


 Universidade Federal de Goiás
 Faculdade de Odontologia
 Programa de Pós-Graduação
 Metodologia de Pesquisa em Biomecânica


 FACULDADE DE ODONTOLOGIA
 UFG

Método de Elementos Finitos

Alunos
 Daniela Bittar
 Priscilla Naves
 Rafaela Mosquera
 Regis Aleixo
 Roberto Hartmann

Orientadores: Prof. Dr. João Batista de Souza
 Prof. Dr. Lawrence Gonzaga Lopes
 Prof. Dr. Rodrigo Borges Fonseca



Fonte: Google



INTRODUÇÃO

Métodos convencionais para a análise de tensões na estrutura dentária:

- Modelos fotoelásticos
- Estudos com laser holográficos
- Modelos matemáticos analíticos
- Análises experimentais em humanos e/ou animais
- Análises matemáticas – Método de Elementos Finitos (MEF)

Métodos convencionais para a análise de tensões na estrutura dentária:

- Modelos fotoelásticos
 - limitados;
 - plano bidimensional
 - não consideram a mudança de direção da força
 - complexos;

BURSTONE, 1980; RUBIN, C. et al, 1983

Métodos convencionais para a análise de tensões na estrutura dentária:

- Estudos com laser holográficos
 - propriedades não lineares do ligamento periodontal
 - não é possível variar as formas geométricas utilizadas

BURSTONE, 1980;

Métodos convencionais para a análise de tensões na estrutura dentária:

- Modelos matemáticos analíticos
 - situações *in vivo*;
 - compatível com o real;
 - resultados simplificados;

STEYN, G. L.; VERWOERD, W. S.; VAN DER MERWE, E. J.; FOURIE, O. L. 1978

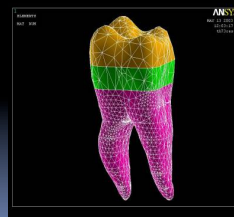
Métodos convencionais para a análise de tensões na estrutura dentária:

- Análises experimentais em humanos e/ou animais
 - limitadas;
 - variabilidade de fatores ~~erros~~ ~~complexos~~ sistemas de forças

REN, Y.; MALTHA, J. C.; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. 2003

Métodos convencionais para a análise de tensões na estrutura dentária:

- Método de Elementos Finitos (MEF)



Fonte: google

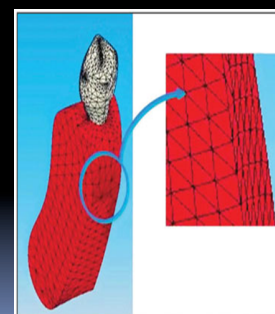
HISTÓRIA

- Séc. XVIII – Gauss → funções → problemas matemáticos;
- Dificuldade e limitação → equações algébricas;
- 1950 - Computação;
- 1956 - método de análise similar ao MEF;
- 1960 - MEF

GALLAGHER, R. H. 1975

Compreendendo Elementos Finitos

- Nó
- Malha



MIDDLETON, J.; JONES, M. L.; WILSON, N. A. 1990

Bird Flight

By
Mangash

Vantagens MEF

- Versátil
- Semelhança entre estrutura e seu modelo de elementos finitos
- Possibilita a aplicação de um sistema de forças em qualquer ponto e/ou direção
- Possibilita análise qualitativa e quantitativa
- Permite avaliar tensão/deformação

