

# ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS

Volume 19 • 2012

ACTAS DO IX CONGRESSO IBÉRICO DE ARQUEOMETRIA  
(Lisboa, 2011)



Editores Científicos: M. Isabel Dias e João Luís Cardoso

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR  
SOCIEDAD DE ARQUEOMETRÍA APLICADA AL PATRIMONIO CULTURAL  
CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS

2012

**ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS**

Volume 19 • 2012

ISSN: 0872-6086

EDITORES CIENTÍFICOS – M. Isabel Dias e João Luís Cardoso  
DESENHO E FOTOGRAFIA – Autores ou fontes assinaladas  
CORRESPONDÊNCIA – Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras  
Fábrica da Pólvora de Barcarena  
Estrada das Fontainhas  
2745-615 BARCARENA

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos Autores.

*Aceita-se permuta  
On prie l'échange  
Exchange wanted  
Tauschverkehr erwünscht*

ORIENTAÇÃO GRÁFICA E

REVISÃO DE PROVAS – M. Isabel Dias e João Luís Cardoso

PAGINAÇÃO – M. Fernandes

IMPRESSÃO E ACABAMENTO – Graficamares, Lda. - Amares - Tel. 253 992 735

DEPÓSITO LEGAL: 97312/96

## APRESENTAÇÃO

A Nona Edição do Congresso Ibérico de Arqueometria (CIA IX) decorreu em Lisboa de 26 a 28 de Outubro de 2011 nas instalações da Fundação Calouste Gulbenkian. A proposta e compromisso da organização deste evento foi feita pelo Grupo de Geoquímica Aplicada & Luminescência no Património Cultural (GeoLuC) (IST/ITN), dois anos antes na Assembleia Geral da Sociedad de Arqueometría Aplicada al Patrimonio Cultural (SAPaC), e foi aceite por unanimidade.

Com esta decisão, a SAPaC consolida uma linha de actuação, cujo objectivo é difundir e fomentar a colaboração entre os grupos de investigação arqueométrica que trabalham na Península Ibérica. Este objectivo viu-se reforçado e reflectido na composição dos novos órgãos sociais dirigentes da SAPaC, eleita durante a celebração do IX Congresso em Lisboa, que incorpora deste então investigadores portugueses e espanhóis, sendo presidida pela Doutora M. Isabel Dias (IST/ITN, Portugal).

As Actas que aqui se apresentam são uma prova tangível da via integradora desta IX edição do Congresso, verificando-se existir equilíbrio numérico entre os trabalhos apresentados por grupos de investigação portugueses e espanhóis, evidenciando-se mesmo um incremento de projectos em que participam conjuntamente investigadores dos dois países, mostrando o grande interesse que desperta a Arqueometria, em si mesma de natureza interdisciplinar, e os objectivos comuns partilhados pela comunidade científica ibérica.

Definitivamente, este Congresso constituiu um ponto de encontro dos investigadores da disciplina, tendo contribuído para a troca de experiências e o aprofundar de conhecimentos nas diversas metodologias e técnicas aplicadas à caracterização do nosso património histórico e cultural.

A publicação dos trabalhos do CIA IX nos *Estudos Arqueológicos de Oeiras* (EAO), órgão científico do Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras/Câmara Municipal de Oeiras, constituiu uma oportunidade única e vantajosa para ambas as partes, já que esta inédita parceria entre uma entidade vocacionada para a investigação e uma Câmara Municipal permitiu uma sinergia de interesses quanto aos custos da publicação deste número e a sua adequada distribuição nacional e internacional. A escolha de uma revista periódica constituiu sem dúvida, a melhor opção, para a garantia de uma divulgação adequada. E a revista sobre a qual recaiu a escolha, prontamente homologada pelo Senhor Presidente da Câmara Municipal de Oeiras, Dr. Isaltino Morais, responde sem dúvida àquele requisito: além de constituir uma referência no panorama editorial nacional em matéria de publicações arqueológicas, com 18 números publicados desde 1991, mantém permuta com cerca de 200 revistas periódicas especializadas, todas de

Arqueologia e Património Arqueológico, especialmente de Espanha, França, Itália, Alemanha, Polónia, Reino Unido, Mónaco e Marrocos, para além de Portugal, incluindo as publicações mais importantes produzidas naqueles países.

Esperamos, deste modo, com a publicação deste volume, ir ao encontro dos interesses de todos os participantes do CIA IX, de todos os que contribuíram com os seus trabalhos para a excelente qualidade deste volume, dos interesses dos associados da SAPaC, dos munícipes de Oeiras, e da comunidade científica nacional e internacional no domínio da arqueometria e da arqueologia.

