CRITERIOSAMENTE SEGUIDAS.

GERAL

- Submeter 3 cópias impressas do artigo (incluindo tabelas e legendas) juntamente com 3 conjuntos de ilustrações (fotografias, micrografias, desenhos esquemáticos, gráficos e figuras geradas em computador, etc).
- O trabalho deve ser acompanhado de um disquete ou CD-ROM contendo o arquivo em Word idêntico ao texto impresso, bem como os arquivos em TIF ou JPG, quando houver.
- O artigo deve ser impresso em ESPAÇO DUPLO, em papel de boa qualidade, com fonte Times New Roman 12, margens de 3 cm no topo, rodapé e em ambos os lados. **NÃO UTILIZAR** negrito, marcas d'água ou outros recursos para tornar o texto visualmente atrativo, pois estes dificultam a editoração.
- As páginas devem ser numeradas seqüencialmente, começando na página de rosto;
- Trabalhos completos devem estar divididos seqüencialmente conforme os itens abaixo:
 1. Página de Rosto
 2. Summary e Key Words
 3. Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão
 4. Resumo em Português (obrigatório apenas para os autores nacionais)
 5. Agradecimentos (se houver)
 6. Referências
 7. Tabelas
 8. Legendas das figuras
 9. Figuras
- Todos os tópicos (Summary, Introdução, Material e Métodos etc, devem estar em letras maiúsculas e sem negrito);

- Resultados e Discussão podem ser apresentados conjuntamente, se o autor desejar; Comunicações Rápidas e Relatos de Casos devem ser divididos em itens apropriados;
- Produtos, equipamentos e materiais: na primeira citação deve aparecer o nome do fabricante e o local de fabricação (cidade, estado e país). Nas demais citações, incluir apenas o nome do fabricante;
- Todas as abreviações devem ter sua descrição por extenso, entre parênteses, na primeira vez em que são mencionadas.

PÁGINA DE ROSTO

- Em UMA das 3 cópias, a primeira página deve conter: título do trabalho, título resumido (short title) com no máximo 40 caracteres, nome dos autores (máximo 6; indicar nome completo com o último sobrenome em letras maiúsculas),
- Departamento e/ou Instituição a que pertencem (incluindo cidade, estado e país). NÃO INCLUIR titulação (DDS, MSc, PhD etc) e/ou cargos dos autores.
- Incluir o endereço completo do autor para correspondência (informar e-mail e telefone), de acordo com o modelo a seguir. **Correspondence: Prof. Dr. Jesus D. Pécora, Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, USP, Av. do Café, S/N, 14040-904 Ribeirão Preto, SP, Brasil. Tel: +55-16-602-4087. Fax: +55-16-633-0999. e-mail: pecora@forp.usp.br**
- As outras duas cópias serão enviadas aos revisores sem qualquer identificação e a página de rosto deve conter apenas o título do trabalho e o título resumido.

SUMMARY

- A segunda página deve conter o Summary (resumo em Inglês; máximo 200 palavras), descrevendo o objetivo, material e métodos, resultados e conclusões num só parágrafo;
- Abaixo do Summary deve ser incluída uma lista de Key Words (5 no máximo), citadas em letras minúsculas e separadas por vírgulas.

INTRODUÇÃO

- Breve descrição dos objetivos do estudo, apresentando somente as referências pertinentes. Não deve ser feita uma extensa revisão da literatura existente. As hipóteses do trabalho devem ser claramente apresentadas.

MATERIAL E MÉTODOS

- A metodologia, bem como os materiais, técnicas e equipamentos utilizados devem ser apresentados de forma detalhada. Indicar os testes estatísticos utilizados.

RESULTADOS

- Apresentar os resultados em uma sequência lógica no texto, tabelas e figuras, enfatizando as informações importantes;
- Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto. Tabelas e figuras devem trazer informações distintas ou complementares entre si;
- Os dados estatísticos devem ser descritos nesta Sessão.

DISCUSSÃO

- Resumir os fatos encontrados sem repetir em detalhes os dados fornecidos nos Resultados;
- Comparar as observações do trabalho com as de outros estudos relevantes, indicando as implicações dos achados e suas limitações. Citar outros estudos pertinentes;
- Apresentar as conclusões no final desta Sessão. Preferencialmente, as conclusões devem ser dispostas de forma corrida, isto é, evitar citá-las em tópicos.

RESUMO (em Português) - Somente para autores que tenham com língua nativa o Português

- O resumo em Português deve ter a mesma estrutura e conter as mesmas informações do resumo em Inglês (Summary). OBS: NÃO COLOCAR título e palavras-chave em Português.

AGRADECIMENTOS

- O Apoio financeiro de agências governamentais deve ser mencionado. Agradecimentos a auxílio técnico e assistência de colaboradores podem ser feitos nesta Seção.

REFERÊNCIAS

- As referências devem ser apresentadas de acordo com o estilo do **Brazilian Dental Journal**. É recomendado aos autores consultar números recentes do BDJ para se familiarizar com a forma de citação das referências.
- As referências devem ser numeradas por ordem de aparecimento no texto e citadas entre parênteses: (1), (3,5,8), (10-15). **NÃO USAR SOBRESCRITO.**
- Para citações indiretas, vale a regra a seguir - Para artigos com dois autores deve-se citar os dois nomes sempre que o artigo for referido. Exemplo: "According to Santos and Silva (1)...". Para artigos com três ou mais autores, citar apenas o primeiro autor, seguido da expressão "et al.". Exemplo: "Pécora et al. (2) reported..." **OBS: na lista de Referências os nomes de TODOS OS AUTORES de cada artigo devem ser relacionados;**
- A lista de Referências deve estar em ESPAÇO DUPLO no final do artigo, em sequência numérica. Citar NO MÁXIMO 20 referências;
- Os títulos dos periódicos devem estar abreviados de acordo com o Dental Index. O estilo e pontuação das referências devem seguir o formato indicado abaixo. **Observar que as abreviações dos títulos dos periódicos são citadas sem ponto e não há espaços entre o ano, volume e páginas.**

Periódico - 1. Lea SC, Landini G, Walmsley AD. A novel method for the evaluation of powered toothbrush oscillation characteristics. Am J Dent 2004;17:307-309.

Livro - 2. Shafer WG, Hine MK, Levy BM. A Textbook of Oral Pathology. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1983.

Capítulo de Livro - 3. Walton RE, Rotstein I. Bleaching discolored teeth: internal and external. In: Principles and Practice of Endodontics. Walton RE. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p 385-400.

Disertação/Tese - 4. Sousa-Neto MD. Estudo da influência de diferentes tipos de breus e resinas hidrogenadas sobre as propriedades físico-químicas do cimento obturador dos canais radiculares do tipo Grossman. [Doctoral Thesis]. Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 1997. 108 p.

TABELAS

- As tabelas com seus respectivos títulos devem ser digitadas em ESPAÇO DUPLO, numeradas com algarismos arábicos, em páginas separadas no final do artigo;
- **NÃO UTILIZAR** linhas verticais, negrito e letras maiúsculas (exceto as iniciais).
- Cada tabela deve conter toda a informação necessária, de modo a ser compreendida independentemente do texto;

FIGURAS

- **NÃO SERÃO ACEITAS FIGURAS INSERIDAS EM ARQUIVOS ORIGINADOS EM EDITORES DE TEXTO COMO O WORD E NEM FIGURAS ORIGINADAS EM POWER POINT;**
- Imagens digitalizadas deverão ser geradas em Photoshop ou qualquer outro software exclusivamente para edição de imagens (extensão dos arquivos de imagem devem ser TIF ou JPG com resolução mínima de 300dpi);
- Três (3) conjuntos de figuras (fotografias, fotomicrografias, desenhos esquemáticos, gráficos, trabalhos gerados em computador etc) devem ser submetidos. Apenas figuras em PRETO E BRANCO são publicadas. Não enviar figuras coloridas ou slides;
- As legendas das figuras devem ser digitadas em ESPAÇO DUPLO, numeradas com algarismos arábicos em páginas separadas, podendo ser agrupadas na mesma página;
- Letras e marcas de identificação devem ser claras e definidas. Áreas críticas de radiografias e fotomicrografias devem estar isoladas e/ou demarcadas;
- Partes separadas de uma mesma figura devem ser legendadas com A, B, C, etc.; oFiguras simples e grupos de figuras não devem exceder, respectivamente, 8 cm e 16 cm na largura;
- As ilustrações devem ser enviadas em envelope e identificadas no verso com os respectivos números, topo da figura (indicar com seta), título do artigo. Não colocar os nomes dos autores nas figuras;

CHECAR OS ITENS ABAIXO ANTES DE ENVIAR O ARTIGO À REVISTA

1. Carta de submissão;
2. Três cópias impressas do artigo (incluindo tabelas e legendas) juntamente com 3 conjuntos de ilustrações (quando houver);
3. Nome dos autores, Instituição e endereço do autor para correspondência só em UMA das cópias. As outras duas cópias devem estar sem identificação;
4. Artigo (espaço duplo, Times New Roman fonte 12, margem de 3 cm);
5. Lista de referências, de acordo com as normas (espaço duplo);
6. Tabelas com seus respectivos títulos em página(s) separada(s) (espaço duplo) no final do artigo, uma por página;
7. Legendas das figuras em página(s) separada(s) (espaço duplo);
8. Figuras (3 cópias de cada);
9. Disquete ou CD-ROM com o(s) arquivo(s) em Word (artigo), Excel (gráficos) e/ou Photoshop (figuras).

- Anexo B -

Normas para Publicação

The International Journal of Prosthodontics

Author Guidelines

The International Journal of Prosthodontics will consider for publication original articles on relevant prosthodontic clinical research and patients' oral rehabilitative needs. The submitted articles must not have been published or submitted for publication elsewhere. Articles may be submitted as Long (LC) or Short Communications (SC), with both formats undergoing identical review processes. Papers dealing with the clinical management of prosthodontic patients or clinically relevant biomaterials investigations are more likely to be accepted as LCs, while laboratory investigations, pilot or preliminary studies, and case history reports should be preferably submitted as SCs. The Editor-in-Chief reserves the right to request that an author change a submission from an LC to an SC, or vice versa.

Review/editing of manuscripts. Manuscripts will be reviewed by the editor-in-chief, one associate editor, and one or two reviewers or consultants with expertise within the scope of the article. Papers that draw conclusions from statistical evidence may be reviewed by a statistical consultant. The publisher reserves the right to edit accepted manuscripts to fit the space available and to ensure conciseness, clarity, and stylistic consistency, subject to the author's final approval.

Adherence to guidelines. Manuscripts that are not prepared in accordance with these guidelines will be returned to the author before review.

Submit manuscripts in the following order of preference:

1. **Via online submission service (www.manuscriptmanager.com/ijp):** Manuscripts should be uploaded as PC Word (doc) files with tables and figures preferably embedded within the document. No paper version is required.
2. **Via e-mail as a PC Word or PDF document (ijp.submit@quintbook.com):** Illustrations should be embedded in the PC Word document but can be attached in any format that can be opened using Adobe Photoshop (tif, eps, jpg) or as Microsoft PowerPoint documents (ppt). No paper version is required.
3. **Via mail: one paper copy of the manuscript and figures plus a floppy disk or CD-ROM (mandatory):** The disk/CD-ROM should contain a word file of the manuscript text and tables. Figures should be embedded in the PC Word document but can be included as separate files on the disk in any format that can be opened using Adobe Photoshop (tif, eps, jpg) or as Microsoft PowerPoint documents (ppt). Send submissions via mail to: Dr George A. Zarb Editor-in-Chief The International Journal of Prosthodontics Department of Prosthodontics Faculty of Dentistry University of Toronto 124 Edward Street Toronto, Ontario, M5G 1G6 Canada

Manuscript Preparation. The Journal will follow as much as possible the recommendations of the International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver Group) in regard to preparation of manuscripts and authorship (Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. *Ann Intern Med* 1997;126:36–47). Short Communications must not exceed 700 words, 4 illustrations with concise legends, and 5 references.

Manuscripts should be typed double-spaced with a 1-inch margin all around. Number all pages.

- **Title page.** This should include the title of the article (descriptive but as concise as possible) and the name, degrees, title, professional affiliation, and full address of all authors. Phone, fax, and e-mail address must also be provided for the corresponding author, who will be assumed to be the first-listed author unless otherwise noted. If the

paper was presented before an organized group, the name of the organization, location, and date should be included.

- **Abstract/key words.** For Long Communications, include a maximum 250-word structured abstract (with headings Aims, Methods, Results, Conclusion) and five key words. Short Communications should include a 100-word abstract that can be published on PubMed.
- **Introduction.** Summarize the rationale and purpose of the study, giving only pertinent references. Clearly state the working hypothesis.
- **Materials and Methods.** Present materials and methods in sufficient detail to allow confirmation of the observations. Published methods should be referenced and discussed only briefly, unless modifications have been made. Indicate the statistical methods used, if applicable.
- **Results.** Present results in a logical sequence in the text, tables, and illustrations. Do not repeat in the text all the data in the tables or illustrations; emphasize only important observations.
- **Discussion.** Emphasize new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them. Do not repeat in detail data or other material given in the Introduction or Results section. Relate observations to other relevant studies; point out the implications of the findings and their limitations.
- **Acknowledgments.** Acknowledge persons who have made substantive contributions to the study. Specify grant or other financial support, citing the name of the supporting organization and grant number.
- **Figure Legends.** Figure legends should be grouped at the end of the text and typed double-spaced.
- **Abbreviations.** The full term for which an abbreviation stands should precede its first use in the text unless it is a standard unit of measurement.
- **Trade names.** Generic terms are to be used whenever possible, but trade names and manufacturer should be included parenthetically at first mention.

References

- All references must be cited in the text, numbered in order of appearance.
- The reference list should appear at the end of the article in numeric sequence.
- Do not include unpublished data or personal communications in the reference list. Cite such references parenthetically in the text and include a date.
- Avoid using abstracts as references.
- Provide complete information for each reference, including names of all authors (up to six). If the reference is to part of a book, also include the title of the chapter and names of the book's editor(s).

Journal reference style:

1. Turp JC, Kowalski CJ, Stohler CS. Treatment-seeking patterns of facial pain patients: Many possibilities, limited satisfaction. *J Orofac Pain* 1998;12:61–66.

Book reference style:

1. Hannam AG, Langenbach GEJ, Peck CC. Computer simulations of jaw biomechanics. In: McNeill C (ed). *Science and Practice of Occlusion*. Chicago: Quintessence, 1997:187–194.

Illustrations and Tables

- All illustrations and tables should be numbered and cited in the text in order of appearance.
- Illustrations and tables should be embedded in a PC Word document.

- All illustrations and tables should be grouped at the end of the text.
- High-resolution images must be sent to Dr Zarb's office.
- Original artwork or slides may still be required of the author after acceptance of the article.

Mandatory Submission Form

The Mandatory Submission Form must be signed by all authors and faxed to Dr Zarb's office (+416-979-4936).

Permissions and Waivers

- Permission of author and publisher must be obtained for the direct use of material (text, photos, drawings) under copyright that does not belong to the author.
- Waivers must be obtained for photographs showing persons. When such waivers are not supplied, faces will be masked or cropped to prevent identification.
- Permissions and waivers should be faxed along with the Mandatory Submission Form to Dr Zarb's office (+416-979-4936).

IJP - AUTHOR GUIDELINES FOR ONLINE SUBMISSION:

Create a user account from the link on the home page (if you haven't done so already). You will then be able to submit online and complete the following steps:

- Step 1:** Personal information: Enter authors email address and affiliation.
- Step 2:** Manuscript details: Enter manuscript meta data - title, authors, abstract etc.
- Step 3:** Upload manuscript: All texts (including title page, abstract and references), tables and figures should be inserted into one Microsoft PC-Word file and uploaded. An optional PDF file of the full manuscript can also be uploaded to expedite the initial stages of manuscript processing. See the detailed information below regarding manuscript style and preparation:.
- Step 4:** Enter covering letter to the Editor and response to reviewers if resubmitting. If resubmitting - Requires that you answer the reviewer responses 'point by point' in the appropriate text fields.
- Step 5:** Check submission details and send.

- Anexo C -

Material e Método



FIGURA 1 – Máquina recortadora ISOMET-BUEHLER: (A) visão geral da máquina; (B) detalhe dos dispositivos para fixação e corte, com o disco diamantado utilizado.



FIGURA 2 – Bloco de resina com implante sendo seccionado.



FIGURA 3 - Implante com sistema de retenção ERA Sterngold modelado no AutoCAD 2000, após digitalização.

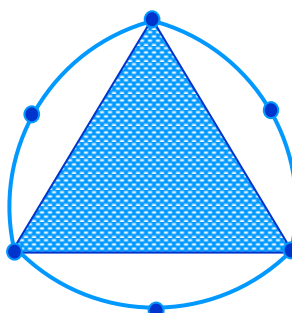


FIGURA 4 – Elemento Finito PLANE 2, com 6 arestas em parábola e 3 nós.

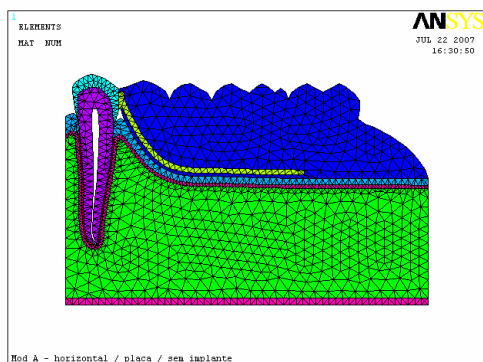


FIGURA 5 – Modelo A após a geração da malha de elementos finitos.

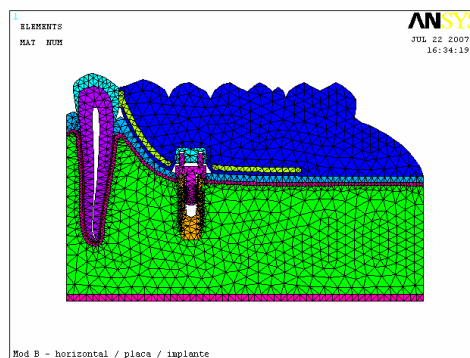


FIGURA 6 – Modelo B após a geração da malha de elementos finitos.

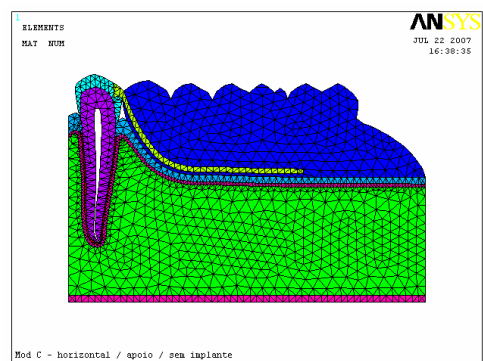


FIGURA 7 – Modelo C após a geração da malha de elementos finitos.

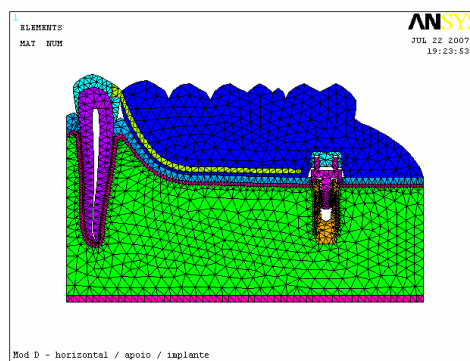


FIGURA 8 – Modelo D após a geração da malha de elementos finitos.

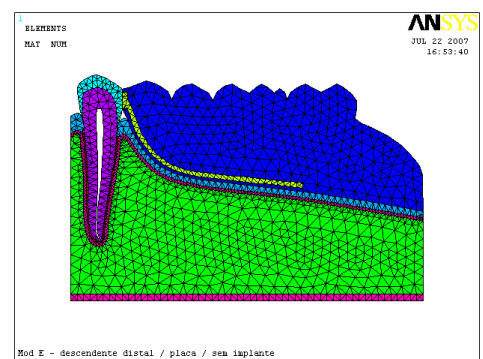


FIGURA 9 – Modelo E após a geração da malha de elementos finitos.

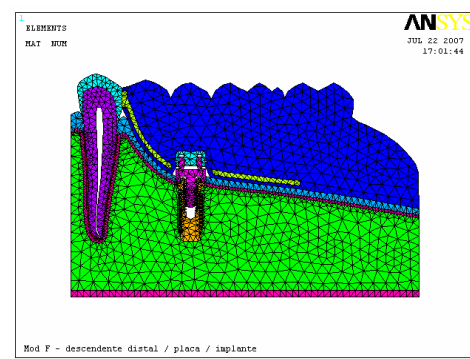


FIGURA 10 – Modelo F após a geração da malha de elementos finitos.

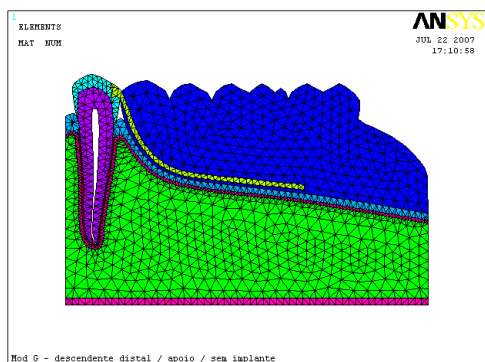


FIGURA 11 – Modelo G após a geração da malha de elementos finitos.

