

ARQUEOLOGIA EM PORTUGAL

150 anos



ASSOCIAÇÃO
DOS ARQUEÓLOGOS
PORTUGUESES
1863-2013

Patrocinador oficial
FUNDAÇÃO MILLENIUM BCP

Coordenação editorial: José Morais Arnaud, Andrea Martins, César Neves
Design gráfico: Flatland Design

Produção: DPI Cromotipo – Oficina de Artes Gráficas, Lda.
Tiragem: 400 exemplares
Depósito Legal: 366919/13
ISBN: 978-972-9451-52-2

Associação dos Arqueólogos Portugueses
Lisboa, 2013

O conteúdo dos artigos é da inteira responsabilidade dos autores. Sendo assim a Associação dos Arqueólogos Portugueses declina qualquer responsabilidade por eventuais equívocos ou questões de ordem ética e legal.

Os desenhos da primeira e última páginas são, respectivamente, da autoria de Sara Cura e Carlos Boavida.

Patrocinador oficial



Apoio institucional



ESTUDO DE METAIS E VESTÍGIOS DE PRODUÇÃO DO POVOADO FORTIFICADO DO BRONZE FINAL DO OUTEIRO DO CIRCO (BEJA)

Pedro Valério^a / António M. Monge Soares^a / Maria Fátima Araújo^a / Rui J.C. Silva^b / Eduardo Porfírio^c / Miguel Serra^c

a) Campus Tecnológico e Nuclear, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Estrada Nacional 10 (km 139,7), 2695-066 Bobadela LRS, Portugal / pvalerio@ctn.ist.utl.pt / amsoares@ctn.ist.utl.pt / faraujo@ctn.ist.utl.pt.

b) CENIMAT/I3N, Departamento de Ciência dos Materiais, Faculdade de Ciências e Tecnologia, FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Monte de Caparica, Portugal / rjcs@fct.unl.pt

c) Palimpsesto, Estudo e Preservação do Património Cultural, Lda., Apartado 4078, 3031-901 Coimbra, Portugal. CEAUCP/CAM, Centro de Estudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto / Campo Arqueológico de Mértola / eduardoporfirio@palimpsesto.pt / miguelserra@palimpsesto.pt

RESUMO

Artefactos e vestígios de produção metalúrgica do Outeiro do Circo foram objecto de caracterização elementar e microestrutural. A datação pelo radiocarbono dos contextos dos materiais indicou uma cronologia do último quartel do II Milénio a.C. Um cadinho encontra-se associado à produção de ouro e dois nódulos metálicos relacionam-se com operações primárias de produção de bronze. Um cone de fundição atesta o vazamento de um bronze de composição semelhante à dos restantes artefactos metálicos, com excepção de um exemplar, cujo reduzido teor em estanho será devido à utilização de sucata. As cadeias operatórias dos artefactos incluíram operações de martelagem e recozimento. Os materiais analisados enquadram-se na metalurgia coeva do sul de Portugal, caracterizada por bronzes binários com teores apropriados de estanho.

ABSTRACT

Metals and metallurgical remains from Outeiro do Circo were subjected to elemental and microstructural characterization. Radiocarbon dating of contexts established a chronology of last quarter of the II Millennium BC. A crucible was associated with gold production, while bronze nodules were related with bronze metallurgy. A casting jet evidenced the pouring of a bronze alloy with similar composition to the remaining metallic artefacts, with the exception of an item, which reduced tin content probably is due to the use of scrap. The manufacture involved hammering and annealing operations. The analysed materials are in agreement with the coeval metallurgy from southern Portugal, being characterized by binary bronzes with suitable contents of tin.

1. INTRODUÇÃO

Escavações arqueológicas realizadas entre 2008 e 2011 num troço de muralha localizado no sector sudoeste da cortina defensiva do povoado do Bronze Final do Outeiro do Circo (Beja) permitiram recolher um pequeno conjunto de vestígios de produção metalúrgica bem como alguns artefactos metálicos (Serra e Porfírio, 2012). As evidências de operações metalúrgicas consistem num cone de fundição,

num fragmento de cadinho com a superfície interna vitrificada e com vestígios de metal, e em dois pequenos nódulos metálicos (Figura 1). Estes vestígios atestam a prática de diferentes operações metalúrgicas no interior do povoado. O conjunto de materiais arqueológicos inclui igualmente um anel, um pendente e uma argola (Figura 1).