Pela Comissão organizadora do CIA IX, Presidência da SAPaC  
e comissão editorial deste volume dos Estudos Arqueológicos de Oeiras,

M. ISABEL DIAS

(Instituto Superior Técnico/Instituto Tecnológico e Nuclear, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal)

CLODOALDO ROLDÁN

(Instituto de Ciencia de Materiales, Universidade de Valência, Espanha)

JOÃO LUÍS CARDOSO

(Universidade Aberta e Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras/Câmara Municipal de Oeiras, Portugal)

Oeiras, 31 de Outubro de 2012

## OS PRIMEIROS BRONZES DO TERRITÓRIO PORTUGUÊS: UMA PRIMEIRA ABORDAGEM ARQUEOMETALÚRGICA A UM CONJUNTO DE MACHADOS TIPO BUJÕES/ BARCELOS

Elin Figueiredo<sup>1,2</sup>, Filipa Lopes<sup>1</sup>, Maria de Fátima Araújo<sup>1</sup>, Rui Jorge Cordeiro Silva<sup>2</sup>  
João Carlos Senna-Martinez<sup>3</sup> & Elsa Luís<sup>3</sup>

### Resumo

As primeiras produções de bronze no Oeste peninsular terão ocorrido durante a 1.<sup>a</sup> Idade do Bronze. A metalurgia específica deste período de transição tem contado com poucos estudos arqueometalúrgicos, em particular no que diz respeito ao território português.

No presente trabalho efectuaram-se estudos elementares por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (FRX) e micro-FRX a um conjunto de machados de tipologias Bujões e Barcelos, provenientes do Centro e Norte de Portugal, atribuídos à 1.<sup>a</sup> Idade do Bronze. Os resultados indicam que foram fabricados numa liga binária de cobre e estanho, com ocasionais impurezas de arsénio, chumbo e antimónio. Os teores de estanho, na maioria dos casos, encontram-se entre os 8 e 11%, sendo semelhantes aos teores adoptados no fabrico de objectos de bronze de diversas tipologias numa fase mais tardia, durante o Bronze Final.

*Palavras-chave:* Idade do Bronze, machados, bronze, composição elementar, micro-FRX

### Abstract

The first bronze productions did probably occur during 1800-1600 BC. Metallurgical specificities of this transition period have been scarcely studied, namely for the Portuguese territory.

In the present study, plain axes of Bujões and Barcelos types, from central and northern Portugal, attributed to 1<sup>st</sup> Bronze Age, have been analysed by energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) and micro-EDXRF to determine their elemental composition. Results show that the axes are made of a copper-tin alloy, occasionally with lead, arsenic and antimony impurities. The tin content is in most of the cases between 8 and 11%, showing similarities with the Sn contents adopted in bronze objects of later chronologies, as during Late Bronze Age.

*Keywords:* Bronze Age, axes, bronze, elemental characterization, micro-XRF

## 1 – INTRODUÇÃO

Na Península Ibérica, a transição da metalurgia do cobre para a do bronze terá sido implementada de forma progressiva, de Nordeste para Sudoeste, tendo havido uma coexistência de ambas as tecnologias durante um longo período de tempo (ROVIRA, 2004).

---

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico e Nuclear, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa (IST-ITN), Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém, Portugal.

<sup>2</sup>CENIMAT/I3N, Departamento de Ciências dos Materiais, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal.

<sup>3</sup>Centro de Arqueologia, UNIARQ, Universidade de Lisboa, 1600-214 Lisboa, Portugal.

As primeiras produções de bronze no Oeste peninsular terão ocorrido durante a 1.<sup>a</sup> Idade do Bronze (ou Bronze Inicial e Médio, c. 2250-1250 a.C.), um período durante o qual a maioria dos artefactos metálicos era ainda produzida em cobre ou cobre arsenical (SENNA-MARTINEZ, 2007).

Entre os primeiros objectos produzidos em bronze encontram-se os machados planos, nomeadamente os machados de tipologias Bujões e Barcelos, que são frequentemente citados como estando relacionados com as etapas iniciais da metalurgia do bronze no território português (SENNA-MARTINEZ, 2007; SENNA-MARTINEZ *et al.*, 2011).

