
Metalurgia antiga do Penedo do Lexim (Mafra): Calcolítico e Idade do Bronze

ANA CATARINA SOUSA¹

PEDRO VALÉRIO²

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO²

R E S U M O

Este texto aborda o estudo do conjunto artefactual metálico e alguns restos metálicos, que poderão ter constituído evidência de práticas metalúrgicas no Penedo do Lexim, um sítio pré-histórico localizado a norte de Lisboa (concelho de Mafra). A sua posição dominante no topo de uma chaminé vulcânica confere-lhe uma grande defensibilidade, polarizando ocupações desde o IV milénio a.C. até à Idade do Bronze. A composição química destes materiais foi efectuada através de método de espectrometria de Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias. Os artefactos metálicos analisados são representativos de uma evolução metalúrgica ocorrida neste povoado, uma vez que podemos identificar diferentes composições: cobres, cobres arsenicais, bronzes e bronzes com elevado nível de chumbo, integrando-se em duas fases de ocupação: Calcolítico e Idade do Bronze.

A B S T R A C T

This work is focused on the study of metallic artefacts and of some metal-working debris that might be an evidence of metallurgical activities at *Penedo do Lexim*, a pre-historic settlement located 40 km up north of Lisbon (*Mafra* Borough). Due to its position, on the top of a volcanic chimney, the site is easily defendable and has been occupied since the 4th millennium BC till the bronze age. Elemental compositions were determined by Energy Dispersive X-Ray Fluorescence spectrometry. The analysed metallic artefacts are representative of the metallurgical evolution occurred at *Penedo do Lexim*, since they can be sorted into distinct groups: coppers, arsenical coppers, bronzes and bronzes with high lead content, in two different periods: Copper and Bronze Age.

Nota prévia

O presente trabalho resulta de um protocolo de colaboração entre o Instituto Português de Arqueologia e o Instituto Tecnológico e Nuclear, que promoveram um concurso de arqueometria

para os projectos inseridos no Plano Nacional de Trabalhos Arqueológicos. Neste contexto institucional o projecto “Metalurgia do Penedo do Lexim” foi seleccionado, tendo decorrido nos anos 2000 e 2001 ao abrigo do referido protocolo.

Assim, este texto traduz a fusão “interdisciplinar” da investigação na área da arqueometalurgia, em particular na aplicação métodos de análise química não destrutiva por espectrometria de raios X, desenvolvido no Instituto Tecnológico e Nuclear, sob a direcção de Maria de Fátima Araújo, com as linhas de interpretação que norteiam o projecto “O Penedo do Lexim e o povoamento calcolítico de Maфра” (1998-2000) e “Do Neolítico à Idade do Bronze no Penedo do Lexim (Maфра)” (2002-2004) sob a direcção de Ana Catarina Sousa. Estes projectos têm sido desenvolvidos no âmbito das actividades do Gabinete de Arqueologia da Câmara Municipal de Maфра.

1. O povoado pré-histórico do Penedo do Lexim

1.1. Implantação

O Penedo do Lexim localiza-se na freguesia da Igreja Nova, concelho de Maфра, distrito de Lisboa (Fig. 1). Este sítio implanta-se numa elevação proeminente originada pela presença de uma chaminé vulcânica (Complexo Vulcânico de Lisboa) que lhe conferiu uma configuração facetada em prismas basálticos (Fig. 2).

A nossa perspectiva da morfologia desta elevação foi extremamente amputada pela laboração das pedreiras de brita nos anos 70. Apesar das alterações operadas pela pedreira, é clara a presença de três grandes plataformas nas quais se desenvolve o Penedo. Para além destas três plataformas podemos identificar várias microrrealidades que correspondem a unidades de análise, designadas como *loci*, com um registo de escavação independente e decerto com uma história específica de um todo que é o Lexim.



Fig. 1 Localização do Penedo do Lexim no concelho de Maфра.

1.2. Trabalhos efectuados

A identificação deste povoado remonta ao século XIX, sendo citado por Estácio da Veiga (1879) e objecto de recolhas por Possidónio da Silva.

Foi apenas na década de 70 do séc. XX que se realizaram as primeiras campanhas de escavação, despoletadas pela acção de pedreiras, na sequência das quais foi efectuada uma acção de emergência dirigida por José Morais Arnaud, Vasco Salgado de Oliveira e Vítor Oliveira Jorge (1971). Após várias incursões clandestinas e de contínuos trabalhos de destruição pela pedreira, foi realizada uma campanha de escavação em 1975, publicada nesse mesmo ano (Arnaud, 1975).

O retomar do estudo do Penedo do Lexim data de 1998, quando se iniciou a nova fase de escavações (1998, 1999, 2000, 2002, 2003), da responsabilidade de uma das signatárias (Ana Catarina Sousa).



Fig. 2 Penedo do Lexim.

As cinco campanhas efectuadas incidiram sobre áreas bem diferenciadas, correspondendo quase (em termos de registo de escavação) a intervenções separadas. Todos os materiais metálicos que serão objecto de estudo deste trabalho, foram recolhidos no sector designado por *locus 1*.

Até ao momento foram já intervencionadas as seguintes áreas:

Topo do Penedo, Locus 1 (1998, 1999, 2000, 2002, 2003): Plataforma de reduzidas dimensões (70 m²) rodeada por afloramentos basálticos que constituem como uma verdadeira fortificação natural, reforçada por estruturas (Fig. 3). Nesta plataforma encontram-se atestadas ocupações que datam do Neolítico final (finais do IV milénio a.C.), Calcolítico inicial e pleno (III milénio a.C.), Bronze final e período romano.

Vertente Sul, Locus 2 (1998): Plataforma algo declivosa situada na vertente Sul do Penedo, na base do grande afloramento vertical. Em 1998 foi aqui efectuada uma sondagem (2 x 2 m), registando-se a inexistência de níveis preservados.

