



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



cnme  
2016

# 10º Congresso Nacional de Mecânica Experimental

Lisboa • LNEC • 12 a 14 de outubro de 2016

**LIVRO DE RESUMOS**

**EDITORES**

Carlos Pina, Jorge Gomes, Lara Pereira, Jorge Patrício, Mariana Carvalho,  
Paulo Morais, Simona Fontul, Teresa Gonçalves, Teresa Reis

### Aviso Legal

A qualidade científica e os conteúdos das comunicações são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nas comunicações inseridas na presente publicação.

Nos termos legais em vigor, é expressamente proibida a reprodução total ou parcial desta publicação, no seu todo ou em parte, não podendo ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma ou processo eletrónico, mecânico ou outros, incluindo cópia, sem autorização expressa do editor.

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.  
Divisão de Divulgação Científica e Técnica  
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA  
e-e: [livraria@lnec.pt](mailto:livraria@lnec.pt)  
[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

Editor: LNEC

Coleção: Reuniões Nacionais e Internacionais

Série: RNI 97

1ª edição: 2016

Tiragem: 120 exemplares

Descritores: Análise experimental de tensões / Mecânica aplicada / Congresso / PT  
Descriptors: Experimental stress analysis / Applied mechanics / Congress / PT

CDU 539.3/.4(063)(469)  
ISBN 978-972-49-2287-4

PREF

A me  
para  
de n  
deser  
carac  
tem  
verif  
o co  
Expe  
fóru  
área  
apli  
div  
Est  
de  
e  
re  
Es  
As  
C

## PREFÁCIO

A mecânica experimental tem-se assumido ao longo dos anos como uma área decisiva para o desenvolvimento científico e tecnológico, em particular, para o projeto e construção de novos produtos, componentes e estruturas, tendo-se assistido a um importante desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e procedimentos experimentais para caracterização dos materiais e do comportamento de estruturas. A análise experimental tem vindo, também, crescentemente a ser aplicada como uma base física para a verificação e validação de modelos numéricos e analíticos que visam simular e prever o comportamento de materiais e estruturas. O 10º Congresso Nacional de Mecânica Experimental – CNME2016 – surge, à semelhança dos encontros anteriores, como um fórum privilegiado de divulgação e discussão dos mais recentes avanços e tendências na área da Análise Experimental de Tensões e da Mecânica Experimental no domínio das aplicações a problemas de Engenharia, mas também na investigação fundamental nos diversos ramos da Ciência, nomeadamente na biologia, materiais, medicina, entre outros. Este ciclo de conferências teve início em 1986, com a realização do 1º Encontro Nacional de Análise Experimental de Tensões no LNEC, tendo-se seguido mais 8 encontros nacionais e 2 internacionais (10<sup>th</sup> e 15<sup>th</sup> International Conference on Experimental Mechanics) realizados em Portugal.

Este evento comemora os 30 anos deste ciclo de conferências sempre sob a égide da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões (APAET). Nesta edição do CNME2016 foram abordados os seguintes temas:

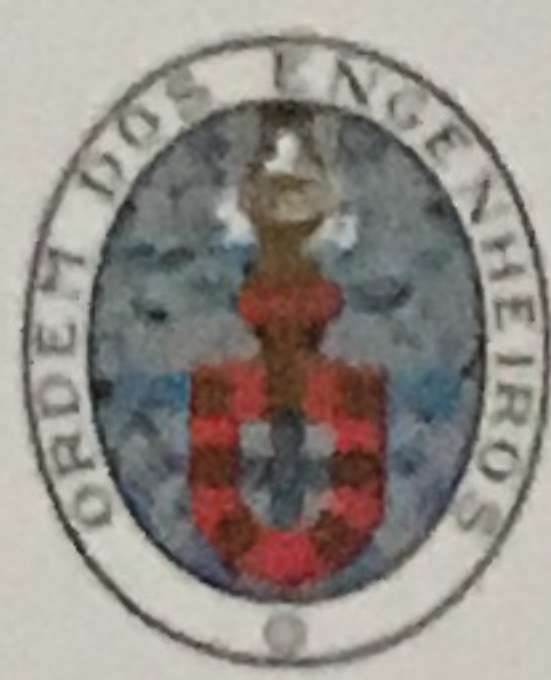
- Análise experimental e numérica em infraestruturas de transportes
- Desafios e Oportunidades na Experimentação em Hidráulica e Ambiente
- Experimentação em Termofluidos
- Métodos Experimentais em Dinâmica de Estruturas e Engenharia Sísmica
- Acústica e Vibrações
- Biomecânica e Biomateriais
- Caracterização de Materiais
- Comportamento de Estruturas
- Dinâmica de Estruturas
- Geotécnica e Geologia
- Mecânica de Fluidos
- Métodos Computacionais e Simulação Numérica
- Monitorização Estrutural
- Nanotecnologia
- Tribologia

Neste suporte digital estão incluídos os artigos que, após terem sido sujeitos a um processo de revisão, foram aprovados pela Comissão Científica para apresentação no CNME2016.

