

Edições da Inoclusões  pesquisar > ...

# INOCLUSÕES.FMDUP

N.3 / JANEIRO-ABRIL 2012

[INÍCIO](#) [ABERTURA](#) [EDITORIAL](#) [ARTIGOS](#) [CONVERSAMOS COM...](#) [BREVES](#)
[Fale conosco](#) [Ficha técnica](#) [Contactos](#)

## ARTIGOS

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8

## APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MECÂNICA EXPERIMENTAL NA INVESTIGAÇÃO EM MEDICINA DENTÁRIA

### 1. Introdução

A interdisciplinaridade é fundamental na evolução da investigação científica em Medicina Dentária. Nesse sentido, o grupo da Prótese Dentária e Oclusão da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto tem desenvolvido uma colaboração estreita com duas instituições ligadas à área da Engenharia:

...

[Ler mais \[+\]](#)


### 22 Anos de Ensino Médico Dentário

Diante da farta informação que é dispensada a todo o instante e em todos os espaços, o ser humano nem sempre escolhe bem. Em...

[Ler mais \[+\]](#)

## CONVERSAMOS COM...

### DR. MIGUEL MARTINS

Neste número resolvemos dar lugar a um testemunho. Sem colocarmos questões (como seria de esperar), deixamos que o Dr. Miguel Martins nos falasse da sua experiência de mobilidade e internacionalização. Quando abordamos estas temáticas, vem-nos à ideia os programas Erasmus, ou os de mobilidade com o Brasil. Este testemunho vem mostrar outras realidades e formas de intercâmbio possível...

[Ler mais \[+\]](#)


A periodicidade com que temos vindo a manter a revista INOCLUSÕES tem sido fruto do desafio inicialmente lançado a toda a comunidade académica. É com orgulho que continuamos a assistir ao afinc...

[Ler mais \[+\]](#)

## BREVES



### ENTREVISTA DO DIRETOR DA FMDUP À TVU.

O diretor da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, Afonso Manuel Pinhão Ferreira, fala do ano letivo 2011/2012.

As dificuldades orçamentais que resultam da situação económica do próprio país obrigam a FMDUP a optar...

[Ler mais \[+\]](#)


### 1ª AULA MINISTRADA NA FMDUP, HÁ 35 ANOS, LEMBRADA POR TODA A COMUNIDADE ACADÉMICA DA FMDUP E CONVIDADOS, NO DIA 22 NOVEMBRO

No dia 22 de Novembro do ano de 1976, na então Escola Superior de Medicina Dentária da Universidade do Porto, era ministrada a 1ª aula a qual deu também início ao ano lectivo.

"Anatomia da Cabeça e Pescoço" foi o tema da aula, ampliamos...

[Ler mais \[+\]](#)


### OFERTA DO LIVRO "ONCOLOGIA ORAL" POR PARTE DE UM DOS SEUS AUTORES, O PROF. DOUTOR LUÍS MEDEIROS TEIXEIRA, A BIBLIOTECA DA FMDUP

O diagnóstico precoce de lesões potencialmente malignas ou de neoplasias malignas em estádios iniciais é fundamental, pois permite um tratamento cirúrgico conservador, assegura a qualidade de vida do doente e antecipa longas sobrevivências...

[Ler mais \[+\]](#)


### DIA DA FMDUP - 2012

#### 22º aniversário, dia 6 de Janeiro

A Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (FMDUP) comemora no próximo dia 6 de Janeiro, sexta-feira, o seu 22º aniversário com mais um Dia da FMDUP. Para o efeito, constituiu-se um...

[Ler mais \[+\]](#)


### CURSO "BRANQUEAMENTO DENTÁRIO; DENTES VITAIS E DENTES NÃO VITAIS"

No âmbito da formação contínua da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, a Prof.ª Doutora Teresa Oliveira, através do Centro de Educação Contínua, organizou e coordenou um curso intitulado "Branqueamento Dentário: D...