Locus 3 e Locus 3b (1999, 2000, 2002, 2003):

Na rochosa vertente SE existiram pequenas cavidades naturais, a maior das quais destruída pela pedreira (Fig. 4). O abrigo que foi intervencionado apresenta vestígios de ocupação que remontam ao Calcolítico pleno (*locus 3*). Sob a área do abrigo conserva-se uma pequena pla-



Fig. 3 Fase de trabalhos no *locus 1*.

taforma (*locus 3b*). Esta área está interligada com o abrigo sob rocha através de um derrube pétreo que parece configurar uma estrutura antrópica. Nesta plataforma foram identificados intensos sinais de ocupação doméstica.



Fig. 4 Abrigo sob rocha, vestígios de estrutura antrópica e pequena plataforma sob rocha.

Locus 4 (2003)

Pequena plataforma, na vertente Sul onde foram detectados níveis de ocupação que remontam ao Neolítico final, identificados numa pequena sondagem (8 m²).

Locus 5 (2003)

Área de vertente, situada a Este, abaixo do *Locus 3*. A pequena sondagem efectuada em 2003 permitiu identificar um troço de muralha com grandes semelhanças morfológicas com as estruturas detectadas nas escavações de José Arnaud.

A estas áreas se deverá adicionar as zonas escavadas por José Arnaud nos anos 70 (plataforma inferior, vertente Oeste).

1.3. Estratigrafia e contextos

Como foi referido, o conjunto de materiais metálicos em análise é proveniente do *Locus 1*. Esta área integra vestígios das várias fases de ocupação do Penedo do Lexim.

Com uma reduzida potência estratigráfica conservam-se 2 mil anos de história, entre os finais do IV milénio e o século I a.C.:

Fase 1 – Neolítico final/Calcolítico inicial (transição do IV-III milénio)

Fase 2 – Calcolítico pleno (1.^a metade do III milénio a.C.)

Fase 3 – Bronze final (finais do II milénio)

Fase 4 – Ocupação romana

No entanto, não foi ainda possível efectuar um plano de datações absolutas para esta sequência.

Na camada datada do Neolítico final/Calcolítico inicial não foi recolhido qualquer artefacto metálico. Também no *locus* 3b, onde a principal fase de ocupação remonta ao Calcolítico inicial, a metalurgia continua ausente. Estes níveis foram já datados por acelerador de partículas, indicando a 1.^a metade do III milénio a.C. (Beta-175775: 2860-2490 cal 2 sigma; Beta-175774 2890-2620 cal 2 sigma).

Assim, a informação disponível parece indicar que as práticas metalúrgicas apenas se difundiram durante o Calcolítico pleno (provavelmente a partir da 2.^a metade do III milénio a.C.). Esta cronologia para a introdução do metal vem confirmar a leitura efectuada para Leceia, “*facto que vem definitivamente provar a inexistência de qualquer relação causal entre a prática da sua metalurgia e a construção dos imponentes dispositivos defensivos calcolíticos tão bem conhecidos na Estremadura do III milénio a.C.*” (Cardoso e Guerra, 1997/98, p. 61).

O Calcolítico pleno corresponde ao momento com maior intensidade de ocupação do *locus* 1, quer em termos de volume de materiais depositados quer em termos da complexidade estratigráfica e estrutural.

Durante o III milénio, o topo do Penedo foi integralmente ocupado, resultando num imbricado de solos de ocupação, áreas de lixeira, uma provável estrutura habitacional e possíveis estruturas defensivas. A metalurgia calcolítica recolhida apenas surge nesta camada (UE 8, 9), registando-se um reduzido número de peças.

As evidências arqueológicas disponíveis até ao momento parecem indicar que existiu um hiato de ocupação entre o Calcolítico pleno e o final da Idade do Bronze. Parece existir uma sobreposição directa entre o Calcolítico e a Idade do Bronze em termos sedimentológicos.

Nas escavações desenvolvidas entre 1998 e 2003 apenas se identificaram vestígios de ocupações da Idade do Bronze no *locus* 1. Trata-se de uma ocupação difusa (UE 2) correspondendo a uma área central que cobre níveis calcolíticos, verificando-se a presença descontextualizada de materiais de bronze em camadas calcolíticas. Este nível de ocupação foi também afectado pela ocupação romana, que cortou parcialmente esta camada.

Apesar de todos os constrangimentos estratigráficos podemos identificar um conjunto de materiais metálicos, em associação contextual: Ponta de lança (IGN.017.5567); Cinzel (IGN.017.9655); Argola (IGN.017.10583).



Fig. 5 Buraco de poste e estrutura de cabana. *Locus* 1.



Fig. 6 Ponta de lança *in situ*.

O conjunto de materiais é muito limitado para poder falar de um verdadeiro “depósito”, mas a proximidade planimétrica das peças e a sua integração cronológico-cultural parece indicar a contemporaneidade das mesmas.

1.4. Caracterização da amostra analisada

A amostra disponível engloba duas fases cronológicas distintas, a primeira remontando ao Calcolítico pleno e a segunda ao final da Idade do Bronze.

Foram analisadas 6 peças depositadas no Museu Municipal de Mafra, podendo corresponder a materiais provenientes das antigas escavações ou peças recolhidas durante o laborar da pedreira. As restantes 29 peças foram recolhidas durante as campanhas de escavação efectuadas no *locus* 1 do Penedo do Lexim entre 1998 e 2000 (não se incluem os materiais recolhidos na última campanha de 2002). Trata-se portanto de um conjunto de 35 peças, das quais 28 foram analisadas, correspondendo a uma amostragem muito significativa (80%).