O estudo integrou a caracterização elementar e microestrutural dos vestígios de produção metalúrgica e artefactos metálicos, assim como a datação

Tabela 1 – Datas de radiocarbono para o Outeiro do Circo (* intervalos de maior probabilidade a negrito).

Ref. Lab.	Proveniência	Data ¹⁴ C (BP)	δ ¹³ C (‰)	Data Calibrada (cal BC)*	
				1σ	2σ
Sac-2884	Camada 12	2880±45	-21,8	1128-994 988-980	1211-925
Sac-2885	Camada 6	2900±45	-21,5	1190-1178 1159-1144 1131-1010	1259-1231 1219-973 957-939

por radiocarbono de contextos arqueológicos investigados na intervenção de campo e donde os materiais analisados provêm. Pretendeu-se identificar as operações metalúrgicas que deram origem aos vestígios de produção, bem como as ligas e as cadeias operatórias dos artefactos. O cadinho e os nódulos metálicos podem resultar de operações primárias de produção de metal como, por exemplo, a redução de minérios, enquanto o cone de fundição resultará de uma subsequente fusão e vazamento do metal produzido.

2. CRONOLOGIA

Dataram-se por radiocarbono duas amostras de restos ósseos de fauna mamalógica provenientes das camadas 6 e 12 do corte efectuado no sector da muralha atrás referido. Apresentam-se as datas obtidas (Tabela 1), bem como o resultado da sua conversão em datas de calendário solar fazendo uso da curva de calibração IntCalog (Reimer & alii, 2009) e do programa CALIB (Stuiver e Reimer, 1993). As duas datas determinadas não são diferenciáveis estatisticamente e indicam que os contextos arqueológicos em causa são enquadráveis no último quartel do II Milénio a.C (Tabela 1).

3. METODOLOGIA

A identificação dos elementos presentes nos vestígios de produção metalúrgica foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (EDXRF). As análises foram realizadas num espectrómetro KeveX 771 equipado com uma ampola com ânodo de Rh, alvos secundários, filtros de radiação e um detector de Si(Li) com uma resolução de 165 eV a 5,9 keV. A caracterização microestrutural dos vestígios de produção foi realizada por microscopia óptica e por microscopia electrónica de varrimento e microanálise por raios X (SEM-EDS). Para esta última recorreu-se a um microscópio Zeiss DSM 962

acoplado a um espectrómetro Oxford Instruments INCAx-sight EDS, sendo os materiais observados em modo de electrões retrodifundidos.

A composição elementar dos metais foi determinada através de análises por micro-EDXRF. Áreas preparadas foram analisadas num espectrómetro ArtTAX Pro equipado com uma ampola com ânodo de Mo e com um detector de Si com uma resolução de 160 eV a 5,9 keV. A cadeia operatória foi estabelecida através de observações num microscópio óptico Leica DMI 5000M. As observações foram efectuadas em áreas preparadas e utilizando campo claro, campo escuro e luz polarizada. As superfícies metálicas foram contrastadas com uma solução ácida de cloreto férrico. As durezas foram obtidas através de ensaios de microdureza Vickers realizados num microdurómetro Zwick-Roell Indentec. A preparação dos materiais, condições de análise, precisão e exactidão, encontram-se descritas em Valério & alii (2013).

4. RESULTADOS DOS VESTÍGIOS DE PRODUÇÃO METALÚRGICA

4.1. Metalurgia do ouro

O cadinho 8517 apresenta uma superfície interior vitrificada com diversos nódulos dourados. A composição elementar destes nódulos foi analisada por micro-EDXRF, verificando-se que são compostos por ligas de ouro e prata com impurezas de cobre (Tabela 2). O teor variado de prata (9,4 – 15,1 %) indicia a produção primária de uma liga de ouro ou a sua utilização em diversas operações de fusão de jóias de ouro. De qualquer das formas, os teores de prata e cobre são característicos das ligas de ouro do Bronze Final desta região (Valério, 2012). (Tabela 2)

4.2. Metalurgia do bronze

A análise por micro-EDXRF dos nódulos metálicos e do cone de fundição do Outeiro do Circo permitiu determinar a sua composição elementar (Tabela 3) – bronze (Cu + Sn) com reduzidos teores de im-

Tabela 2 – Composição dos nódulos metálicos no cadinho do Outeiro do Circo.

