

# ENSAIOS DE INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE PLACAS ANGULARES DE FIXAÇÃO DE FRACTURAS ÓSSEAS DO FÉMUR

P. A. M. Talaia<sup>1</sup>, C. Relvas<sup>1</sup>, L. Almeida<sup>2</sup>, J. Salgado<sup>2</sup> e J. A. Simões<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

<sup>2</sup>LA Medical, Fabricantes de Instrumentos Cirúrgicos Lda., Albergaria-a-Velha

## RESUMO

*Neste trabalho descreve-se o projecto de um dispositivo mecânico desenvolvido para a realização de ensaios segundo a norma ASTM F384-00 (2000) de placas de osteossíntese anguladas. O dispositivo foi objecto de uma análise estrutural usando o método dos elementos finitos. Algumas placas foram ensaiadas estaticamente e suas características mecânicas, de acordo com a norma, determinadas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Diversos dispositivos médicos permitem a fixação de fracturas ósseas, dependendo da escolha dos mesmos do tipo de fractura. Estes dispositivos também permitem a correcção de anormalidades anatómicas. As placas angulares, do tipo como ilustrado na figura 1, permitem a fixação de fracturas do colo femoral (figura 2). A figura 3 ilustra uma radiografia de um exemplo de aplicação deste tipo de dispositivo.



**Fig 1** – Placa angular de fixação óssea.

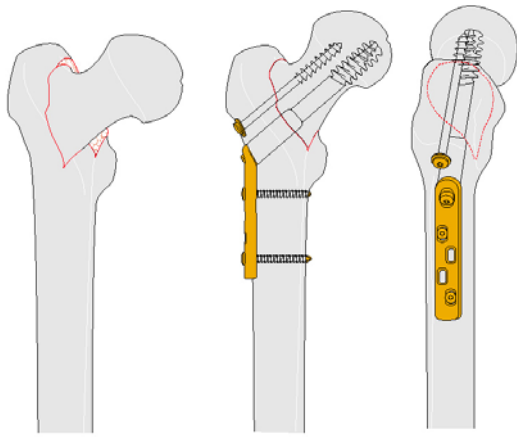
Estes dispositivos são normalmente metálicos, de aço inoxidável. Tal como outro tipo de estruturas da engenharia, também existem normas de ensaios que este tipo de implantes terá de satisfazer para serem utilizados em cirurgia. Neste artigo

descreve todo o trabalho desenvolvido para ensaiar placas de osteossíntese anguladas de acordo com a norma ASTM F384-00.

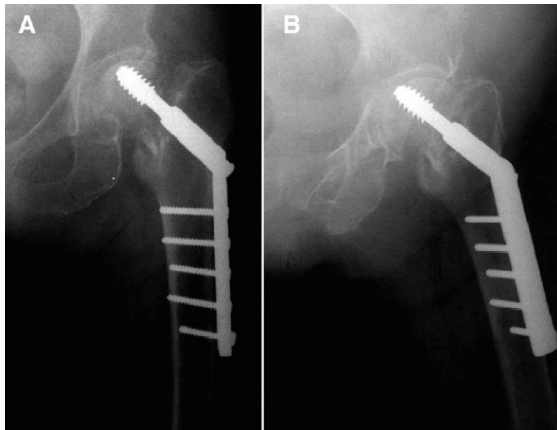
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A norma ASTM F384-00 descreve que as placas anguladas devem ser solicitadas sob carga como se ilustra na figura 4. Na aplicação da carga, o ponto de solicitação só poderá movimentar-se segundo um eixo vertical.

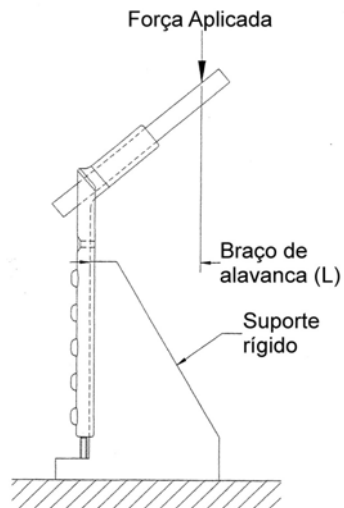
De acordo com a norma, optou-se por projectar um dispositivo de ensaios análogo ao especificado pela mesma. O dispositivo foi maquinado num aço inoxidável de modo a garantir a necessária rigidez e resistência. Partes do dispositivo foram soldadas (base e nervuras laterais ligadas ao corpo principal). A figura 5 ilustra o modelo CAD do dispositivo. Na mesma figura mostra-se a placa angular com uma esfera. Através desta fazia-se o carregamento (estático ou dinâmico). Uma haste liga a esfera à placa.



