

Museu Nacional de Arqueologia



O ARQUEÓLOGO PORTUGUÊS

SUPLEMENTO 6

O Castro dos Ratinhos (Barragem do Alqueva, Moura)

Escavações num povoado proto-histórico do Guadiana, 2004-2007

Luis Berrocal-Rangel e António Carlos Silva

Com a colaboração de:

Ana Hernández Carretero

António M. Monge Soares

António P. Gonçalves

Corina Liesau Von Letow-Vorbeck

Fernando Prados Martínez

José M. Matos Martins

Leonor Peña Chocarro

Lydia Zapata

Luís Cerqueira Alves

Maria de Fátima Araújo

Mónica Ruiz Alonso

Patrícia Bruno

Pedro Valério

Rafael Caso Amador

Rosario García Jiménez

Rui J. C. Silva

Lisboa 2010

BERROCAL RANGEL, Luis. 1959-

SILVA, António Carlos. 1952-

O Castro dos Ratinhos (Barragem de Alqueva, Moura). Escavações num povoado proto-histórico do Guadiana, 2004-2007. – Lisboa: Museu Nacional de Arqueologia.2010. – p.: il, 28 cm. – (Suplemento a “O Arqueólogo Português”: ISSN 0874-579x;6)

ISBN 978-972-9257-25-4

Suplemento n.º 6 a “O Arqueólogo Português”

DIRECTOR

Luís Raposo

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Ana Ávila de Melo

DESIGN GRÁFICO

Artlandia

PRÉ-IMPRESSÃO E IMPRESSÃO

Facsimile

TIRAGEM

1000 exemplares

Depósito Legal n.º ?

ISSN 0870-579x

ISBN 978-972-9257-25-4

Museu Nacional de Arqueologia

LISBOA

2010

Projecto de Investigação financiado pela EDIA e pelo IPH do Ministério de Cultura de Espanha

Edição apoiada pela

EDIA, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

Câmara Municipal de Moura

e

Direcção Regional de Cultura do Alentejo

Museu Nacional de Arqueologia

Praça do Império

1400-206 Lisboa

Tel. 21 362 00 00 Fax 21 362 00 16

e-mail: mnarqueologia@imc-ip.pt

www.mnarqueologia-ipmuseus.pt



MUSEU NACIONAL DE ARQUEOLOGIA

5.4. Os metais dos Ratinhos – I. A metalurgia do bronze

Pedro Valério⁵⁰, Maria de Fátima Araújo⁵⁰, Rui J.C. Silva⁵¹, António M. Monge Soares⁵⁰

1. Introdução

Os trabalhos arqueológicos realizados entre 2004 e 2007 no Castro dos Ratinhos revelaram um importante espólio material no âmbito da metalurgia do bronze. Os artefactos recuperados pertencem às duas grandes fases de ocupação deste povoado – uma mais antiga, enquadrável no Bronze Final, sucedendo-se sem qualquer hiato uma segunda ocupação, atribuível à Idade do Ferro Antigo. A esta última pertencem alguns artefactos, como por exemplo um fecho de cinturão e um ponderal, com claras conexões com o mundo orientalizante (Berrocal-Rangel e Silva, 2007).

O presente trabalho apresenta a caracterização química e microestrutural da colecção de artefactos em bronze dos Ratinhos. Procurou-se identificar eventuais relações entre o tipo de liga e os processos termomecânicos de acabamento dos artefactos, bem como entre o tipo de liga e a funcionalidade esperada para os mesmos. Foi igualmente investigada a possível presença de inovações tecnológicas introduzidas pelos contactos com o mundo orientalizante, através da comparação entre os resultados obtidos a partir de exemplares pertencentes às duas fases de ocupação atrás referidas.

2. Os artefactos

O conjunto de 54 artefactos em ligas de cobre do Castro dos Ratinhos pode ser dividido em objectos de adorno, utensílios e armas, restando ainda as argolas e os pequenos fragmentos de uso indeterminado (Tabela 12). Foi igualmente encontrado e analisado um fragmento de um molde em arenito para espadas de língua de carpa (fig. 158), o qual indicia a prática da metalurgia no povoado.

Objectos de adorno		Utensílios		Armas	
Fíbulas	7	Cinzéis	3	Punhal	1
Anéis	3	Facas	2		
Contas de colar	2	Pregos	2	Argolas	9
Fecho de cinturão	1	Agulha	1		
Fecho de colar	1	“Anzol”	1	Fragmentos	17
Pendente	1	Furador	1		
		Pinça	1	Total	54
		Ponderal	1		

Tabela 12: Artefactos em bronze do Castro dos Ratinhos.

3. Metodologia

A totalidade da colecção foi inicialmente analisada, sem que se tenha efectuado qualquer limpeza prévia, através de um método não invasivo – espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (EDXRF, do inglês *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence spectrometry*).

Tal permitiu uma primeira análise da camada superficial dos artefactos sendo, em seguida, seleccionados 36 exemplares para microanálise quantitativa por microespectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (micro-EDXRF).

⁵⁰ Química Analítica e Ambiental, Instituto Tecnológico e Nuclear.

⁵¹ CENIMAT/I3N, Faculdade de Ciências de Tecnologia/UNL.

As microanálises foram realizadas em áreas limpas dos artefactos, de forma a determinar as composições químicas das ligas metálicas. Foram ainda seleccionados alguns artefactos para caracterização por microscopia óptica, de modo a identificar os processos termomecânicos aplicados no seu acabamento – as cadeias operatórias. Esta última fase do estudo encontra-se ainda na sua etapa preliminar, existindo, por agora, apenas 10 artefactos com microestruturas caracterizadas.