Assunção et al. 2009; Geng et al. 2001

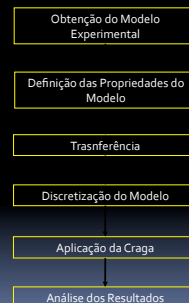
Princípio MEF

Deslocamento → Deformação → Tensão



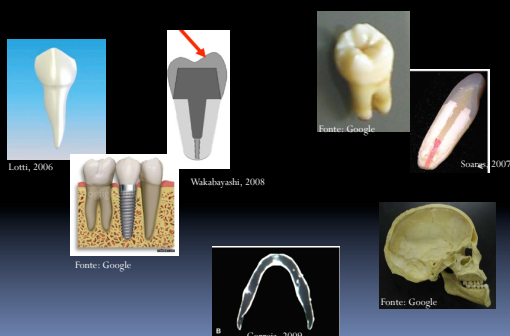
Fonte: google

ETAPAS DE UMA ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

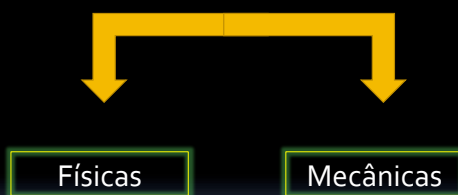


Assunção et al, 2009; Geng et al, 2001

Obtenção do Modelo experimental



Definição das propriedades do Modelo



Assunção et al, 2009; Geng et al, 2001

Propriedades Físicas

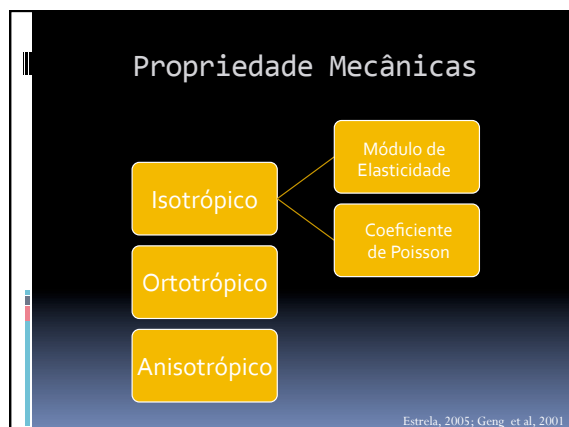


Estrela, 2005; Geng et al, 2001

Propriedade Mecânicas



Geng et al, 2001

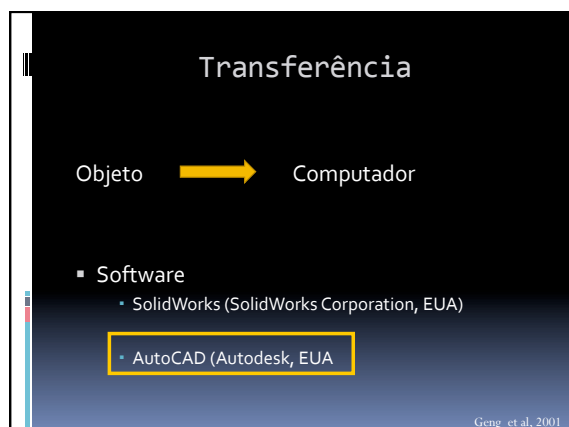


Propriedades Mecânicas

Módulo de Elasticidade e Coeficiente de Poisson

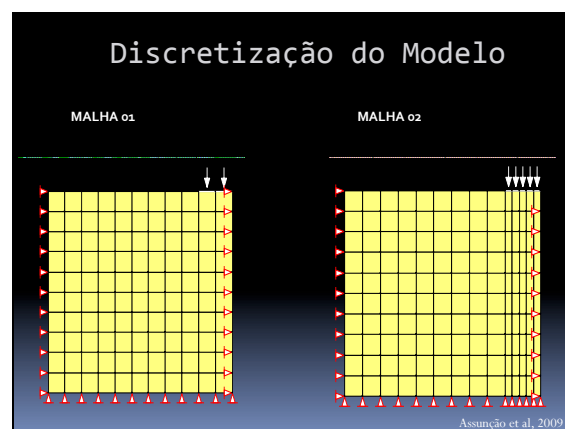
Material	Módulo de Young	Coeficiente de Poisson
Esmalte	$4,1 \times 10^4$ MPa	0,30
Dentina	$1,9 \times 10^4$ MPa	0,31
Polpa	2,07 MPa	0,45
Osso cortical	$1,37 \times 10^4$ MPa	0,30
Osso esponjoso	$1,37 \times 10^3$ MPa	0,30
Ligamento Periodontal	7×10^{-2} MPa	0,49