**Fig 2** – Desenho ilustrativo da fixação de uma fractura do colo femoral [1].



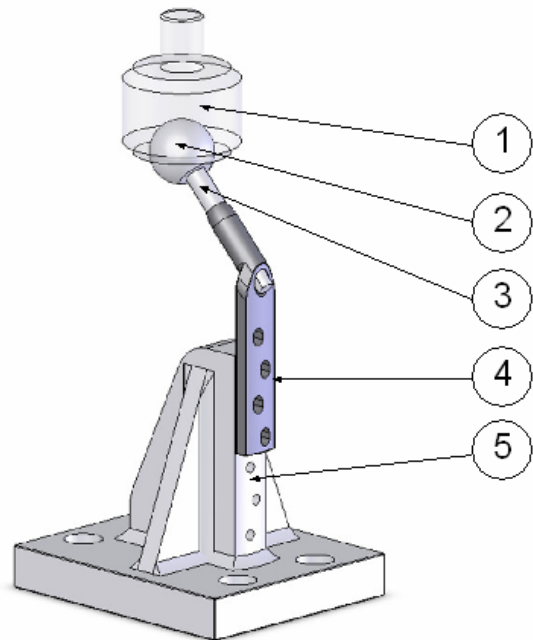
**Fig 3** – Radiografias de uma fractura imobilizada com placa angulada [2].



**Fig 4** – Desenho esquemático do modo de carregamento das placas anguladas.

A placa era fixa ao dispositivo através de parafusos M5 de aço inoxidável de elevada resistência mecânica. Devido ao modo como o ensaio se realiza, era conveniente que os elementos de fixação (parafusos) da

placa ao dispositivo de ensaios não plastificassem nem fracturassem e que garantissem uma fixação eficiente. A figura 6 ilustra o dispositivo fabricado.



**Fig 5** – Modelo CAD do conjunto: base (1), placa angular (2), haste (3) esfera (4) e punção (5).



**Fig 6** – Dispositivo de ensaios fabricado.

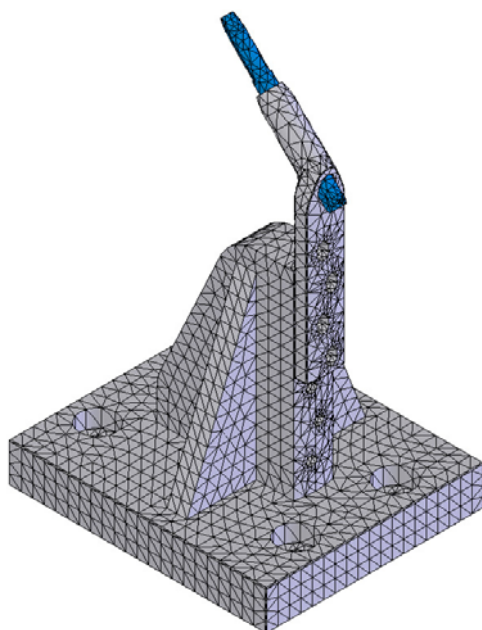
## 2.1 Análise Estrutural

O dispositivo de ensaios concebido, antes de ser fabricado, foi objecto de análise estrutural, usando para o efeito o

método dos elementos finitos. Na presente aplicação utilizou-se o CosmosWorks®. A malha gerada (figura 7) era composta por elementos tetraédricos lineares (4 nós) e as propriedades do material simulado encontram-se na tabela 1.

**Tabela 1** – Propriedades mecânicas do aço inoxidável 316L.

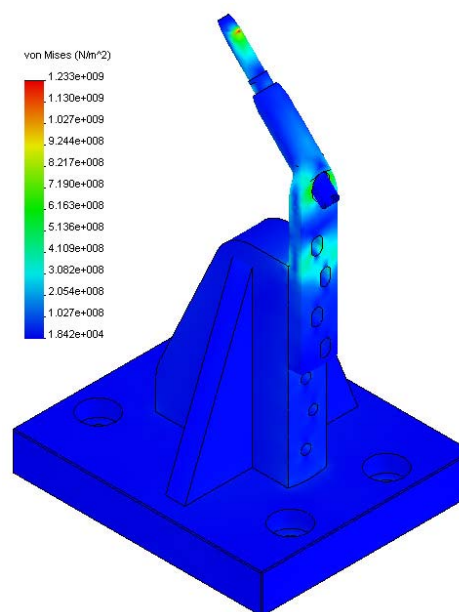
Propriedade	Unidades	Valor
Módulo de elasticidade	GPa	210
Coefficiente de Poisson	-	0.28
Módulo ao corte	GPa	7.9
Densidade	Kg/m <sup>3</sup>	7700
Tensão de cedência	MPa	620
Tensão de rotura	MPa	724