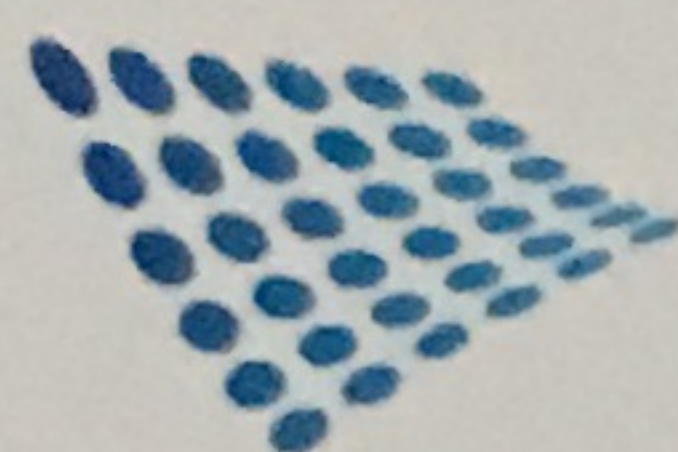
Uma palavra final de agradecimento a todos os que permitiram a realização do congresso, com votos de um seminário proveitoso para a comunidade técnica e científica.

## COMISSÃO CIENTÍFICA

- A. Torres Marques (FEUP)  
Abílio de Jesus (FEUP)  
Aldina Santiago (FCTUC)  
Alexandre Costa (ISEP)  
Alfredo Campos Costa (LNEC)  
Álvaro Cunha (FEUP)  
Álvaro Ribeiro (LNEC)  
António Arêde (FEUP)  
António Batista (LNEC)  
António Bettencourt (LNEC)  
António Gomes Correia (UM)  
Carlos Chastre Rodrigues (UNL)  
Cristina Costa (IPTomar)  
Cristina Oliveira (IPSetúbal)  
Daniel Cardoso Vaz (UNL)  
Eduardo Fortunato (LNEC)  
Elsa Caetano (FEUP)  
Elsa Pereira (LNEC)  
Elza Fonseca (IPB)  
Francisco Taveira Pinto (FEUP)  
Graça Vasconcelos (UM)  
Humberto Varum (FEUP)  
J.C. Reis Campos (FMDUP)  
João Estêvão (UALg)  
João G. Ferreira (IST)  
João Lanzinha (UBI)  
João Palma (LNEC)  
João Viegas (LNEC)  
Joaquim Barros (UM)  
Joaquim Infante Barbosa (ISEL)  
Joaquim Silva Gomes (FEUP)
- Jorge de Brito (IST)  
Jorge Saldanha Matos (IST)  
José Falcão de Melo (LNEC)  
José M. Cirne (FCTUC)  
José Muralha (LNEC)  
Julieta António (FCTUC)  
Júlio Montalvão (IST)  
Laura Caldeira (LNEC)  
Luís Simões da Silva (FCTUC)  
Maria Rosário Veiga (LNEC)  
Mário Santos (LNEG)  
Mário Vaz (FEUP)  
Marques da Silva (LNEC)  
Miguel Matos Neves (IST)  
Nuno Nunes (IPSetúbal)  
Óscar Ferreira (UALg)  
Paulo Bártolo (IPL)  
Paulo Fernandes (IST)  
Paulo Flores (UM)  
Paulo Lourenço (UM)  
Paulo Mendes (ISEL)  
Paulo Piloto (IPB)  
Paulo Tavares de Castro (FEUP)  
Paulo Vila Real (UA)  
Pedro Delgado (IPVianaCastelo)  
Rogério Mota (LNEC)  
Rui Calçada (FEUP)  
Rui Viegas (LNEC)  
Teresa Freitas (IST)  
Victor Neto (UA)



ORDEM  
DOS ENGENHEIROS  
REGIÃO SUL



instrutech**SOLUTIONS**  
your reference partner



**MRA**  
GRUPO ÁLAVA



**25** ANOS  
1992-2017

**eurolab**  
Portugal

ISBN 978-972-49-2287-4



9 789724 922874

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL  
tel. (+351) 21 844 30 00 • fax (+351) 21 844 30 11  
lnec@lnec.pt [www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