Assim, o presente trabalho pretende contribuir para o conhecimento das etapas iniciais da metalurgia do bronze no território português, recorrendo a um primeiro estudo arqueometalúrgico de um conjunto de machados de tipologias Bujões e Barcelos. Para tal, foram caracterizados quimicamente dez machados planos, que incluem oito machados de tipo Bujões e dois de tipo Barcelos (Fig. 1). Entre os machados de tipo Bujões incluem-se os três exemplares do sítio epónimo, o depósito de Bujões (Vila Real), um segundo conjunto de quatro machados do depósito ribatejano de Escaroupim (Salvaterra de Magos), e uma peça avulso encontrada nos trabalhos de minimização de impactos durante a construção do MARL em Vila Franca de Xira. Entre os machados de tipo Barcelos conta-se com um proveniente de Felgueiras e outro de Gonça (Guimarães).

Os machados foram analisados numa primeira fase por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (FRX). Esta técnica analítica permitiu a identificação do tipo de metal/liga e impurezas presentes.

Numa segunda etapa os machados foram analisados por micro-FRX numa pequena área limpa das camadas de corrosão superficiais, permitindo uma caracterização quantitativa da composição do metal/liga.

Tendo por base estudos anteriores em bronzes de etapas mais tardias, nomeadamente do Bronze Final, o estudo das percentagens de estanho e impurezas nos machados Bujões e Barcelos poderão contribuir para a compreensão da evolução da metalurgia do bronze, desde a 1.<sup>a</sup> Idade do Bronze até ao Bronze Final na fachada atlântica peninsular.

## 2 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O conjunto de dez machados foi analisado por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (FRX) numa primeira etapa, para se determinar o tipo de liga metálica e principais impurezas. Os resultados foram considerados como semi-quantitativos, uma vez que estas análises foram efectuadas sem preparação prévia das superfícies dos artefactos estando assim afectados pela composição da camada de corrosão. As análises foram efectuadas num espectrómetro Kevex 771, instalado no Instituto Tecnológico e Nuclear (IST-ITN), que permite utilizar condições analíticas variadas, através de alvos secundários e filtros apropriados. Os detalhes do equipamento assim como do procedimento experimental adoptado para a análise de metais arqueológicos encontram-se já publicados em detalhe, por exemplo em Figueiredo *et al.* (2007) e Valério *et al.* (2006).

Posteriormente, o conjunto de dez machados foi sujeito a análises elementares quantitativas, por espectrometria de micro-fluorescência de raios X, dispersiva de energias (micro-FRX). Para estas análises foi efectuada uma remoção da camada de corrosão superficial numa pequena área no talão dos machados (< 25 mm<sup>2</sup>) com esmeril eléctrico. Estas superfícies foram posteriormente polidas com cotonete e pasta de diamante (até 1 µm).