[Ler mais \[+\]](#)

[Início](#) | [Abertura](#) | [Editorial](#) | [Artigos](#) | [Conversamos com...](#) | [Breves](#)  
[Fale connosco](#) | [Ficha técnica](#) | [Contactos](#)



---

© 2012 Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

## Comissão Científica

Prof. Doutor [Afonso Manuel Pinhão Ferreira](#)  
Prof. Doutor [António Cabral Campos Felino](#)  
Prof. Doutor [João Carlos Antunes Sampaio Fernandes](#)  
Prof. Doutor [João Fernando Costa Carvalho](#)  
Prof. Doutor [Jorge Manuel Carvalho Dias Lopes](#)  
Prof. Doutora [Maria Helena Raposo Fernandes](#)  
Prof. Doutor [Mário Jorge Rebolho Fernandes Silva](#)  
Prof. Doutor [Miguel Fernando Silva Gonçalves Pinto](#)

## Diretor

Professor Doutor Afonso Pinhão Ferreira  
aferreira@fmd.up.pt

## Responsável Redatorial

Dr.ª Felicidade Lourenço  
flourenco@fmd.up.pt

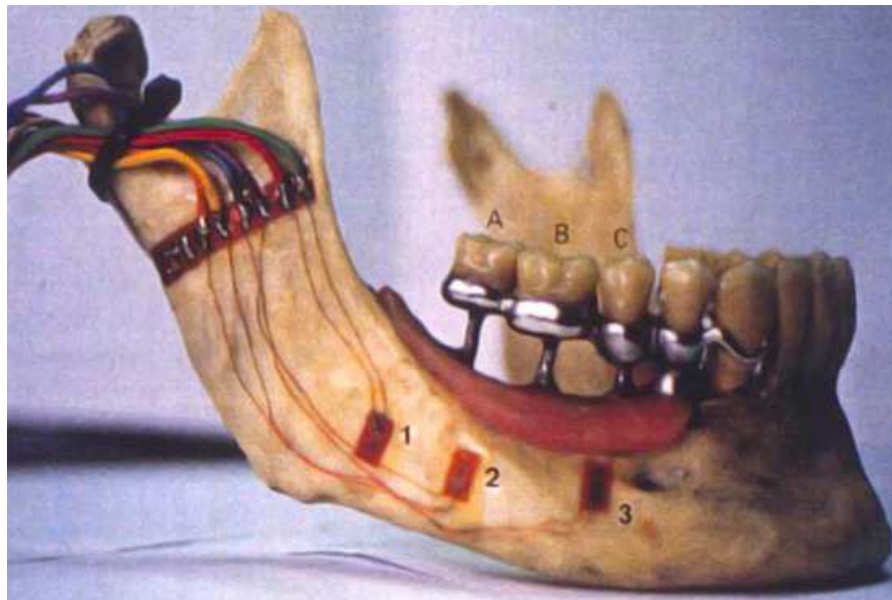
**Propriedade do Título e Edição:**  
"INOCLUSÕES" revista da FMDUP

**Periodicidade:**  
Quadrimestral

# Aplicação de Técnicas de Mecânica Experimental na Investigação em Medicina Dentária



08.Janeiro.2012



## 1. Introdução

A interdisciplinaridade é fundamental na evolução da investigação científica em Medicina Dentária. Nesse sentido, o grupo da Prótese Dentária e Oclusão da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto tem desenvolvido uma colaboração estreita com duas instituições ligadas à área da Engenharia:

- Laboratório de Ótica e Mecânica Experimental (LOME - Director Prof. Doutor [Mário Vaz](#)), do Instituto Nacional de Engenharia e Gestão Industrial ([INEGI](#)) sediado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto ([FEUP](#)).
- Departamento de Mecânica Aplicada da ESTIG - IPB. (Prof. Doutor [Paulo Piloto](#))

Autores



**André Correia**, Prof. Doutor  
FMDUP



**José Reis Campos**, Prof. Doutor  
FMDUP



**Paulo Piloto**, Prof. Doutor  
Instituto Politécnico de Bragança



**Mário Vaz**, Prof. Doutor  
FEUP



**Helena Figueiral**, Prof.<sup>a</sup> Doutora  
FMDUP

Esta colaboração tem permitido aos investigadores do grupo desenvolverem as suas pesquisas relacionadas com Prostodontia (Tabela 1).

**Tabela 1** - Definição de Prótese e Prostodontia, de acordo com [The Glossary of Prosthodontic Terms. Journal of Prosthetic Dentistry 2005; 94\(1\): 10-92](#)

**Prótese:** substituto artificial de uma parte ausente do corpo humano ; um dispositivo terapêutico para melhorar ou alterar a função.

**Prostodontia:** especialidade de Medicina Dentária relacionada com o diagnóstico, tratamento, planificação, reabilitação e manutenção das funções da cavidade oral, conforto, aparência e saúde dos pacientes com situações clínicas associadas com a ausência / deficiência de tecidos dentários e/ou maxilofaciais, usando substitutos biocompatíveis.