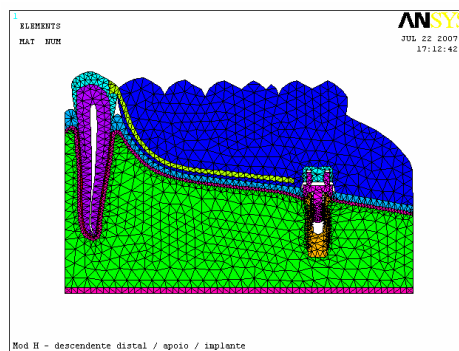


FIGURA 12 – Modelo H após a geração da malha de elementos finitos.

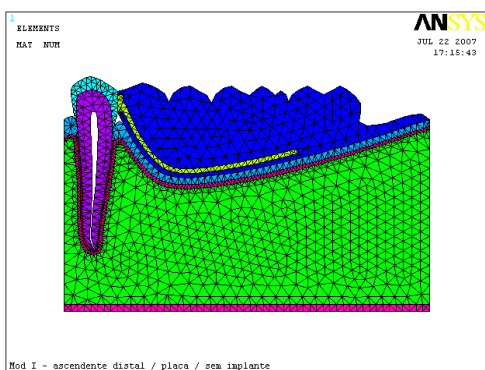


FIGURA 13 – Modelo I após a geração da malha de elementos finitos.

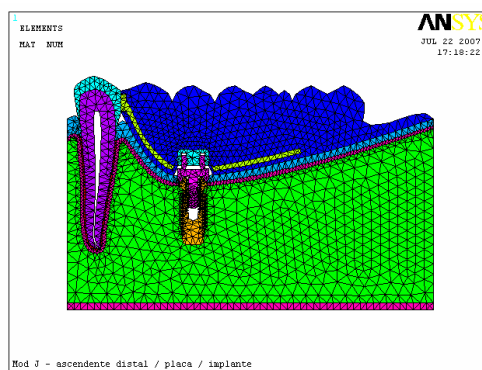


FIGURA 14 – Modelo J após a geração da malha de elementos finitos.

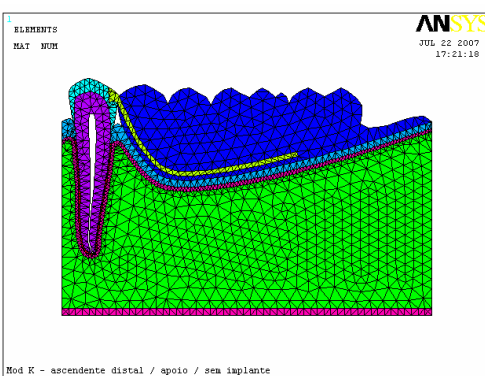


FIGURA 15 – Modelo K após a geração da malha de elementos finitos.

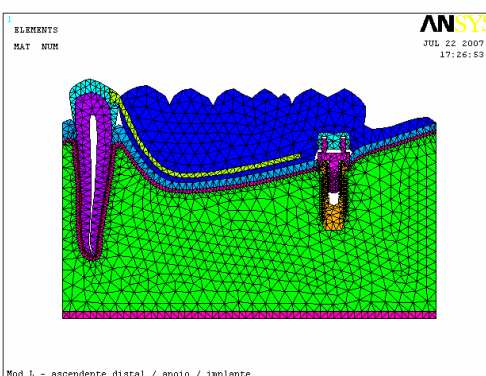


FIGURA 16 – Modelo L após a geração da malha de elementos finitos.

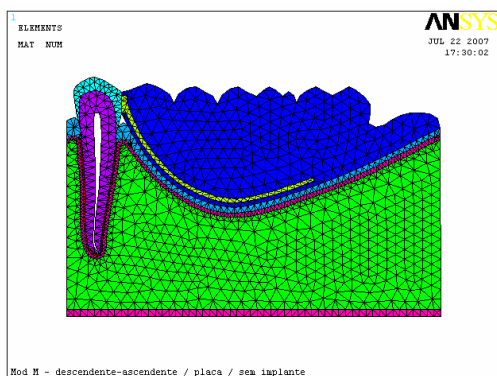


FIGURA 17 – Modelo M após a geração da malha de elementos finitos.

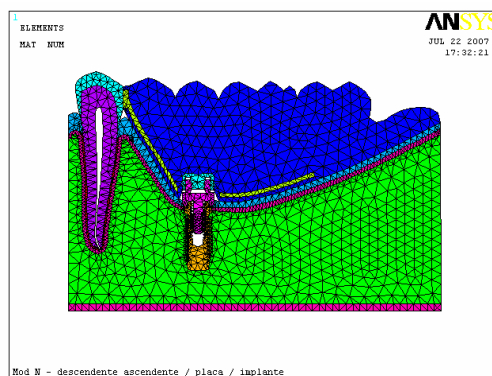


FIGURA 18 – Modelo N após a geração da malha de elementos finitos.

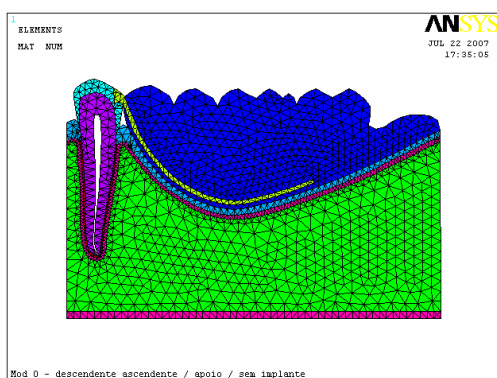


FIGURA 19 – Modelo O após a geração da malha de elementos finitos.

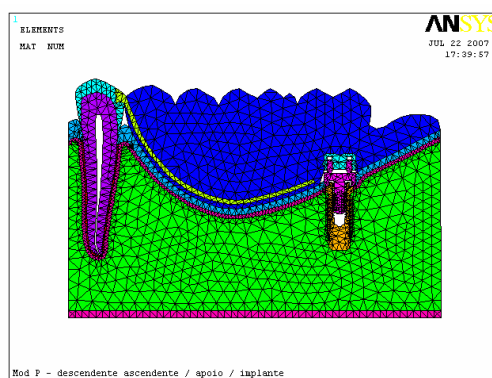


FIGURA 20 – Modelo P após a geração da malha de elementos finitos.

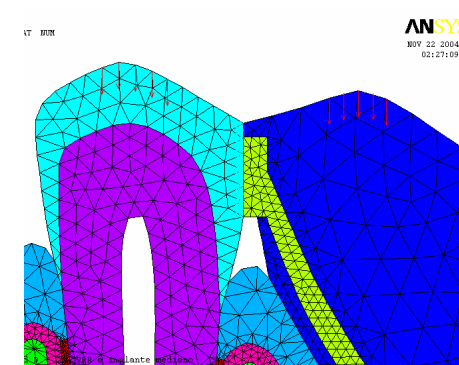


FIGURA 21 – Esquema do carregamento de força aplicado nos modelos.

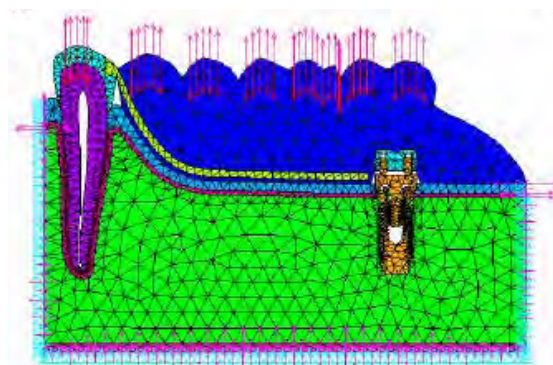
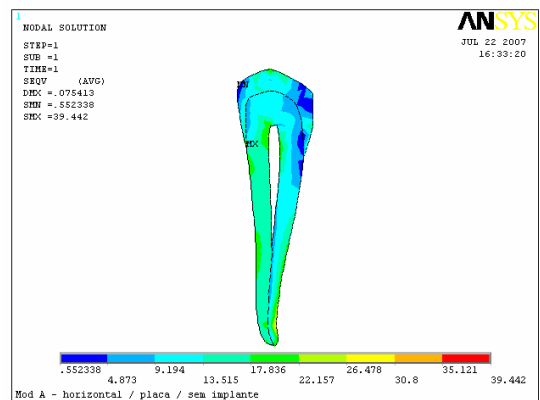
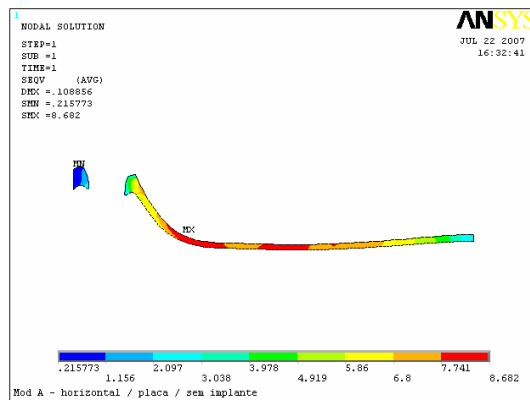
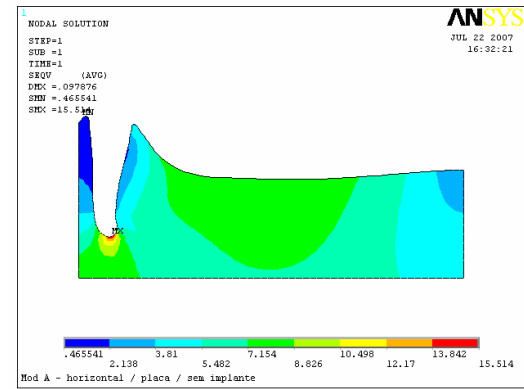
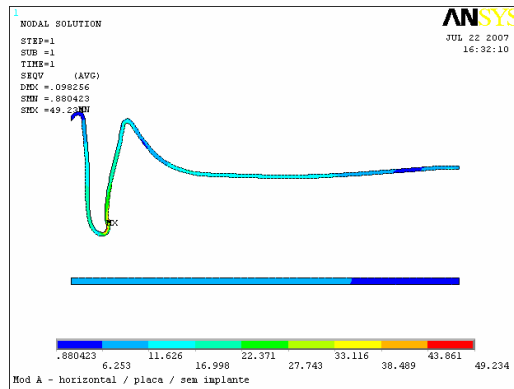
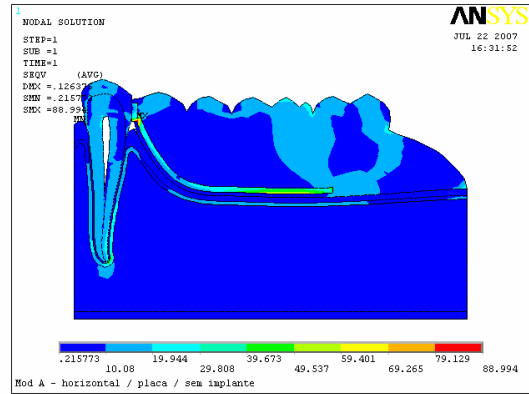
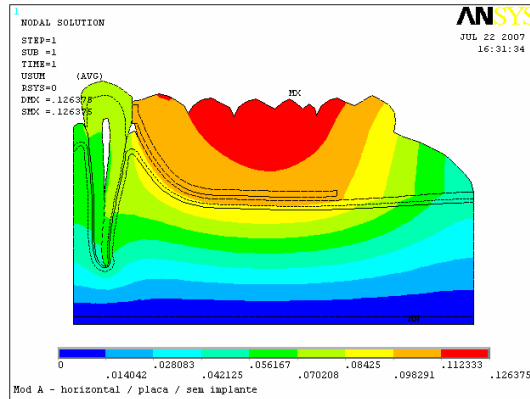


FIGURA 22 - Condições de contorno e carregamento de forças no MD.

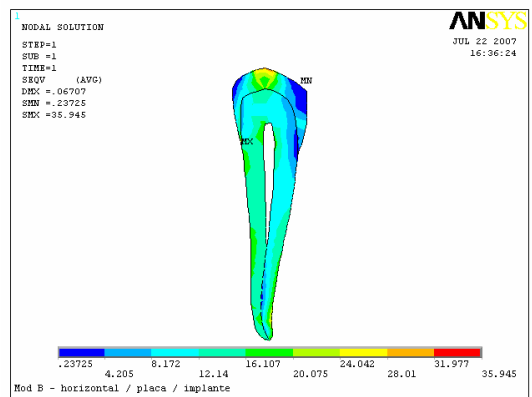
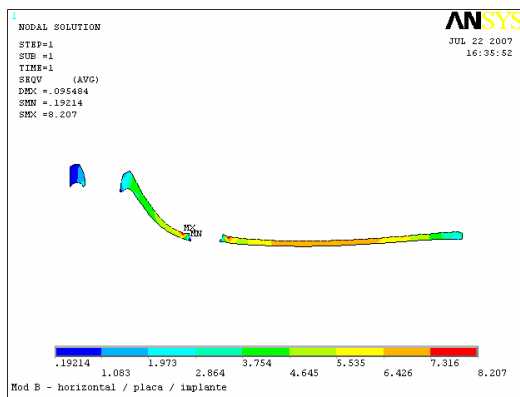
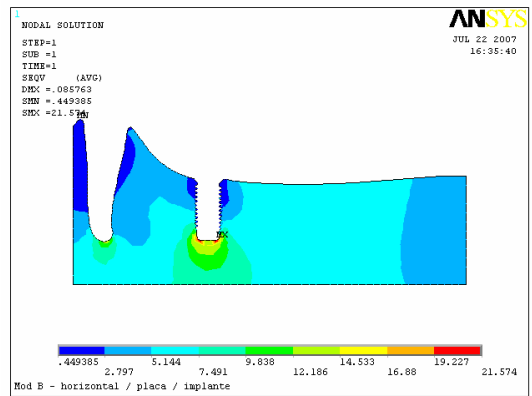
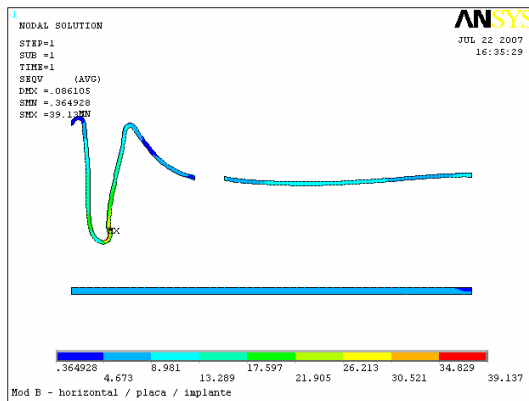
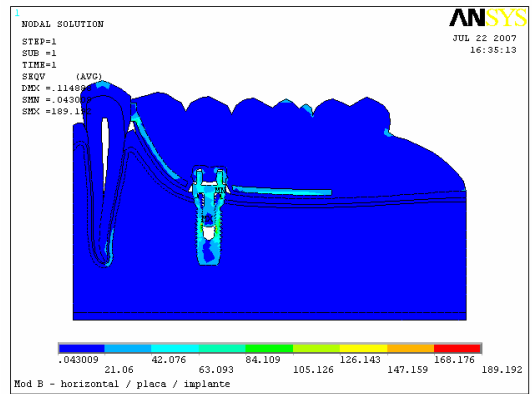
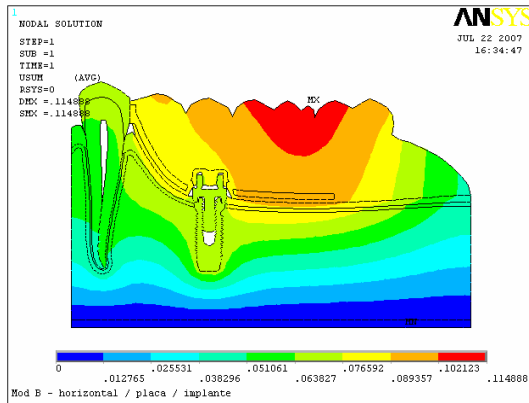
- Anexo D -

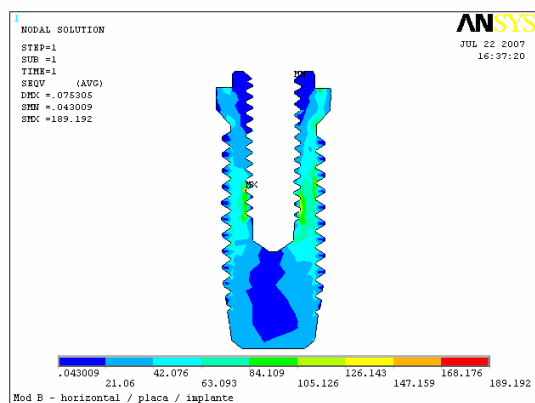
Modelos Automáticos

Modelo A:

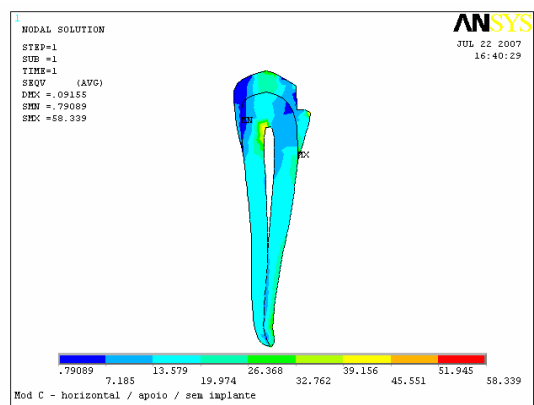
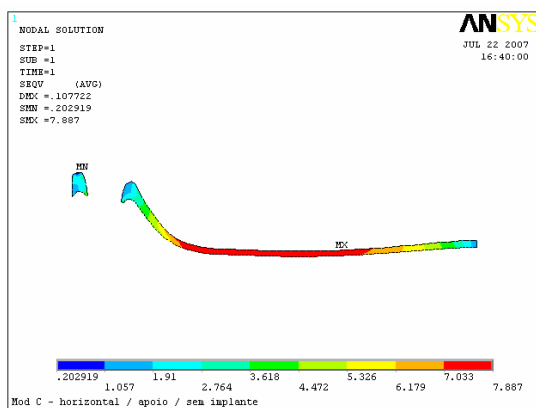
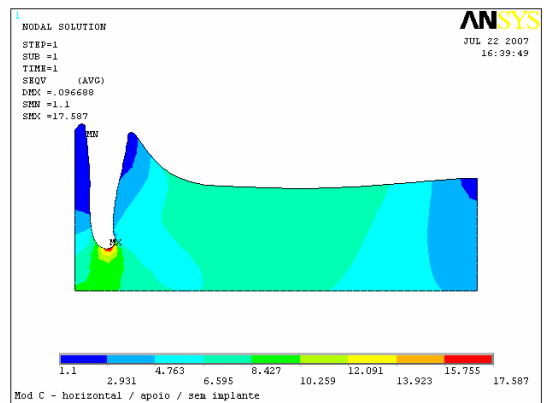
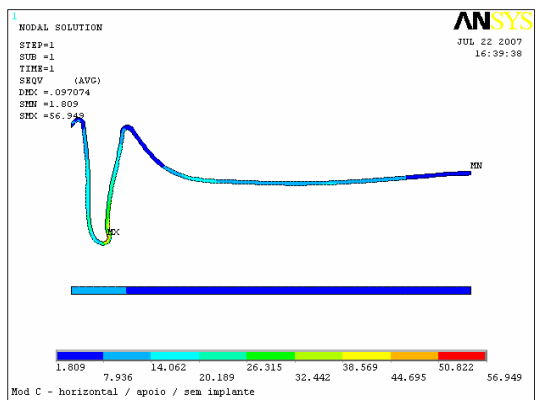
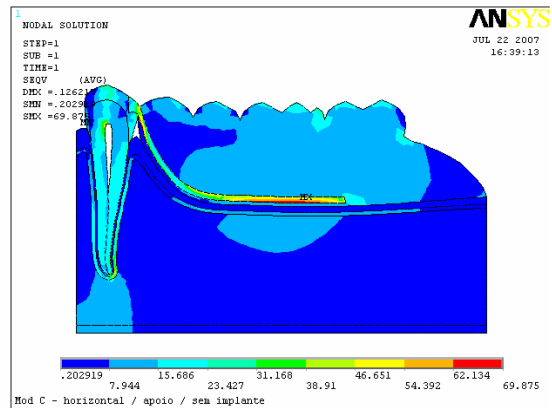
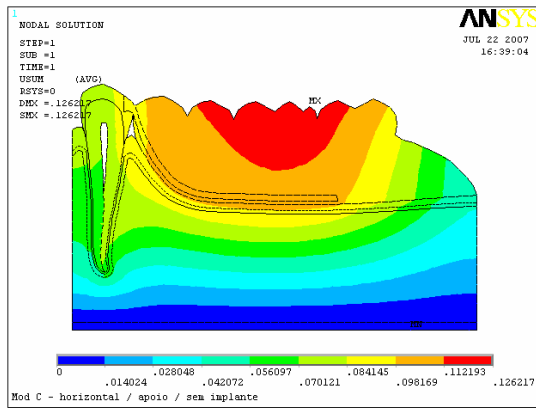


Modelo B:

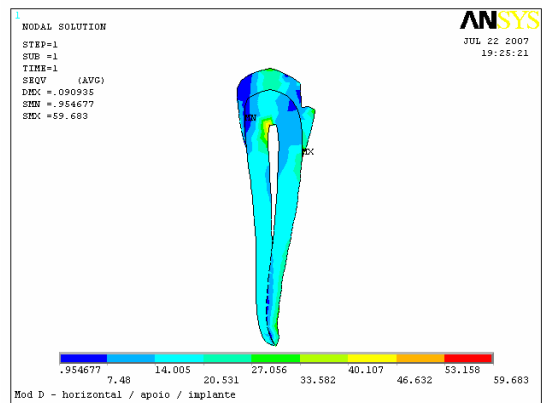
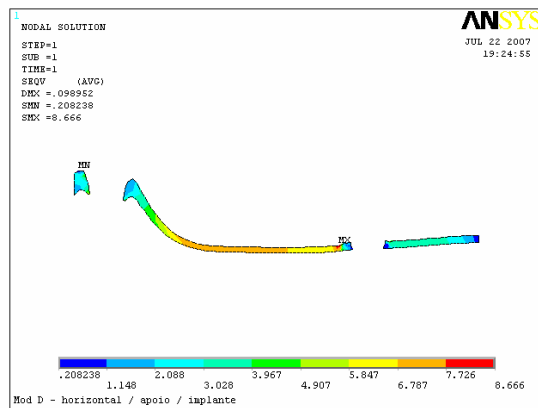
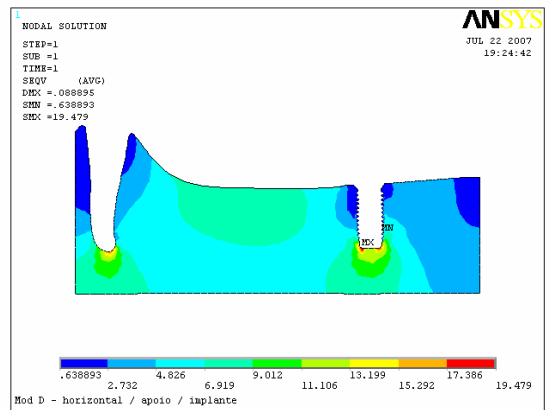
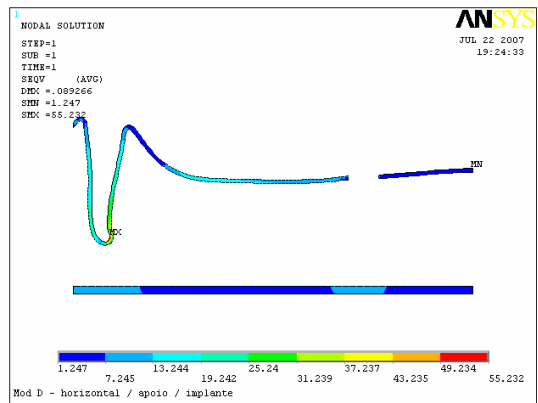
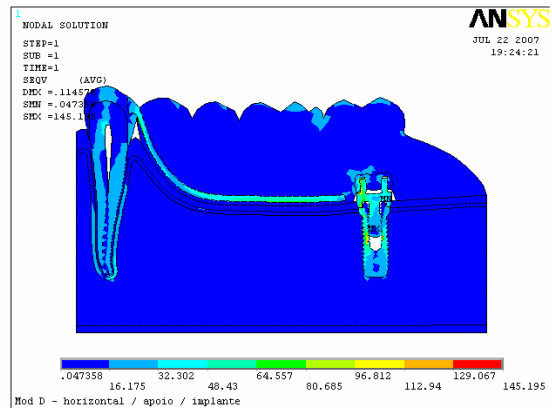
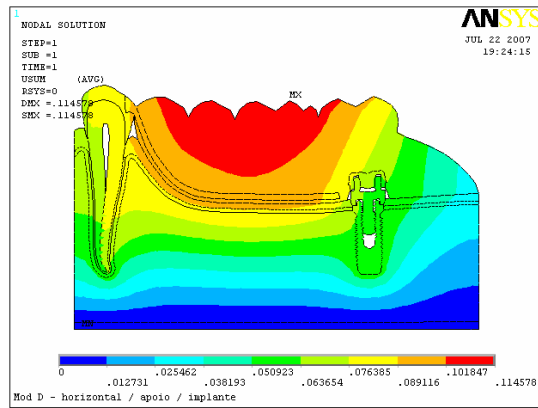


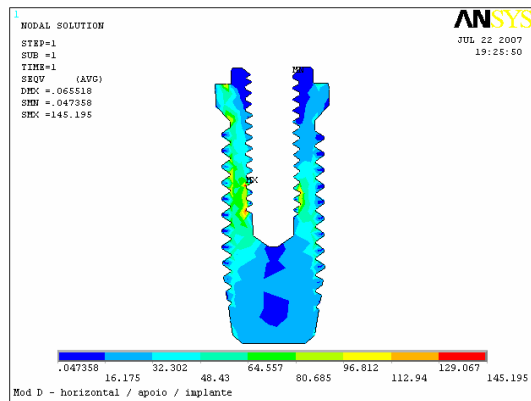


Modelo C:

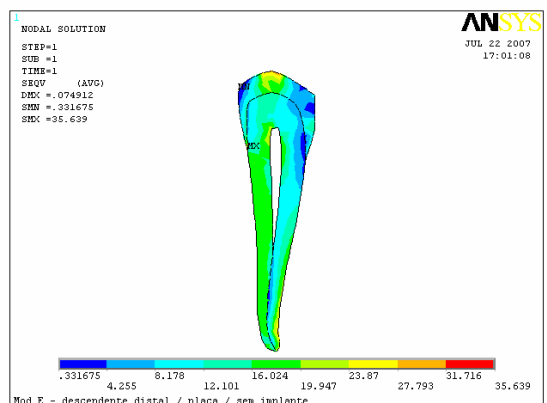
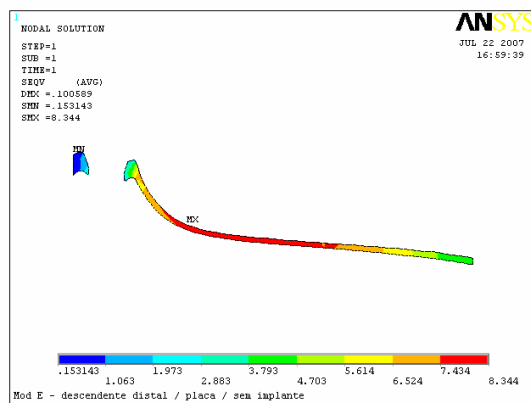
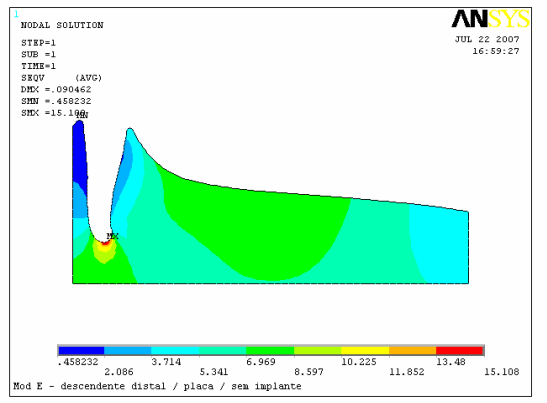
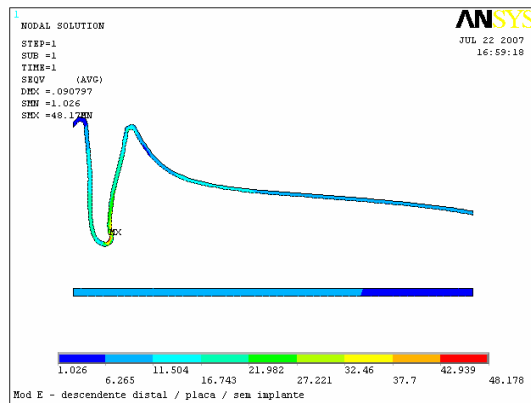
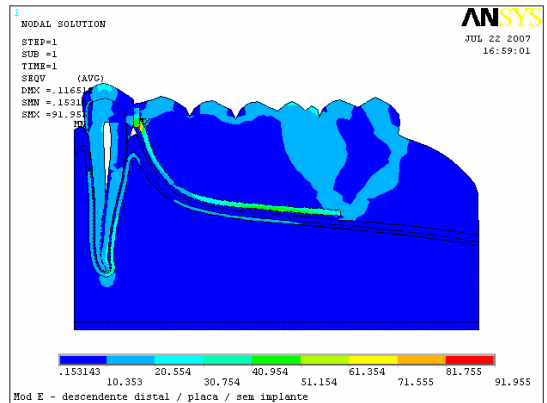
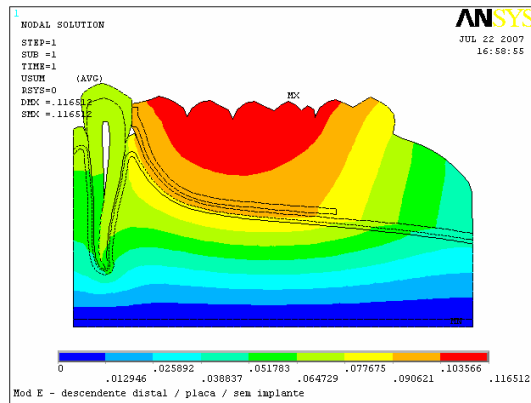


Modelo D:

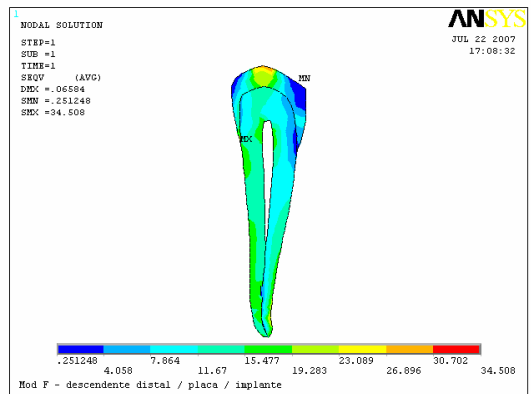
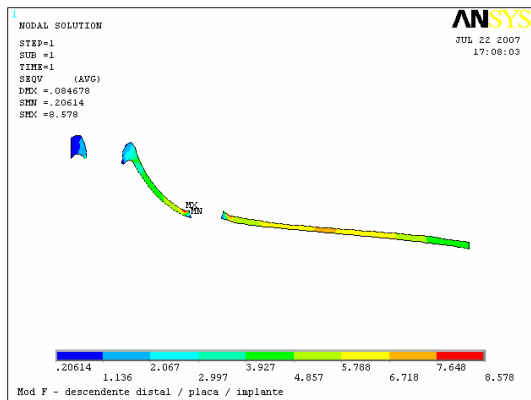
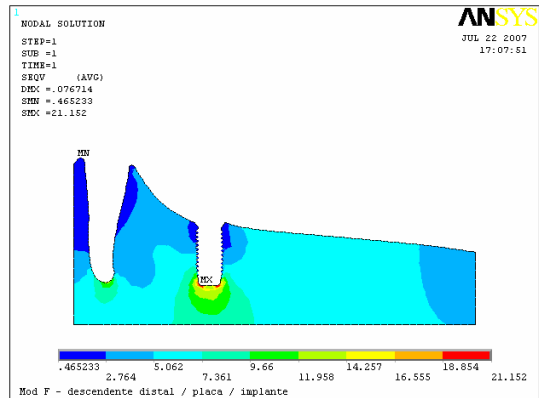
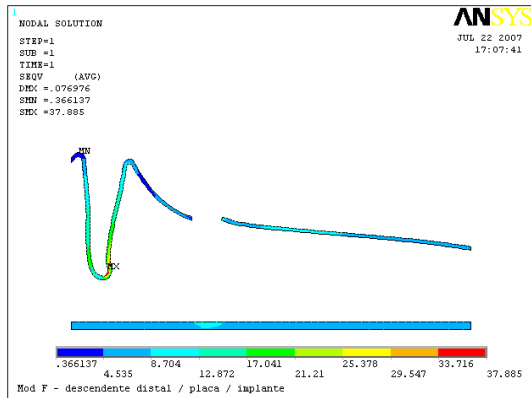
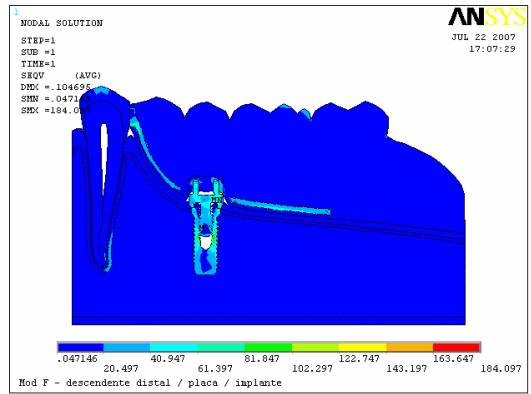
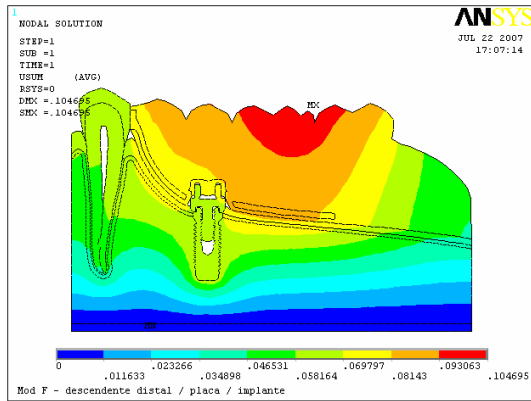


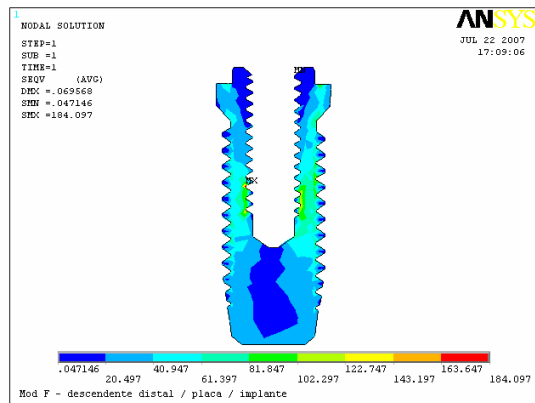


Modelo E:

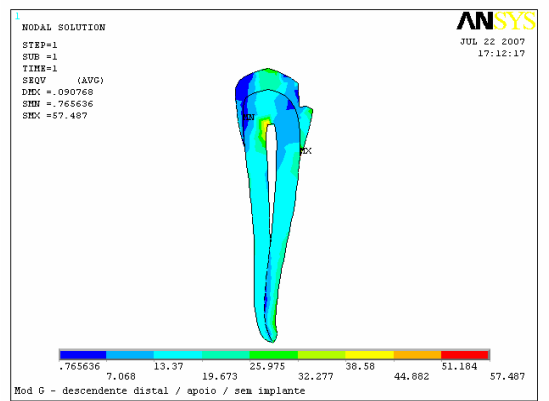
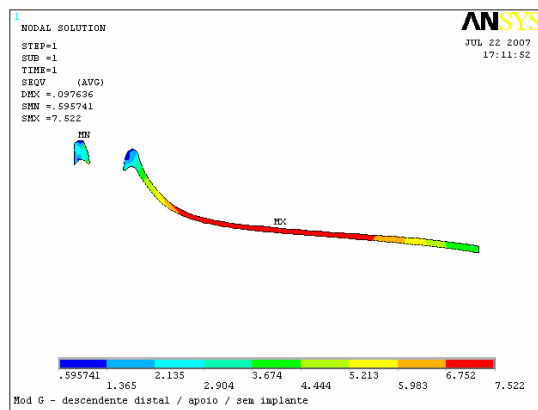
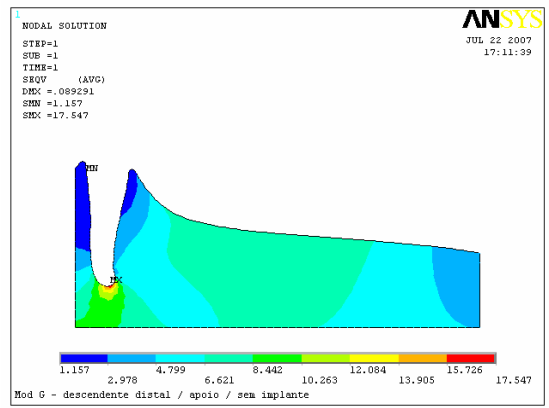
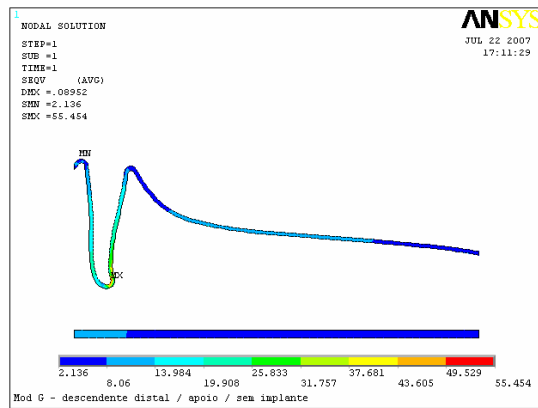
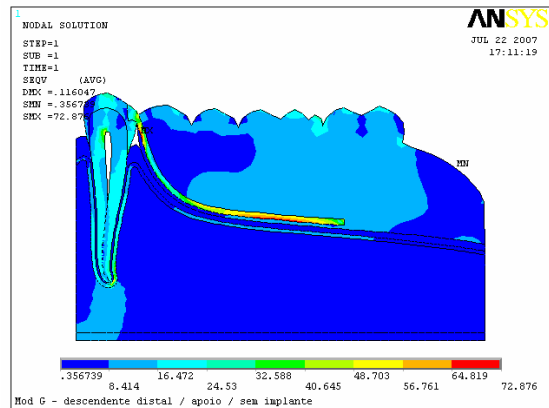
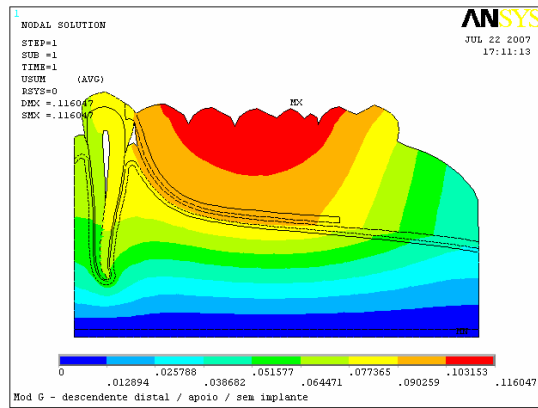


Modelo F:

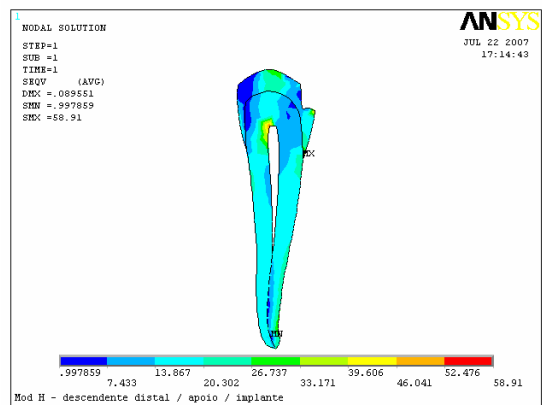
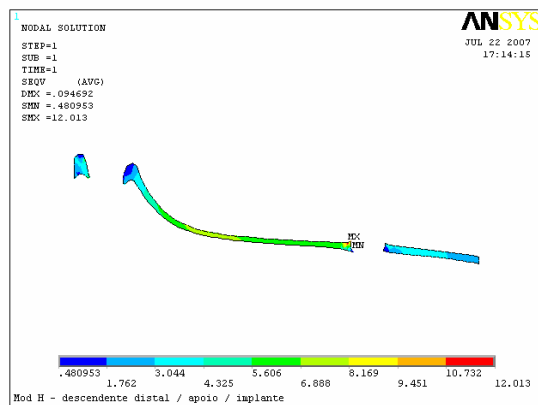
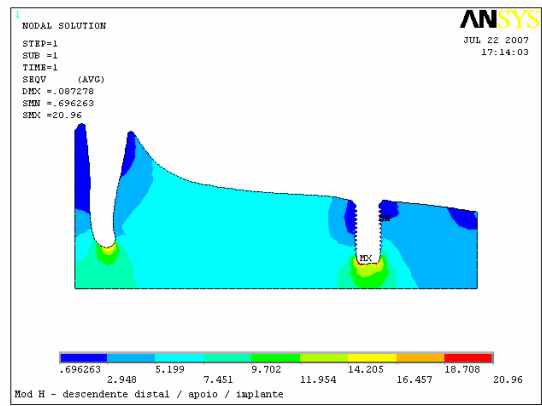
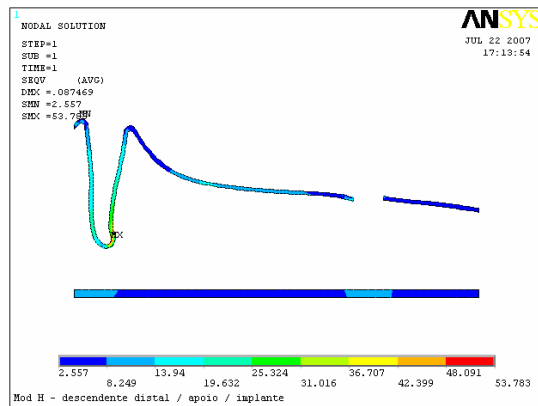
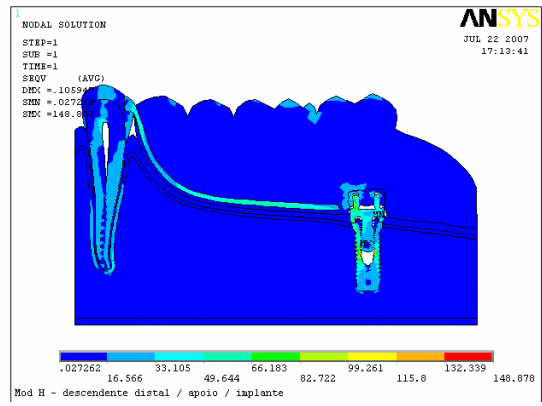
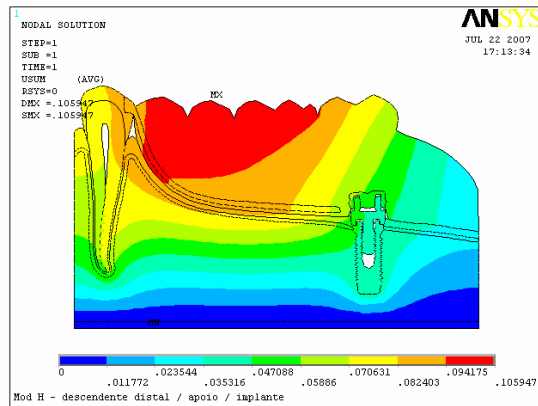