Em termos de contextos podemos encontrar a seguinte distribuição:

Quadro 1. Materiais metálicos e os contextos estratigráficos do sector 1 do Penedo do Lexim.		
Período	UE	N.º peças
Calcolítico pleno	01	5
	08	5
	09	9
Bronze final	02	6
	17	3
		28

2. Metodologia

O estudo da composição química de artefactos arqueológicos requer a utilização de métodos de análise não destrutivos, de forma a preservar os objectos em estudo (Mantler e Schreiner, 2000). Neste trabalho foi utilizado o método de espectrometria de Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias (do inglês, EDXRF), recorrendo a dois equipamentos distintos. Este método tem como base o efeito fotoeléctrico, segundo o qual qualquer elemento químico emite um conjunto de raios X característicos após interacção com um feixe electromagnético de energia apropriada. (Grieken e Markowicz, 1993). O processo inicia-se com a excitação do elemento químico por um feixe electromagnético de energia superior às energias de ligação dos electrões em camadas internas e criação de uma lacuna. O preenchimento posterior dessa lacuna por um dos electrões de uma das camadas mais externas é acompanhado pela emissão de radiação com energia equivalente às diferenças de energias de ligação do electrão nas suas camadas inicial e final. A intensidade de emissão desta radiação característica está directamente relacionada com a concentração do elemento químico na amostra em análise.

Dada a natureza dos fenómenos físicos descritos, o método de EDXRF é completamente não destrutivo, multielementar, rápido e possui uma elevada sensibilidade para os elementos químicos constituintes das ligas metálicas em estudo. Devido a estas características, o método tem vindo a ser utilizado desde há várias décadas em estudos de caracterização química de artefactos arqueológicos e museológicos (Glinsman e Hayek, 1993; Photos, Jones e Papadopoulos, 1994; Bewer e Scott, 1995).

Contudo, como a radiação utilizada para excitar a amostra tem um poder fraco de penetração e vai sendo absorvida à medida que penetra na matéria, a análise por EDXRF refere-se sempre a uma camada superficial da amostra em estudo. No caso de ligas metálicas de cobre esta camada atinge espessuras na ordem das dezenas de micra (Tate, 1986), ou seja, nalguns casos poderá ser da mesma ordem de grandeza da espessura da camada de corrosão superficial habitualmente presente em “cobres” e “bronzes” arqueológicos. Assim sendo, este método é particularmente sensível aos fenómenos que ocorrem quando os artefactos estão enterrados durante longos períodos de tempo e que resultam no enriquecimento de certos elementos à superfície do artefacto e na incorporação de partículas provenientes do solo (Hall, 1961). A eliminação destes efeitos pode ser efectuada através de métodos de limpeza e polimento da superfície do objecto, o que pode danificar gravemente os artefactos. Neste trabalho, para além das análises efectuadas com um espectrómetro de EDXRF convencional, seleccionou-se ainda um dos artefactos para análise pontual por Micro-Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias (Micro-EDXRF). Este ensaio permite-nos avaliar o fenómeno de enriquecimento superficial de determinados elementos constituintes da amostra. Na medida em que o sistema microanálise permite focar o feixe numa muito pequena área (70 μm), e dada a existência de pequenos fragmentos de artefactos, fez-se a limpeza do topo de um dos fragmentos de uma argola de secção circular ($\varnothing=3,2$ mm).

2.1. *Spectrometria de Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias*

As análises quantitativas por EDXRF foram realizadas num espectrómetro comercial, *KeveX 771*, equipado com uma âmpola de Rh de 200 W, alvos secundários e filtros de radiação apropriados. 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 resolução de 165 eV, medidos na risca Mn-K α .

A detecção dos elementos químicos presentes na amostra foi optimizada com a utilização das radiações monocromáticas provenientes dos alvos secundários de prata e de gadolínio. O tempo real de acumulação do espectro foi de 300s. Os elementos químicos Ni, Fe, Cu, Zn, As e Pb, foram medidos com um alvo secundário de prata, utilizando uma diferença de potencial de 35 kV e uma intensidade de corrente de 0,5 mA. A radiação produzida pelo alvo secundário de Gd, com uma diferença de potencial de 57 kV e uma intensidade de corrente de 1,0 mA, foi utilizada para medir o Sn e o Sb.

A análise quantitativa foi realizada com o programa EXACT (KeveX, 1990), o qual utiliza o método dos parâmetros fundamentais e corrige para os efeitos de matriz, através de uma calibração efectuada com padrões de referência de composição semelhante à das amostras (Araújo et al., 1993). Neste trabalho foram utilizados os seguintes padrões de referência: *Phosphor Bronzes 551, 552, 553, 554, 555 e 556 (British Chemical Standards)*.

Tendo como base os resultados obtidos para os padrões de referência estimaram-se as concentrações mínimas quantificáveis para os elementos químicos menores presentes nas amostras. As concentrações mínimas obtidas com erro inferior a 10% foram: Fe (0,1%), Ni (0,44%), As (0,4%), Sb (0,20%) e Pb (0,24%).

A exactidão do método foi determinada através da análise do padrão de referência *Leaded Bronze 50.02 (BNF Metals Technology Centre)*, tendo sido obtidos os seguintes erros na quantificação dos elementos maiores: Cu (1%), Sn (9%) e Pb (4%). Contudo, como os artefactos analisados apresentam de uma forma geral geometrias não planas e superfícies irregulares, os erros de quantifi-

cação serão superiores aos estimados através da análise dos padrões de referência (Milazzo, 1997; Stankiewicz et al., 1983). Nos artefactos de dimensões superiores às do diâmetro do porta amostras (3 cm) e naqueles que se encontravam fragmentados, foram realizadas várias análises em áreas distintas.