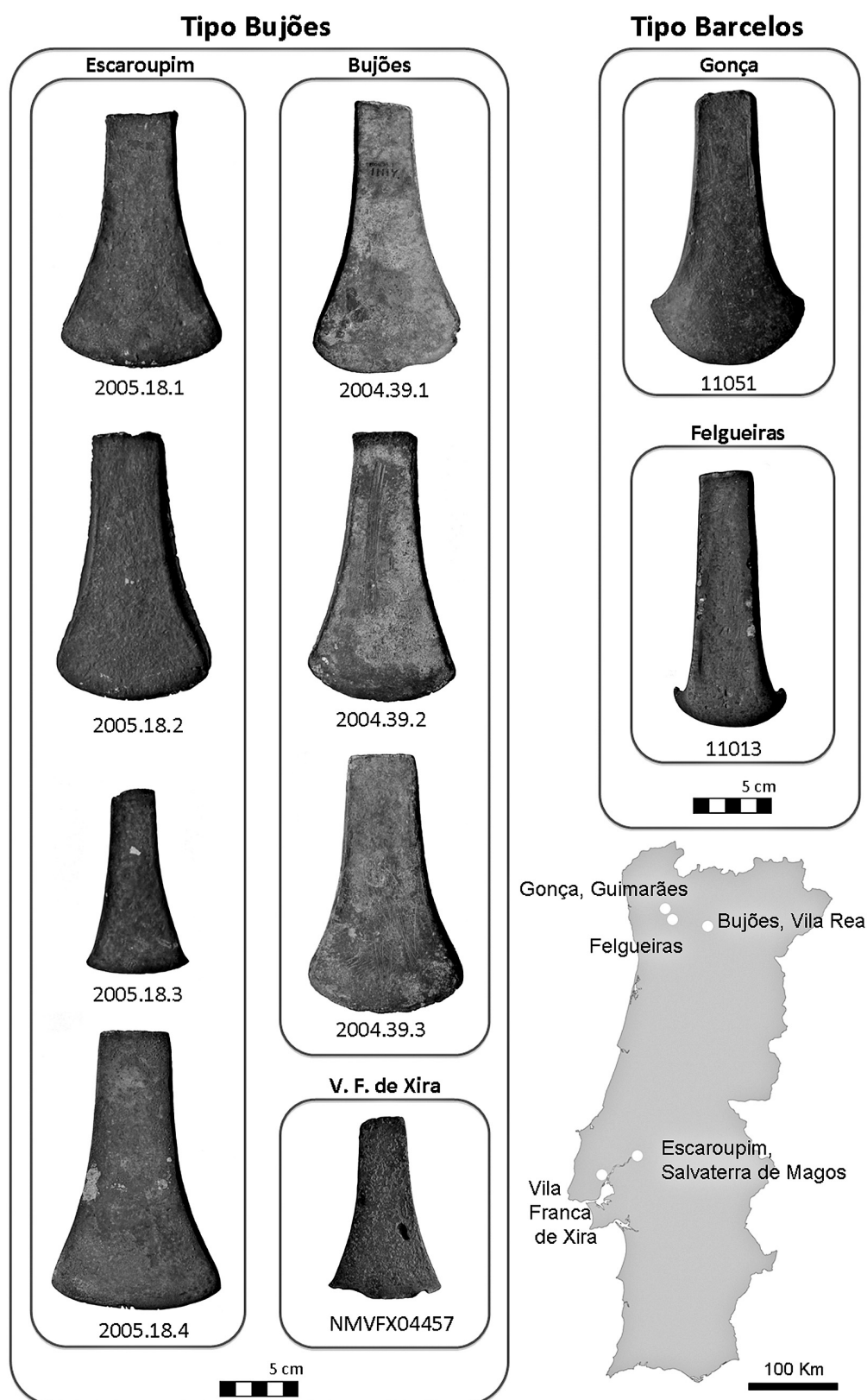


Fig. 1 – Machados planos tipo Bujões e tipo Barcelos analisados e um mapa de Portugal com as respectivas proveniências.



As análises de micro-FRX foram efectuadas num espectrómetro ArtTAX Pro, instalado no Departamento de Conservação e Restauro, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (DCR-FCT-UNL). Este equipamento efectua análises em áreas < 100 µm de diâmetro, tendo sido efectuadas pelo menos três análises em cada área preparada, considerando-se a média. Uma vez que este equipamento possui características distintas que o anterior (Kevex 771), alguns elementos menores não foram detectados nesta análise. As características deste equipamento, assim como do procedimento experimental associado à quantificação da composição do metal encontram-se já publicados em detalhe, por exemplo em Figueiredo *et al.* (2011b).

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises por FRX indicaram que a totalidade dos artefactos é composta por ligas de cobre-estanho (bronze binário), com teores variáveis de impurezas, nomeadamente níquel, arsénio, antimónio e chumbo (a ocasional presença de pequenas quantidades de ferro é resultado da incorporação deste elemento nas camadas de corrosão, proveniente dos solos de enterramento). Na Fig. 2 apresentam-se alguns espectros de FRX, onde se pode observar a presença dos elementos constituintes de liga e algumas impurezas.