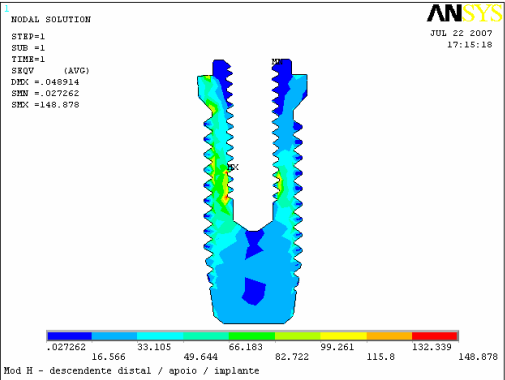


Modelo G:

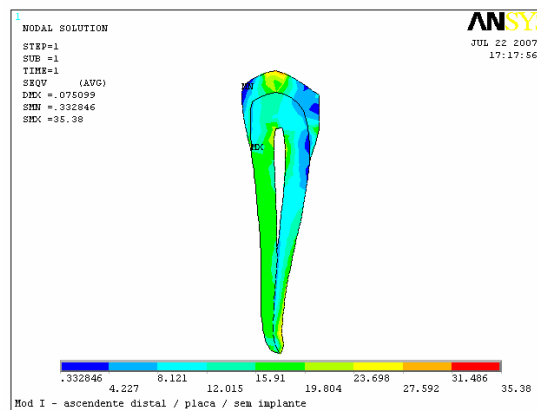
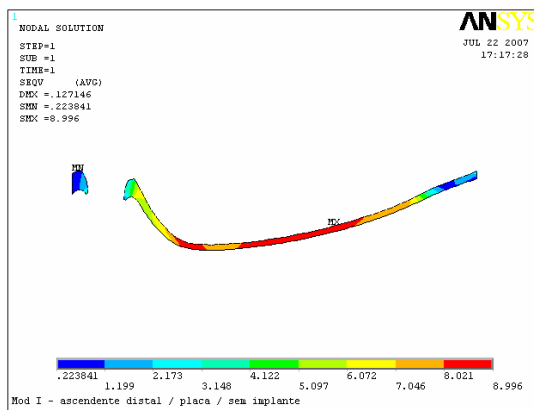
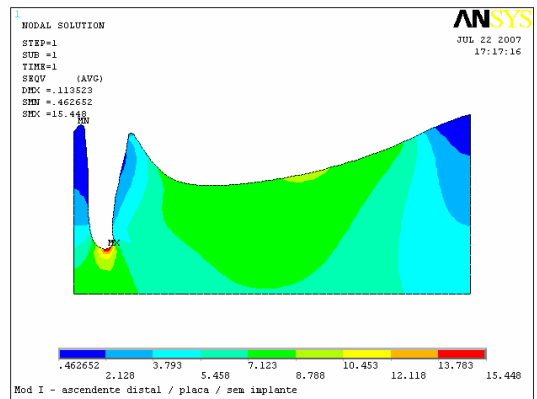
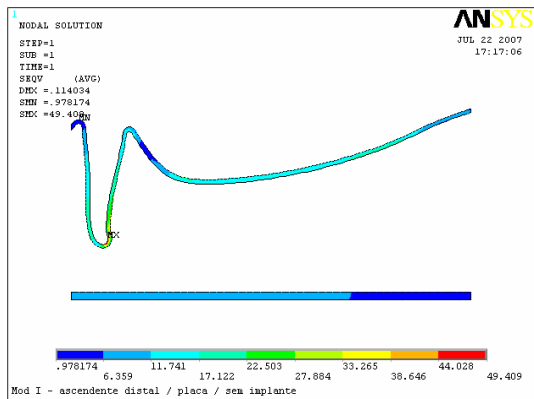
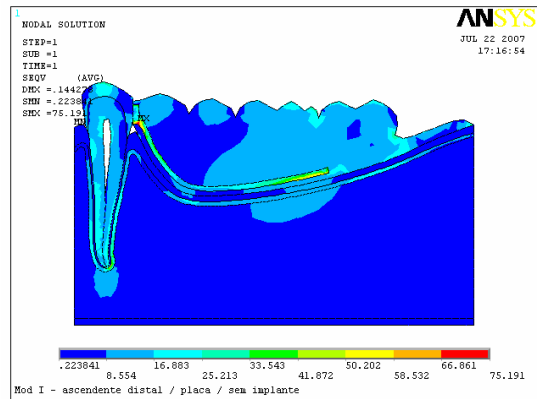
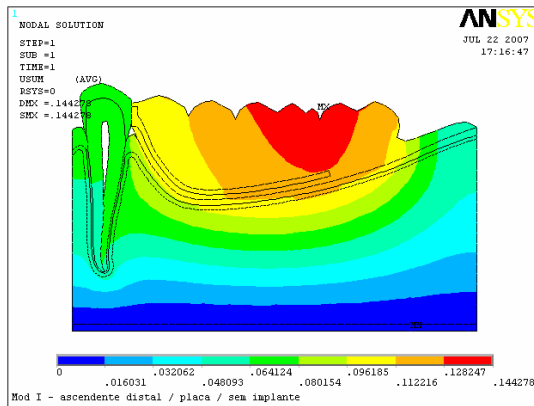


Modelo H:

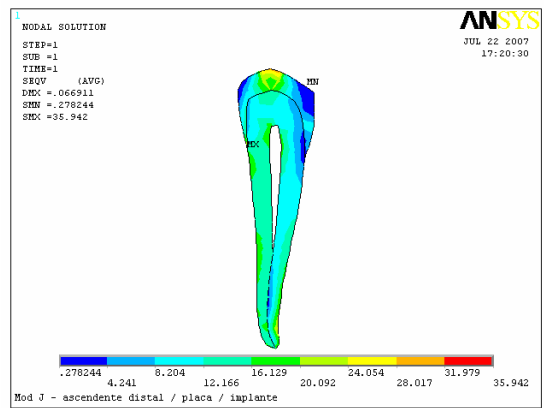
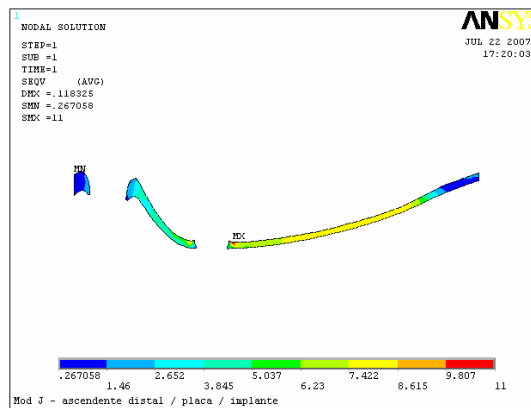
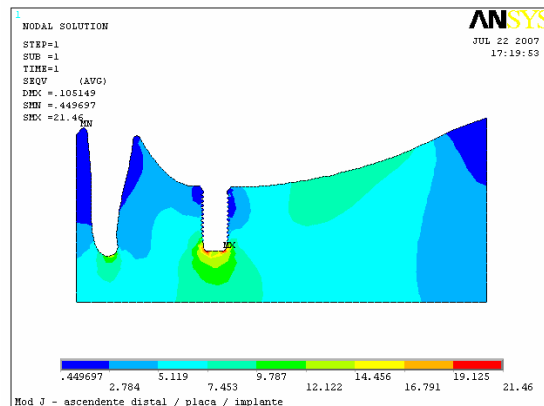
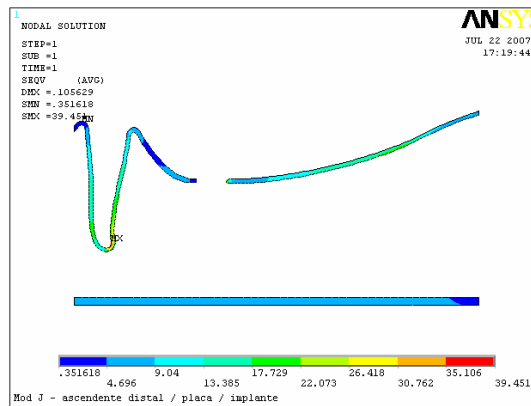
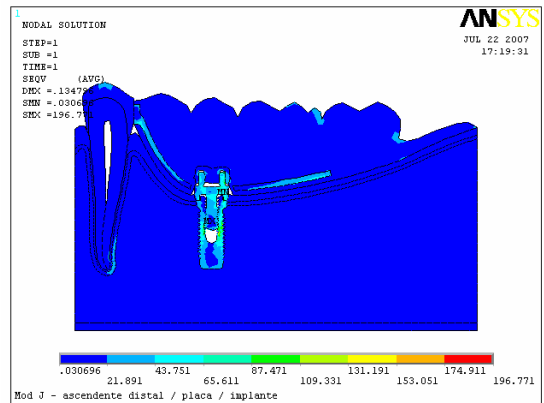
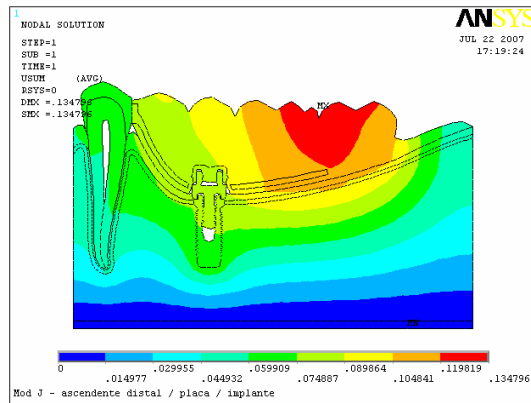


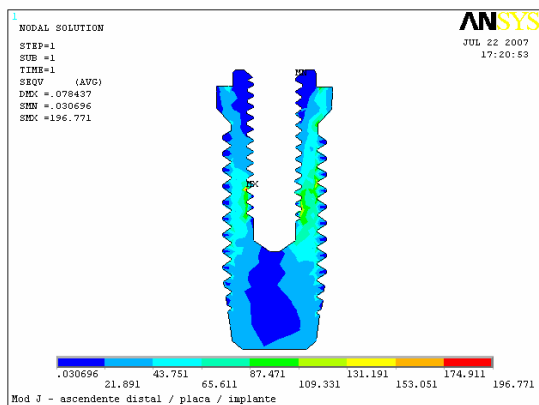


Modelo I:

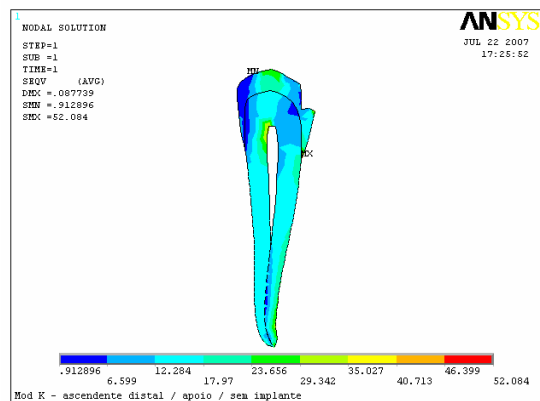
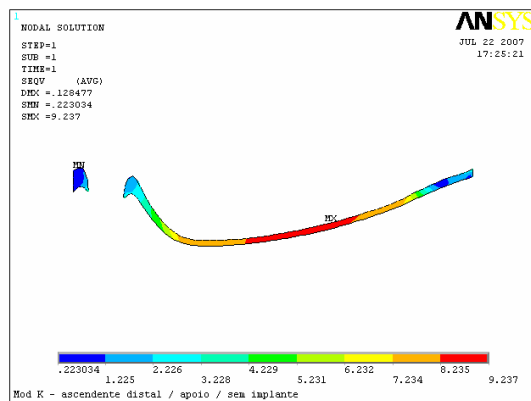
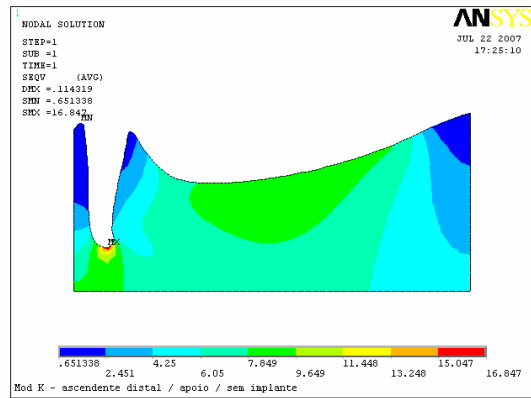
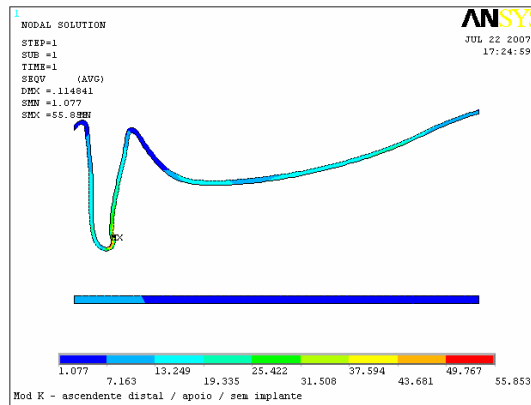
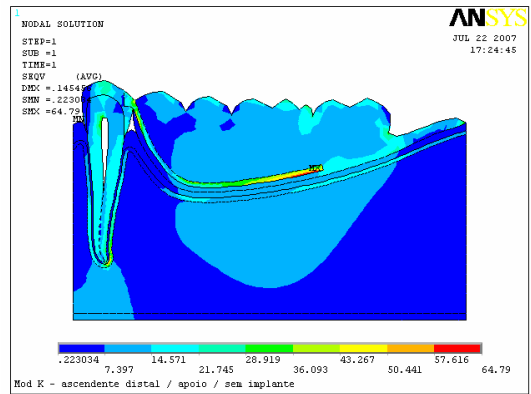
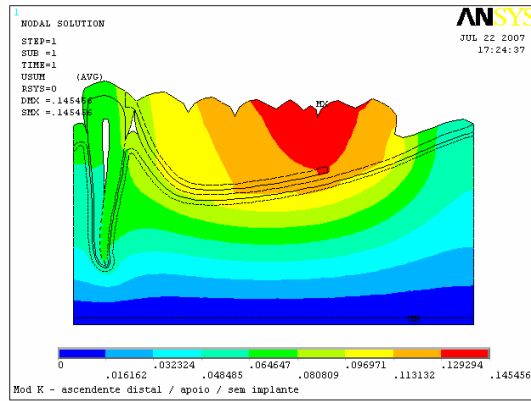


Modelo J:

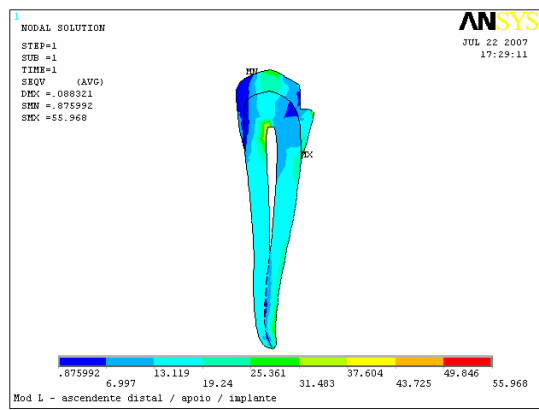
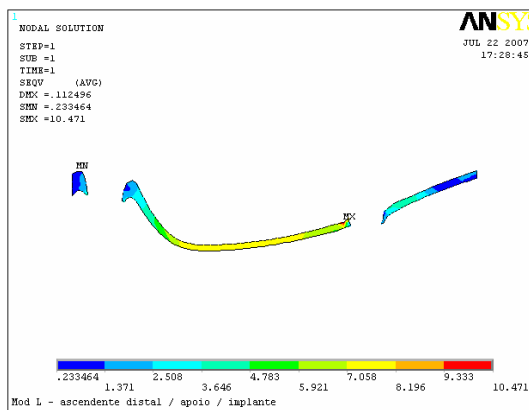
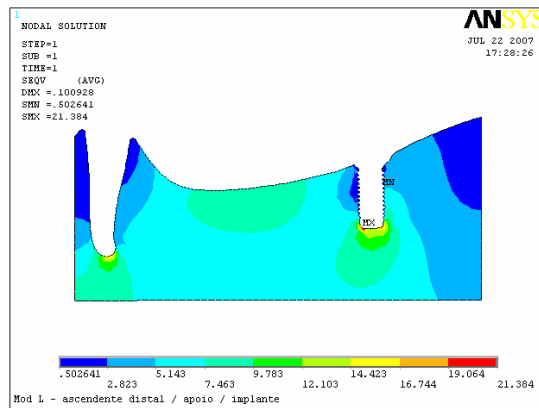
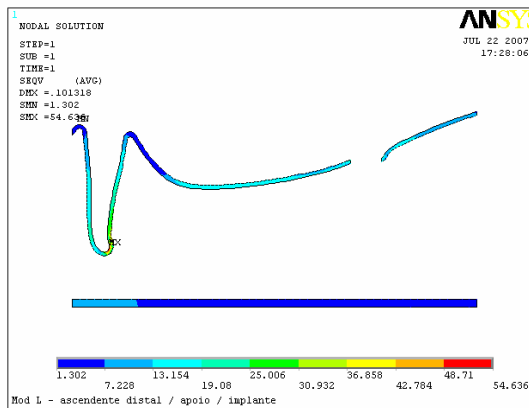
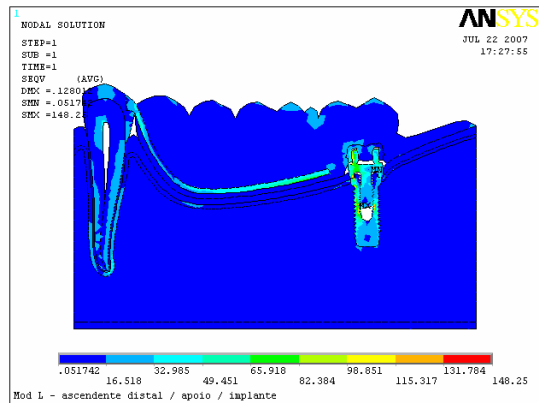
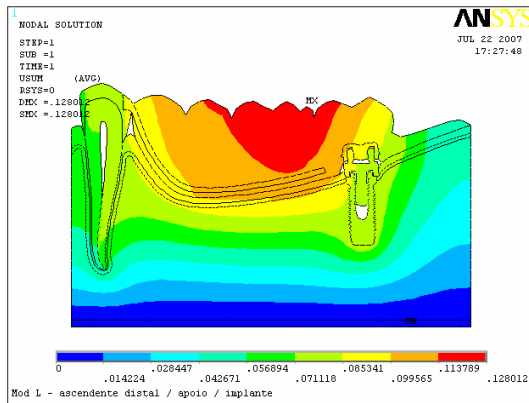


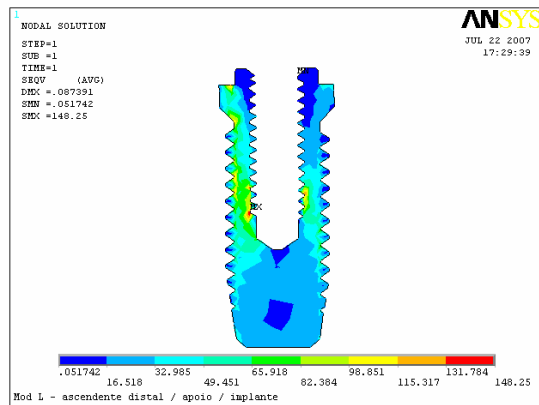


Modelo K:

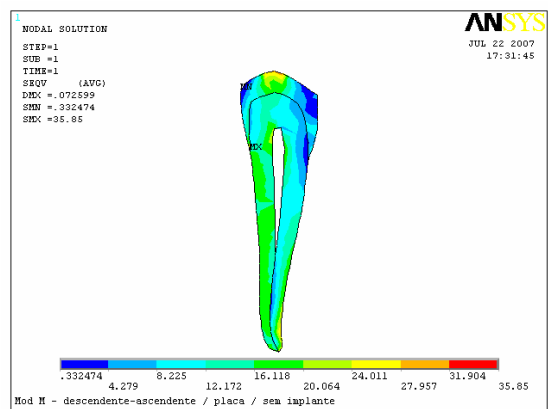
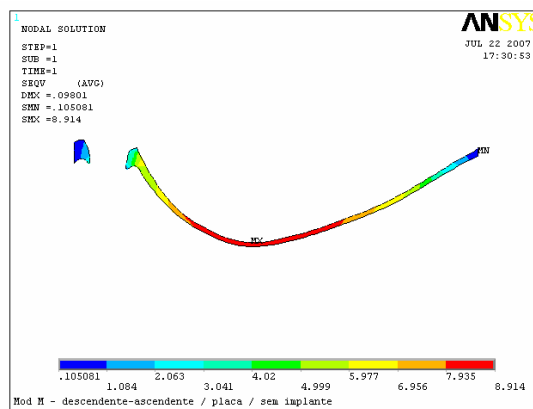
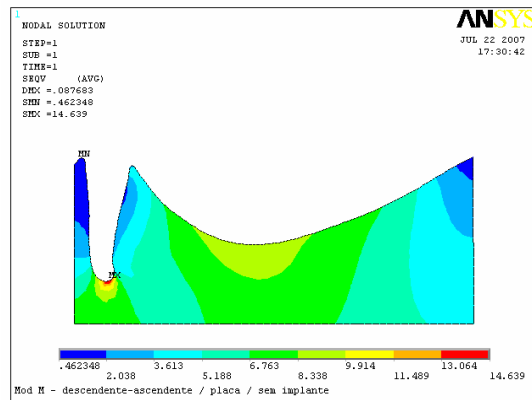
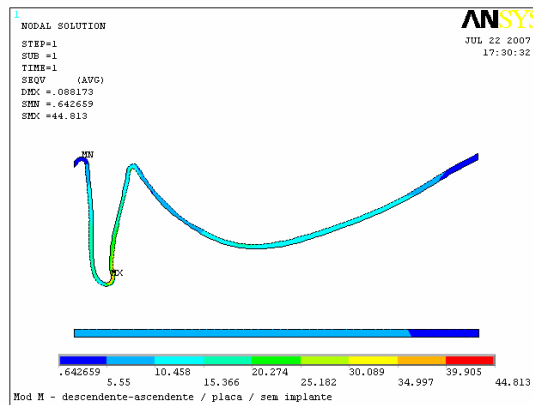
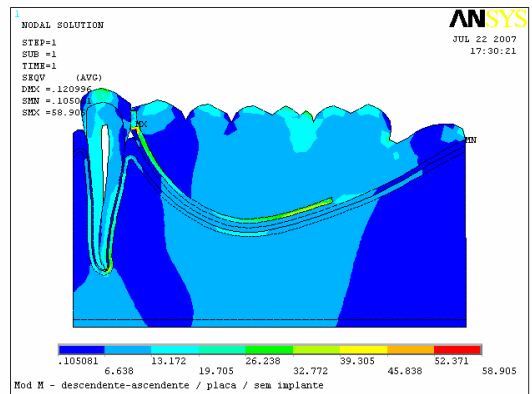
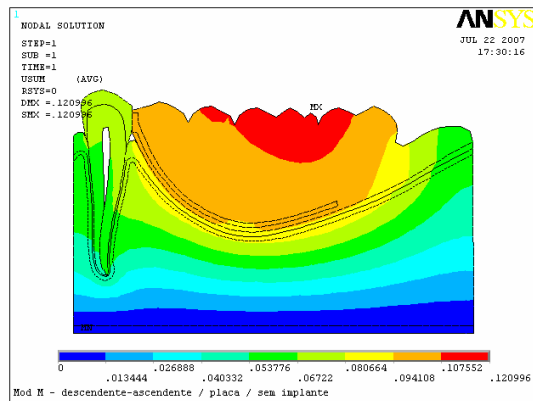


Modelo L:

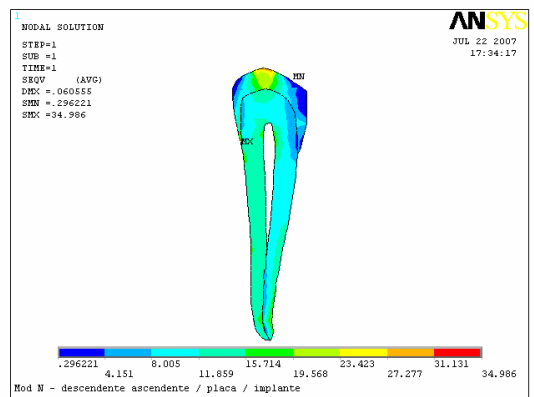
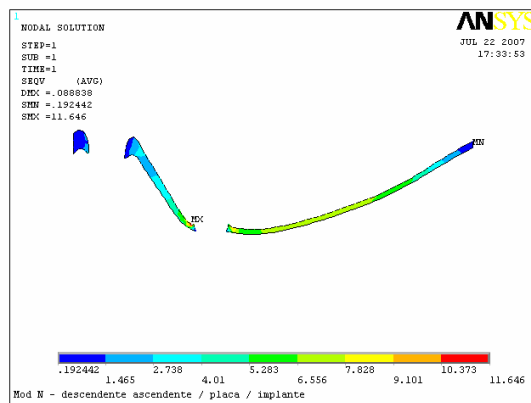
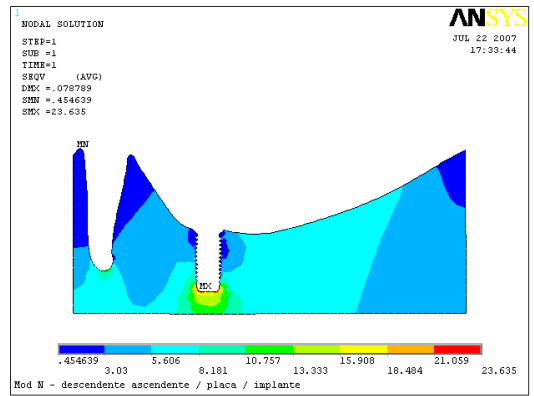
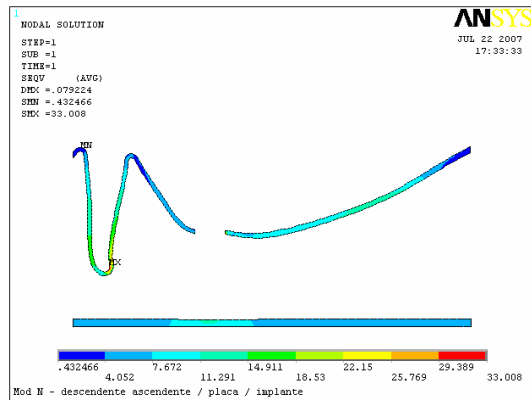
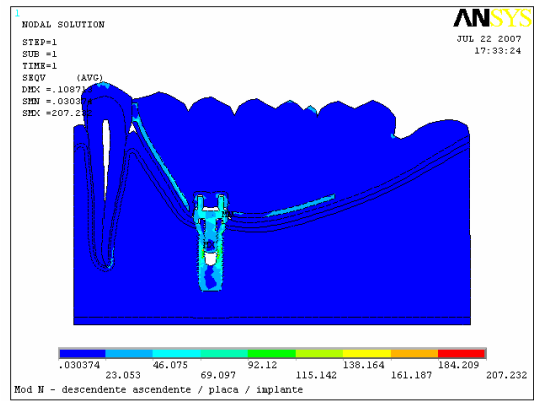
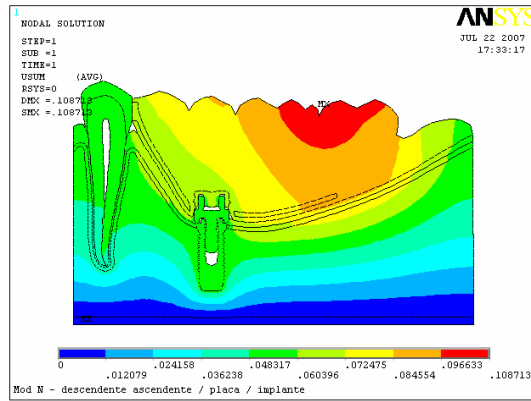


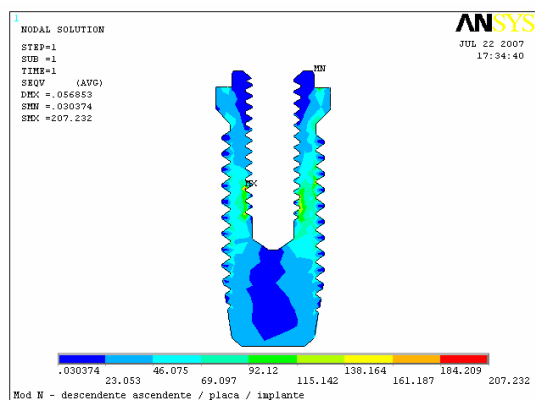


Modelo M:

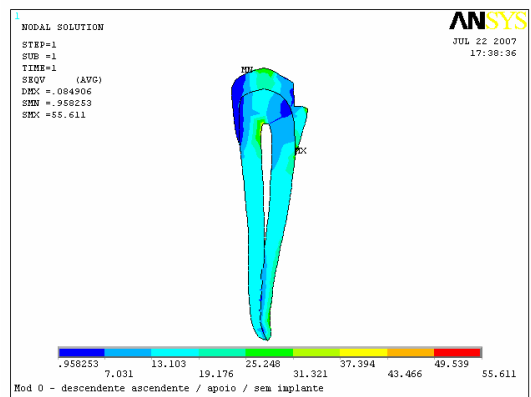
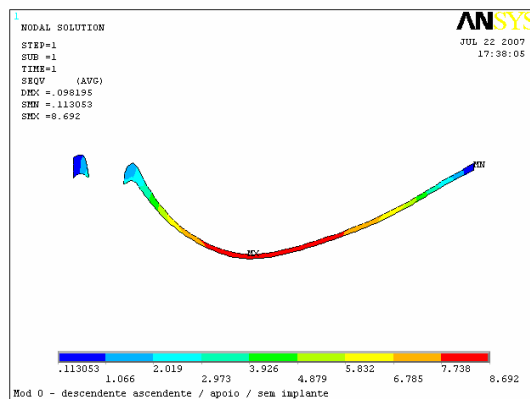
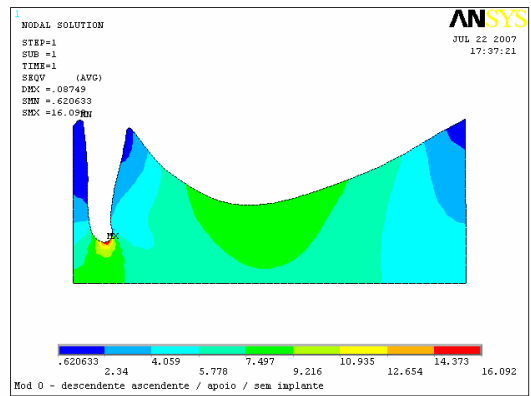
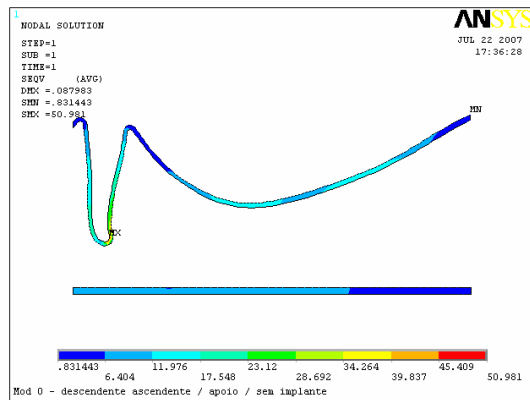
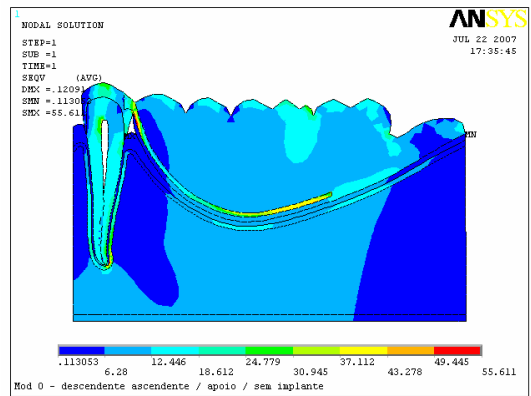
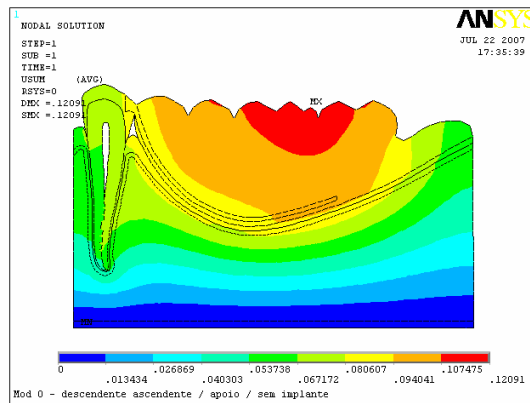


Modelo N:

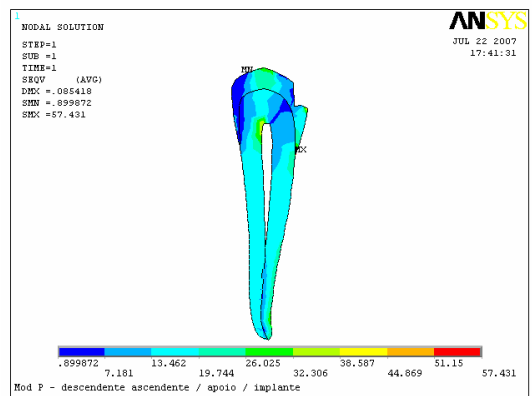
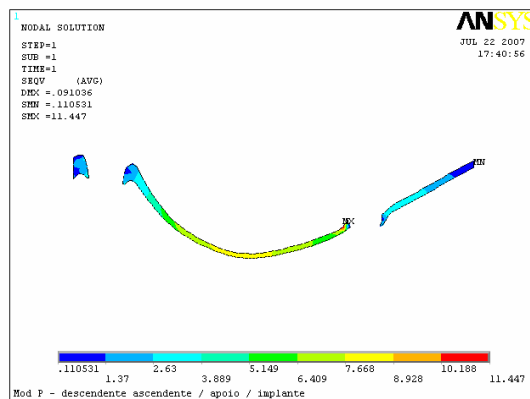
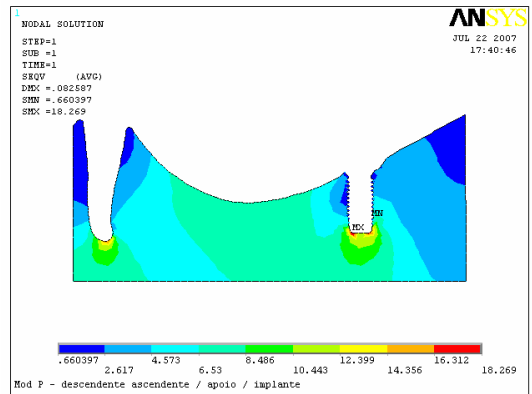
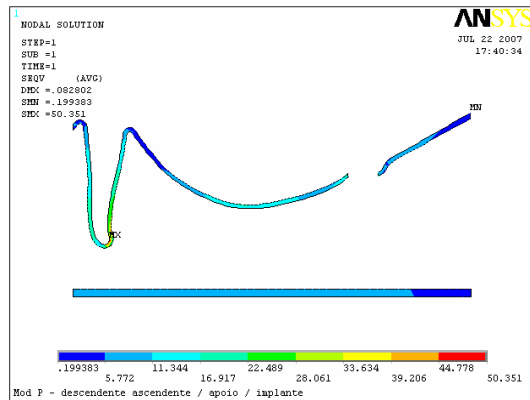
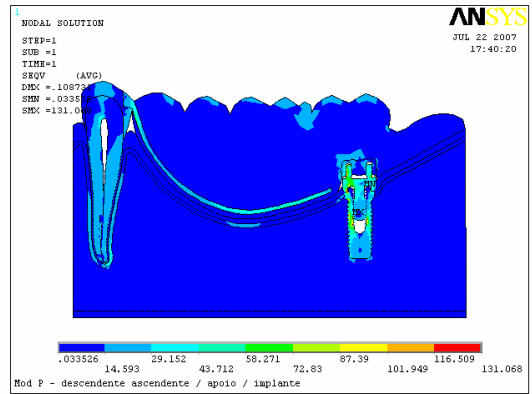
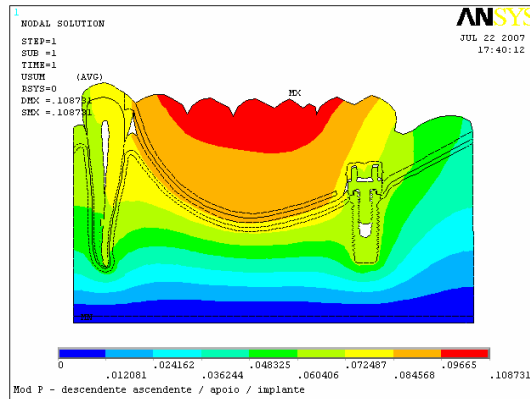


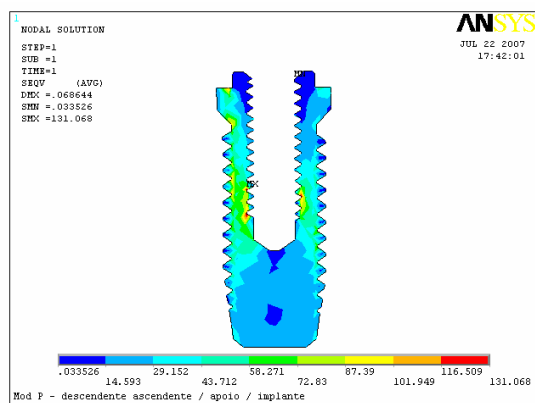


Modelo O:



Modelo P:

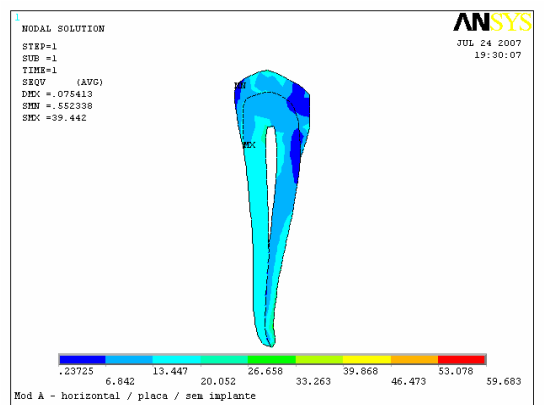
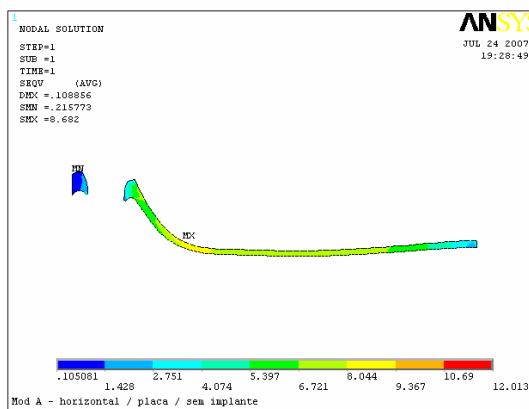
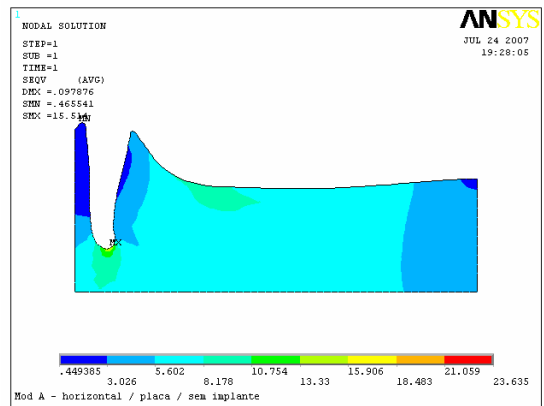
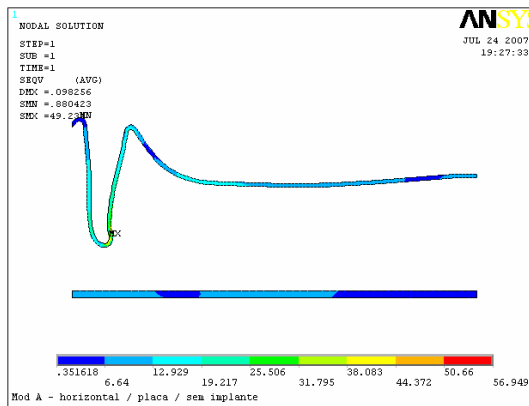
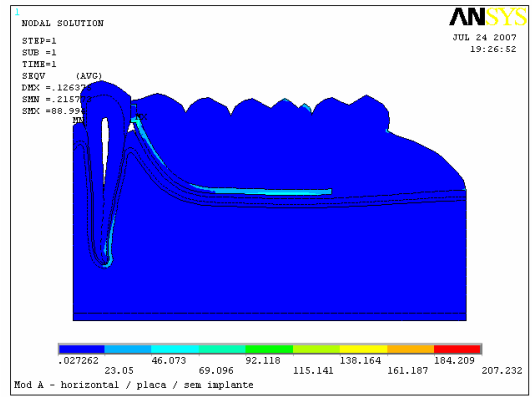
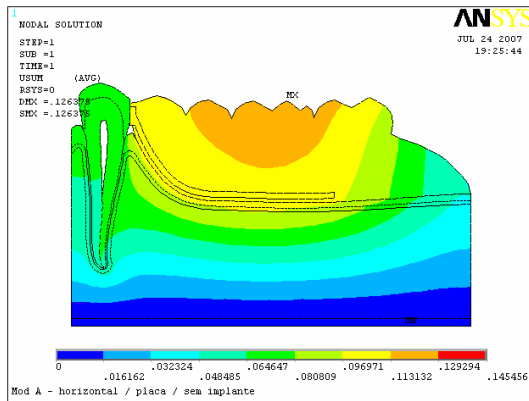