3.1. EDXRF: As análises dos artefactos em ligas de cobre do Castro dos Ratinhos foram efectuadas num espectrómetro de fluorescência de raios X, dispersivo de energias – KeveX 771. O equipamento possui uma fonte de excitação composta por uma ampola de ródio (200 W) e diversos alvos secundários com os respectivos filtros de radiação. Os raios X característicos emitidos pelos elementos químicos constituintes da amostra são colimados a 90° e recolhidos num detector de Si(Li) com uma área activa de 30 mm² e uma resolução de 175 eV (Mn-K α).

Como atrás referido, os artefactos metálicos foram analisados sem qualquer tipo de tratamento da sua superfície, sendo examinados em duas áreas distintas. O molde em arenito foi analisado nas suas faces interna e externa, de modo a identificar eventuais vestígios de utilização que tivessem sido conservados, apesar de o mesmo ter sido limpo aquando da sua descoberta em escavação. Para cada análise foram utilizadas duas condições de excitação de forma a otimizar a detecção dos elementos químicos presentes: (1) alvo secundário de prata; diferença de potencial de 35 kV; intensidade de corrente de 0,5 mA; tempo real de acumulação de 300 s; (2) alvo secundário de gadolínio; 57 kV; 1,0 mA e 300 s.

A quantificação recorreu a coeficientes de calibração experimentais calculados através da análise de um material de referência de composição semelhante aos artefactos metálicos em estudo – Phosphor Bronze 551 (British Chemical Standards). Os efeitos de matriz são corrigidos através de um algoritmo proposto por He e Espen (1991) e baseado em constantes fundamentais.

A exactidão deste método foi estimada através da quantificação de outros materiais de referência – Phosphor Bronze 552 (British Chemical Standards) e Bronze 5 (Des Industries de la Fonderie), obtendo-se erros de cerca de 1 % para os elementos maioritários (cobre e estanho) e erros inferiores a 10 % para os restantes elementos químicos.

3.2. Micro-EDXRF: O espectrómetro utilizado para as microanálises (ArtTAX Pro) encontra-se equipado com uma ampola de raios X de molibdénio (20 W) e um detector de silício (área activa de 5 mm² e resolução de 160 eV – Mn-K α) colocado a 45° em relação à amostra. O feixe de excitação primário é colimado através de um sistema de policapilares e posicionado na área da amostra a analisar com ajuda de uma câmara CCD e três diodos de luz. A colimação do feixe primário e a resolução do sistema de posicionamento permitem atingir uma resolução espacial na ordem dos 70 μ m (Bronk *et alii*, 2001).

Os artefactos seleccionados para análise quantitativa por microespectrometria de fluorescência de raios X passaram por uma preparação prévia. O procedimento consistiu na limpeza de uma pequena área com cerca de 2 mm de diâmetro, de forma a obter uma superfície de análise livre de produtos de corrosão. Em seguida, foram realizadas três microanálises na área limpa do artefacto. Os ensaios foram realizados com uma diferença de potencial de 40 kV, uma intensidade de corrente de 0,5 mA e um tempo



Fig. 158. Molde para espadas "língua de carpa" do Castro dos Ratinhos.

real de acumulação de 300 s.

A quantificação foi efectuada através de coeficientes de calibração experimentais calculados pela análise do material de referência Phosphor Bronze 551. Os erros de quantificação, estimados através da análise de materiais de referência (Phosphor Bronze 552 e Bronze 5), são análogos aos anteriormente obtidos para a espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias.

3.3. Microscopia Óptica: O microscópio óptico (Leica DMI 5000M) utilizado na caracterização microestrutural dos artefactos apresenta uma vasta gama de ampliações (50x a 2000x), sendo possível observar as amostras em campo claro, campo escuro ou sob luz polarizada. Tal representa uma grande vantagem na observação de microestruturas metálicas, permitindo o reconhecimento de diversas fases presentes na liga, heterogeneidades químicas (por exemplo, zonamento ou segregações), inclusões (por exemplo, metálicas e não metálicas), defeitos internos de vazamento e produtos de alteração.

Os artefactos presentemente caracterizados por microscopia óptica foram aqueles que se encontravam fragmentados, o que tornava possível retirar uma pequena amostra do mesmo sem provocar dano apreciável ao artefacto. Estes exemplares puderam assim ser seccionados de forma a tornar possível a observação de secções transversais dos mesmos. Os fragmentos seccionados foram montados em resina (Epoxicure™) e polidos com diversas lixas de SiC de grão progressivamente mais fino (granulometrias P1000, P2500 a P4000). O acabamento foi realizado com pastas de diamante (1 μm e $\frac{1}{4}$ μm), sendo as secções transversais observadas antes e após contrastação com uma solução ácida de cloreto férrico.

4. Resultados e discussão

4.1. O MOLDE: A análise do molde para espadas de língua de carpa identificou, na área escavada do mesmo, enriquecimentos em cobre, estanho e chumbo. Tal prova a sua utilização no vazamento de uma espada em bronze, não sendo no entanto possível

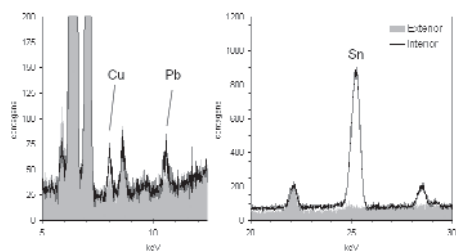


Fig. 159. Espectros de EDXRF das faces externa e interna do molde do Castro dos Ratinhos, obtidos com os alvos secundários de prata (à esquerda) e de gadolínio (à direita).

afirmar se a liga utilizada seria ou não rica em chumbo, devido às diferentes afinidades do cobre, estanho e chumbo para o material constituinte do molde (Kearns et al., 2007).