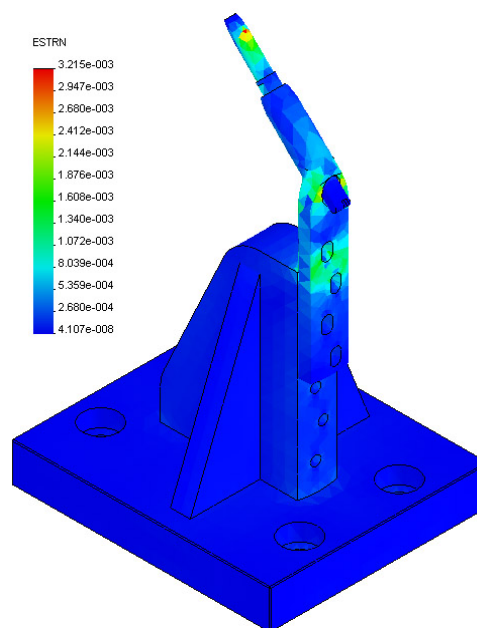
**Fig 7** – Malha de elementos finitos do modelo.

Para as simulações numéricas, considerou-se uma carga de 5000N aplicada na região da haste definida na norma (ver figura 4) e a base imobilizada nos furos. Para as análises considerou-se comportamento dos materiais como sendo linear elástico. A figura 8 ilustra o campo

de tensões equivalentes de von Mises obtido. Como se pode observar, excluindo a zona de aplicação da carga, que a tensão ronda cerca de 1200 MPa, as zonas mais propícias a fracturarem centram-se na ligação da haste à placa e na região da fixação do primeiro parafuso. Esta região é uma região de concentração de tensões. Mais adiante quando se referir aos ensaios mecânicos realizados, pode-se constatar que foram nas zonas de maiores tensões que a placa cedeu plasticamente, embora não tenham fracturado. A figura 9 ilustra o campo das deformações equivalentes.

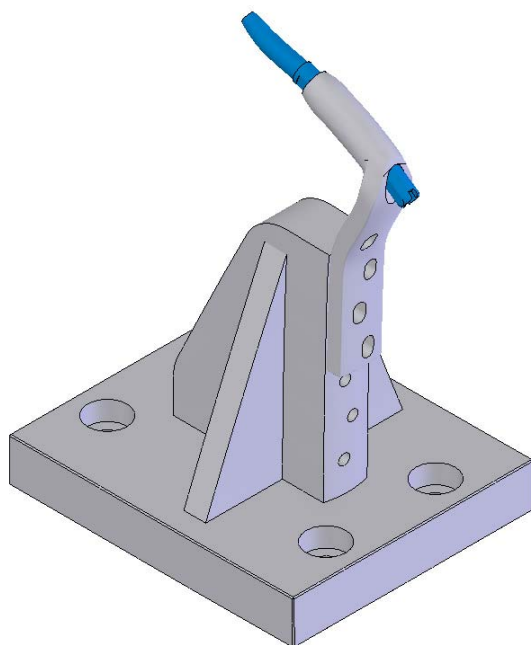


**Fig 8** – Campo de tensões de von Mises.



**Fig 9** – Campo das deformações equivalentes.

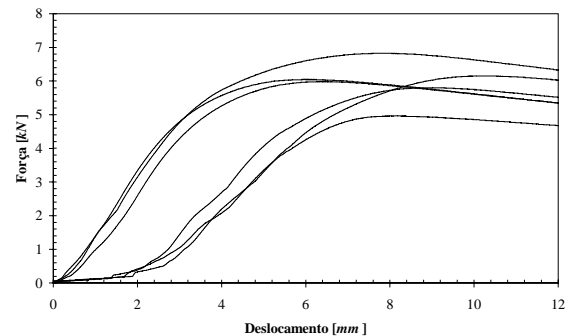
De igual modo, as zonas de maiores deformações foram idênticas às observadas na figura anterior. Na figura 10 compara-se a deformada da placa num ensaio típico e o previsto com o modelo numérico. Como se pode verificar, há uma excelente concordância entre as deformadas.