2.2. Micro-Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias

As análises por Micro-Fluorescência de Raios X, foram realizadas num espectrómetro *ArtTAX Pro*. O equipamento é constituído por uma âmpola de raios X de Mo e possui um sistema para focagem do feixe na área seleccionada da amostra. Os raios X característicos emitidos pela amostra são recolhidos num detector de Si com resolução de 160 eV para Mn-K α . O espectrómetro está ainda equipado com uma câmara fotográfica CCD e três diodos de luz com resolução espacial de 70 μ m para posicionamento da amostra a analisar. O software dedicado (*ArtTAX Control Software*) permite o controlo automático de todas estas funções e a possibilidade de realizar varrimentos, sendo necessário definir apenas os pontos inicial e final de análise e o número total de pontos do traçado.

Fez-se a determinação da composição química de um dos fragmentos de uma argola: IGN.017.05571 (Fig. 1), ao longo do diâmetro do topo do artefacto após remoção da camada de corrosão. Foram efectuados cinco ensaios, realizados com uma diferença de potencial de 45 kV, uma intensidade de corrente de 0,6 mA e durante um tempo real de acumulação de 50 s. As áreas dos picos característicos emitidos pelos elementos químicos presentes na amostra foram calculadas através do *ArtTAX Control Software*.

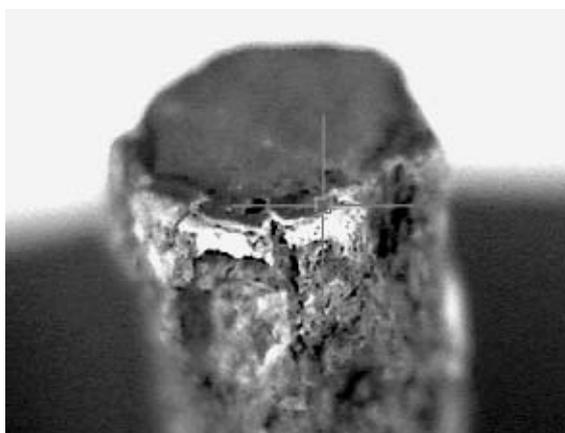


Fig. 7 Topo do fragmento da argola IGN017.05571.

3. A colecção metálica – composição química

A caracterização química da colecção metálica do Penedo do Lexim envolveu o estudo por EDXRF de artefactos metálicos e de outros objectos que indiciam a existência de operações metalúrgicas. Foram analisados artefactos pertencentes à “colecção antiga”, recolhidos durante as escavações realizadas durante a década de 70. No entanto, a maioria dos artefactos analisados foi recolhida na área designada por *Locus 1* durante as escavações de 1998 e 1999.

As composições químicas obtidas para os vários artefactos metálicos em estudo englobam as várias ligas de cobre utilizadas na antiguidade. Inicialmente foram utilizados cobres, em seguida ligas de cobre-arsénio, tendo estas sido em seguida preteridas pelas ligas de cobre-estanho, às quais, num período mais tardio se fez também a adição de chumbo.

Os resultados são apresentados tendo em conta a evolução na composição das ligas metálicas pré-históricas.

3.1. Artefactos metálicos – cobres

Os artefactos metálicos em cobre do Penedo do Lexim (Quadros 1 e 2) são instrumentos de trabalho, a produção maioritária do Calcolítico Pleno, período onde se deu a generalização da metalurgia do cobre em Portugal (Silva et al., 1993).

Os resultados obtidos demonstram que todos os artefactos metálicos pertencentes à “coleção antiga” do Penedo do Lexim são constituídos essencialmente por Cu, apresentando ainda vestígios de As e Fe (Quadro 1). Estes materiais encontravam-se depositados nas reservas do Museu Municipal de Mafra e são provenientes das primeiras escavações realizadas nos anos 70 (Arnaud, Salgado e Jorge, 1971; Arnaud, 1974-77). O contexto de recolha destas peças é desconhecido, sendo provável que tivessem sido recolhidos nos sectores então intervencionados.

Quadro 1. Resultados da análise elementar por EDXRF de artefactos metálicos da “coleção antiga” do Penedo do Lexim (valores em %).

<i>N.º inventário</i>	<i>Descrição</i>	<i>Cu</i>	<i>As</i>	<i>Pb</i>	<i>Sb</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>
IGN017.00632	Punção	99,1	0,65	n.d.	n.d.	0,22	n.d.
IGN017.00633	Cinzel	97,9	0,87	n.d.	n.d.	1,22	n.d.
IGN017.00634	Serra	99,0	0,92	n.d.	n.d.	<0,1	n.d.
IGN017.00635	Punção	99,1	0,66	n.d.	n.d.	0,24	n.d.
IGN017.00636	Serra	98,6	1,15	n.d.	n.d.	0,21	n.d.

n.d. – não detectado

O arsénio presente nos artefactos terá origem no minério de cobre, indicando um processo primitivo de refinação do metal. O ferro poderá também ter origem nas impurezas do minério utilizado como matéria prima e em partículas de solo incorporados no artefacto.

Ao contrário dos artefactos recolhidos nas campanhas mais recentes, os artefactos pertencentes à coleção antiga foram intervencionados, como se pode deduzir pelo seu aspecto e pelos teores muito baixos de ferro, quando comparados com os medidos nos artefactos recolhidos mais recentemente (Ver Quadros 2 e 3).

Seis dos artefactos metálicos analisados provenientes das campanhas de 1998 a 2000 são cobres, alguns dos quais contêm pequenas percentagens de arsénio (Quadro 2).

Quadro 2. Resultados da análise elementar por EDXRF de artefactos metálicos recolhidos durante as escavações de 1998 a 2000 no Penedo do Lexim (valores em %).