4.2. COMPOSIÇÃO DA LIGA: A análise por EDXRF da totalidade da colecção dos Ratinhos permitiu verificar que se tratam de artefactos constituídos por ligas de cobre e estanho. Os teores de estanho (até 40 %) e de chumbo (até 5%) obtidos por este método para alguns dos artefactos são resultado do enriquecimento destes elementos químicos na camada de alteração superficial. Estes processos de alteração em bronzes arqueológicos são conhecidos desde longa data e a influência nos resultados obtidos por EDXRF, ou seja, a relação entre os teores obtidos por este método e os teores da liga metálica original têm sido igualmente estudados (Figueiredo et al. 2007; Valério et al. 2007). Assim sendo, perante os resultados obtidos por este método, apenas um dos artefactos dos Ratinhos poderia apresentar teores relativamente elevados de chumbo (e tal não se veio a verificar, como se poderá ver em seguida pelos resultados das microanálises). Deste modo, será importante referir a ausência na colecção dos Ratinhos de ligas de cobre e estanho com teores elevados de chumbo, isto é, os bronzes ternários ($Pb > 2 \%$).

Os artefactos em cobre “puro” encontram-se também ausentes do conjunto de exemplares do Castro dos Ratinhos, apesar de aparecem pontualmente em contextos de cronologia semelhante – veja-se o exemplo da asa de sítula proto-histórica da Quinta do Almaraz (Valério et al. 2003).

As microanálises aos 36 artefactos seleccionados permitiram obter resultados quantitativos acerca das composições das suas ligas metálicas originais (fig. 160). Esta

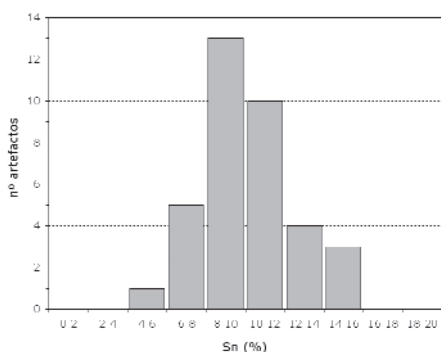


Fig. 160. Histograma de distribuição dos teores de estanho nos artefactos do Castro dos Ratinhos.

colecção de bronzes apresenta um teor médio de estanho de $10,1 \pm 2,5 \%$, encontrando-se a grande maioria, cerca de 90 % do conjunto, numa gama de concentrações entre 6 e 14 %. Os bronzes pobres em estanho encontram-se praticamente ausentes, sendo que apenas um destes exemplares apresenta uma liga com menos de 6 % deste elemento. Tal aponta para a não utilização ou uma utilização pouco significativa de sucata como matéria-prima, dado que o desconhecimento do teor em estanho neste tipo de material resultaria necessariamente na produção de ligas de cobre

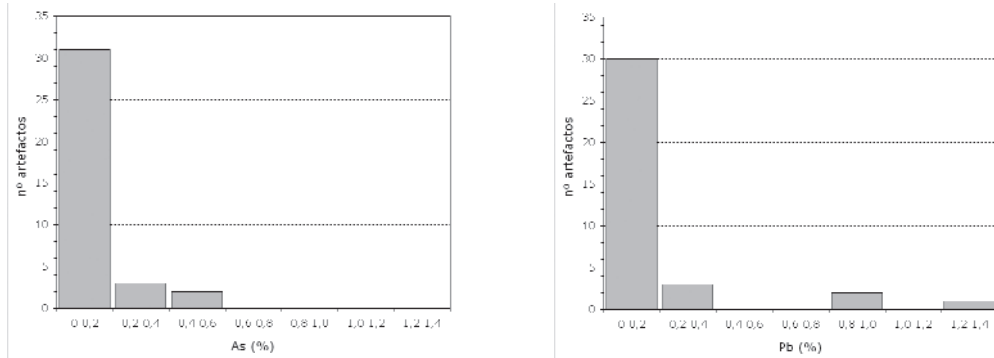


Fig. 161. Histogramas de distribuição dos teores de arsénio e de chumbo nos artefactos do Castro dos Ratinhos.

