

# ESTUDO EXPERIMENTAL E NUMÉRICO DAS TENSÕES ATUANTES NAS ESTRUTURAS ÓSSEAS BUCAIS PROVOCADAS POR APARELHO COM PARAFUSO EXPANSOR.

**Iracema Maria Utsch Braga** - Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG,  
e-mail: [iracemautsch@gmail.com](mailto:iracemautsch@gmail.com)

**Daniel Neves Rocha**-- Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG,  
e-mail: [danielnr@pop.com.br](mailto:danielnr@pop.com.br)

**Ana Lydía Reis de Castro e Silva**- Departamento de Engenharia de Estruturas, UFMG,  
e-mail: [analydiarcs@gmail.com](mailto:analydiarcs@gmail.com)

**Estevam Barbosa de Las Casas** Departamento de Engenharia de Estruturas, UFMG,  
e-mail: [estevam@dees.ufmg.br](mailto:estevam@dees.ufmg.br)

**Roberto Márcio de Andrade**- Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG,  
e-mail: [rma@ufmg.br](mailto:rma@ufmg.br)

**Renato Natal Jorge**-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP  
e-mail: [rnatal@fe.up.pt](mailto:rnatal@fe.up.pt)

**Pedro Martins** -Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP  
e-mail: [palsm@fe.up.pt](mailto:palsm@fe.up.pt)

## Introdução

Problemas de maloclusão decorrentes de alterações no desenvolvimento das arcadas são comumente encontrados na população. Levam a disfunções na articulação têmporo-mandibular e alterações na mastigação, fala e respiração. Os pacientes necessitam ser tratados precocemente para que os tratamentos resultem em melhorias funcionais e da estética. Esses distúrbios de crescimento ocasionam uma estética desfavorável que pode afetar a auto-estima dos pacientes. Portadores de maloclusão, notadamente crianças e adolescentes, bem como adultos jovens, necessitam de técnicas de tratamento ortodônticas e ortopédicas que permitam o remodelamento do contorno ósseo e uma melhor arquitetura das arcadas dentais. As técnicas usuais para correções desses distúrbios requerem a instalação de aparelhos expansores que impõem deslocamentos graduais pelo acionamento de um parafuso provocando a remodelação óssea o que conduz a uma nova posição de equilíbrio das arcadas. Neste trabalho foram realizadas medições *in vivo* das forças geradas por um desses aparelhos para validar simulações computacionais posteriores. Com essas simulações, pretende-se tornar possível uma aplicação de forças menos traumáticas, atenuando sintomas dolorosos como cefaleias, necrose parcial do palato e até a perda de elementos dentais. A primeira etapa do trabalho envolveu a quantificação de forças provocadas por esses dispositivos e a caracterização do tecido da mucosa da mandíbula via ensaios de tração.

Posteriormente, utilizando o método de elementos finitos, foram realizadas análises preliminares para obtenção das tensões atuantes nas estruturas ósseas da mandíbula provocadas pelo aparelho expensor, sendo os resultados comparados com os medidos em laboratório e os disponíveis na literatura.

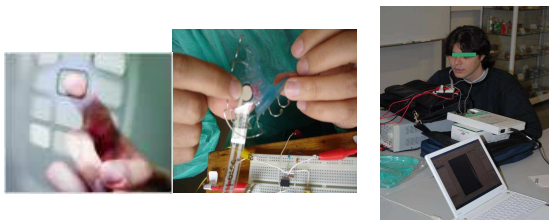
## Objetivo

O objetivo desse trabalho foi quantificar as tensões distribuídas nas estruturas vivas envolvidas no movimento dental e a estimulação de crescimento e remodelação óssea durante os tratamentos ortodônticos/ortopédicos com o uso de aparelhos com parafusos expansores e os níveis de forças alcançados na mucosa e osso. Visou-se desenvolver um modelo biomecânico das tensões atuantes com implicações no estudo do estímulo ao crescimento e remodelamento ósseo pela utilização de parafusos expansores.

## Materiais e métodos

Três experimentos foram desenvolvidos e são sucintamente descritos. O primeiro (numérico, com base em um modelo de elementos finitos) mediu os níveis de pressão nas estruturas ósseas da mandíbula vindas da utilização do parafuso de expansão durante sua abertura. O segundo experimento (experimental) mediu as pressões obtidas da utilização de parafuso de expansão na maxila. No terceiro foi realizado um ensaio de tração para determinar o módulo de elasticidade da mucosa, no caso, mucosa palatal de porco. Os resultados dos experimentos obtidos foram

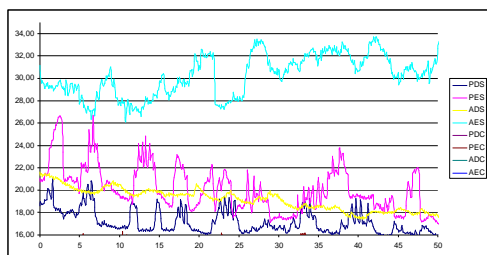
validados com os encontrados na literatura. Os dados coletados foram plotados em curvas de deslocamento versus força e força versus tempo e utilizados nas simulações.