Tipo	Referência	Au (%)	Ag (%)	Cu (%)
Nódulo metálico	I	84,2 ± 1,5	15,1 ± 1,6	0,71 ± 0,10
Nódulo metálico	II	87,9 ± 1,1	11,8 ± 1,1	0,20 ± 0,02
Nódulo metálico	III	90,5 ± 0,2	9,4 ± 0,2	0,17 ± 0,01
Nódulo metálico	IV	84,8 ± 0,1	15,1 ± 0,2	0,41 ± 0,06

Tabela 3 – Composição de vestígios de produção do Outeiro do Circo.

Tipo	Referência	Cu (%)	Sn (%)	Pb (%)	As (%)	Fe (%)
Nódulo metálico	99A	89,0	10,5	0,16	0,33	<0,05
Nódulo metálico	99B	91,3	8,0	0,34	0,30	<0,05
Cone de fundição	92	88,4	11,4	0,18	<0,10	<0,05

purezas, nomeadamente chumbo, arsénio e ferro. Os resultados de composição elementar permitem associar os dois nódulos à produção de bronze, assim como o cone de fundição ao vazamento de uma liga semelhante.

As observações de microscopia óptica aos nódulos metálicos identificaram microestruturas com grão irregular e dimensão elevada (Figura 2). Estas características indicam um arrefecimento lento, o qual é compatível com o arrefecimento dos nódulos dentro de um cadinho. Pelo contrário, nódulos resultantes de perdas metálicas durante a fundição de artefactos usualmente denominados por pingos de fundição apresentam uma microestrutura dendrítica, resultante de um arrefecimento muito rápido. A título de exemplo observe-se na Fig. 2 a microestrutura dendrítica do pingo de fundição 41B do Casarão da Mesquita 4, Évora (Valério, 2012). Outras características microestruturais incluem uma densidade elevada de poros de desgaseificação no nódulo 99A e a presença comum de inclusões de Cu_2S , as quais são resultantes de impurezas de enxofre nos minérios de cobre utilizados como matéria-prima. (Figura 2).

O estudo de cadinhos, escórias e nódulos metálicos recuperados numa oficina metalúrgica de Entre Águas 5 (Serpa) forneceu os primeiros dados sobre a produção de bronze durante o Bronze Final nesta região do sul do actual território nacional (Valério & alii, 2013). Um dos processos identificados nesta oficina metalúrgica consiste na co-redução de minérios de cobre e cassiterite em cadinhos abertos. Este processo primitivo resulta na formação de escória imatura e de elevada viscosidade, bem

como de nódulos metálicos de forma irregular, reduzida dimensão e composição diversa. Após arrefecimento, os nódulos seriam recolhidos do interior do cadinho para posterior fusão e vazamento de lingotes ou artefactos. Diversos estudos têm vindo a demonstrar que este seria o método mais comumente utilizado na produção de bronze na Península Ibérica durante o Bronze Final (Rovira, 2007; Figueiredo & alii, 2010). Deste modo, podemos afirmar que as características dos nódulos metálicos recolhidos no Outeiro do Circo sugerem a sua formação numa operação primária de produção de bronze. No entanto, neste povoado produzir-se-iam também artefactos, como atesta o cone de fundição 92 recuperado durante as escavações arqueológicas. A sua microestrutura dendrítica com zonamento (Figura 2) indica o arrefecimento relativamente rápido após vazamento da liga.

5. RESULTADOS DOS ARTEFACTOS

A análise por micro-EDXRF dos artefactos metálicos do Outeiro do Circo permitiu determinar a sua composição elementar (Tabela 4). Estes são manufacturados em bronze com teores reduzidos de chumbo, arsénio e ferro. Deste conjunto de artefactos destaca-se o anel, por ser composto por uma liga pobre em estanho, enquanto os restantes apresentam teores similares aos valores observados nos vestígios metalúrgicos. (Tabela 4).

O estudo de cerca de 30 artefactos do Bronze Final, provenientes de diversos povoados e depósitos do sul do território nacional Entre Águas 5 (Serpa), Baileirão (Beja), Salsa 3 (Serpa), Casarão da Mesquita 3

Tabela 4 – Composição dos artefactos metálicos do Outeiro do Circo.

Tipo	Referência	Cu (%)	Sn (%)	Pb (%)	As (%)	Fe (%)
Anel	98	97,5	2,4	n.d.	<0,10	<0,05
Pendente	99	92,6	7,0	0,22	0,16	<0,05
Argola	107	91,5	8,3	n.d.	0,12	<0,05

(Évora), Santa Margarida (Serpa) e Quinta do Marcello (Almada) indicou a utilização quase exclusiva de bronzes binários com um teor médio de estanho de cerca de 10 % (Valério & alii, no prelo). Deste modo, o pendente e a argola do Outeiro do Circo, assim como a possível ponta de lança, da qual só resta o cone de fundição, enquadram-se na metalurgia coeva desta região. O teor reduzido de estanho no anel poderá ser explicado pela utilização mais significativa de sucata, uma vez que a refusão de um bronze conduz ao empobrecimento de estanho na liga devido á oxidação preferencial deste elemento face ao cobre.

A observação das microestruturas dos artefactos identificou matrizes de fase alfa do cobre recristalizadas (Figura 3). Estas características indicam cadeias operatórias com ciclos de martelagem e recozimento após o vazamento. Para além disso, a argola apresenta bandas de deformação que indicam um trabalho final de martelagem. As microestruturas apresentam ainda inclusões de Cu_2S . No caso do pendente, as bandas de deformação apresentam uma densidade mais elevada e estão circunscritas a uma área determinada na extremidade do artefacto (Figura 3). Esta área parece corresponder a uma região específica do pendente, talvez um fecho ou o arranque de um outro elemento. A título de comparação veja-se, por exemplo, o aro com as extremidades rebitadas representado na Figura 3, as quais sofreram seguramente uma maior deformação devido ao processo utilizado para as unir. (Figura 3).

Os artefactos do Outeiro do Circo foram também sujeitos a medições de microdureza Vickers. Tratando-se de ornamentos e de uma argola, a sua manufactura não terá sido necessariamente direccionada para a obtenção de uma dureza elevada. No entanto, a comparação dos valores obtidos permite estimar quais os parâmetros daquelas cadeias operatórias que influenciariam significativamente a dureza deste tipo de artefacto (Figura 4). A dureza reduzida do anel 98 (66 ± 1 HV_{0,2}) resulta do baixo teor de estanho nesta liga e da ausência de uma martelagem final. O aumento do teor de estanho na liga aumenta por si só o valor da dureza (pendente

99: 85 ± 2 HV_{0,2}), enquanto o efeito cumulativo do elemento de liga e da martelagem final, resulta num artefacto ainda mais duro (argola 107: 108 ± 5 HV_{0,2}). De qualquer das formas, estes artefactos apresentam durezas relativamente reduzidas quando comparados com artefactos coevos de tipologia semelhante do sul do território nacional (Figura 4).

6. CONCLUSÕES

O estudo dos metais e dos vestígios de produção permitiu identificar a produção de ligas de bronze e de ouro nos séculos XII-XI a.C. no povoado fortificado do Outeiro do Circo. Note-se que estes vestígios de produção de bronze constituem os vestígios mais antigos até agora encontrados no sudoeste ibérico, uma vez que antecedem de um ou dois séculos os registados em Entre Águas 5 (Valério & alii, 2013) e Casarão da Mesquita 3 (Mataloto & alii, 2013). Os artefactos, cone de fundição e nódulos metálicos indicam uma metalurgia conservadora de bronzes binários com teores pouco variáveis de estanho e reduzidos teores de impurezas, permitindo enquadrar estes escassos materiais metalúrgicos na metalurgia do Bronze Final do sudoeste ibérico.

De destacar que, pela primeira vez, a metalurgia do ouro com vestígios de produção se encontra atestada em povoados do Bronze Final do Sudoeste e, curiosamente, as dimensões do cadinho são bastante grandes para aquilo que seria, porventura, expectável, a não ser que estejamos perante a produção, no Outeiro do Circo, de quantidades apreciáveis de ouro ou de jóias de alguma dimensão. Esta produção de bronze e de ouro constitui mais um indício da importância deste povoado na rede de povoamento do Bronze Final do interior alentejano.

AGRADECIMENTOS

O estudo foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia – Projecto EarlyMetal (PTDC/HIS-ARQ/110442/2008). Agradece-se o apoio ao CENIMAT/I3N pelo PEst-C/CTM/LA0025/2013 (Projecto Estratégico–LA25–2013–2014). Os autores agradecem ao Departamento de Conservação e Restauro (DCR/FCT/UNL) pela utilização do espectrómetro de micro-EDXRF.

BIBLIOGRAFIA

FIGUEIREDO, Elin; SILVA, Rui J. C.; FERNANDES, Francisco M. B.; ARAÚJO, Maria F.; SENNA-MARTINEZ, João C.; VAZ, João L. I. (2010) – Smelting and recycling evidences from the Late Bronze Age habitat site of Baiões (Viseu, Portugal). *Journal of Archaeological Science*. 37, pp. 1623-1634.

MATALOTO, Rui; MARTINS, José M.M.; SOARES, António M.M. (2013) – Cronologia absoluta para o Bronze do Sudoeste. Periodização, base de dados, tratamento estatístico. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. 20 (no prelo).

REIMER, Paula J.; BAILLIE, M.G.L.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J.W.; BLACKWELL, P.G.; BRONK RAMSEY, C.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; EDWARDS, R.L.; FRIEDRICH, M.; GROOTES, P.M.; GUILDERSON, T.P.; HAJDAS, I.; HEATON, T.J.; HOGG, A.G.; HUGHEN, K.A.; KAISER, K. F.; KROMER, B.; McCORMAC, G.; MANNING, S.; REIMER, R.W.; RICHARDS, D.A.; SOUTHON, J.R.; TALAMO, S.; TURNEY, C.S.M.; VAN DER PLICHT, J.; WEYHENMEYER, C. E. (2009) – IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*. 51, pp. 1111-1150.

ROVIRA, Salvador (2007) – La producción de bronce en la Prehistoria. In: MOLERA, Judit; FARJAS, Jordi; ROURA, Pere; PRADELL, Trinitat, eds. – *Avances en Arqueometria 2005. Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometria*. Girona: Universitat de Girona, p. 21-35.

SERRA, Miguel; PORFÍRIO, Eduardo (2012) – O Bronze Final nos “Barros de Beja”. Novas perspectivas de investigação. *Actas do V Encontro de Arqueologia do Sudoeste Peninsular*. Almodôvar: Câmara Municipal de Almodôvar, p. 133-148.

SESTIERI, Anna M. B.; MACNAMARA, Ellen (2007) – *Prehistoric metal artefacts from Italy (3500-720BC) in the British Museum*. London: British Museum.

STUIVER, Minze; REIMER, Paula J. (1993) – Extended ¹⁴C Data Base and Revised CALIB 3.0 ¹⁴C Age Calibration. *Radiocarbon*. 35, pp. 215-230.

VALÉRIO, Pedro (2012) – *Archaeometallurgical study of pre and protohistoric production remains and artefacts from southern Portugal*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa (PhD thesis).

VALÉRIO, Pedro; SOARES, António M. M.; SILVA, Rui J. C.; ARAÚJO, Maria F.; REBELO, Paulo; NETO, Nuno; SANTOS, Raquel; FONTES, Tiago (2013) – Bronze production in Southwestern Iberian Peninsula: the Late Bronze Age metallurgical workshop from Entre Águas 5 (Portugal). *Journal of Archaeological Science*. 40, pp. 439-451.

VALÉRIO, Pedro; SOARES, António M.M.; ARAÚJO, Maria F.; SILVA, Rui J. C. (no prelo) – Tradição indígena e orientalizante na metalurgia do bronze da bacia do Guadiana entre os séculos VIII e VI a.C. In *Sidereum Ana III: El Río Guadiana Y Tartessos*. Mérida: Instituto de Arqueología de Mérida.

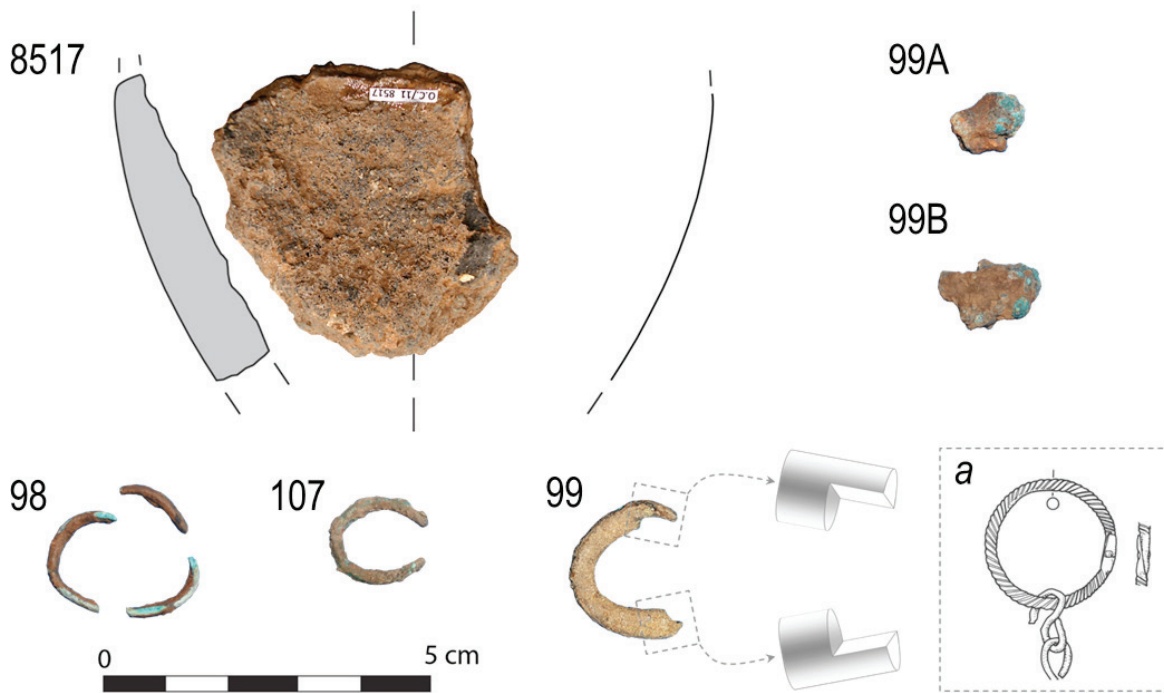


Figura 1 – Cadinho (8517), nódulos (99A e 99B), anel (98), argola (107) e pendente (99) do Outeiro do Circo (com representação do cadinho e das extremidades do pendente; a: aro com as extremidades rebitadas da 1ª Idade do Ferro, ~5 cm de diâmetro, Sestieri e Macnamara, 2007: nº 549, pgs. 186 e 228).

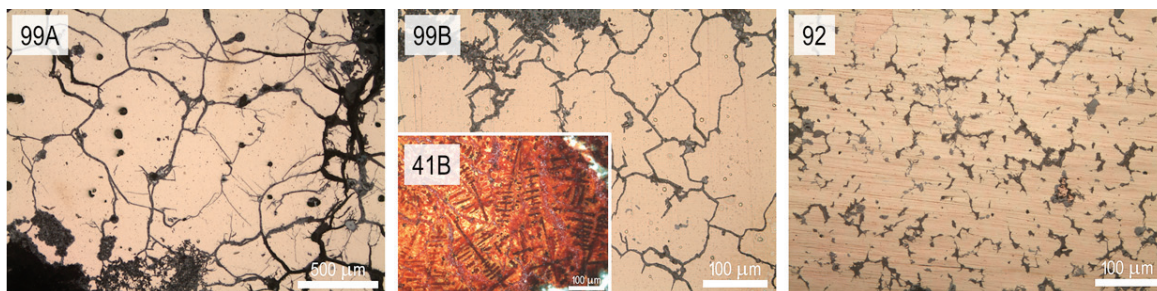


Figura 2 – Microestruturas de vestígios de produção do Outeiro do Circo e do pingo de fundição 41B do Casarão da Mesquita 4.

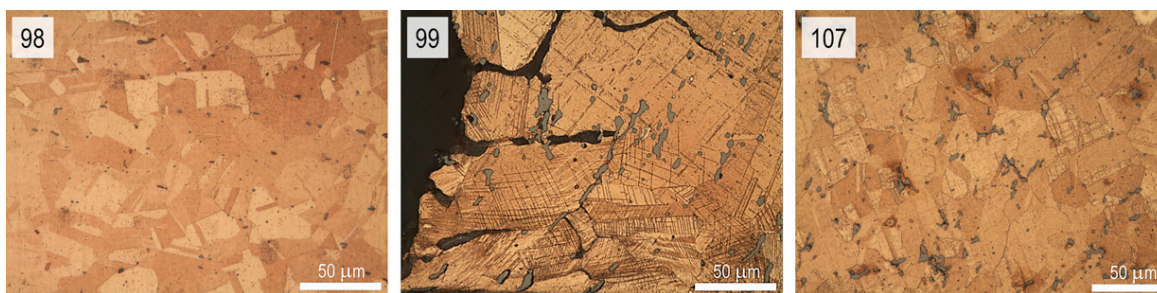


Figura 3 – Microestruturas do anel 98, pendente 99 (extremidade) e argola 107 do Outeiro do Circo.