## EXPERIMENTAL STUDY OF TEMPERATURES DURING DRILLING OF EX-VIVO BOVINE BONES

*Maria G Fernandes*

*INEGI, Faculty of Engineering of University of Porto*

*Elza MM Fonseca*

*Department of Applied Mechanics, LAETA, INEGI, UMNMEE, Polytechnic Institute of Bragança*

*Renato M Natal*

*Department of Mechanics, LAETA, INEGI, Faculty of Engineering of University of Porto*

*Maria I Dias*

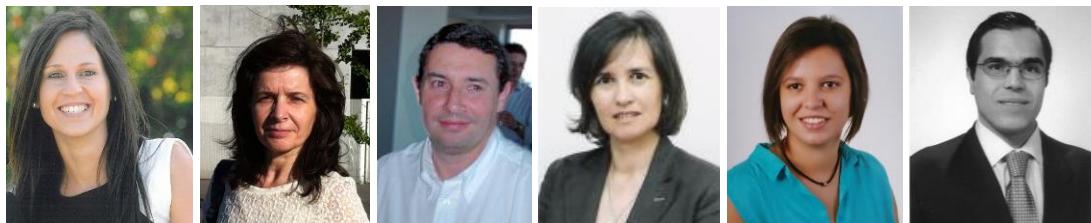
*Department of Veterinary Sciences, School of Agrarian and Veterinary Sciences, University of Trás-os-Montes e Alto Douro*

*Ana C Lopes*

*MS student in Industrial Engineering, Polytechnic Institute of Bragança*

*João E Ribeiro*

*LAETA, INEGI, Polytechnic Institute of Bragança*



### ABSTRACT

The thermal bone necrosis induced during a drilling process is a frequent and potential phenomenon, which contributes to post-operative problems. The frictional heat generated from the contact between the drill bit and the hole wall is unavoidable. However, understanding advanced techniques for acquiring reliable thermal data on bone drilling is important to ensure the quality of the drilled hole. The purpose of this study is to present two different experimental methods to analyse the drilling conditions that generate the lower temperatures, avoiding the occurrence of thermal bone necrosis. Ex-vivo bovine bones were used to simulate the drilling process considering the effect of drill bit diameter, drill speed and feed-rate. Different experiments were performed to assess the repeatability of the tests. The results identified the drill bit diameter as the most critical parameter for inducing higher temperatures in bone drilling.

Keywords: Ex-vivo bovine bone / Drilling / Temperatures / Thermocouples / Infrared camera

## 1. INTRODUCTION

Due the increase in the ageing population and the prevalence of bone diseases, bone drilling has become an essential step in a broad range of medical interventions. The successful outcome of any drilling operation is directly related with the quality of the surgical technique, while minimizing associated injury to the surrounding tissue (Lee et al. 2012; Fernandes et al. 2015). Currently it is known that all bone drilling interventions include heat generation due to the friction between tool, bone tissue and fragments, which can significantly influence the post-operative recovery. The heat generated during bone drilling may cause thermal injury (resulting in thermal necrosis) which means irreversible death of the bone cells. The main goal of this paper was to investigate the effect of drill diameter, drill speed and feed-rate on thermal damage during drilling of *ex-vivo* bovine bones. Experimental tests were performed in clinical and experimental environment using thermocouples and an infrared camera to measure the generated heat during drilling process. The results were compared and discussed.

## 2. METHODS AND CONCLUSIONS

This study comprises two different methodologies to evaluate the temperature rise with different drilling parameters. The first method was conducted in clinical environment approaching as far as possible with a real surgery and the second was conducted in laboratory environment using a CNC machine. In order to evaluate the influence of drilling parameters, holes were made in *ex-vivo* bovine femurs with different drill bit diameters, drill speeds and feed-rates. Temperature changes were recorded in bone tissue and in drill bit using K-type thermocouples and an infrared camera (Fig. 1). Results show that the lower drill speed, smaller drill bit diameter and higher feed-rate lead to a decrease in the temperature rise. A great drill bit diameter is the critical parameter for inducing higher temperatures.



Fig. 1 – Drilling tests on cortical bone and temperature measurement system.

## 3. REFERENCES

- Lee, J., Ozdoganlar, O.B., Rabin, Y. 2012. An experimental investigation on thermal exposure during bone drilling. *Medical Engineering and Physics*, 34 (10), p. 1510-1520.
- Fernandes, M.G., Fonseca, E.M.M., Natal, R. 2015. Three-dimensional dynamic finite element and experimental models for drilling processes. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, p.1-9. DOI: 10.1177/1464420715609363 (In press)