Para que se compreendam as respostas dadas pelas estruturas presentes na cavidade oral (p.ex. dentes, gengiva, osso) e pelos materiais que aplicamos (p.ex. cerâmicas, acrílicos, metais, resinas compostas), é necessário conhecer os princípios físicos e mecânicos relacionados. Quando uma força externa é aplicada sobre uma estrutura, a sua ação é determinada pelas 3 leis de Newton (Tabela 2).

**Tabela 2** - Leis de Newton

**Lei I:** Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.

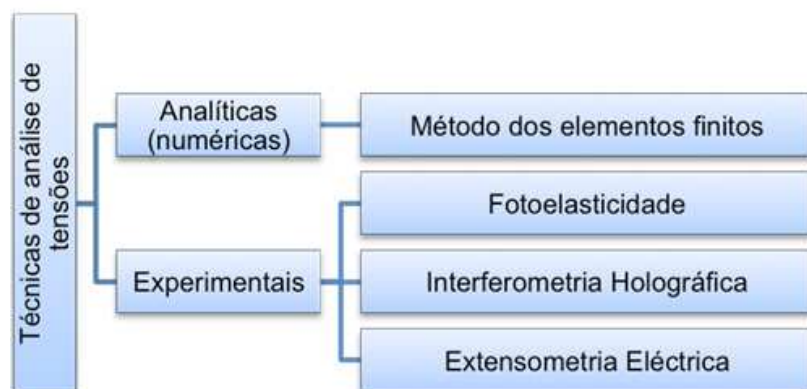
**Lei II:** A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é imprimida.

**Lei III:** A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em direções opostas.

Contudo, a resposta interna que se verifica numa estrutura, num material, após a aplicação dessa força externa (p.ex. carga mastigatória) é determinada por uma análise de tensões, que se obtém através das equações de mecânica dos sólidos, ou de meios contínuos.

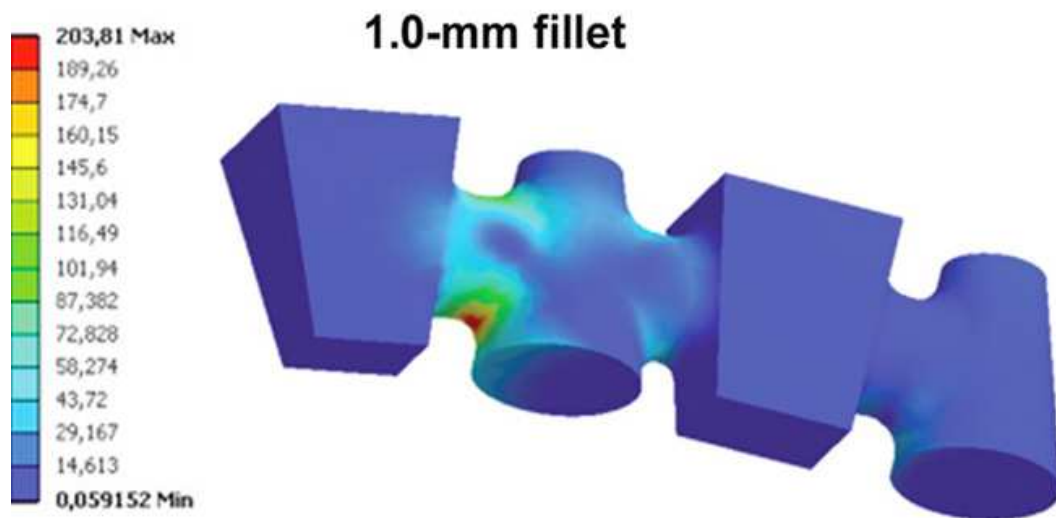
## 2. Técnicas de análise de tensões

Em Engenharia, as técnicas de análise de tensões podem ser divididas em analíticas (numéricas) e experimentais (Figura 1).