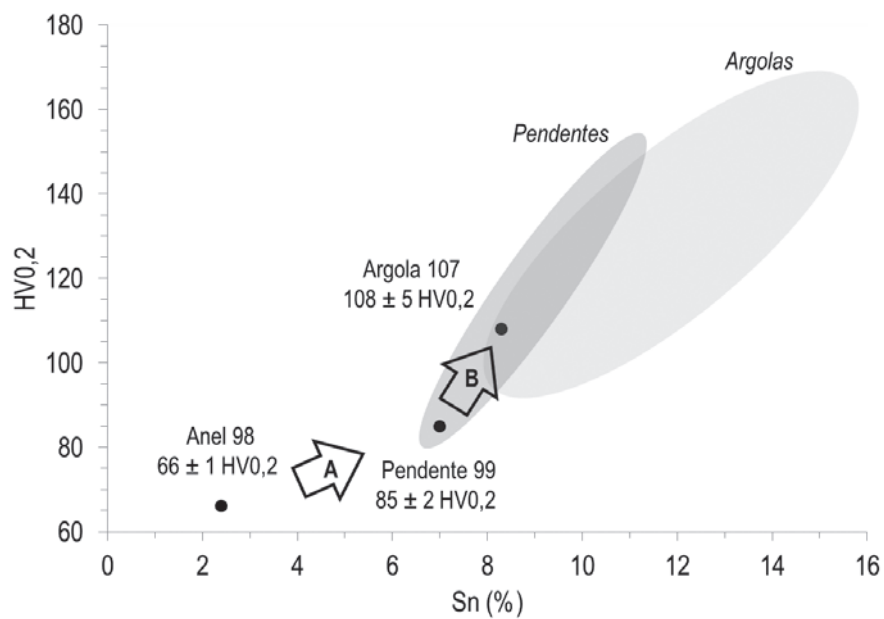
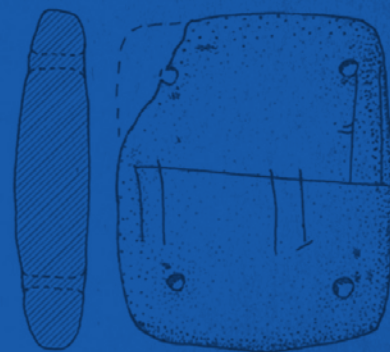
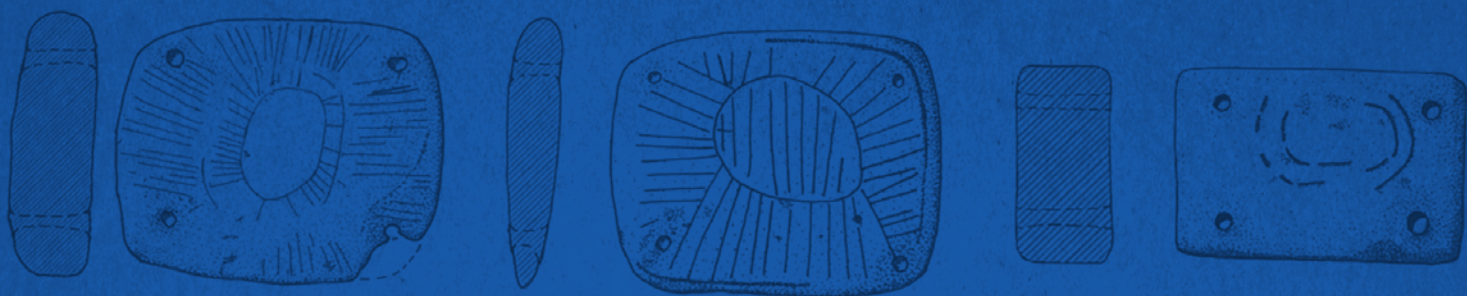
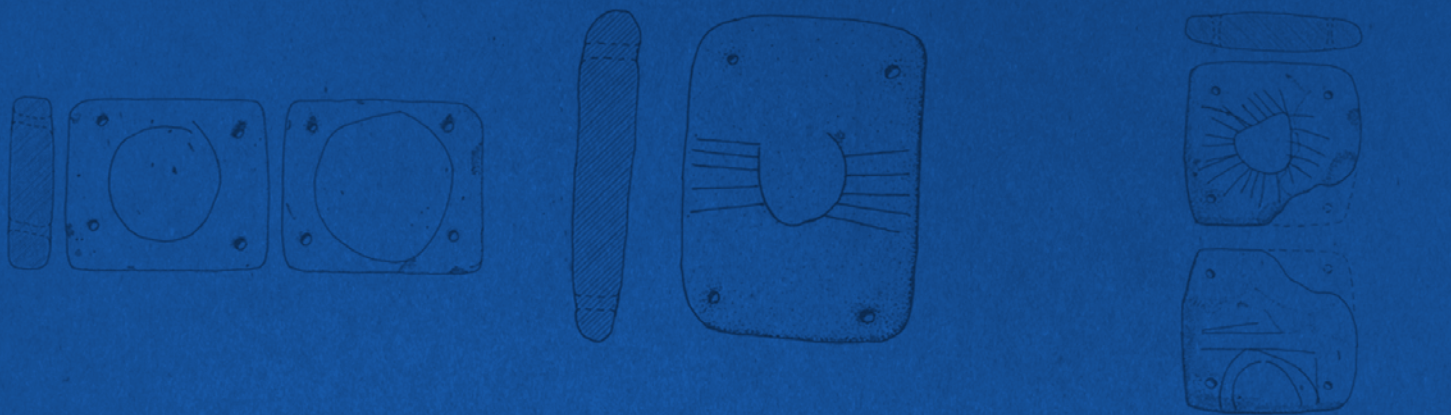


Figura 4 – Microdurezas de artefactos do Outeiro do Circo (HV_{0,2} = média ± desvio padrão; A: efeito do elemento de liga; B: efeito da martelagem final; pendentas e argolas do Bronze Final do sul do território nacional, Valério, 2012).

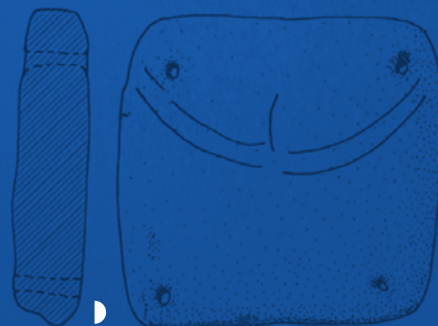


AAP
ASSOCIAÇÃO
DOS ARQUEÓLOGOS
PORTUGUESES

Patrocinador oficial



Apoio institucional



FUNDAÇÃO
Millennium
bcp

BNP
BIBLIOTECA
NACIONAL
DE PORTUGAL

 GOVERNO DE
PORTUGAL


Parques de Sintra
Monte da Lua