<i>N.º inventário</i>	<i>Contexto</i>	<i>Descrição</i>	<i>Cu</i>	<i>As</i>	<i>Pb</i>	<i>Sb</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>
IGN.017.05566	UE 8	Punção	94,0	n.d.	n.d.	n.d.	6,02	n.d.
IGN.017.05568	UE 8	Punção	91,5	2,43	n.d.	n.d.	6,11	n.d.
IGN.017.05569	UE 8	Cinzel	93,3	0,85	n.d.	<0,20	5,80	n.d.
IGN.017.05736	UE 9	Punção	94,4	2,99	n.d.	n.d.	2,60	n.d.
IGN.017.06508	UE 8	Punção	98,9	n.d.	n.d.	n.d.	0,96	<0,44
IGN.017.10581	UE 9	Lâmina	98,8	0,87	n.d.	n.d.	<0,1	n.d.

n.d. – não detectado

Durante o Calcolítico Final o arsénio passou a ser adicionado às ligas metálicas de cobre para aumentar a sua dureza. Embora alguns dos artefactos analisados (IGN.017.00636 – Serra; IGN.017.05568 – Punção e IGN.017.05736 – Punção) contenham mais de 2% de As, é difícil concluir se nestes casos existiu ou não uma adição intencional uma vez que a concentração de As nos minérios de cobre é muito variável (entre 1% e 23%). Para além disso, durante as operações metalúrgicas e posterior arrefecimento da liga metálica fundida, existem processos de segregação dife-

rencial de As que podem conduzir à distribuição não homogénea deste elemento na liga. Segundo Cradock (1995), para distinguir a adição intencional de As é essencial saber qual o tipo de minério utilizado no fabrico dos artefactos. Como na maioria dos casos tal não é possível, recorre-se então à comparação dos teores de As com a de outros elementos traço existentes na liga metálica, que possam indiciar a utilização de certos minérios. Com base em tais critérios, existem estudos que consideram como significativos apenas os teores em As superiores a 4% (Marechal, 1985).

Os artefactos em cobre analisados apresentam na sua maioria concentrações anormalmente elevadas de ferro (2,60 a 6,11%), devido ao enriquecimento provocado pela agregação de partículas de solo durante o período em que estes estiveram enterrados. De facto, a área escavada encontra-se rodeada por afloramentos basálticos (Sousa, 2000), uma rocha máfica que por alteração dá origem a solos ricos em Fe (Blatt et al., 1980).

3.2. Artefactos metálicos – bronzes

A composição química dos artefactos metálicos de bronze recolhidos no Penedo do Lexim apresenta-se no Quadro 3. Apenas o artefacto IGN.017.02534 faz parte da colecção antiga.

N.º inventário	Contexto	Descrição	Cu	Sn	As	Pb	Sb	Fe	Ni
IGN017.02534	c.a.	Machado	81,6	17,3	<0,4	<0,24	<0,20	0,23	n.d.
			80,3	18,5	<0,4	0,26	<0,20	0,15	n.d.
IGN017.04979	UE 2	Lâmina	80,5	17,4	n.d.	n.d.	n.d.	2,02	<0,44
IGN017.05567	UE 2	Ponta lança	69,9	24,5	n.d.	<0,34	<0,20	5,40	n.d.
			73,1	23,8	n.d.	<0,34	<0,20	2,86	n.d.
			63,0	31,7	n.d.	<0,34	<0,20	5,11	n.d.
			62,5	30,0	n.d.	<0,34	<0,20	7,24	n.d.
IGN017.05571	UE 1 / 9	Argola	59,4	32,0	<0,4	<0,24	0,32	7,80	n.d.
			62,5	27,3	<0,4	<0,24	0,26	9,29	n.d.
IGN017.05572	UE 1/9	Indeterminado	43,6	44,7	n.d.	0,54	<0,20	11,1	n.d.
IGN017.05576	UE 1/9	Indeterminado	57,6	29,0	n.d.	8,14	n.d.	6,10	n.d.
IGN017.09561	UE 2	Argola	71,4	23,6	n.d.	0,34	<0,20	4,15	n.d.
			69,5	24,3	n.d.	0,26	<0,20	5,44	n.d.
IGN017.09655	UE 02	Cinzel	74,1	19,4	<0,4	<0,24	<0,20	5,86	n.d.
			72,4	21,4	<0,4	<0,24	<0,20	5,56	n.d.
IGN017.10577	UE 8	Indeterminado	61,5	31,3	n.d.	5,16	n.d.	2,14	n.d.
IGN017.10583	Sup.	Argola	43,1	53,4	<0,4	<0,24	n.d.	2,90	n.d.

c.a. - colecção antiga; n.d. - não detectado; sup. - superficial

Os artefactos em bronze apresentam teores muito elevados de Sn, devidos aos conhecidos fenómenos de enriquecimento à superfície e ao tipo de análise realizada (superficial). Na metalurgia antiga, a substituição do As pelo Sn em ligas de cobre resultou numa melhoria da dureza da liga e facilitou o processo de fabrico, pois para além do Sn ser menos volátil e dos seus fumos não serem tóxicos como os do As, a sua introdução conduziu à diminuição da temperatura de fusão da liga.

Tal como nos artefactos em cobre, os artefactos em bronze do Penedo do Lexim apresentam também concentrações elevadas de Fe (2,02% a 11,1%), excepto o machado em bronze (IGN.017.02534) pertencente à colecção antiga, devido ao tratamento de limpeza que removeu a camada de corrosão.

Nos bronzes do Penedo do Lexim foi identificada a presença de Pb, excepto num dos artefactos (IGN.017.04979 – Lâmina). O Pb é uma impureza comum neste tipo de ligas e dada a ausên-

cia deste elemento nos artefactos em cobre, as quantidades de Pb encontradas nos bronzes serão provenientes do minério de Sn, o qual seria adicionado ao cobre em fusão sem ter sido previamente refinado (Silva et al., 1993). A concentração mais elevada de Pb em dois dos artefactos (IGN.017.05576 – Indeterminado e IGN.017.10577 – Indeterminado) pode indicar a adição intencional deste elemento à liga metálica de bronze. A introdução deste elemento em artefactos de bronze melhora a fluidez e baixa o ponto de fusão da liga, aparecendo em artefactos de bronze peninsulares durante o período do Bronze Final (Melo, 2000). A maior parte dos artefactos em bronze apresenta vestígios de Sb.