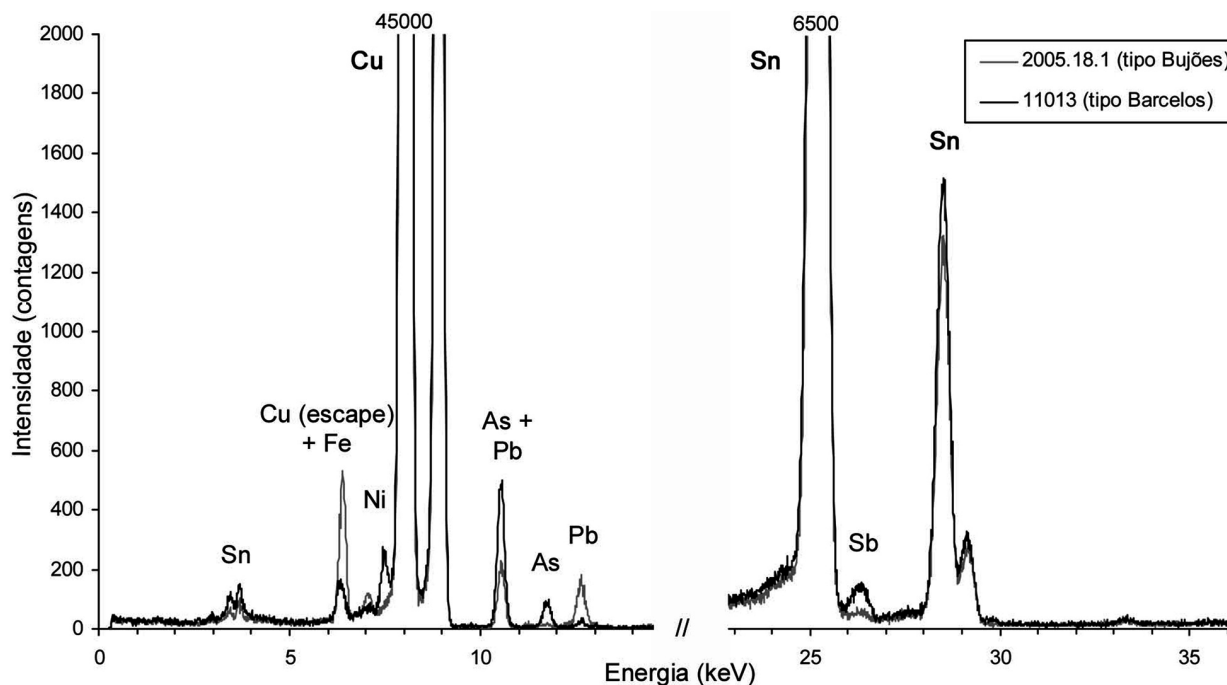


Fig. 2 – Espectros de FRX de dois machados.

As análises por micro-FRX permitiram identificar o teor de estanho presente em cada machado, assim como algumas impurezas. No Quadro 1 apresentam-se os resultados desta análise.

De uma forma geral, pode-se verificar que os teores de estanho são bastante homogéneos, com teores entre os 9 e 11%, à excepção do machado Bujões 2005.18.3 de Escaroupim, que apresenta um teor bastante inferior (~ 6% Sn). Este machado é também o que apresenta um formato diferente dos restantes três machados de Escaroupim, apresentando maiores semelhanças com o machado NMVFX04457 de Vila Franca de Xira.



**Quadro 1** – Resultados das análises por micro-FRX aos machados Bujões e Barcelos.

Tipologia	Proveniência	n.º Inv.	Composição (%)				
			Cu	Sn	Pb	As	Fe
Bujões	Bujões, Vila Real	2004.39.1	88,2 ± 0,5	11,4 ± 0,5	0,1	0,2	< 0,05
	Bujões, Vila Real	2004.39.2	89,9 ± 1,9	10,0 ± 2,0	n.d.	n.d.	< 0,05
	Bujões, Vila Real	2004.39.3	89,9 ± 1,3	10,7 ± 1,2	0,1	0,3	< 0,05
	Vila Franca de Xira	NMVFX04457	88,5 ± 1,5	10,5 ± 1,3	0,4 ± 0,2	0,5	< 0,05
	Escaroupim, S. de Magos	2005.18.1	88,6 ± 1,6	10,5 ± 1,8	0,5	0,2	0,1
	Escaroupim, S. de Magos	2005.18.2	86,8 ± 0,6	11,4 ± 0,4	1,7 ± 0,2	0,2	< 0,05
	Escaroupim, S. de Magos	2005.18.3	91,7 ± 0,6	5,9 ± 0,5	n.d.	2,2 ± 0,2	< 0,05
	Escaroupim, S. de Magos	2005.18.4	89,8 ± 0,9	9,2 ± 0,8	0,4 ± 0,1	0,5	< 0,05
Barcelos	Felgueiras	11013	90,0	9,1 ± 0,2	n.d.	0,8	< 0,05
	Gonça, Guimarães	11051	88,1 ± 0,4	10,9 ± 0,4	0,6	0,4	< 0,05
n.d. (não detectado)							

No que respeita aos elementos minoritários, o arsénio e o chumbo apresentam-se em teores inferiores a 1%, excepto no machado 2005.18.3, que apresenta um teor de arsénio superior, com cerca de 2,2%, e no machado 2005.18.2 também de Escaroupim, que apresenta um teor de chumbo de cerca de 1,7%. O ferro encontra-se sempre em teores inferiores a 0,05%, excepto no machado 2005.18.1 de Escaroupim, o que poderá indicar uma contaminação de ferro a maior profundidade devido a uma corrosão mais profunda neste artefacto em particular.

De uma forma geral, não se observam diferenças composicionais entre os machados de tipologia Bujões e os machados de tipologia Barcelos, sendo de destacar apenas o machado 2005.18.3 de Escaroupim, que por apresentar um teor de estanho inferior e um teor de arsénio relativamente superior aos restantes machados poderá ser interpretado como um artefacto produzido numa liga diferente que, de certa forma, parece resultar de uma mistura entre a tradição metalúrgica dos cobres arsenicais e a nova metalurgia do bronze.