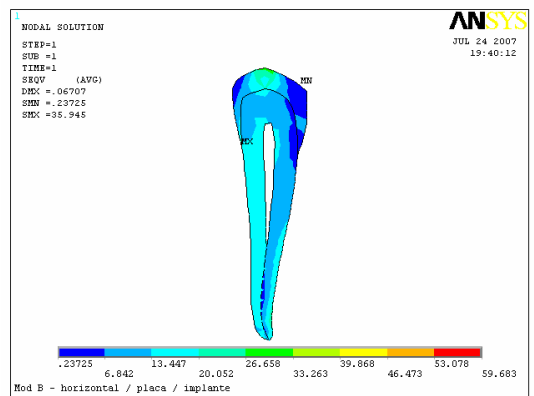
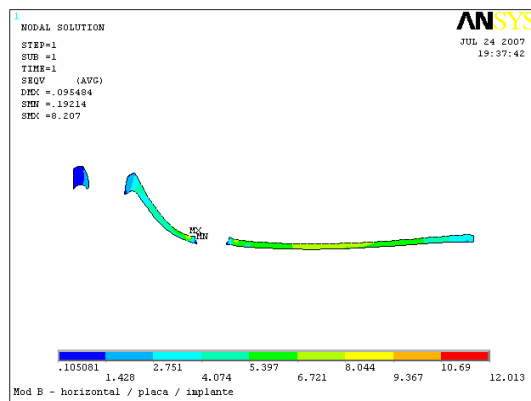
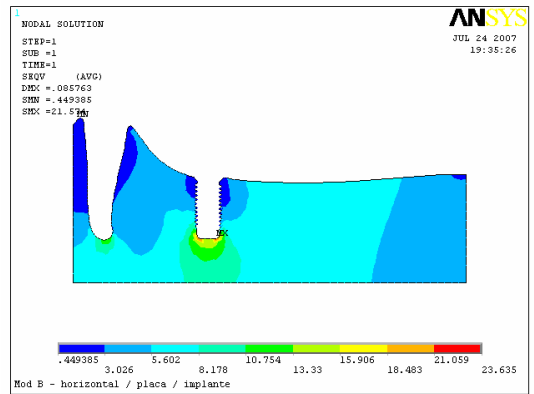
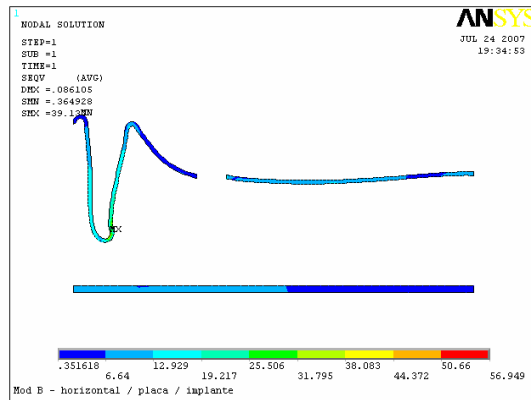
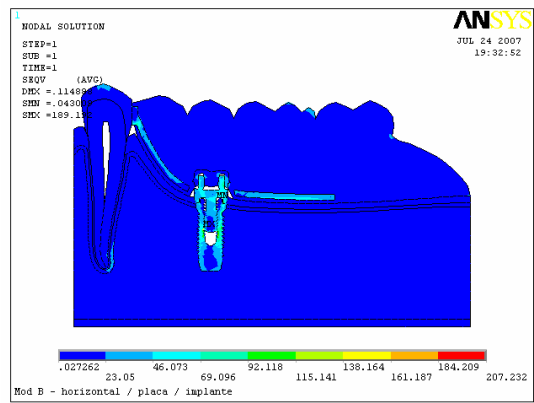
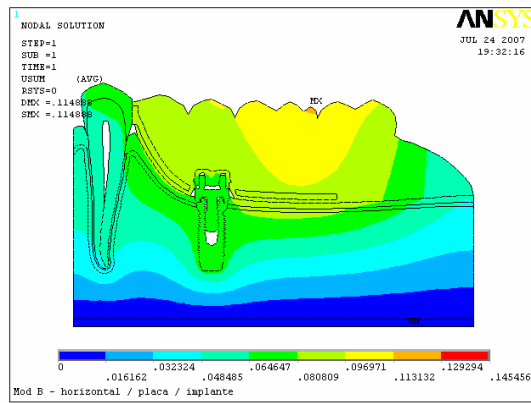
- Anexo E -

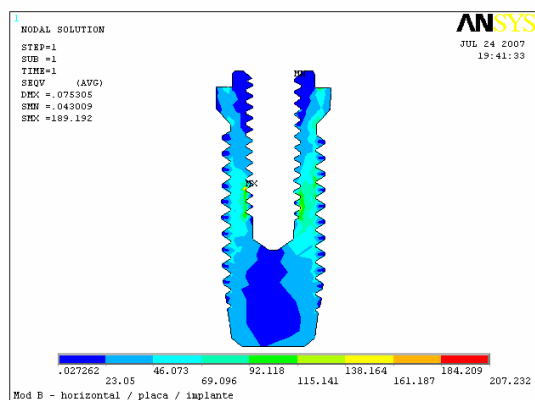
Modelos Padronizados

Modelo A:

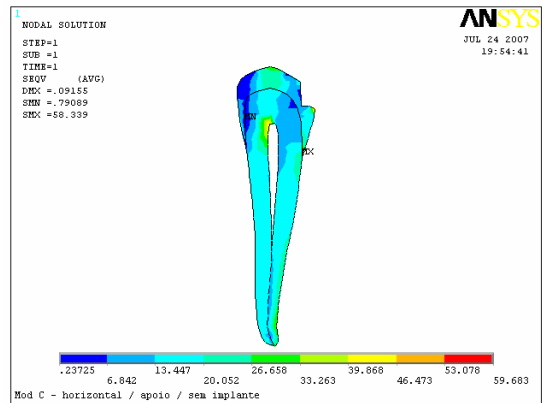
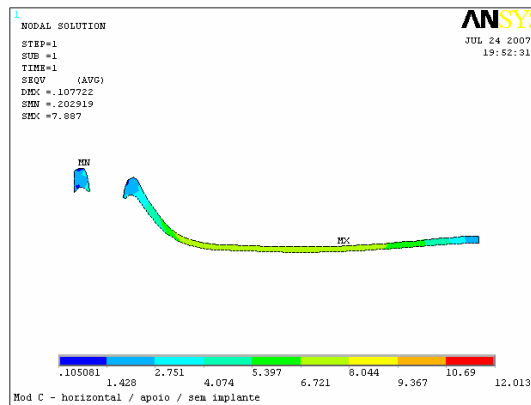
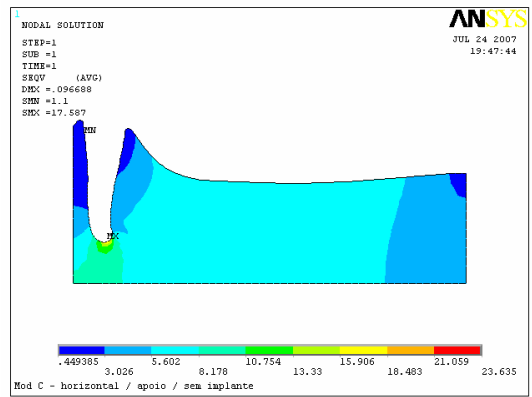
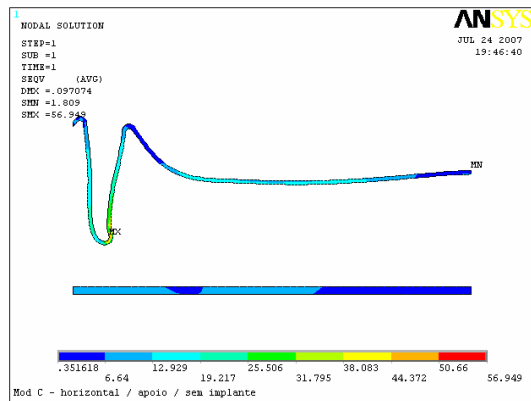
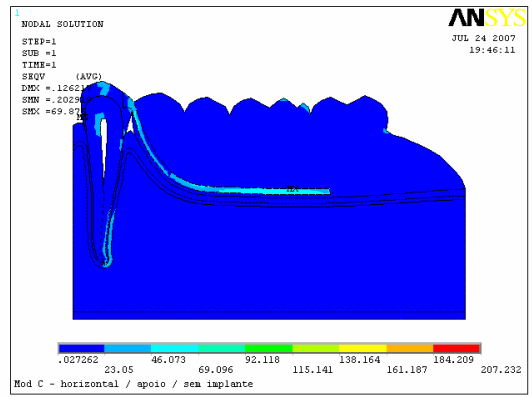
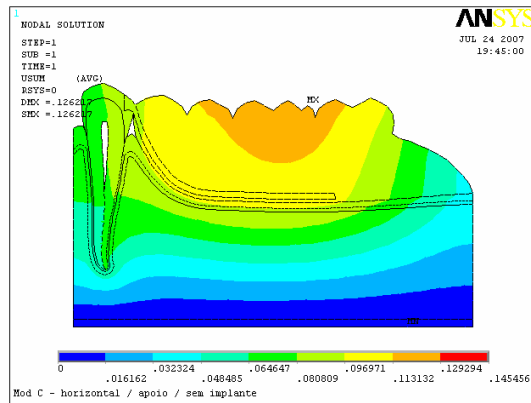


Modelo B:

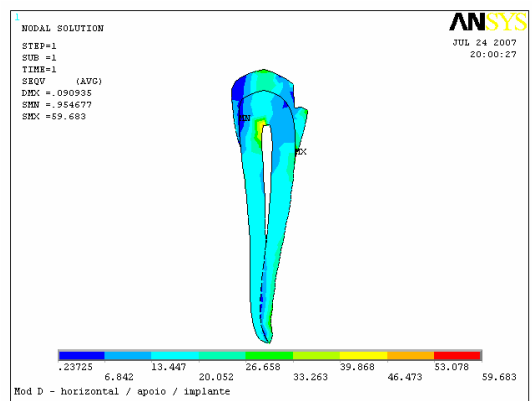
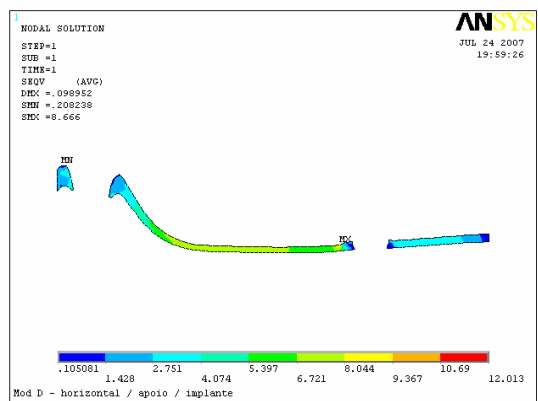
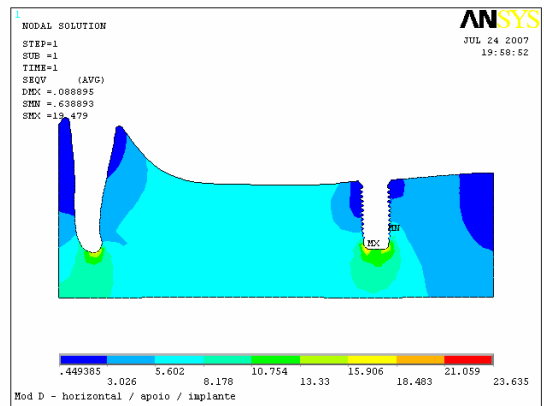
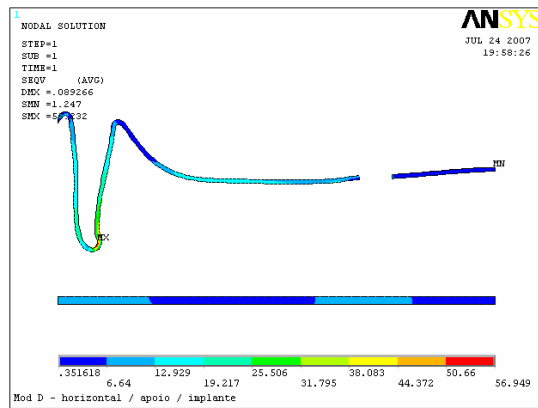
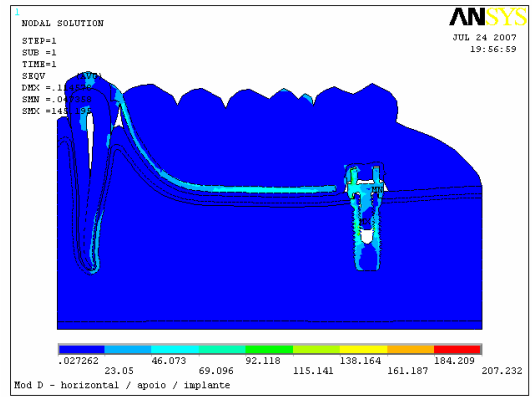
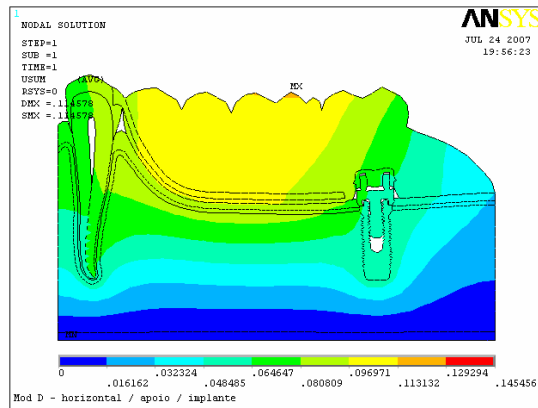


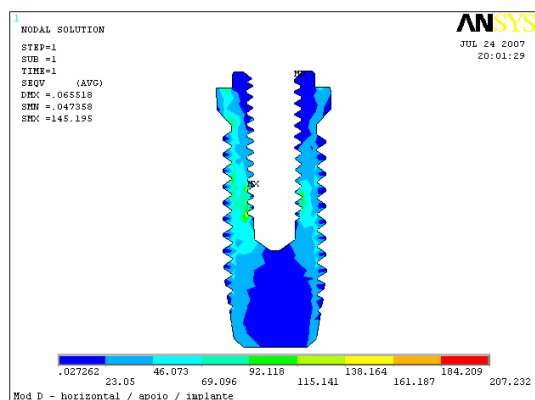


Modelo C:

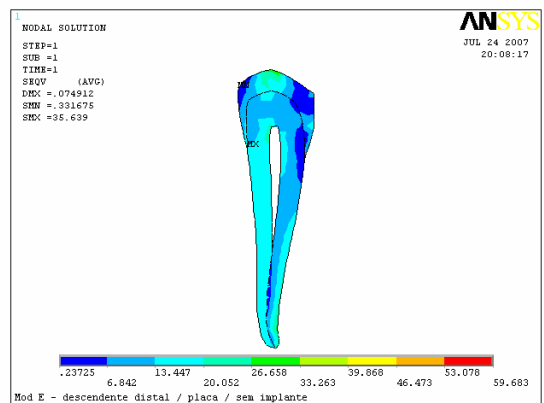
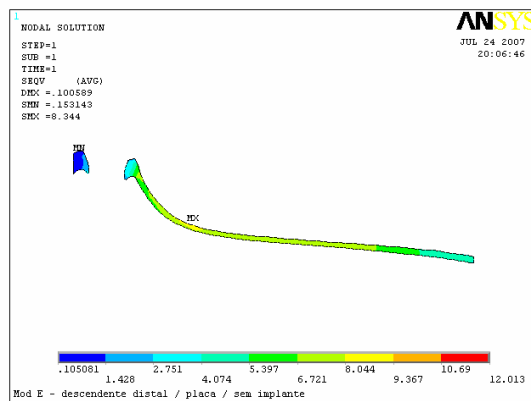
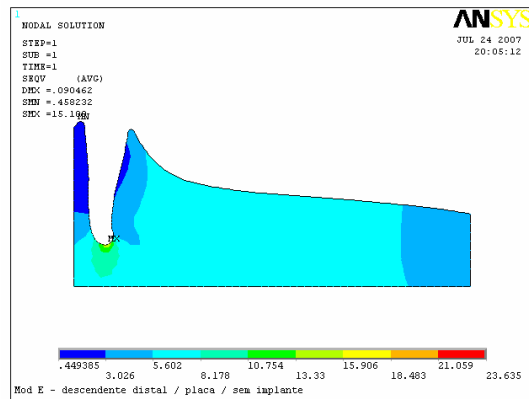
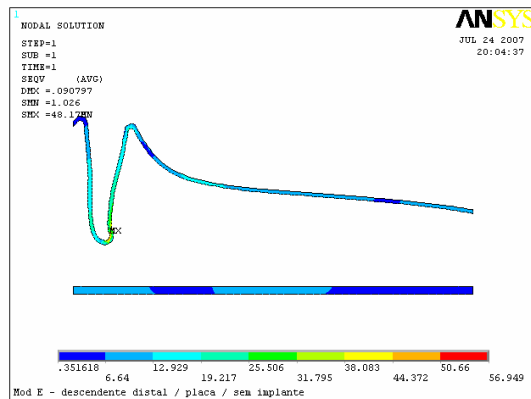
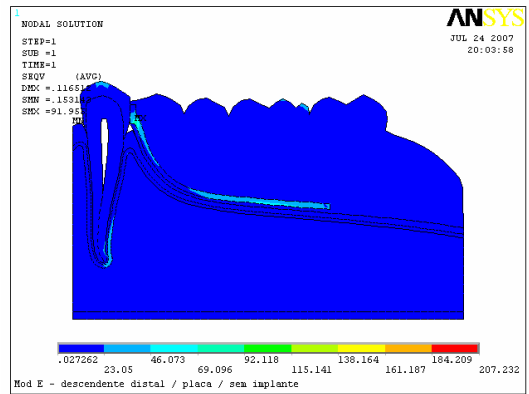
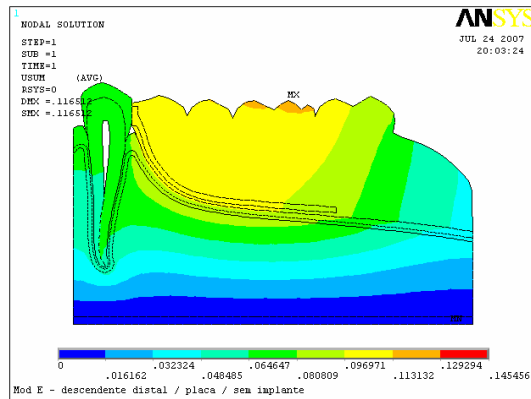


Modelo D:

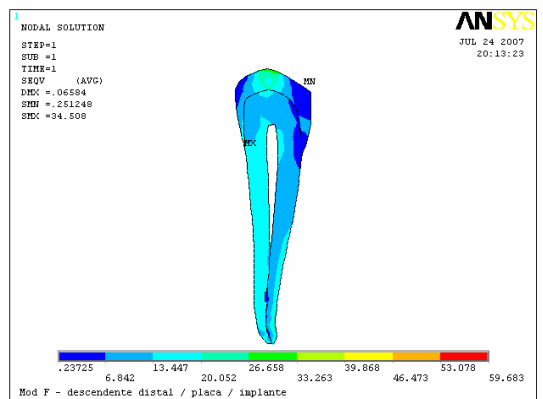
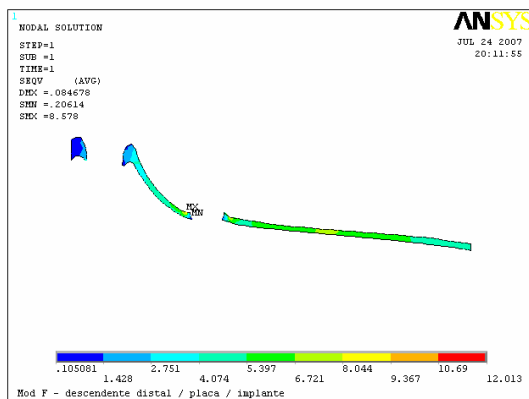
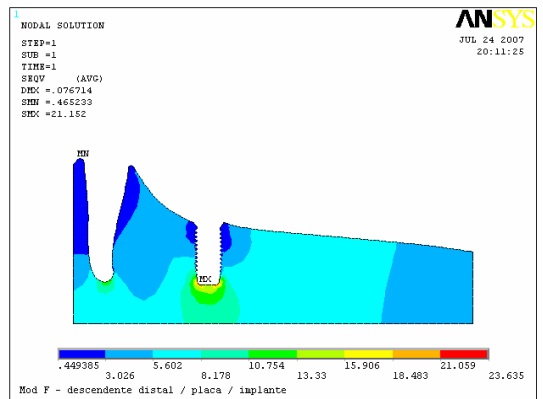
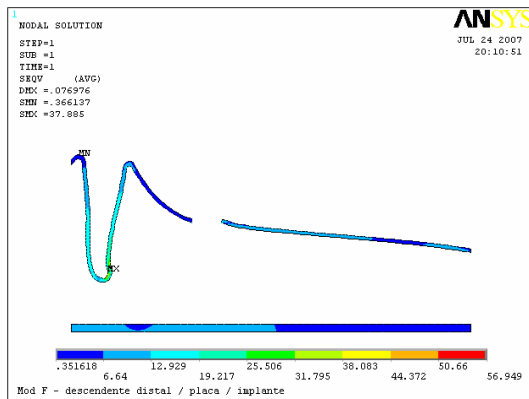
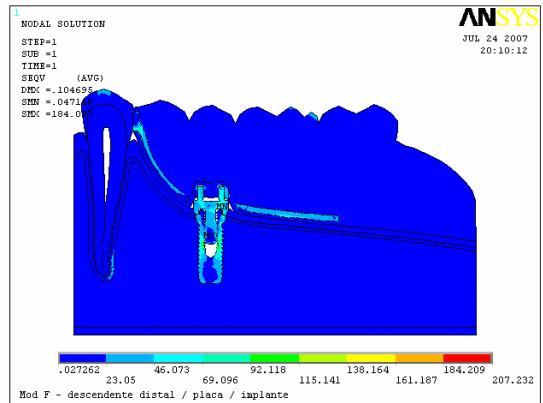
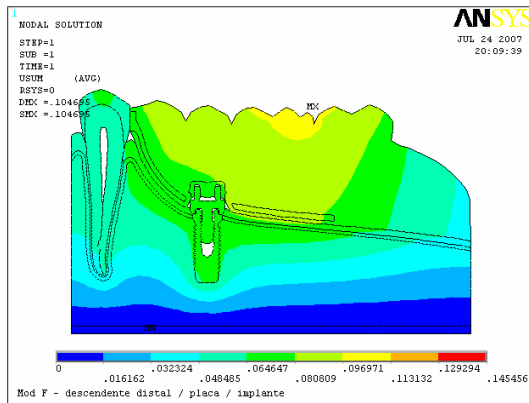