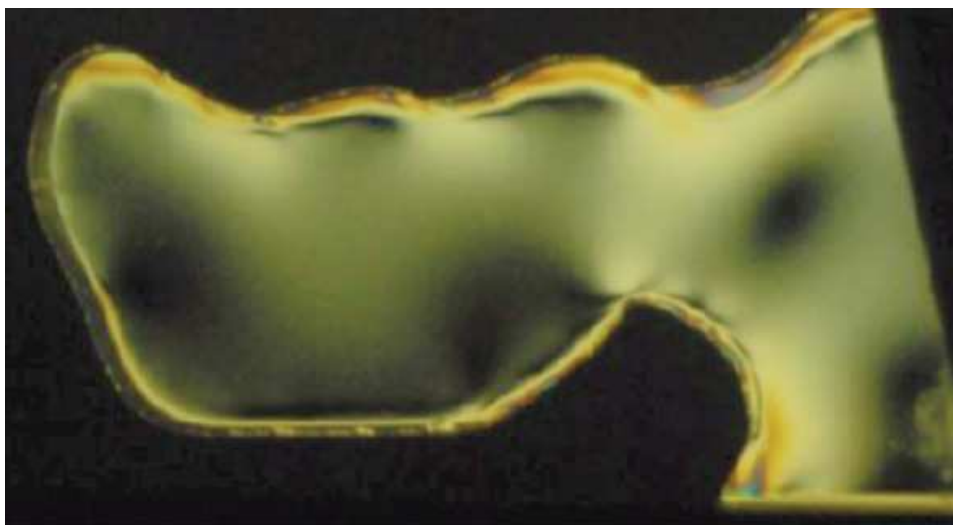
**Fig.1** - Técnicas de análise de tensões.

As técnicas analíticas (numéricas) funcionam com processos matemáticos complexos e de resolução morosa, pelo que, habitualmente, estas técnicas são aplicadas em modelos simplificados (Figura 2), isto é, em que a geometria da estrutura e as condições que a envolvem são pouco complexas.



**Fig.2** - Modelo simplificado de uma ponte de 4 elementos com um elemento distal em cantilever, no qual é analisada a distribuição de tensões. (imagem retirada de [Correia, 2009](#))

As técnicas experimentais [por exemplo, fotoelasticidade (Figura 3)] podem aplicar-se a estudos in vitro com simulação de várias situações de cargas. Na aplicação destas técnicas são normalmente restringidas algumas variáveis uma vez que é muito difícil simular o sistema estomatognático em toda a sua extensão.

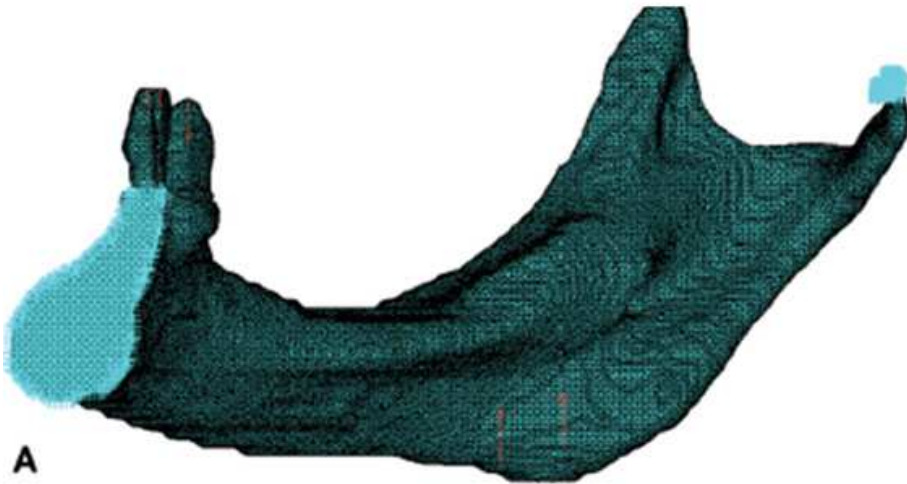


**Fig.3** - Modelo fotoelástico de um dente em cantilever. (imagem retirada da Tese de Doutoramento de [Correia, 2009](#))

## 2.1. Técnicas analíticas - Método dos elementos finitos

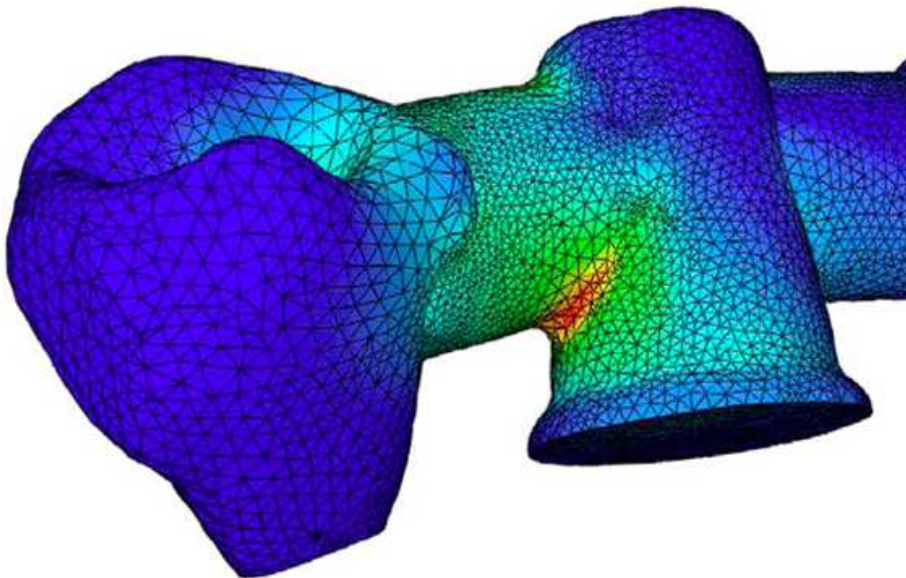
O Método dos Elementos Finitos é um método matemático discreto, a partir do qual um meio contínuo é subdividido em pequenos elementos (elementos finitos) que mantêm as propriedades do modelo original (ver Figura 4).

Todos esses elementos são descritos e resolvidos por modelos matemáticos. Quanto mais elementos forem utilizados mais representativo será o modelo e mais precisa será a sua análise de tensões.



**Fig.4** - Malha de elementos finitos aplicada sobre uma reconstrução 3D de uma mandíbula humana obtida através de uma tomografia computadorizada. (imagem retirada do artigo de [Correia, 2009](#))

A vantagem da utilização deste método, comparativamente aos métodos experimentais, reside no facto de ser possível modelar matematicamente estruturas tão complexas na sua geometria, como as próteses, os dentes ou os maxilares, a partir das quais é então possível simular a aplicação de cargas, obter informações sobre as tensões que se geram na estrutura em análise e, em última análise, otimizar o desenho das estruturas protéticas (Figura 5).



**Fig.5** - Malha de elementos finitos aplicada sobre um desenho CAD de uma estrutura protética em cantilever. (imagem retirada da Tese de Doutoramento de [Correia, 2009](#))

## 2.2. Técnicas experimentais - Fotoelasticidade

Esta técnica baseia-se na transmissão de uma luz polarizada através de um modelo confeccionado num material fotoelástico, utilizando um polariscópio de transmissão (Figura 6). Quando este modelo é carregado por um conjunto de forças (p.ex. cargas simuladoras da mastigação) é gerado um conjunto de franjas (Figura 7), a partir das quais é possível extrair diretamente as direções principais de tensão. Estas franjas representam o lugar geométrico dos pontos com a mesma tensão. Quanto mais franjas houver maior será a concentração de tensões.

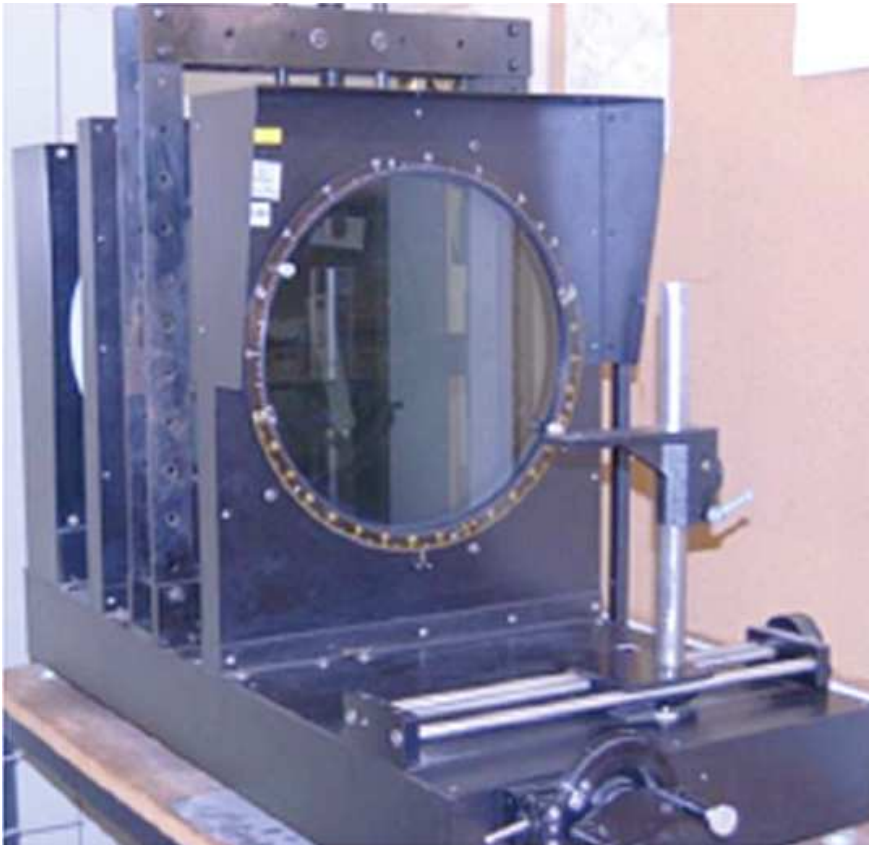


Fig.6 - Polariscópio de Transmissão (Vishay®, EUA), existente no LOME-FEUP (imagem retirada da Tese de Doutoramento de [Correia, 2009](#))

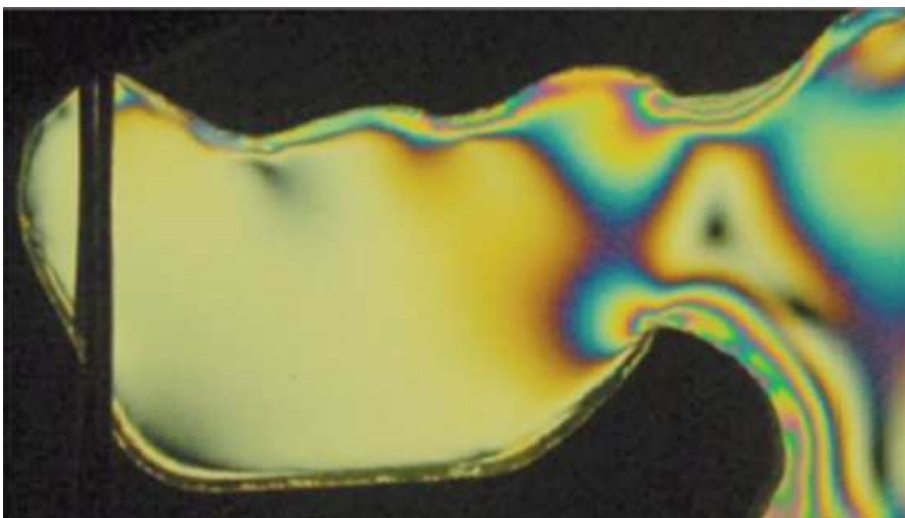


Fig.7 - Modelo fotoelástico de um dente em cantilever sujeito a aplicação de uma carga. Note-se a distribuição das franjas mais marcada no conector e na embrasura gengival. (imagem retirada da Tese de Doutoramento de [Correia, 2009](#))

### 2.3. Técnicas experimentais - Interferometria holográfica

A Holografia consiste num processo de gravação e projeção de imagens que permite reconstruir uma imagem em 3D. A reconstrução a 3D de um objeto implica a utilização de sistema (Figura 8) baseado na transmissão de um feixe de luz laser que é dividido em dois, de forma a gerar duas frentes de onda: uma que ilumina o objeto - feixe objeto; outra que é orientada para iluminar o meio de registo (emulsão fotográfica). Quando esse meio de registo é revelado quimicamente e reposto no local de gravação, ao ser iluminado com o feixe de referência inicial vai devolver, por difração, a frente de onda difundida pelo objeto, permitindo-nos observar uma imagem 3D, que depois de processada informaticamente possibilita a visualização dos deslocamentos que ocorrem na estrutura em análise (Figura 9). Para que esta técnica possa ser aplicada em medições, é apenas necessário que as frentes de onda gravadas em instantes diferentes sejam comparadas numa técnica designada por interferometria holográfica.

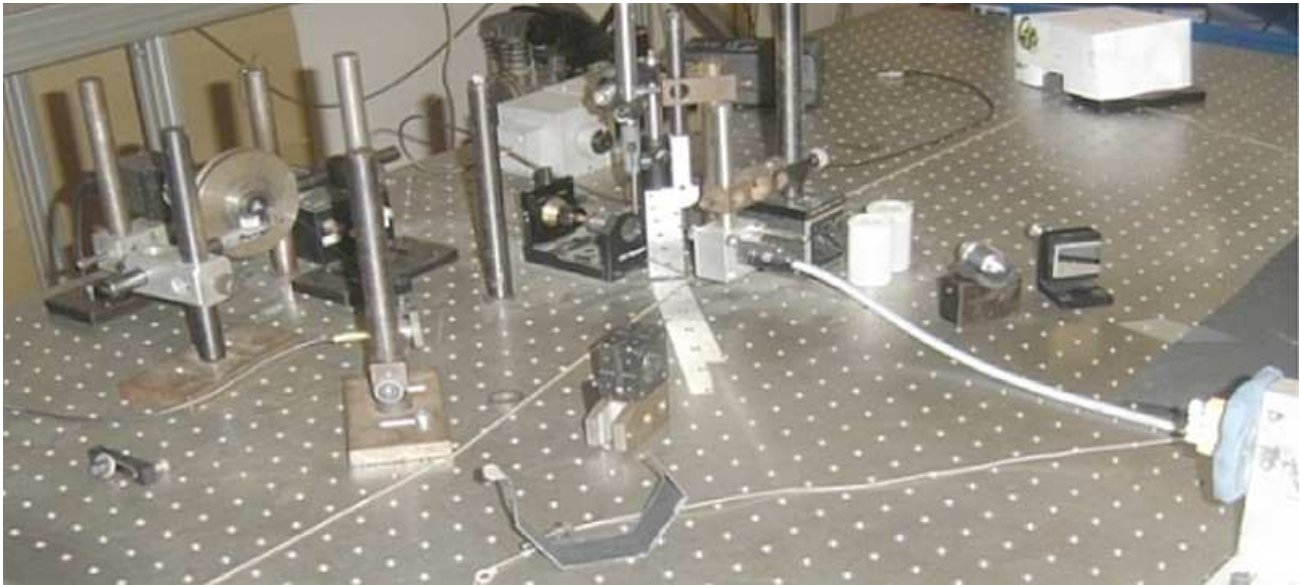


Fig.8 - Sistema de holografia existente no LOME.

A sua grande vantagem consiste na possibilidade de realizar medições de microdeslocamentos ( $0,1 \times 10^{-6}m.$ ) superficiais que ocorrem em determinadas estruturas quando sujeitas a estímulos externos, permitindo assim uma observação mais real da ocorrência.

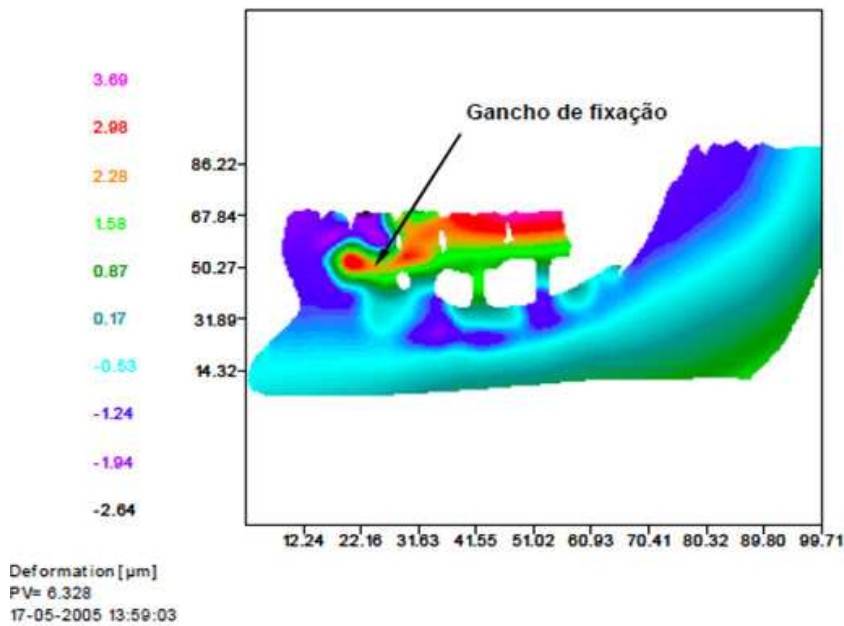
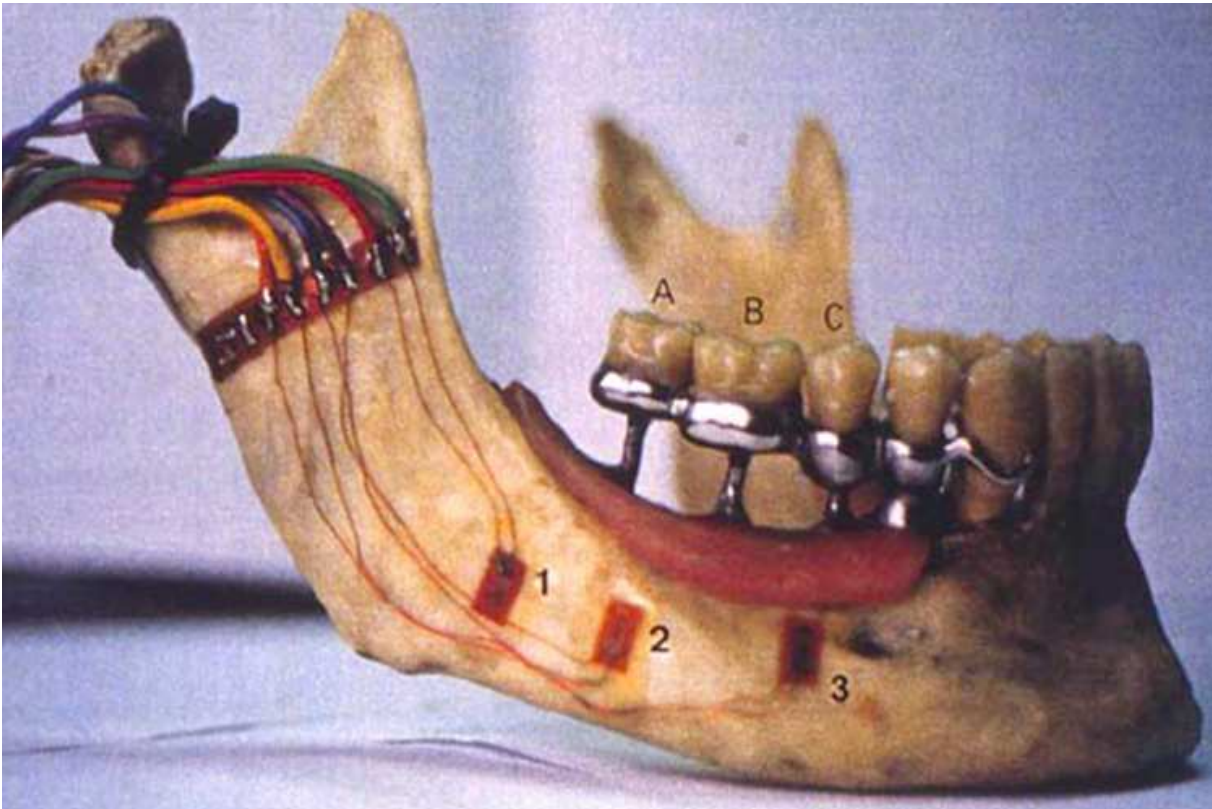


Fig.9 - Processamento de imagem (falsa cor) do mapa de fase obtido através da técnica de interferometria holográfica de modo a permitir uma observação mais fácil dos deslocamentos das estruturas, após aplicação de uma carga no dente 35. (imagem retirada da Tese de Doutoramento de Reis Campos, 2005)

## 2.4. Técnicas experimentais - Extensometria elétrica

A extensometria é uma das técnicas clássicas de análise experimental de tensões que recorre à utilização de transdutores de deformação (extensómetros) para obter o estado de tensão em pontos da superfície de componentes em carga. Nesta técnica utilizam-se extensómetros para efetuar medições discretas da deformação segundo uma dada direção (Figura 10).



**Fig.10** - Extensómetros aplicados numa mandíbula (n.ºs 1, 2 e 3). (imagem retirada da Tese de Doutoramento de [Reis Campos, 2005](#))

Para efetuar a medição das deformações com extensometria, é necessário recorrer a dispositivos para converter as variações de resistência experimentadas pelos extensómetros num sinal elétrico que possa ser processado e registado de um ponto de vista informático. A partir destes valores, e conhecendo as propriedades mecânicas do material em análise (Módulo de Young e Coeficiente de Poisson) é possível calcular as tensões mecânicas, utilizando um conjunto de relações matemáticas conhecidas por lei de Hooke.

### 3. Conclusões

A aplicação de técnicas de análise experimental de tensões em investigações na área da Medicina Dentária é já hoje uma realidade. Esta interdisciplinaridade entre duas ciências tão distintas, como a Medicina Dentária e a Engenharia Mecânica, poderá contribuir para a evolução da ciência, sobretudo no que diz respeito à otimização de estruturas a serem colocadas na cavidade oral como, p.ex., as próteses dentárias.

### 4. Bibliografia

1. Correia A. Estudo das tensões exercidas sobre próteses fixas em zircónia e em titânio - comportamento mecânico de estruturas executadas em CAD-CAM. Tese de Doutoramento. FMDUP. 2009.
2. Reis Campos JC. Estudo mediante procedimentos holográficos, extensometria e fotoelasticidade das zonas de pressão nas extensões distais das próteses parciais removíveis. Tese de Doutoramento. FMDUP. 2005.