Estudos arqueometalúrgicos anteriores efectuados em artefactos de bronze com tipologias variadas provenientes do Centro/Norte de Portugal, e atribuídos a um período posterior, ao Bronze Final, mostraram que a grande maioria dos artefactos tem teores de estanho entre os 9 e 15% e baixos teores em impurezas (< 0,5% Pb e As) (FIGUEIREDO *et al.*, 2011b). Esta composição é também partilhada pela maioria dos machados de alvado e de talão, do Bronze Final, como se pode verificar pelas análises efectuadas por Coffyn (1985) a machados de Coles de Samuel e Ervedal, e pelas análises de Gutiérrez *et al.* (2011) a machados do depósito da Freixianda, que possuem teores de estanho entre os 10 e os 15%, e baixos teores de impurezas (geralmente < 0,5% Pb e As).

Na Fig. 3 pode observar-se um gráfico onde se encontram representados os teores de estanho dos machados Bujões e Barcelos analisados no presente trabalho e os teores de estanho dos artefactos de tipologias variadas do Bronze Final analisados em trabalhos anteriores. Verifica-se que os teores de estanho nos machados se encontram dentro dos intervalos de variação obtidos anteriormente para artefactos da época mais tardia, embora de um modo geral se observe que haja uma tendência para os valores mais baixos.

Na Fig. 4 apresenta-se um gráfico onde se podem comparar os teores em estanho dos machados Bujões e Barcelos com os teores de estanho dos machados de alvado e de talão do Bronze Final do território português, publicados por diferentes equipas de investigação (COFFYN, 1985; GUTIÉRREZ *et al.*, 2011). Verifica-se também neste caso, e apesar do número de artefactos ser menor, que os teores de estanho dos machados de Bujões e Barcelos tendem a ser menores do que os medidos nos machados mais tardios.

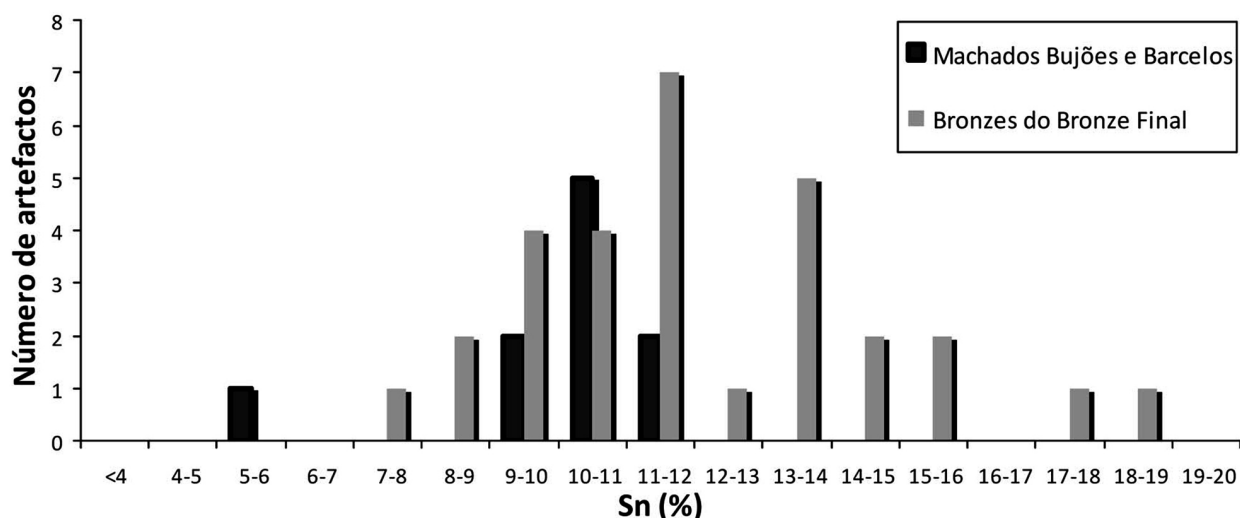


Fig. 3 – Comparação de teores de estanho entre os machados do tipo Bujões e Barcelos e artefactos de bronze do Bronze Final provenientes do Castro de Nossa Senhora da Guia de Baiões (FIGUEIREDO *et al.*, 2010b), Canedotes (VALÉRIO, ARAÚJO & CANHA, 2007), Crasto de São Romão (FIGUEIREDO *et al.*, 2010a) e Figueiredo das Donas (FIGUEIREDO *et al.*, 2011a).