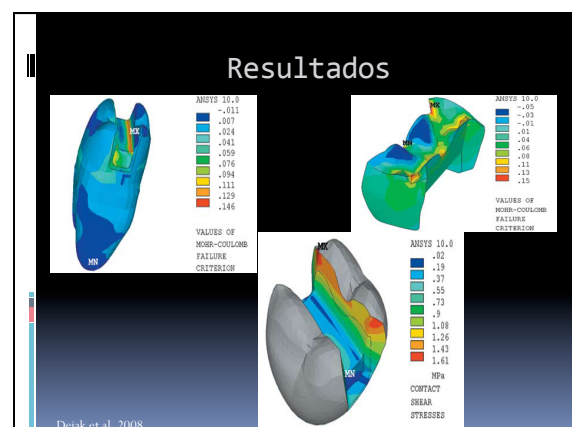
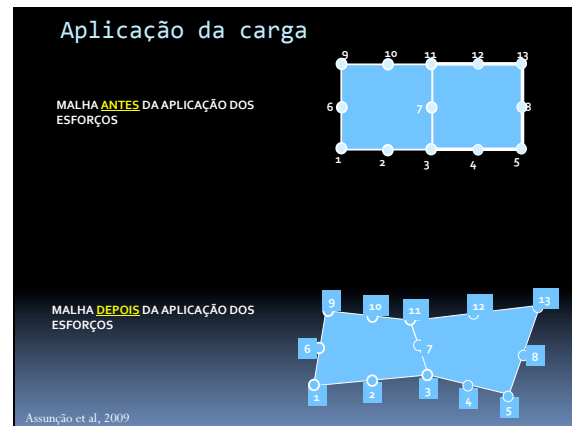
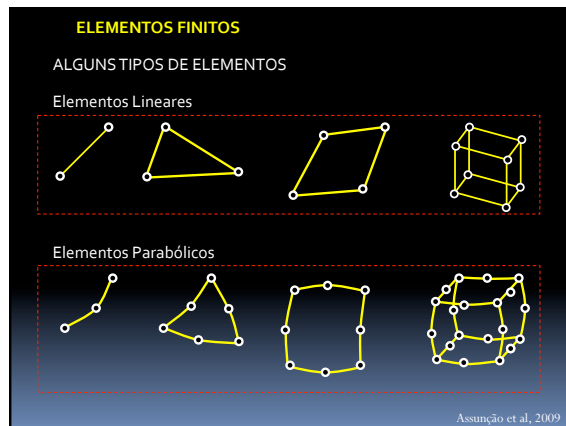
Oliveira et al., 2000; Rubin et al., 1983; Andersen et al., 1991

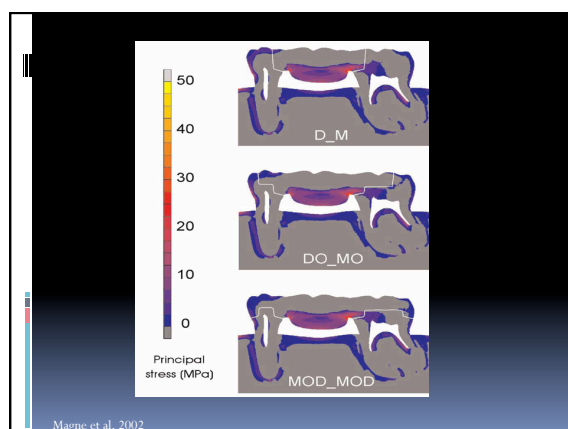


Autocad: vídeo

▪ <http://www.youtube.com/watch?v=g2qez4BVBG4&feature=related>







Limitações dos Resultados

- Variabilidade inerente aos processos biomecânicos
- Simplificações para a adoção de um determinado modelo matemático
- Divisão de estruturas complexas em várias formas geométricas
- Omissão ou má interpretação de aspectos importantes do comportamento físico do material
- Erros do programa de computador não checados devidamente
- Utilização de programas inapropriados e/ou de informações incorretas
- Obtenção de uma malha muito simplificada e uso de elemento inadequado

Assunção et al., 2008

Referências

- RUBIN, C. et al. Stress analysis of the human tooth using a three-dimensional finite element model. *J Dent Res*, Washington, v. 62, no. 2, p. 82-86, Feb. 1983.
- OLIVEIRA, E. J. Biomecânica básica para ortodontistas. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2000. 196p.
- ANDERSEN, K. L.; PEDERSEN, E. H.; MELSEN, B. Material parameters and stress profiles within the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, St. Louis, v. 99, no. 5, p. 427-40, May, 1991.
- Soares, C.J. et al. Two-Dimensional FEA of Dowels of Different Compositions and External Surface Configurations. *Journal of Prosthodontics* 18 (2009) 36-42
- Geng, J.P. Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001;85:585-98.
- Magne, P. Stress distribution of inlay-anchored adhesive fixed partial dentures: A finite element analysis of the influence of restorative materials and abutment preparation design. *J Prosthet Dent* 2002;87:516-27.
- Dejak, P.; Mlotkowski, A. Three-dimensional finite element analysis of strength and adhesion of composite resin versus ceramic inlays in molars. *J Prosthet Dent* 2008;99:131-140

Referências

- Assunção, W.G. et al. Biomechanics Studies in Dentistry: Bioengineering Applied in Oral Implantology. *J Craniofac Surg* 2009;20: 1173Y1177.
- GALLAGHER, R. H. Introduction. In: _____. Finite element analysis: fundamentals. 4. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1975. cap. 1, p. 1-19.
- MIDDLETON, J.; JONES, M. L.; WILSON, N. A. Three-dimensional analysis of orthodontic tooth movement. *J Biomed Eng, Surrey*, v. 12, no. 4, p. 319-327, Jul. 1990.
- TANNE, K.; INOUE, Y.; SAKUDA, M. Biomechanical behavior of the periodontium before and after orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*, Appleton, v. 65, no. 2, p. 123-128, 1995.
- PROVATIDIS, C. A comparative FEM-study of tooth mobility using isotropic and anisotropic models of the periodontal ligament. *Med Eng Phys*, Oxford, v. 22, no. 5, p. 359-370, Jun. 2000.
- COOK, R. D.; MALKUS, D.; PLESHA, M. E. Introduction. In: _____. Concepts and applications of finite element analysis. 3. ed. John Wiley & Sons, 1989. cap. 1, p. 1-30.
- BURSTONE, C. J.; PRYPUTNIEWICZ, R. J. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces. *Am J Orthod*, St. Louis, v. 77, no. 4, p. 398-409, Apr. 1980.

Referências

- CAPUTO, A. A.; CHACONAS, S. J.; HAYASHI, R. K. Photoelastic visualization of orthodontic forces during canine retraction. *Am J Orthod*, St. Louis, v. 65, no. 3, p. 250-259, Nov. 1974.
- FORTIN, J. M. Translation of premolars in the dog by controlling the moment-to force ratio on the crown. *Am J Orthod*, St. Louis, v. 59, no. 6, p. 541-551, Jun. 1971.
- LEE, B. W. Relationship between tooth-movement rate and estimated pressure applied. *J Dent Res*, Washington, v. 44, no. 5, p. 1053, Sept./Oct. 1965.
- MC GUINNESS, N. et al. Stresses induced by edgewise appliances in the periodontal ligament: a finite element study. *Angle Orthod*, Appleton, v. 62, no. 1, p. 15-22, Jan. 1992.
- REZENDE, I. C. B. Relação entre a perda de osso alveolar, magnitude de força aplicada e o deslocamento inicial do dente: uma análise tridimensional pelo método dos elementos finitos. 2000. 72 f. Monografia (Especialização em Ortodontia)-Centro de Odontologia e Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.
- STEYN, C. L.; VERWOERD, W. S.; VAN DER MERWE, E. J.; FOURIE, O. L. Calculation of the position of the axis of rotation when single-rooted teeth are orthodontically tipped. *Br J Orthod*, Oxford, v. 5, no. 3, p. 153-156, Jul. 1978.
- REN, Y.; MALTHA, J. C.; KUIPERS-JAGTMAN, A. M. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod*, Appleton, v. 73, no. 1, p. 86-92, Jan. 2003.
- Estrela C. Metodologia científica. 2ª edição. São Paulo: Artes Médicas, 2005.