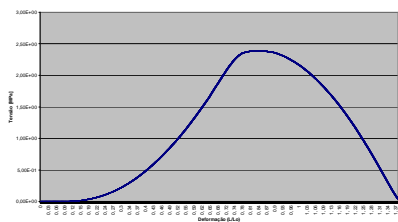
**Figura 1: Sistema de medição in vivo com o uso de sensores “Flex Force System”.**

### Resultados e discussões

As pressões simuladas nas estruturas bucais do modelo (aparelho de parafuso expansor-mucosa-osso) foram obtidas das medições in vivo. De acordo com observações clínicas e dados da literatura, a região de maiores tensões coincide com a teoria do movimento dental decorrente da expansão ortopédica. A Figura 2 apresenta os resultados do segundo experimento. A figura 3 apresenta resultados do terceiro experimento.

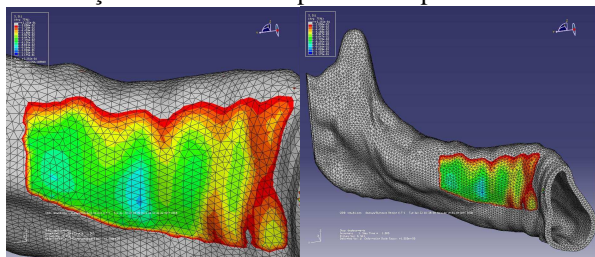


**Figura 2 - Plotagem da medição de força do segundo experimento (expansão maxilar)**



**Figura 3: Terceiro Experimento - Curva tensão [MPa] x deformação [L/Lo] amostra 02.**

A Figura 4 apresenta as isocurvas da simulação da distribuição das tensões do primeiro experimento .



**Figura 4: Simulação da distribuição de tensões na mandíbula entre o aparelho e a mucosa após abertura ¼ de volta do parafuso de expansão.**

A Figura 4 expande a região cortical mandibular em contato com a fibromucosa e o aparelho, nos locais onde foram adaptados sensores de medição, que originaram as cargas de condição de contorno. Foi considerada simetria craneana lados direito e esquerdo e a restrição de deslocamento vertical na descida lateral do processo coronóide. Restrição de deslocamento anterior-posterior na cabeça do côneido. Imposição de movimentos com deslocamentos horizontais de 0,1 mm, o que corresponde a ¼ de volta na abertura sobre o eixo de simetria. As ligações estruturais consideradas rígidas entre a mucosa e o osso e de contato entre a mucosa e o aparelho (sem atrito). Silva Filho, 2007, menciona valores de força de tração na maxila para abertura de sutura entre 1,1 kgf a 4,6 kgf (10,7 N e 44,9 N respectivamente). Tanne e Matsubara, 1995, em trabalho sobre direção de forças de correção ortopédicas e respostas suturais no complexo nasomaxilar, mencionam aplicação de força de 1,0 kgf (9,8 N) na região no primeiro molar para abertura de sutura. Os valores das medições obtidas no segundo experimento ficaram entre 16 a 34 N, portanto aproximadamente na faixa da literatura. Na simulação, o resultado das tensões mostrou uma pressão máxima no contato osso-aparelho de 0,03 MPa. Esses valores são compatíveis com a teoria e a literatura ortopédica e ortodôntica de movimento, apresentando valores próximos aos esperados em regiões ósseas anatômicas de maiores tensões aplicadas. Ajustes ao modelo são necessários para novas simulações e maiores aproximações com o modelo real a ser estudado.

### Conclusão

O modelo biomecânico utilizando o método de elementos finitos possibilitou fornecer a localização e distribuição de forças na análise da movimentação de estruturas bucais provocadas pelo uso de aparelhos com parafuso de expansão. É possível desenvolver uma correlação entre os níveis de tensões aplicados e as respostas dos tecidos biológicos, prevenindo sintomas dolorosos e injúrias aos tecidos decorrentes de tensões e forças excessivas geradas pelo uso de aparelhos expansores, otimizando tratamentos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento concedido pelo projeto 4.1.3/CAPES/CPLP do Programa CAPES/FCT.

### Referências bibliográficas

Gautam P., Valiathan A. Adhikan, R., Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion: A finite element method study, Am J Orthod Dentofacial Orthop;132: 5.e 1-5.e 11,2007.

Sandy, J.R., Fardale, R.W, Meikle, M.C., “Recent Advances in Understanding Mechanically Induced Bone Remodelling and Their Relevance to Orthodontic Theory and Practice”, Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 103:(3):212-222,1996.