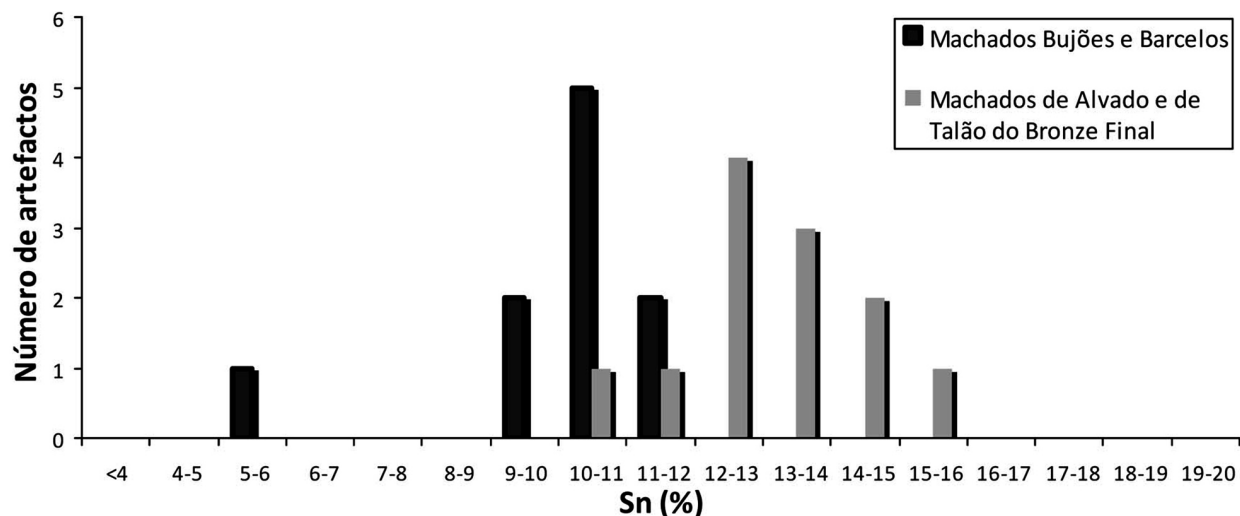


Fig. 4 – Comparação de teores de estanho entre os machados do tipo Bujões e Barcelos e machados de alvado e de talão do Bronze Final de Coles de Samuel e Ervedal (COFFYN, 1985) e do depósito da Freixianda (GUTIÉRREZ *et al.*, 2011).

De uma forma geral, a comparação da composição dos machados Bujões e Barcelos com os bronzes mais tardios, inclusive os machados de alvado e de talão, mostra que entre as primeiras fases da adopção do bronze e as fases mais tardias (Bronze Final) a composição do bronze não terá sofrido alterações muito significativas. À excepção do machado Bujões 2005.18.3, que apresenta um teor em estanho mais baixo, a composição dos machados sugere que desde cedo o bronze seria fabricado com teores de estanho que conferiam boas propriedades mecânicas (~ 10-15% Sn). Teores a partir dos ~ 10% Sn permitem a obtenção de uma elevada dureza em comparação com o metal cobre, que poderia ser aumentada por deformação plástica (encruamento) com a manutenção de uma razoável tenacidade. Teores inferiores a ~ 15% Sn permitem recuperar uma maior ductilidade através de um recozimento, designadamente por tratamento térmico de recristalização, uma vez que é

este o teor limite para o qual não haverá formação de uma fase microcristalina mais dura, a fase delta (mais rica em estanho). Adicionalmente, esta composição de liga conferia uma coloração dourada aos artefactos, que poderia também ser bastante apreciada.

## 4 – CONCLUSÕES

No presente estudo verificou-se que os machados do tipo Bujões e Barcelos analisados, independentemente da sua forma e proveniência, foram todos produzidos numa liga de cobre-estanho (bronze binário), com teores de estanho relativamente uniformes (9-11% Sn). Apenas um machado de Bujões se destaca dos restantes, por ter um teor de estanho inferior, com cerca de 6% e um teor relativamente mais elevado de arsénio (2,2%).

Estes resultados sugerem a existência de uma metalurgia do bronze na qual seriam produzidos artefactos com teores relativamente constantes em estanho, revelando desde cedo um controlo de produção de artefactos com boas propriedades mecânicas.