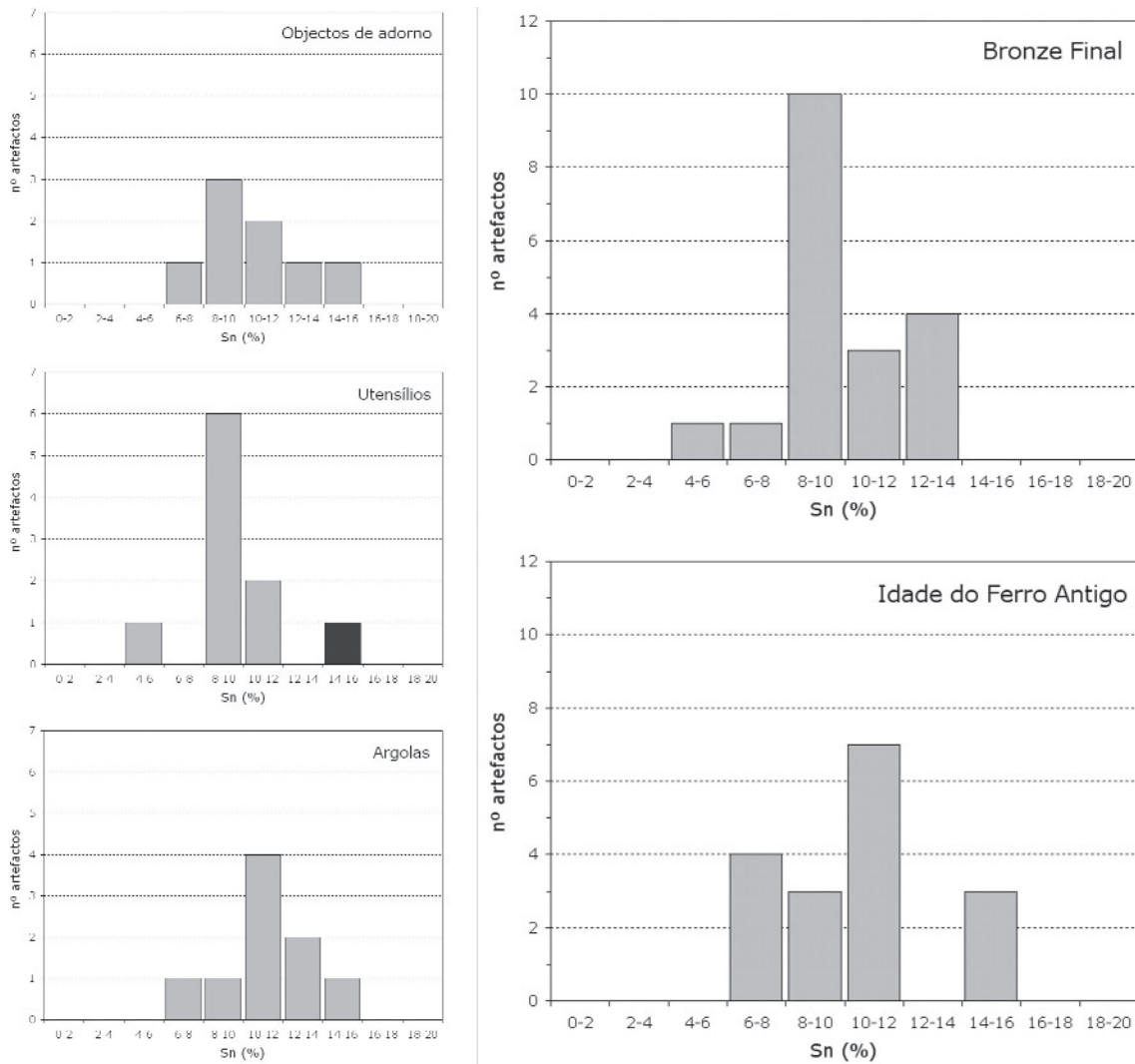


Fig. 162. À esquerda: Histogramas de distribuição dos teores de estanho nos objectos de adorno, utensílios e argolas do Castro dos Ratinhos (a negro, o ponderal); À direita: Histogramas de distribuição dos teores de estanho nos artefactos do Bronze Final e da Idade do Ferro Antigo do Castro dos Ratinhos.

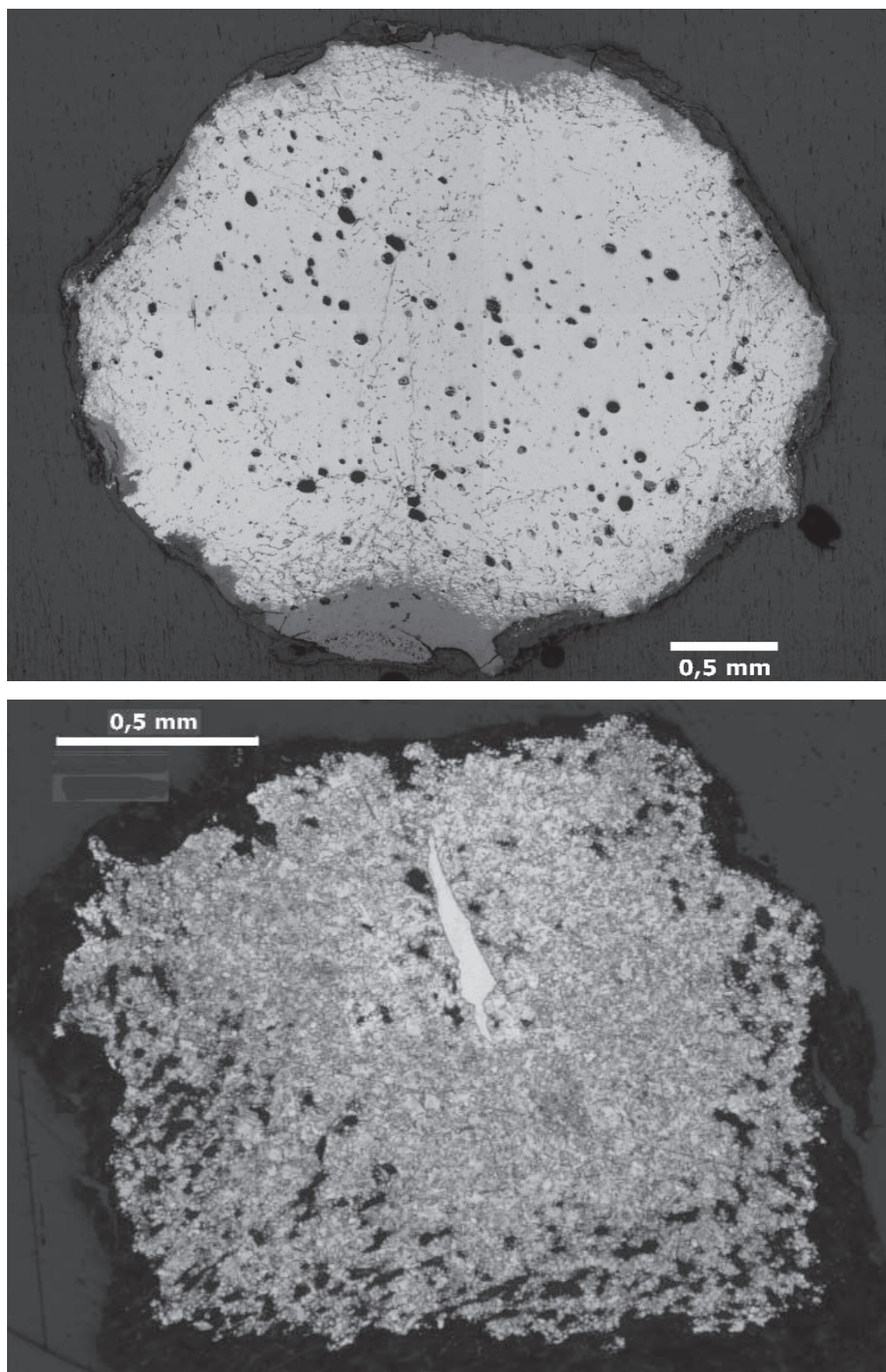


Fig. 163. 1. Exemplo de uma microestrutura com uma presença significativa de porosidades (CRAT06/D1/IIa/M1: argola, sem contrastação); 2. Exemplo de uma microestrutura com uma grande fissura na área central (CRAT07/R1/IIc/M1: fragmento indeterminado, com contrastação).

com teores mais baixos e menos homogêneos de estanho.

Os resultados evidenciam um bom controlo sobre o teor de estanho na liga, factor importante para obter um material de boa qualidade. Nas ligas de bronze com teores muito baixos de estanho perde-se a possibilidade de obter um material mais resistente através dos processos termomecânicos de acabamento dos artefactos. Por outro lado, para teores muito elevados deste elemento a formação cada vez mais significativa da fase delta, rica neste elemento, torna o material mais duro e frágil e, portanto, também mais difícil de trabalhar.

Relativamente aos elementos menores da liga, verificou-se que os artefactos apresentam teores muito reduzidos de arsénio e de chumbo (Figs. 161). A colecção apresenta concentrações variáveis destas impurezas, que podem ser consequência dos diferentes teores destes elementos nos minérios utilizados, assim como da relativa variabilidade das condições metalúrgicas (temperatura, atmosfera, tempo de operação, etc.).

4.3. SELECÇÃO DE LIGAS: Como já foi referido anteriormente, o teor em estanho condiciona significativamente as propriedades físicas da liga metálica. Deste modo, foi investigada a relação entre os teores deste elemento e a funcionalidade esperada para os respectivos artefactos. Foram apenas considerados os grupos com representação significativa na colecção analisada, ou seja, objectos de adorno, utensílios e argolas (fig. 162).

Verificou-se que os utensílios apresentam uma gama de teores de estanho mais homogênea (a rondar os 10 %), quando comparados com os objectos de adorno e as argolas. Os primeiros são artefactos funcionais (agulha, cinzéis, furador, faca, pinça e prego), que poderiam beneficiar caso fossem constituídos por um material de dureza

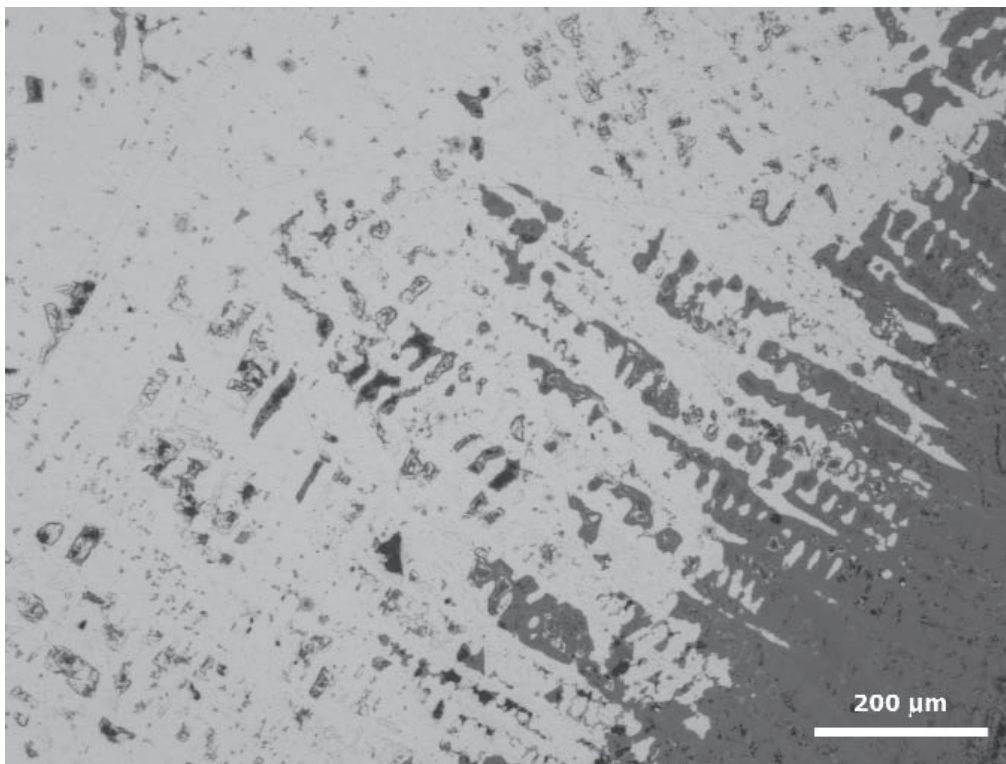


Fig. 164. Exemplo de uma microestrutura dendrítica (CRAT05/D1/Ilc/M1: argola, sem contrastação).

elevada e relativamente pouco friável (exceptua-se o ponderal que não necessitaria dessa característica e que, curiosamente, apresenta um teor mais elevado de estanho: 15,5 %)(ver figura 162). Deste modo, não esquecendo o reduzido número de artefactos em análise, o qual condiciona as inferências deles retiradas, nos bronzes dos Ratinhos parece existir algum tipo de selecção de ligas de modo a facilitar os processos termomecânicos que seriam aplicados a determinados utensílios, para que estes dispusessem das propriedades mecânicas desejadas. Relativamente à distribuição dos teores de estanho consoante a cronologia dos artefactos não se verificam diferenças significativas, havendo apenas a referir que os três exemplares da Idade do Ferro Antigo que apresentam teores de estanho mais elevados (>14 %) são todos objectos não utilitários: fíbula (terminal), ponderal e argola (ver figura 162).