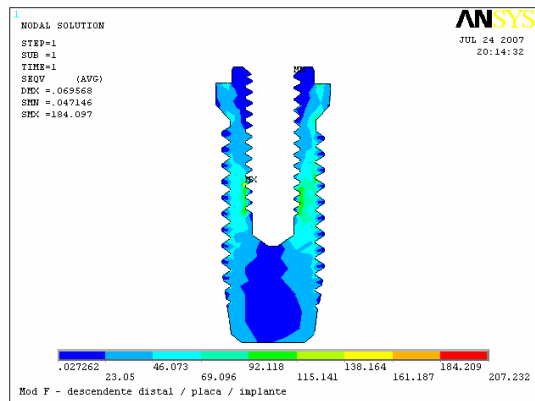


Modelo E:

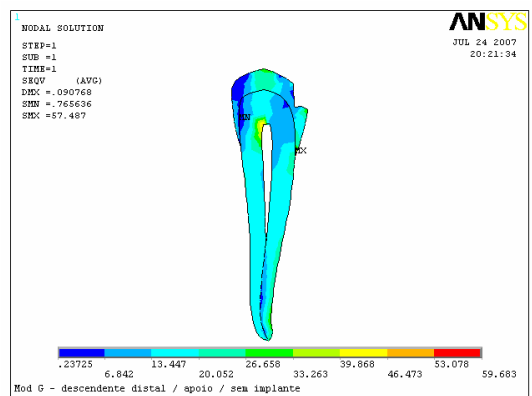
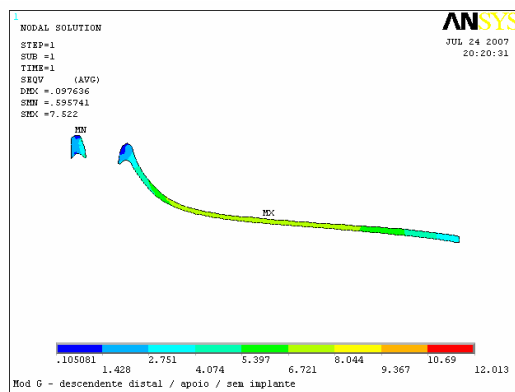
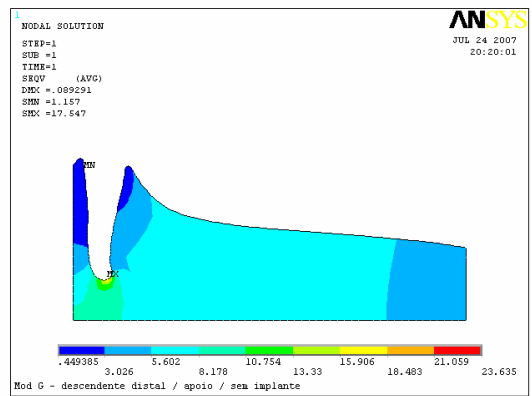
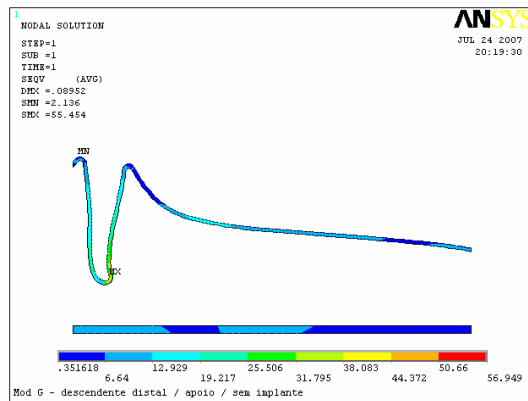
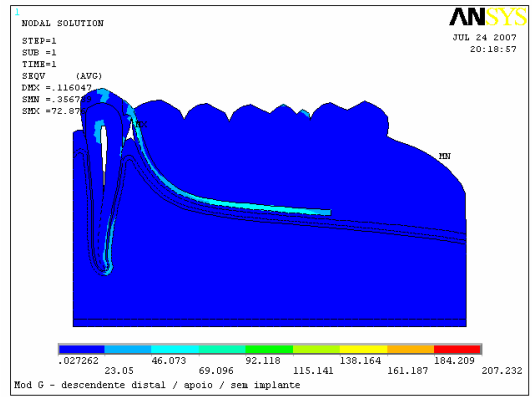
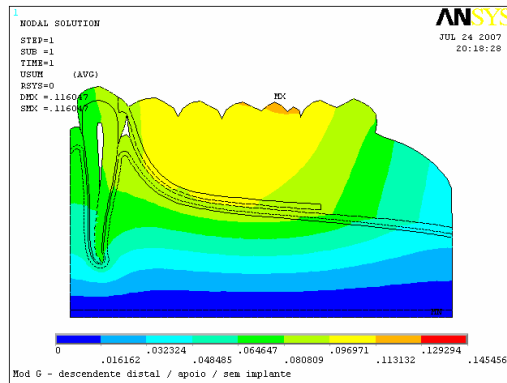


Modelo F:

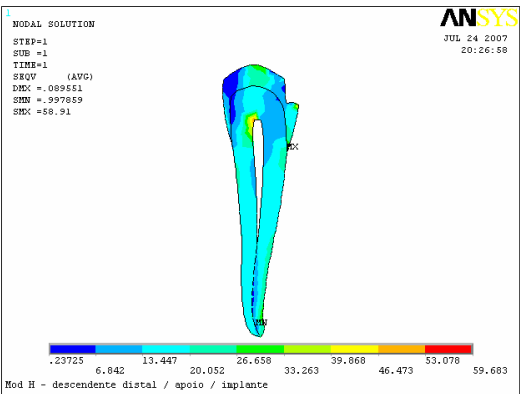
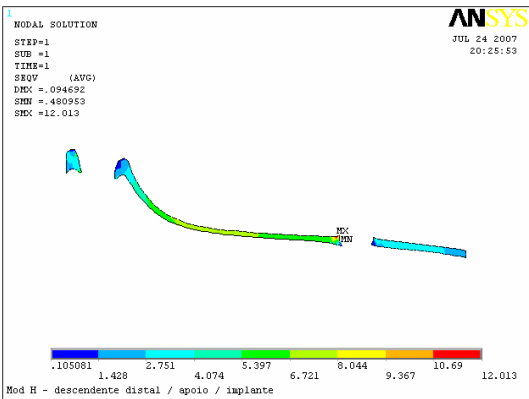
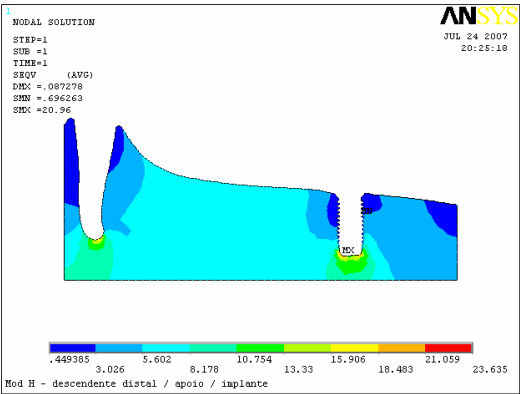
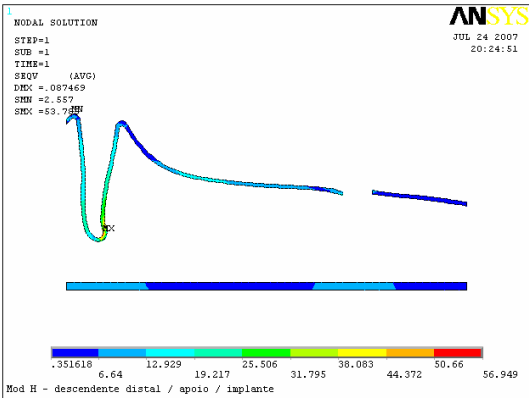
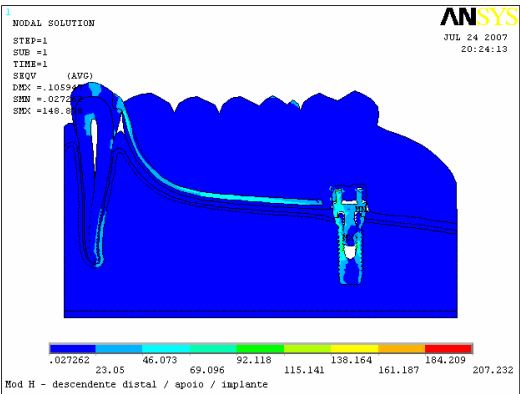
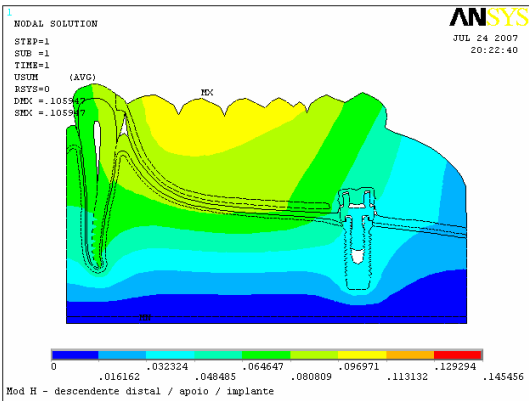


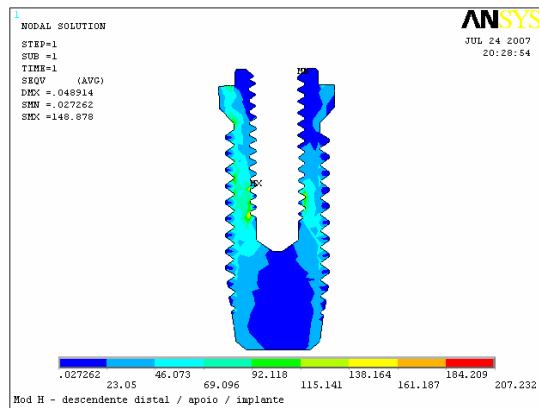


Modelo G:

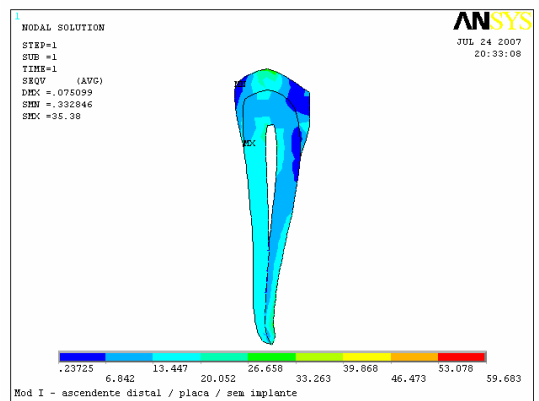
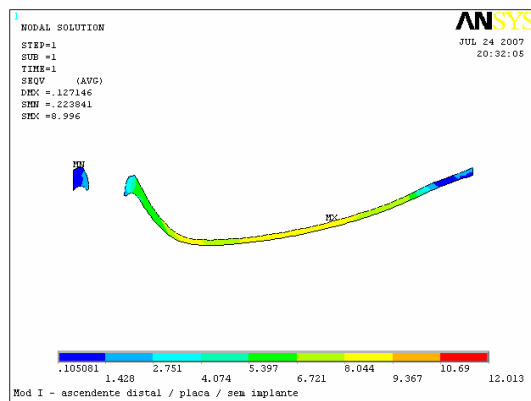
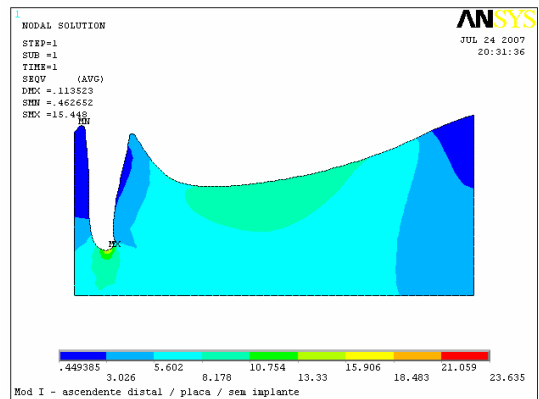
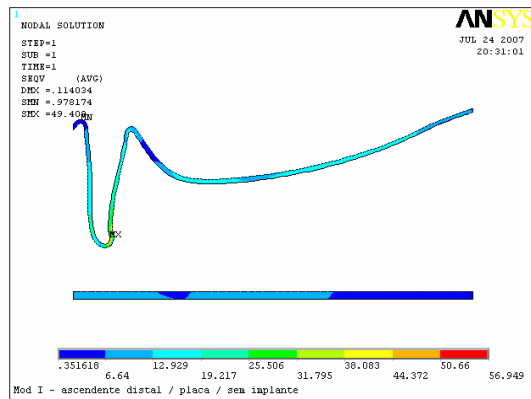
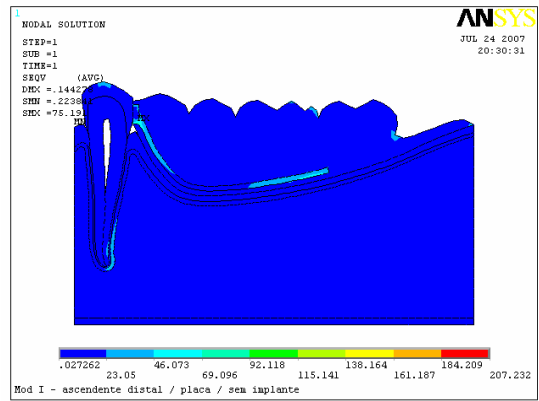
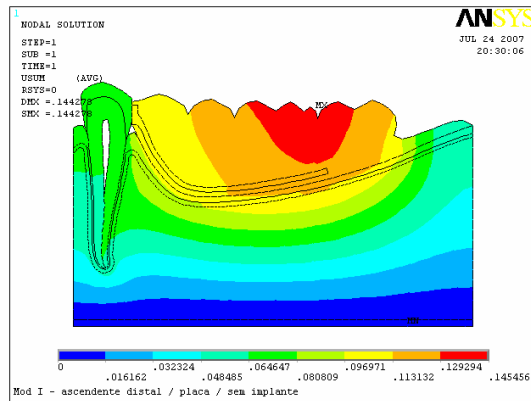


Modelo H:

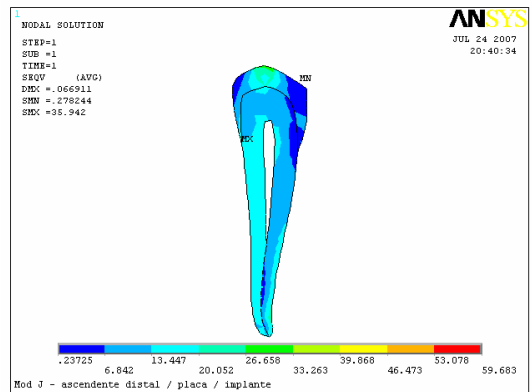
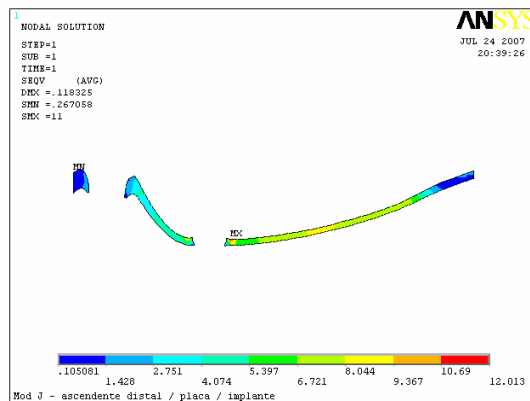
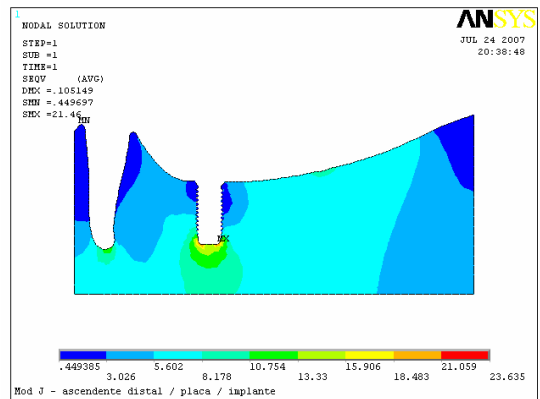
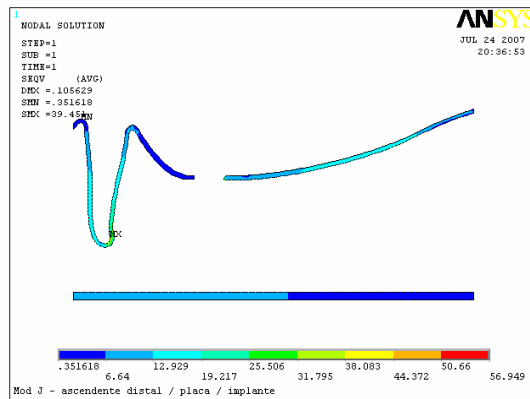
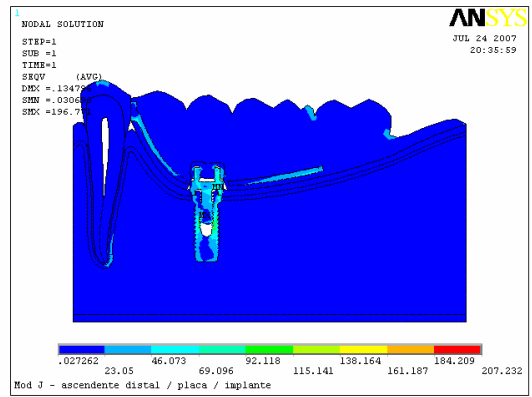
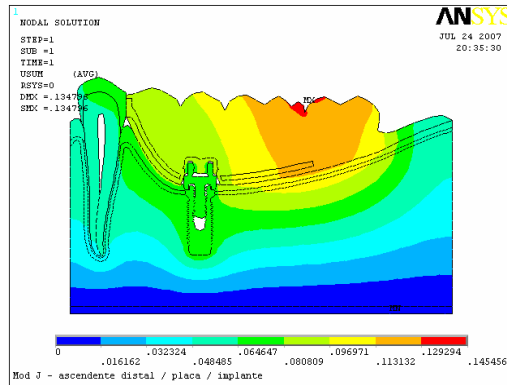


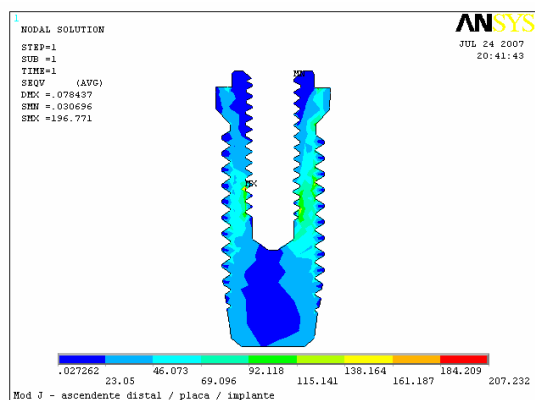


Modelo I:

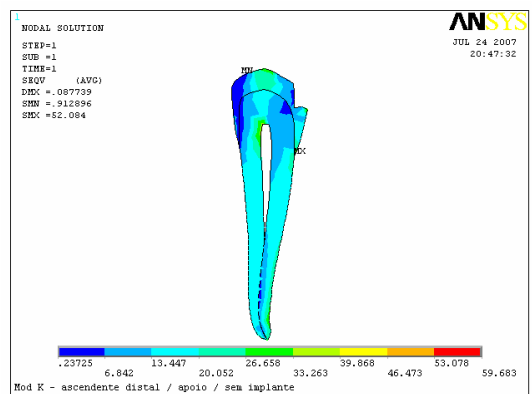
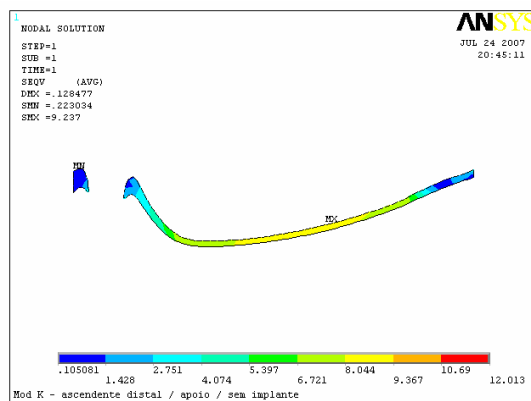
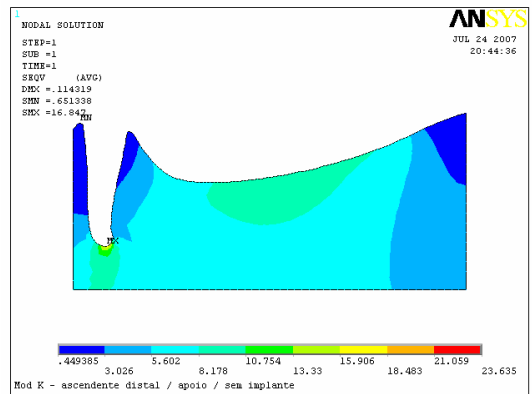
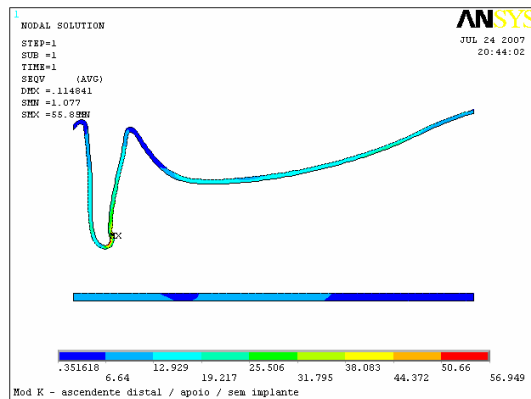
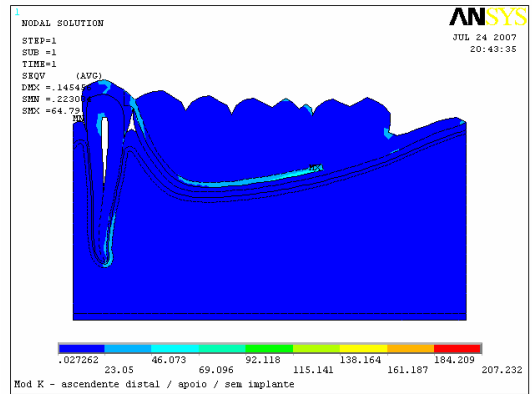
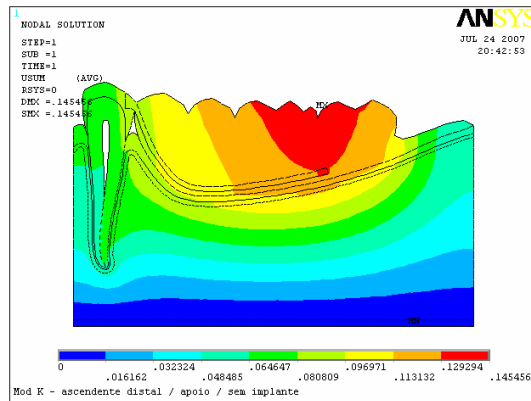


Modelo J:

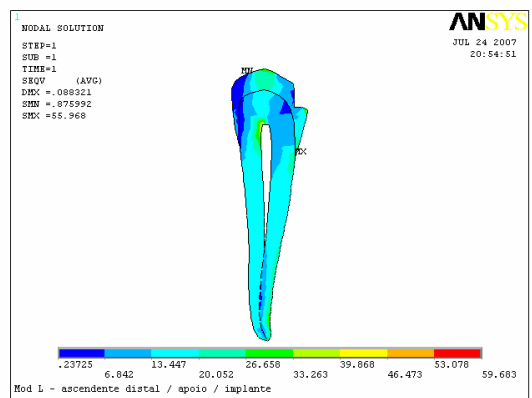
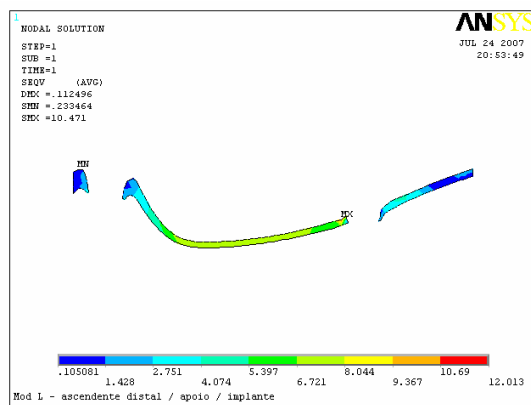
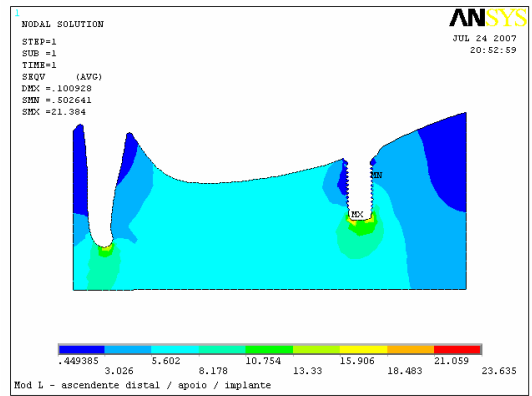
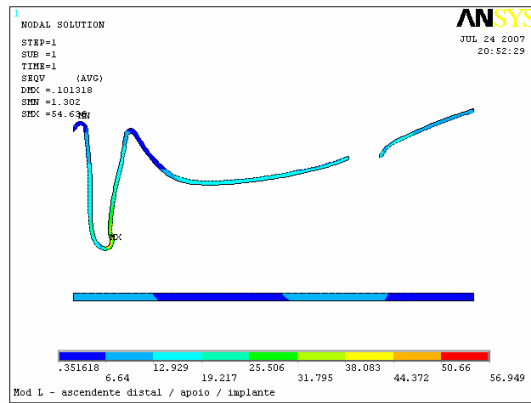
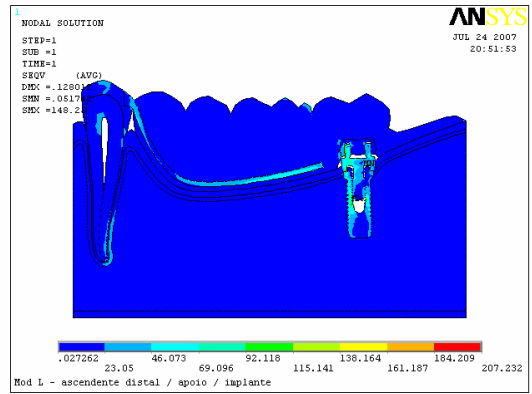
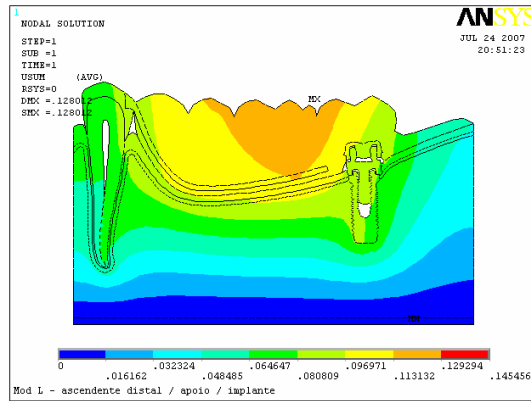


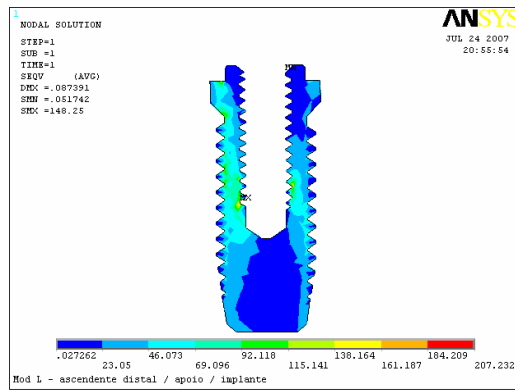


Modelo K:

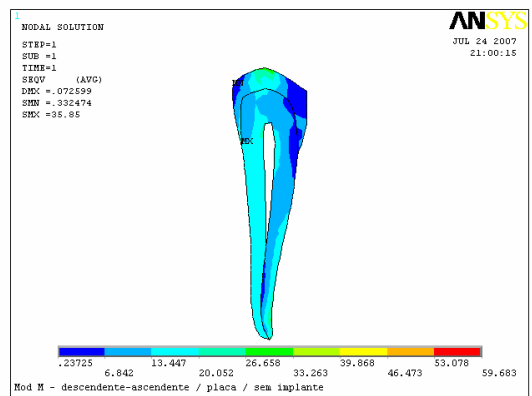
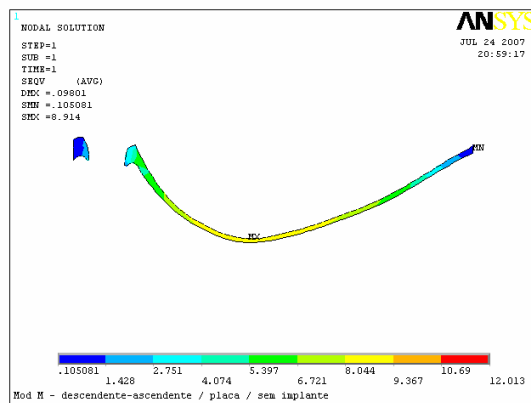
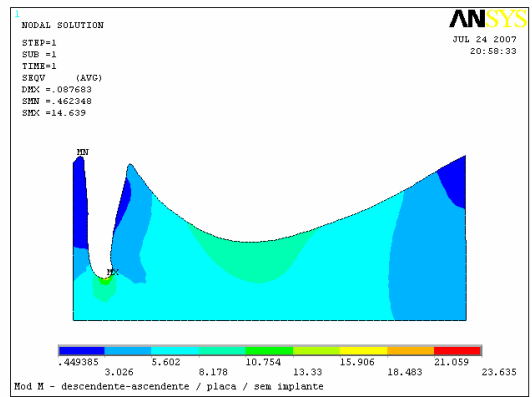
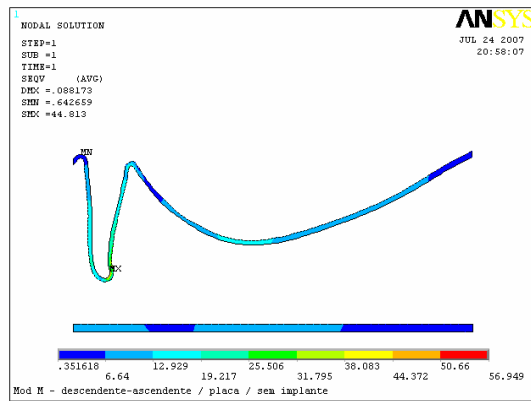
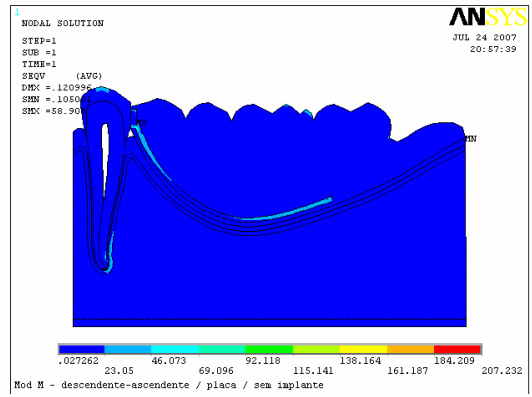
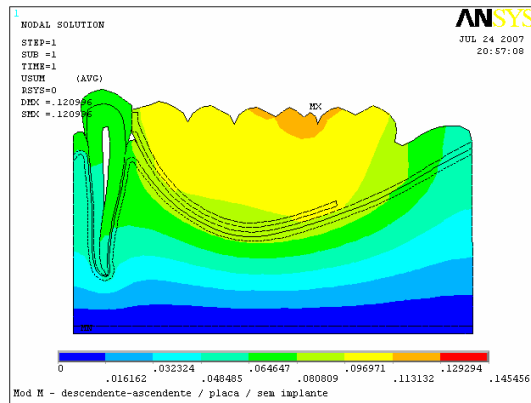


Modelo L:

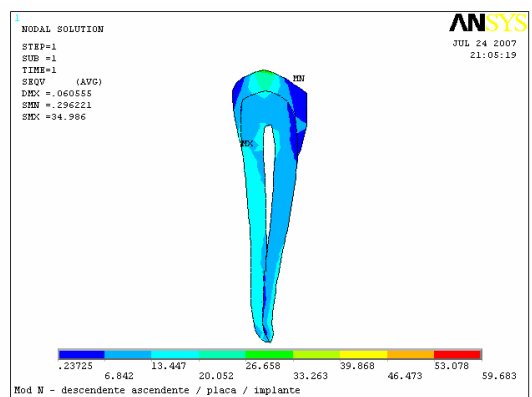
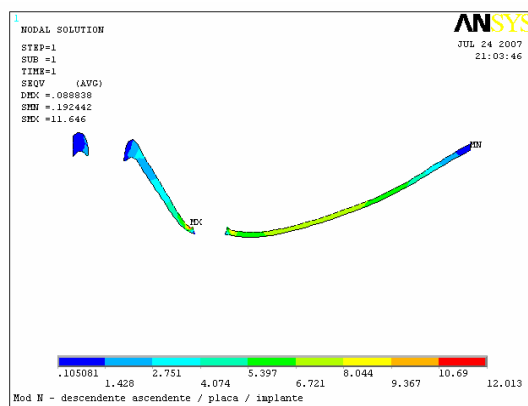
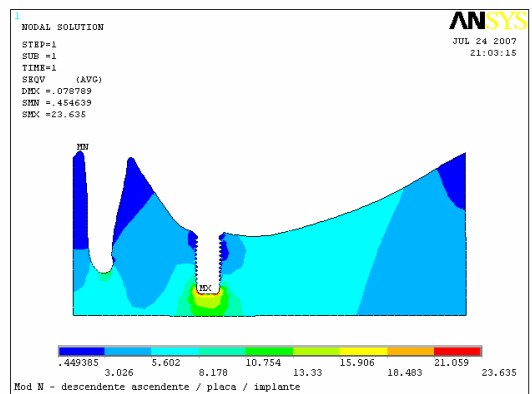
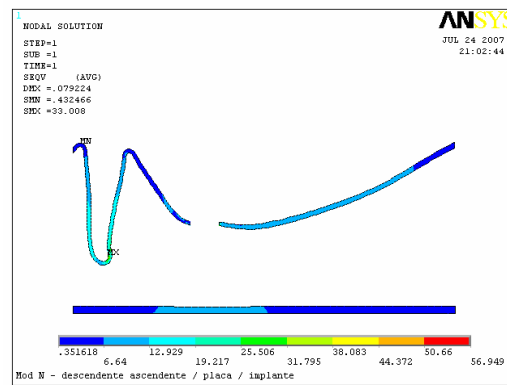
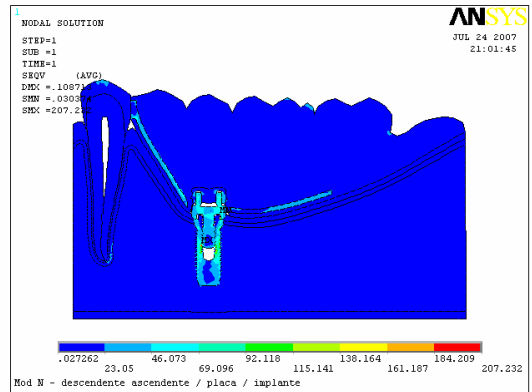
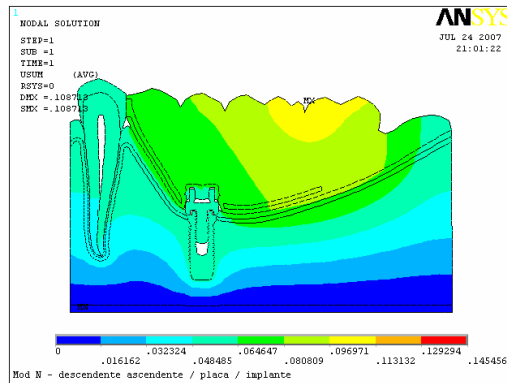


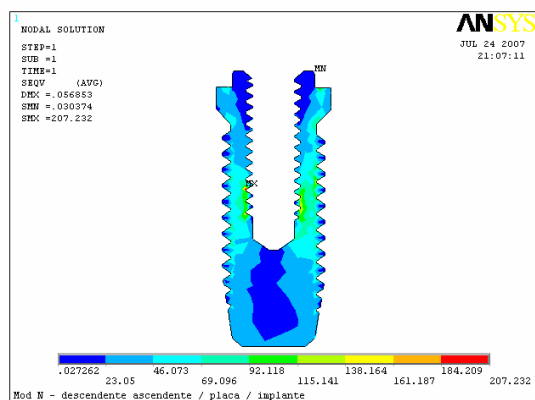


Modelo M:

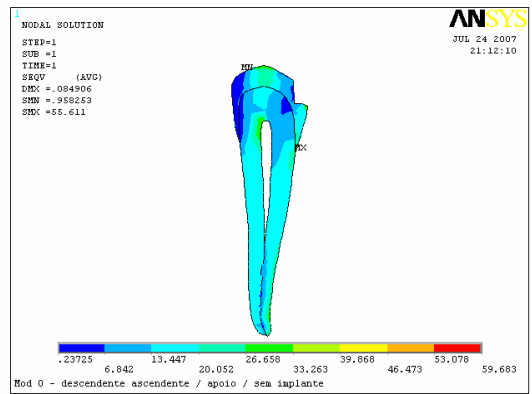
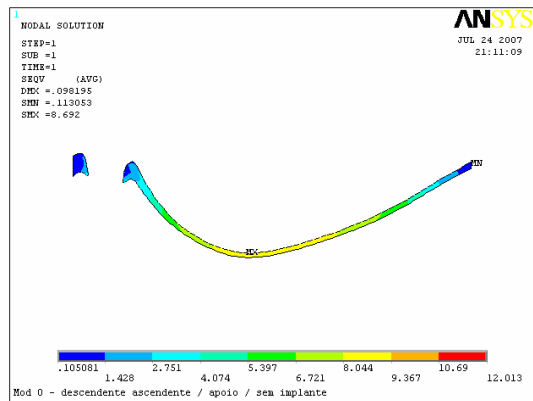
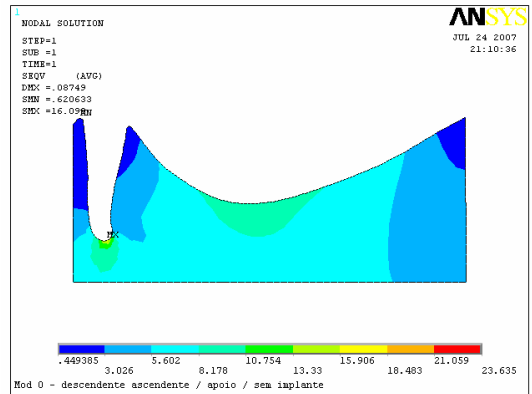
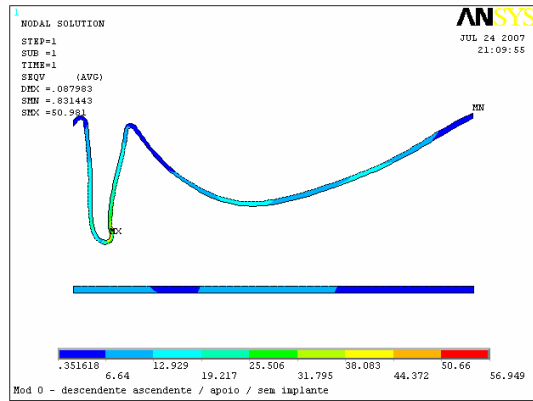
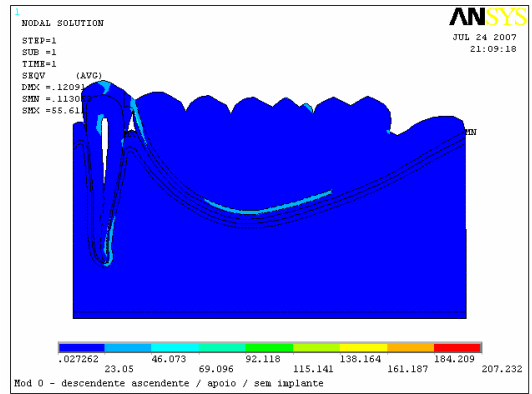
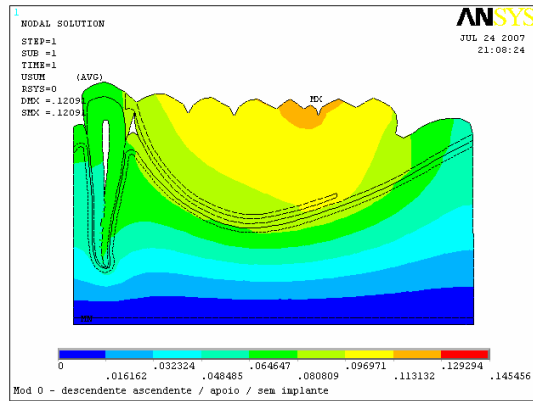


Modelo N:





Modelo O:



Modelo P:

