

## SISTEMAS CAD-CAM EM MEDICINA DENTÁRIA INTEGRAÇÃO COM MÉTODOS DE ANÁLISE DE TENSÕES

A. Correia<sup>1</sup>, J.C. Sampaio-Fernandes<sup>2</sup>, J.C. Reis Campos<sup>3</sup>, M.A. Vaz<sup>4</sup>, P. Piloto<sup>5</sup> e N.V. Ramos<sup>6</sup>

Grupo de Prótese Dentária e Oclusão. Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

[acorreia@fmd.up.pt](mailto:acorreia@fmd.up.pt)

Dep. de Eng.<sup>a</sup> Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Laboratório de Óptica e Mecânica Experimental. [gmavaz@fe.up.pt](mailto:gmavaz@fe.up.pt)

Instituto Politécnico de Bragança, Dep. Tec. Mecânica. [ppiloto@ipb.pt](mailto:ppiloto@ipb.pt)



*A evolução tecnológica das últimas décadas, dos sistemas de levantamento de forma, das preparações dentárias, do software de desenho virtual (CAD), dos materiais dentários e máquinas de fresagem (CAM), levou ao desenvolvimento de vários sistemas CAD-CAM com aplicabilidade em Medicina Dentária (ex. Everest®Kavo, disponível na FMDUP).*

*Nesse sentido o Grupo da Prótese Dentária e Oclusão da FMDUP desenvolveu uma colaboração interdisciplinar com o Laboratório de Óptica e Mecânica Experimental (LOME) da FEUP no sentido de adoptar as tecnologias normalmente aplicadas em Engenharia para optimização de estruturas utilizadas em Próteses Dentárias. Foi concebida uma metodologia de exportação dos ficheiros de desenho virtual para integração com os métodos de análise de tensões numéricos e experimentais, permitindo desta forma o estudo de situações compatíveis com a realidade clínica. Neste artigo é apresentada uma aplicação desta metodologia em diversos trabalhos experimentais de análise de tensões em próteses parciais fixas para clínica dentária.*

### INTRODUÇÃO

No início da década de '80, Mormann e Brandestini, da Univ. de Zurique revolucionaram a Medicina Dentária com o desenvolvimento do primeiro sistema CAD-CAM aplicado na reabilitação dentária – o sistema CEREC (actualmente Sirona®). A evolução tecnológica verificada nas últimas décadas, quer nos sistemas de levantamento de forma, quer nas preparações dentárias, quer no *software* de desenho virtual (CAD) e ainda nos materiais dentários e máquinas de fresagem (CAM), levou à construção de vários sistemas CAD-CAM com

aplicabilidade em Medicina Dentária.

Um exemplo é o sistema CAD-CAM Everest®Kavo, disponível na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (**Figura 1**), que contém 3 componentes principais: uma unidade de digitalização da preparação dentária extra-oral, uma unidade de desenho virtual da restauração (CAD) e uma unidade de fresagem dessa mesma restauração (CAM). Esta última faz a conversão de uma estrutura virtual para uma estrutura real.

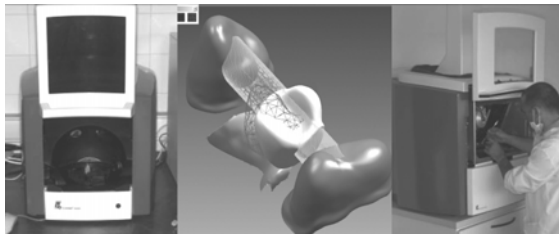


Figura 1 – Everest@Kavo, sistema CAD-CAM disponível na FMDUP. (esq.: *scanner* ; centro: programa CAD ; dir.: fresadora)

Contudo, grande parte dos insucessos em Prótese Dentária deve-se ao desconhecimento das propriedades dos materiais e das tecnologias associadas, ao desrespeito dos princípios físicos elementares e à ignorância das tensões mecânicas dentro da cavidade oral, pelo que é justo considerar que a Engenharia Mecânica é um parceiro fundamental da Medicina Dentária Moderna.

Nesse sentido o Grupo da Prótese Dentária e Oclusão da FMDUP desenvolveu uma colaboração interdisciplinar com o LOME da FEUP no sentido de adoptar as tecnologias para optimização de estruturas normalmente aplicadas em Engenharia, no estudo das próteses dentárias e da tecnologia CAD-CAM associada.

Apesar do sistema CAD-CAM Everest@Kavo (v.4.07.06) ser um sistema fechado (i.e., em que todo o circuito de processamento da informação se restringe às suas próprias unidades, não permitindo trabalhar com componentes de outros marcas), foi possível conceber uma metodologia de exportação dos ficheiros de desenho virtual deste sistema para integração com métodos de análise de tensões:

- Numéricos  
(ex. programas informáticos de análise de elementos finitos, formato .stl).
- Experimentais  
(ex. fotoelasticidade e interferometria holográfica)

Desta forma, torna-se possível o estudo de situações compatíveis com a realidade clínica.

## OBJECTIVOS

Neste trabalho é apresentada uma aplicação desta metodologia em diversos trabalhos experimentais de análise de tensões em próteses parciais fixas dentárias, com o objectivo de optimizar a sue desempenho estrutural e contribuir para melhorar as aplicações clínicas.

## METODOLOGIA

Utilizando o sistema Everest@Kavo (v.4.07.06) foi efectuada a digitalização dos troqueis de dois pilares aparafusados a dois implantes dentários, e executado o desenho de uma infra-estrutura de uma prótese parcial fixa de 4 elementos (sendo um deles um elemento em extensão – *cantilever*), compatível com a realidade da prática clínica Médico-Dentária (Figura 2 e Figura 3).



Figura 2 – Troqueis em gesso dos pilares aparafusados aos implantes dentários.

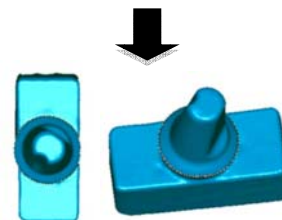


Figura 3 – Digitalização 3D dos pilares com o software Everest®.

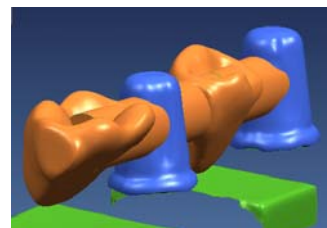


Figura 4 – CAD da infra-estrutura prótética.

## Processamento pelo método dos Elementos Finitos

Uma vez que o programa não apresentava nenhuma função de exportação de ficheiros para análise por outros *softwares*, foi efectuada uma pesquisa nos arquivos electrónicos do programa CAD do sistema Everest®, tendo-se verificado a existência de ficheiros intermédios do tipo .igs (*Initial Graphics Exchange Specification*), um formato de vectores gráficos 2D/3D, utilizado por muitos programas CAD como um formato padrão ASCII para gravação e exportação de dados vectoriais.

Os ficheiros relativos à estrutura em análise foram então abertos no programa CAD Solidworks® (Figura 5) para verificação do desenho, e posteriormente no programa Abaqus® para construção de uma malha de elementos finitos (Figura 6), passível de ser submetida a uma análise de tensões e deformações por via numérica.



Figura 5 – CAD aberto no programa Solidworks.

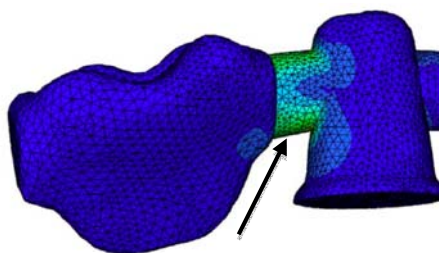


Figura 6 – Malha de elementos finitos relativa a uma infra-estrutura protética do tipo *cantilever*.

A análise da distribuição das tensões nesta infra-estrutura permitiu concluir, p.e., pela presença de valores elevados na zona inferior (gengival) do conector do

elemento em *cantilever* (assinalado com seta).