4.4. MICROESTRUTURAS: A caracterização microestrutural de alguns artefactos dos Ratinhos permitiu identificar a presença de heterogeneidades e defeitos de vazamento em diversos exemplares. Os defeitos de vazamento aumentam a fragilidade do material, sendo as porosidades (fig. 163.1), bem como algumas fissuras (fig. 163.2), os mais encontrados nos artefactos em estudo.

As porosidades resultam da formação de bolhas gasosas quando a liga metálica fundida entra em contacto com o molde, que se encontra necessariamente mais frio. A existência destes defeitos indica uma deficiente desgasificação do molde, problema relativamente comum durante a pré e a proto-história (Rovira, 2004). As fissuras são originadas pelas tensões internas desenvolvidas no objecto vazado durante o arrefecimento da liga metálica ou, talvez, também devido a um trabalho mecânico excessivo. Para além de resultarem numa maior debilidade mecânica da liga, estes defeitos de vazamento facilitam ainda a progressão dos fenómenos de corrosão para o interior do objecto.

A observação das microestruturas dos artefactos metálicos do Castro dos Ratinhos permitiu defini-las como dendríticas ou de grão mais equiaxial/regular, assim como identificar a presença de heterogeneidades estruturais: (i) eutectóide ($\alpha+\delta$), com presença mais significativa nos artefactos com teores mais elevados de estanho; (ii) inclusões (Cu-S e Cu-Fe-S), por vezes, deformadas devido à martelagem do artefacto. Estas inclusões serão resultantes de minerais associados aos minérios utilizados, não significando necessariamente que estes sejam sulfuretos de cobre (Chernykh et al. 1998); (iii) maclas e bandas de deformação, devidas aos processos termomecânicos de acabamento dos artefactos.

A combinação destas características permitiu caracterizar os processos termomecânicos de fabrico dos artefactos, encontrando-se, até agora, identificadas três das seis cadeias operatórias usualmente encontradas em artefactos de bronze coevos (Rovira, 2004): (1) *vazamento*: caracterizada por uma microestrutura dendrítica, que indica que o artefacto não sofreu qualquer tipo de tratamento após sair do molde (fig. 164); (2) *vazamento + martelagem + recozimento*: caracterizada por uma microestrutura de grão mais equiaxial apresentando maclagem e, por vezes, inclusões significativamente deformadas, indicando martelagem e recozimento do artefacto (fig. 165.1); (3) *vazamento + martelagem + recozimento + martelagem*: a cadeia mais longa, cuja microestrutura de grão equiaxial apresenta, para além das particularidades anteriores, bandas de deformação (fig. 165.2).

Presentemente encontra-se a ser realizada a caracterização microestrutural de um número adicional de artefactos, de modo a obter uma quantidade significativa de microestruturas que permitam identificar as diversas cadeias operatórias presentes no Castro dos Ratinhos, bem como relacionar a sua distribuição com as usualmente encontradas em artefactos de bronze pertencentes a outros sítios arqueológicos coevos do Sudoeste da Península Ibérica.

4.5. Os bronzes dos Ratinhos no Sudoeste da Península Ibérica

Tal como foi referido anteriormente, a colecção de bronzes do Castro dos Ratinhos apresenta uma total ausência de ligas de cobre e estanho com teores elevados de chumbo ($Pb > 2 \%$).

Apesar de minoritários, os bronzes ternários ocorrem em alguns dos contextos do Bronze Final do Sudoeste da Península Ibérica, sendo comuns ou mesmo predominantes noutras áreas da península, em especial no Noroeste e na parte ocidental da bacia hidrográfica do rio Douro (Rovira, 2004). O depósito da Ria de Huelva é um caso exemplar da predominância dos bronzes binários no sudoeste peninsular durante o Bronze Final, pois dos 387 artefactos em bronze nem um deles possui teores de chumbo acima dos 2 % (Rovira, 1995). Aliás, esta predominância das ligas binárias de bronze parece persistir igualmente no Centro do território nacional. Assim indicam diversos estudos realizados em colecções do Centro de Portugal – Castro da Senhora da Guia de Baiões, Viseu (Valério *et al.*, 2006): os 73 artefactos em bronze estudados até ao momento apresentam teores reduzidos de chumbo; Canedotes, Viseu (Valério *et al.*, 2007): os 19 exemplares analisados são, igualmente, constituídos por ligas de cobre e estanho com teores baixos de chumbo; Penedo do Lexim, Mafra (Sousa *et al.*, 2004): apenas uma fracção minoritária da colecção, composta por 10 artefactos em bronze, apresenta teores relativamente mais elevados de chumbo.

Nos contextos orientalizantes do Sudoeste, os bronzes ternários são mais comuns e aparecem preferencialmente associados a artefactos mais complexos (Ávila, 2004), dado que a adição de chumbo ao bronze aumenta a fluidez da liga e o seu intervalo de solidificação, facilitando assim o preenchimento do molde do artefacto. Os sítios de El Palomar, Badajoz (Rovira *et al.*, 2005) e da Quinta do Almaraz, Almada (Araújo *et al.*, 2004), são exemplos disso mesmo, existindo exemplares com teores elevados de chumbo nos conjuntos de artefactos de bronze recuperados destes povoados. Deste modo, se a ausência de ligas ternárias no contexto do Bronze Final dos Ratinhos se enquadra perfeitamente na metalurgia coeva da região, a inexistência destas ligas na fase orientalizante do povoado estará provavelmente relacionada com as formas bastante simples dos artefactos até agora recuperados, cujo vazamento seria relativamente fácil de executar, mesmo sem a adição de chumbo à liga metálica.