No grupo de artefactos em bronze, ao contrário do que se observou para os cobsres, todos eles instrumentos de trabalho, encontram-se artefactos com outras tipologias o que reflecte um avanço tecnológico. Na Fig. seguinte apresenta-se a distribuição dos artefactos do Penedo do Lexim consoante a sua composição química.

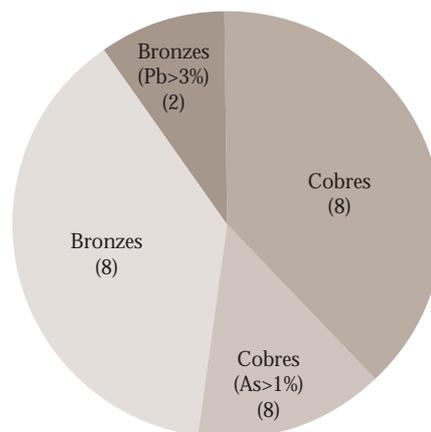


Fig. 8 Tipo de ligas metálicas dos artefactos do Penedo do Lexim (total de 21 artefactos analisados).

3.3. Estudo da camada de corrosão

Os processos de corrosão que afectam os artefactos metálicos constituídos por ligas de bronze atacam preferencialmente o Sn pois este é mais reactivo do que o Cu (como mostram os seus potenciais de redução: $E^{\circ}_{Sn^{2+}} = -0,14V$ e $E^{\circ}_{Cu^{2+}} = +0,34V$). Devido a esta diferença de comportamentos a camada de corrosão superficial encontra-se enriquecida em Sn relativamente à liga original. A concentração de Sn pode também variar ao longo do artefacto devido a processos de segregação que ocorrem quando o artefacto é fabricado. Para além disso, quando o artefacto esteve enterrado durante longos períodos de tempo a sua camada de corrosão superficial pode conter elementos provenientes do solo.

Neste trabalho foi seleccionado um artefacto (IGN.017.05571) para estudar estes fenómenos. O topo de secção circular do artefacto foi analisado por Micro-EDXRF antes e depois de polido. Os perfis obtidos a partir das áreas dos raios X emitidos pelo Cu e Sn, mostram claramente o enriquecimento superficial em Sn (Fig. 9).

O topo do artefacto (IGN 017.05571) foi também analisado por EDXRF após polimento: Cu=83,3%, Sn=15,4%, Fe=0,5%, As<0,4% e Sb<0,20%. A diminuição observada em relação às concentrações de Fe e de Sn determinadas antes da limpeza (ver Quadro 3) mostra claramente que estes elementos se encontravam enriquecidos na camada de corrosão.

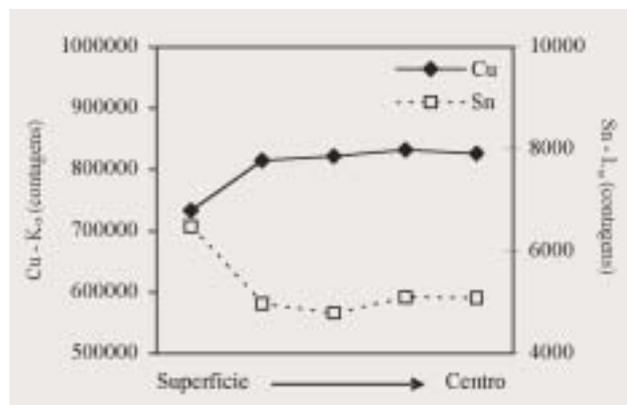


Fig. 9 Perfis de Cu e Sn obtidos por Micro-Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias para o artefacto IGN.017.05571 (secção circular).

4. O Penedo do Lexim e a metalurgia antiga no Centro Sul de Portugal

4.1. Vestígios de operações metalúrgicas no Penedo do Lexim

Nas escavações efectuadas no Penedo do Lexim foram encontrados alguns materiais que parecem indicar a prática de operações metalúrgicas, incluindo pingos de fundição, refractários e outros. Os pingos de fundição analisados (Quadro 4), apontam para a metalurgia do cobre, podendo pertencer à matéria-prima bruta proveniente da redução inicial do minério ou à liga metálica refinada.

Quadro 4. Resultados da análise elementar por EDXRF em pingos de fundição (valores em %).

N.º inventário	Contexto	Descrição	Cu	Sn	As	Pb	Sb	Fe	Ni
IGN017.05577	UE 9	Pingo fundição	97,6	n.d.	1,20	n.d.	n.d.	1,18	n.d.
IGN017.10579	UE 8	Pingo fundição	88,2	n.d.	3,61	n.d.	n.d.	8,19	n.d.

Os restantes materiais não metálicos estudados e que podem eventualmente representar vestígios de operações metalúrgicas, como por exemplo, escórias, fragmentos de cadinhos e outros cerâmicos, são informes e de difícil identificação (Quadro 5).

Quadro 5. Resultados da análise semiquantitativa por EDXRF (elementos químicos com $Z > 18$) de artefactos informes não metálicos.

Nº inventário	Contexto	Análise semiquantitativa
IGN017.05570	UE 01	Teores elevados de K, Ca, Ti e Fe e vestígios de Cu, Zn, Rb, Sr, Zr e Nb
IGN017.05573	UE 09	
IGN017.05575	UE 09	
IGN017.06509	UE 17	
IGN017.10580	UE 01	

No caso de escórias provenientes de operações de redução primária de minério estas são essencialmente constituídas por silicatos ferrosos. Pelo contrário, as escórias provenientes de processos de refinação contém um teor mais baixo de Fe e concentrações mais ou menos elevadas de outros metais, como o Cu, Sn ou Pb (Giardino, 1998).

No entanto, nas análises efectuadas a este conjunto de artefactos não foram detectados teores significativos de Cu, Sn ou Pb (Fig. 10). Os materiais apresentam uma composição semelhante

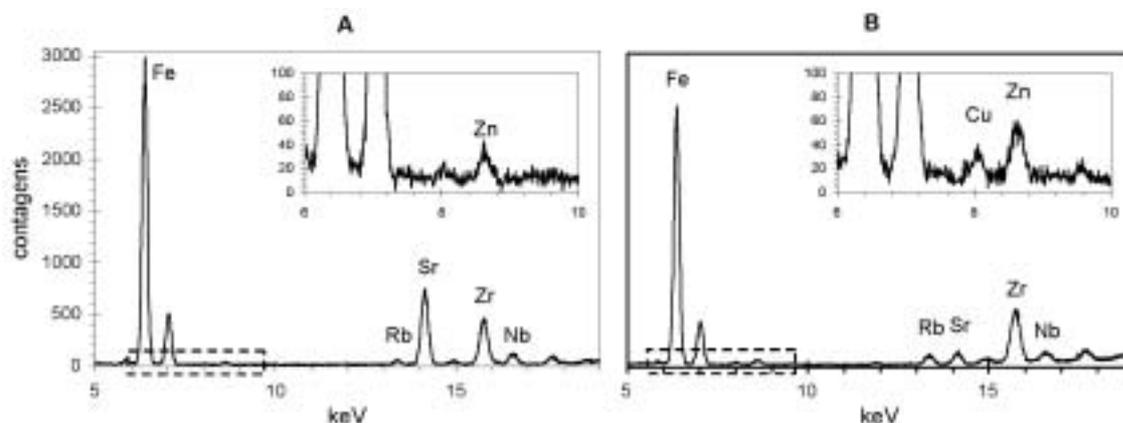


Fig. 10 Análise semi-quantitativa por EDXRF de dois artefactos não metálicos (A: IGN017.06509 e B: IGN017.10580).

e os teores dos vários elementos químicos neles identificados são da ordem de grandeza dos valores normalmente encontrados em materiais geológicos e cerâmicos. Deste modo, os únicos vestígios de práticas metalúrgicas são os pingos de fundição, na medida em que os resultados das análises efectuadas aos materiais “não metálicos” não nos permitem concluir que estes artefactos tenham sido utilizados em operações metalúrgicas.

4.2. *Metalurgia do cobre do Penedo do Lexim e o Calcolítico estremenho*

A caracterização química das peças recolhidas no Penedo do Lexim permitiu caracterizar uma metalurgia do cobre que poderá traduzir várias áreas de proveniência.

A identificação dos locais de proveniência do cobre cedo esteve presente no discurso arqueológico, uma vez que se tomavam metal e metalurgia como agentes de mudança. A verdade é que apenas em casos muito circunscritos, a procura do metal vermelho condicionou a fixação de populações, como sucede na ocupação calcolítica da Serra Algarvia (Gonçalves, 1989).

Para a Península de Lisboa, a densidade de povoamento calcolítico decerto não foi motivada pela proximidade às fontes desta matéria. Como foi já referido, a metalurgia apenas surge durante o Calcolítico pleno, situação atestada no Penedo do Lexim e em Leceia.

O reduzido número de análises para conjuntos da Península de Lisboa, impede a real percepção de uma uniformidade/diversidade com as realidades mais meridionais onde abundava o cobre. Subentende-se geralmente que a origem dos artefactos em cobre da península de Lisboa tem uma origem extra-regional oriunda do Baixo Alentejo. A inexistência de uma cartografia de pormenor impede-nos porém de aferir verdadeiramente este fenómeno.

A origem extra-regional do cobre dos povoados da Península de Lisboa poderá ser apenas parcial, tal como sucede para as matérias-primas dos artefactos de pedra polida. Na verdade, algumas pistas apontam para uma maior diversidade das áreas de proveniência e para a frágil verosimilitude de *todos* os artefactos metálicos terem uma origem forânea. Assim, foi identificada uma mina de cobre nas proximidades do Zambujal (em Runa), não se tendo aí encontrado até agora qualquer indício de mineração pré-histórica (Kunst, 1995a). Também para a área de Leceia se cita a existência de “diversas minas de cobre” em Asfamil (Rio de Mouro, Sintra) embora não se estabeleça qualquer tipo de relação de proximidade (Cardoso e Guerra, 1997/1998). Para a área em estudo podemos indicar a existência de referências no Livro de Registo de Minas do Arquivo Municipal de Sintra relativas à identificação de minas de cobre no concelho de Sintra (Sousa, 1998).

Em termos tecnológicos, a possibilidade de mineração em locais como Asfamil, Runa ou Maceira é apenas teórica e talvez nunca possa vir a ser confirmada, considerando que a variabilidade numa mesma mina é tão grande como as diferenças à escala regional ou macroregional (Rovira Llorens, 1995, p. 167).

A tipologia artefactual parece indicar que o metal apenas seria utilizado para pequenos artefactos, como punções e cinzéis (Figs. 12 e 13). A (aparente) dicotomia entre a ineficácia funcional dos artefactos metálicos face à desenvolvida indústria lítica e óssea (Rovira Llorens, 1995), colocaria em clara desvantagem os artefactos metálicos de mais complexo fabrico, com menor poder de corte. Mas, na verdade é sintomático que os primeiros produtores metálicos surjam exclusivamente nas sociedades agrárias (Nocete, 1990). Estão ausentes do conjunto metálico do Penedo do Lexim peças de maior dimensão como os machados de gume plano, presentes em vários povoados calcolíticos estremenhos.