O presente estudo constitui uma primeira abordagem aos machados tipo Bujões e Barcelos, realizado no âmbito do projecto EARLYMETAL (PTDC/HIS-ARQ/110442/2008). Num futuro próximo pretende-se dar continuidade ao estudo destes machados através de observações microestruturais, que poderão contribuir para o conhecimento das técnicas de produção envolvidas na manufactura dos machados. Também, e no âmbito do projecto, outros machados de outras proveniências serão analisados de forma a contribuir de forma mais consistente para o conhecimento da tecnologia de produção, manufactura e difusão dos primeiros artefactos em bronze no território português.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho de investigação foi efectuado no âmbito do projecto EARLYMETAL financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (PTDC/HIS-ARQ/110442/2008). Os autores agradecem também o apoio financeiro concedido ao CENIMAT/I3N através do Projecto Estratégico LA25/2011-2012 (PEst-C/CTM/LA0025/2011). E.F. agradece a bolsa individual (SFRH/BPD/73245/2010). E.L. agradece a bolsa individual (SFRH/BD/72369/2010).

## REFERÊNCIAS

- COFFYN, A. (1985) – *Le Bronze Final Atlantique dans la Péninsule Ibérique*. Paris: Diffusion de Bocard.
- FIGUEIREDO, E.; MELO, A. A. & ARAÚJO, M. F. (2007) – Artefactos metálicos do Castro de Pragança: um estudo preliminar de algumas ligas de cobre por Espectrometria de Fluorescência de Raios X. *O Arqueólogo Português*. Série IV (25), p. 195-215.
- FIGUEIREDO, E.; SILVA, R. J. C.; ARAÚJO, M. F. & SENNA-MARTINEZ, J. C. (2010a) – Identification of ancient gilding technology and Late Bronze Age metallurgy by EDXRF, Micro-EDXRF, SEM-EDS and metallographic techniques. *Microchimica Acta* 168, p. 283-291.
- FIGUEIREDO, E.; SILVA, R. J. C.; SENNA-MARTINEZ, J. C.; ARAÚJO, M. F.; BRÁS FERNANDES, F. M. & INÊS VAZ, J. L. (2010b) – Smelting and recycling evidences from the Late Bronze Age habitat site of Baiões (Viseu, Portugal). *Journal of Archaeological Science* 37, p. 1623-1634.

- FIGUEIREDO, E.; ARAÚJO, M. F.; SILVA, R. J. C.; SENNA-MARTÍNEZ, J. C. & INÊS VAZ, J. L. (2011a) – Characterisation of Late Bronze Age large size shield nails by EDXRF, micro-EDXRF and X-ray digital radiography. *Applied Radiation and Isotopes* 69, p. 1025-1211.
- FIGUEIREDO, E.; VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F.; SILVA, R. J. C. & MONGE SOARES, A. (2011b) – Inclusions and metal composition of ancient copper-based artefacts: a diachronic view by Micro-EDXRF and SEM-EDS. *X-Ray Spectrometry* 40, p. 325-332.
- GUTIÉRREZ NEIRA, P. C.; ZUCCHIATTI, A.; MONTERO-RUÍZ, I.; VILAÇA, R.; BOTTAINI, C.; GENER, M. & CLIMENT-FONT, A. (2011) – Late Bronze Age hoard studied by PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 269, p. 3082-3086.
- ROVIRA, S. (2004) – Tecnología metalúrgica y cambio cultural en la prehistoria de la Península Ibérica. *Norba. Revista de Historia* 17, p. 9-40.
- SENNA-MARTINEZ, J. C. (2007) – Aspectos e problemas das origens e desenvolvimento da metalurgia do bronze na fachada atlântica Peninsular. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 15, p. 119-134.
- SENNA-MARTINEZ, J. C.; LUÍS, E.; ARAÚJO, M. F.; SILVA, R.; FIGUEIREDO, E. & VALÉRIO, P. (2011) – First Bronzes of North-West Iberia: the data from Fraga dos Corvos Habitat Site. In: MARTINS, C. B.; BETTENCOURT, A. M. S.; MARTINS, J. I. F. P. & CARVALHO, J. (Eds.), *Povoamento e Exploração de Recursos Mineiros na Europa Atlântica Ocidental / Settlement and Mining in the Atlantic Western Europe. Proceedings of the First International Congress, Braga, 10<sup>th</sup> December of 2010*. Braga: CITCEM, APEQ, FEUP, p.381-394.
- VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F.; SENNA-MARTÍNEZ, J. C. & VAZ, J. L. I. (2006) – Caracterização química de produções metalúrgicas do Castro da Senhora da Guia de Baiões. *O Arqueólogo Português, Série IV* (24), p. 289-319.
- VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F. & CANHA, A. (2007) – EDXRF and micro-EDXRF studies of Late Bronze Age metallurgical productions from Canedotes (Portugal). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 263, p. 477-482.