Relativamente aos teores de estanho dos bronzes dos Ratinhos ($10,1 \pm 2,5 \%$), estes enquadram-se perfeitamente nos valores médios publicados para o Sudoeste Peninsular, $13,2 \pm 5,8 \%$ (Rovira, 1995), sendo particularmente semelhantes aos obtidos para outros conjuntos coevos mais próximos: $11,0 \pm 3,2 \%$ para a Ria de Huelva (Rovira, 1995) e $12,7 \pm 6,2 \%$ para El Palomar (Rovira *et al.*, 2005).

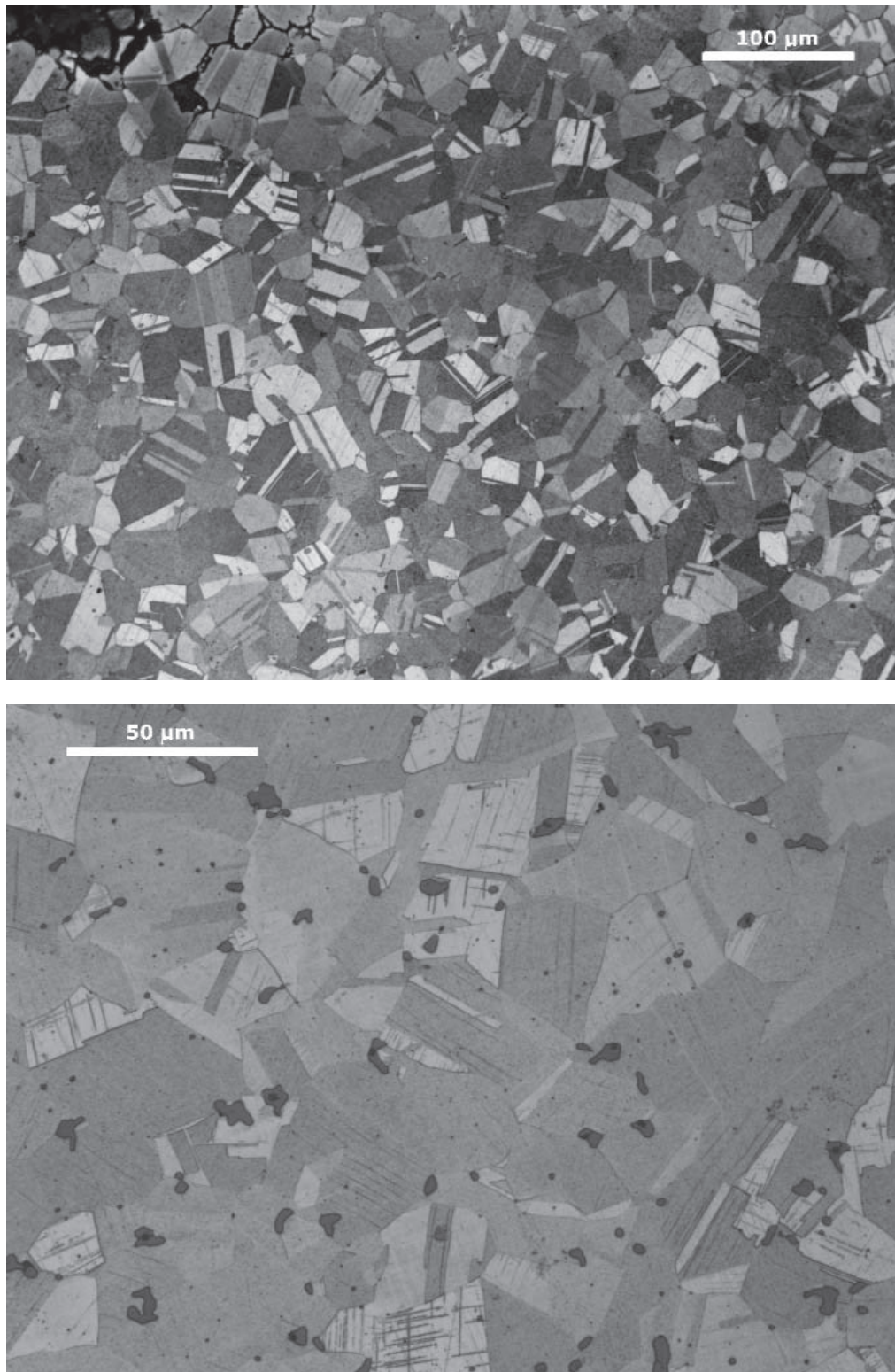


Fig. 165.1. Exemplos de microestruturas de grão equiaxial com maclas (CRAT04/A1/IIa/M2); 2. e bandas de deformação (CRAT05/C1/IIb/M4)- *fragmentos indeterminados, com contrastação.*

5. Considerações finais

A colecção de materiais em ligas de cobre do Castro dos Ratinhos é constituída por bronzes com teores reduzidos de arsénio e de chumbo. A presença exclusiva de bronzes binários no contexto mais antigo do povoado encontra-se de acordo com a metalurgia coeva desta região. Para além disso, a continuidade da inexistência de bronzes ternários na fase orientalizante dos Ratinhos, período para o qual este tipo de liga é já comum no sudoeste peninsular, estará relacionada com ausência de exemplares de tipologia complexa. Deste modo, apesar de não terem sido encontradas provas da utilização de ligas ternárias nos artefactos do Castro dos Ratinhos, tal poderá resultar das tipologias simples dos artefactos recuperados até ao presente momento no povoado e não do desconhecimento desta liga metálica.