**Fig 10** – Deformada da placa num ensaio e prevista com o modelo numérico.

## 2.2 Ensaio Mecânicos

Foram realizados seis ensaios mecânicos em seis placas angulares. Três placas eram de 4 furos e as outras três de seis furos. As curvas força versus deslocamento para as várias placas estão ilustradas na figura 11. Nestes gráficos pode-se observar que nenhuma das placas fracturou e apresentaram comportamentos análogos. Houve uma pequena diferença no início dos ensaios em três placas, que resultou da uma acomodação inicial da carga na esfera, mas que não afectou os resultados finais. A cessação dos ensaios era feita quando a cabeça colocada na haste deixava de ser solicitada, não transmitindo a carga ao corpo da placa. A figura 12 ilustra imagens sequenciais de um ensaio realizado.



**Fig 11** – Curva força versus deslocamento.

De acordo com a norma, deve-se determinar certas características mecânicas da placa ensaiada, nomeadamente a força de cedência,  $F_{ced}$ , a força máxima,  $F_{max}$ , a rigidez elástica,  $K$ , e a resistência à flexão,  $CBS$ . Estes parâmetros dependem de duas características do ensaio: da distância entre a zona de fixação da placa e o eixo de aplicação da carga,  $L$ , e o parâmetro  $q$ , que depende de  $L$  segundo a seguinte equação:

$$q = 0.002 L \quad (1)$$

Para as placas ensaiadas,  $L=45.1\text{mm}$  e  $q=0.09\text{mm}$ .



**Fig 12** – Evolução da deformação da placa no decorrer de um ensaio.

Com base nestes dados foi possível determinar as várias características mecânicas pela análise das várias curvas força versus deformação (figura 10) de cada uma das placas, recorrendo à equação (2) para a determinação da resistência à flexão:

$$CBS = F_{\max} L \quad (2)$$

A tabela 2 contém os dados resultantes dos ensaios. A tabela 3 contém as características mecânicas determinadas de acordo com a norma. Os resultados obtidos mostram uma maior variação para as placas anguladas de 4 furos. Os resultados foram mais consistentes para as placas de 6 furos. A força máxima para cada uma das placas ensaiadas foi significativa, da ordem de 6000 N. Tal constatação permite-nos afirmar que as placas suportam cargas bastante elevadas, muito superiores ao peso médio de um corpo humano. Contudo, é

conveniente lembrar que o estudo aqui apresentado foi elaborado com base no ensaio estático descrito na norma. A mesma norma também especifica ensaios dinâmicos, nomeadamente de fadiga, que não foram objecto do estudo aqui apresentado.

**Tabela 2** – Características mecânicas para cada uma das placas.

Placa angulada de 4 furos				
K	kN/mm	1.451	1.035	0.895
q	mm	0.090	0.090	0.090
Fe	kN	4.672	4.504	4.200
Fmax	kN	6.825	5.800	4.963
CBS	kN.mm	307.8	261.6	223.8
Placa angulada de 6 furos				
K	kN/mm	0.923	1.608	1.516
q	mm	0.090	0.090	0.090
Fe	kN	4.800	4.336	4.336
Fmax	kN	6.150	6.050	5.988
CBS	kN.mm	277.4	272.9	270.0

**Tabela 3** – Características mecânicas (média das seis placas; coluna da direita refere-se ao desvio padrão das medições).

K	kN/mm	1.238	0.260
q	mm	0.090	-
Fe	kN	4.475	0.051
Fmax	kN	5.963	0.101
CBS	kN.mm	268.9	0.101

### 3. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objectivo a determinação das características mecânicas de placas anguladas para fixação de fracturas ósseas ou correcção de anormalidades ósseas. Salienta-se a importância que este tipo de ensaios têm para garantir a integridade estrutural de dispositivos implantáveis no corpo humano. O ensaio das placas em fadiga será objecto de futuros desenvolvimentos.

## REFERÊNCIAS

- [1] – Rüedi, T.M., Murphy, W.M., Princípios AO do tratamento de Fraturas, *AO Publishing*, 2002.
- [2] – Ko-Hsiu Lu, M.D., Case report – Arthroscopically Assisted Replacement of Dynamic Hip Screw for Unrecognized Joint Penetration of Lag Screw Through a New Portal, *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, Vol. 20, No 2 (February), 2004: pp 201-205
- [3] – ASTM F384-00 (2000) Standard Specifications and Test Method for Metallic Angled Orthopedic Fracture Fixation Devices, Designation F384-00, *ASTM International*, 2000.