## Processamento pelo método da Fotoelasticidade

De igual forma procurou-se efectuar uma análise experimental de tensões. Para tal, foi executada uma secção longitudinal do desenho CAD, à qual foi seleccionado apenas o contorno externo, de forma a permitir a construção de um modelo fotoelástico (Figura 7). Pretendeu-se assim efectuar uma análise qualitativa de tensões por fotoelasticidade.

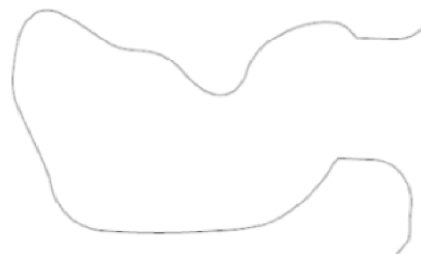
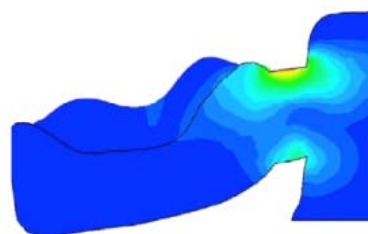


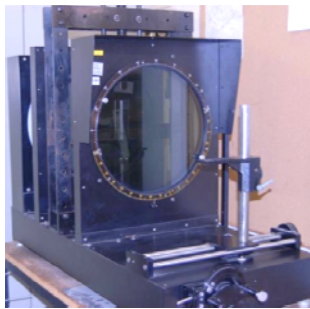
Figura 7 – Seleção e ampliação do contorno externo do modelo 3D a partir de uma secção longitudinal do modelo 3D.

Foi utilizada uma placa fotoelástica de 6,5mm na qual foi recortado o desenho exemplificado anteriormente. (Figura 8)



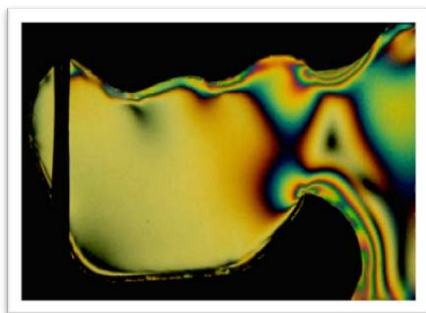
**Figura 8 – Recorte do contorno externo da infraestrutura protética numa placa fotoelástica de 6,5mm.**

A estrutura projectada na placa fotoelástica foi então submetida a cargas em diferentes pontos de aplicação, e analisada num polariscópio de transmissão existente no LOME – FEUP (Figura 9).



**Figura 9 – Polariscópio de Transmissão (Vishay®) disponível no LOME.**

Desta análise experimental por fotoelasticidade foi possível detectar uma maior concentração de franjas na zona do conector do elemento em *cantilever*, o que é coincidente com os dados obtidos pelo método dos elementos finitos.



**Figura 10 – Carga aplicada na zona mais distal do dente em *cantilever*. Concentrações de franjas na zona do conector.**

## CONCLUSÕES

A interdisciplinariedade é fundamental para a evolução da ciência. A investigação aqui descrita representa uma metodologia de integração de métodos de duas áreas da ciência distintas – Medicina Dentária e Engenharia.

É possível concluir que técnicas comumente utilizadas em Engenharia para análises de estruturas possam ser aplicadas em Medicina Dentária contribuindo para a optimização das próteses dentárias ao identificar as zonas de distribuição de tensões com valores elevados e, em consequência, contribuir para uma melhor reabilitação clínica dos pacientes que necessitam deste tipo de reabilitação.

Para uma integração verdadeira destas tecnologias, os programas informáticos dos sistemas CAD-CAM de Medicina Dentária deveriam, p.e., possuir um módulo avançado de simulação das cargas mastigatórias que permitisse uma análise de tensões - pelo método dos elementos finitos - das estruturas protéticas desenhadas 3D.

## REFERÊNCIAS

- Correia A. 2009. Estudo das tensões exercidas sobre próteses fixas em zircónia e em titânio. Comportamento mecânico de estruturas executadas em CAD-CAM, 221 p. Tese de Doutoramento, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.