A homogeneidade composicional dos bronzes dos Ratinhos parece indiciar um controlo adequado sobre o teor de estanho na liga, sendo que a utilização de sucata como matéria-prima seria pouco significativa, uma vez que os bronzes pobres em estanho se encontram praticamente ausentes do conjunto. Os utensílios que eventualmente necessitariam de uma maior dureza apresentam teores bem definidos de estanho, o que parece indiciar algum tipo de selecção de ligas na metalurgia do bronze do Castro dos Ratinhos. Tal facilitaria os processos termomecânicos que seriam aplicados no acabamento destes artefactos, de modo a produzir utensílios com uma dureza apropriada.

Apesar do progresso tecnológico evidenciado pelos artefactos em bronze recuperados no povoado, o molde para espadas de língua de carpa constitui o único vestígio da prática da metalurgia nos Ratinhos.

Na colecção de microestruturas metálicas estudadas até ao presente foram identificadas três cadeias operatórias, todas elas frequentemente encontradas em colecções de artefactos provenientes de contextos coevos peninsulares: (1) *vazamento*; (2) *vazamento + martelagem + recozimento* e (3) *vazamento + martelagem + recozimento + martelagem*. A futura caracterização microestrutural de uma quantidade mais significativa de artefactos tem como objectivo correlacionar a cadeia operatória utilizada na manufactura de um determinado artefacto com a funcionalidade do mesmo, bem como comparar as cadeias operatórias presentes no povoado com as usualmente encontradas na metalurgia coeva do Sudoeste da Península Ibérica.

Bibliografia

- ARAÚJO, M. F.; BARROS, L.; TEIXEIRA, A. C.; MELO, A. A. (2004) – EDXRF study of prehistoric artefacts from Quinta do Almaraz (Cacilhas, Portugal). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 213, p. 741-746.
- BERROCAL-RANGEL, L.; SILVA, A. C., (2007) – O Castro dos Ratinhos (Moura, Portugal). Um complexo defensivo no Bronze Final do sudoeste peninsular. In BERROCAL-RANGEL, L.; MORET, P. eds. – *Paisajes Fortificados de la Edad del Hierro*. Madrid: R. A. H. p. 169-190.
- BRONK, H.; ROHRS, S.; BJEUMIKHOV, A.; LANGHOFF, N.; SCHMALZ, J.; WEDELL, R.; GORNY, H.E.; HEROLD, A.; WALDSCHLAGER, U. (2001) – ArtTAX – A new mobile spectrometer for Energy-Dispersive Micro X-Ray Fluorescence spectrometry on art and archaeological objects. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. 371, p. 307-316.
- CHERNYKH, E.N.; PRUSAKOV, B.A.; KATKOVA, L.V. (1998) – A study of ancient copper. *Metal Science and Heat Treatment*. 40: 9-10, p. 368-373.
- FIGUEIREDO, E.; VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F.; SENNA-MARTINEZ, J. C. (2007) – Micro-EDXRF surface analyses of a bronze spear head: Lead content in metal and corrosion layers. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*. 580, p. 725-727.
- HE, F.; VAN-ESPEN, P. J. (1991) – General approach for quantitative energy dispersive X-ray fluorescence analysis based on fundamental parameters. *Analytical Chemistry*. 63, p. 2237-2244.
- JIMÉNEZ ÁVILA, J. J. (2004) – El trabajo del Bronce en el Orientalizante Peninsular: algunas cuestiones referidas a la tecnología. In *Ámbitos Tecnológicos, Ámbitos de Poder. La transición Bronce Final-Hierro en la Península Ibérica*. p. 1-23
- KEARNS, T.; MARTINON-TORRES, M.; REHREN, T. (2007) – Metal to mould. An experimental study of casting moulds using EDXRF. *Proceedings of the 2nd International Conference Archaeometallurgy in Europe*. 1 p.
- ROVIRA, S. (1995) – Estudio arqueometalúrgico del depósito de la Ria de Huelva. In RUIZ-GÁLVEZ, M. L., ed., *Ritos de Paso y Puntos de Paso. La Ria de Huelva en el Mundo del Bronce Final Europeu*. Madrid: Universidad Complutense. p. 33-57.
- ROVIRA, S., 2004: “Tecnología metalúrgica y cambio cultural en la Prehistoria de la Península Ibérica”, *Norba*. 17, p. 9-40. *Revista de Historia*
- ROVIRA, S.; MONTERO, I.; ORTEGA, J.; JIMÉNEZ ÁVILA, J. (2005) – Bronce y trabajo del bronce en el poblado orientalizante de “El Palomar” (Oliva de Mérida, Badajoz). *Anejos de AEspA*. Madrid. XXXV, p. 1231-1240.
- SOUSA, A. C.; VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F. (2004) – Metalurgia antiga do Penedo do Lexim (Maфра): Calcolítico e Idade do Bronze. *Revista Portuguesa de Arqueologia*. Lisboa. 7, p. 97-117.
- 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.
- VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F.; MELO, A. A.; BARROS, L. (2003) – Archaeometallurgical studies of pre-historical artefacts from Quinta do Almaraz (Cacilhas, Portugal). *Proceedings of the 1st International Conference Archaeometallurgy in Europe*. Milan: AIM. p. 327-336.
- VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M.F.; SENNA-MARTINEZ, J.C.; VAZ, J.L.I. (2006) – Caracterização química de produções metalúrgicas do Castro da Senhora da Guia de Baiões (Bronze Final)”, *O Arqueólogo Português*. Lisboa. S. IV, 24, p. 289-319.