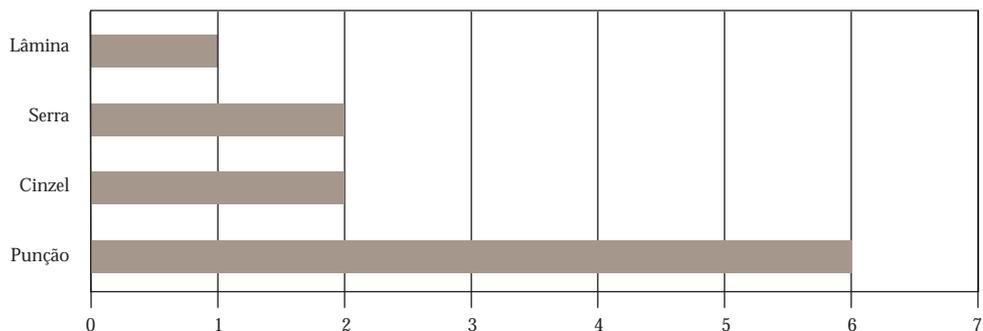


Fig. 11 Distribuição tipológica dos materiais de cobre do Penedo do Lexim.

O local de fabrico destes materiais permanece em aberto. Até ao momento não foram identificadas quaisquer estruturas de transformação do cobre no Penedo do Lexim. No povoado do Zambujal, a escassos 40 km foram identificados vários contextos de transformação, dos quais a casa V é o exemplo mais paradigmático, reportando-se à sua fase de transformação secundária (Kunst, 1995a). Outros elementos poderão fornecer alguns indicadores indirectos, nomeadamente os machados de pedra polida com o gume plano, que poderiam ter funcionado para martelagem do cobre em vários contextos em estudo (segundo Cardoso e Fernandes, 1997/1998) bem como evidências de transformação (pingos e cadinhos de fundição) referidas no ponto anterior.

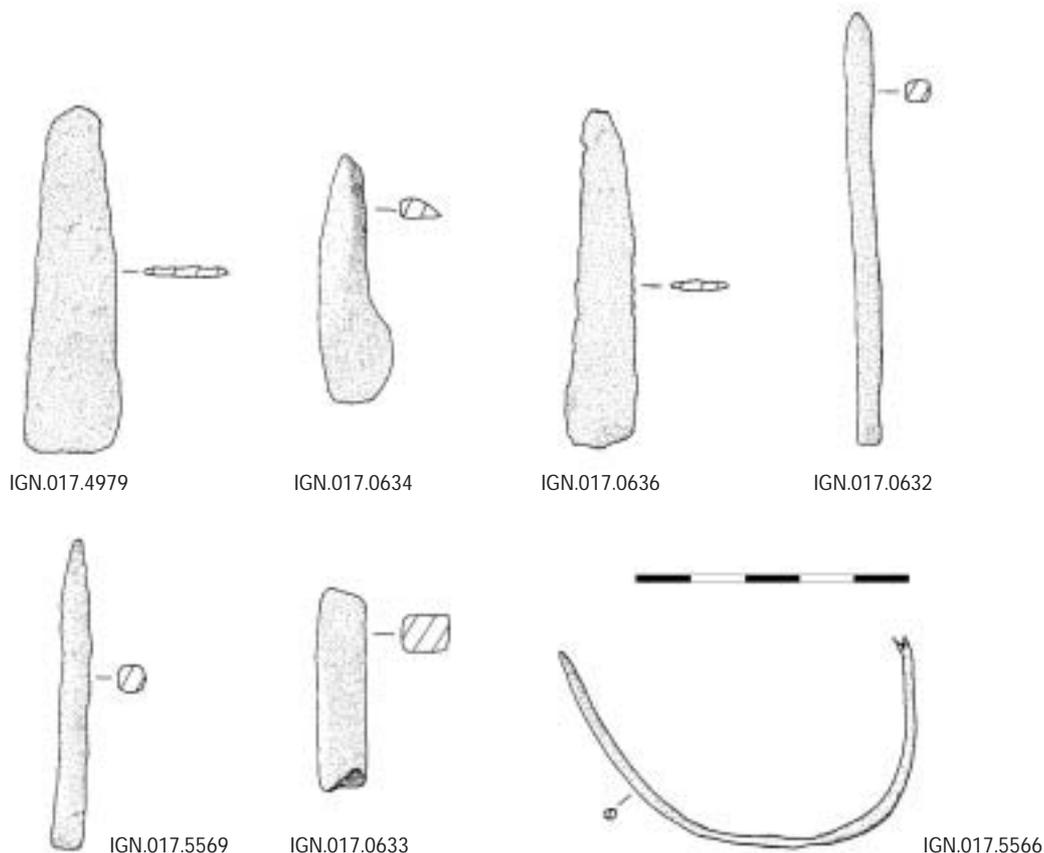


Fig. 12 Pequenos utensílios de cobre provenientes das antigas escavações (IGN.017.632, IGN.017.633, IGN.017.634) e dos níveis calcolíticos do locus 1 IGN.017.4979, IGN.017.5569, IGN.017.5566. Desenho de Carla Fernandes.

4.3. Metalurgia do Bronze final

Compreender os artefactos de bronze do Penedo do Lexim sem o respectivo enquadramento estratigráfico e contextual constitui uma abordagem redutora, ainda mais quando esta fase se encontra praticamente inédita. O estudo da ocupação do Bronze final do Penedo do Lexim encontra-se ainda em fase de preparação em colaboração de uma das signatárias (Ana Catarina Sousa) com a Prof. Dra. Ana Margarida Arruda. Assim, apenas faremos uma abordagem muito geral a este tipo de realidade.

O conjunto de artefactos de bronze integra 13 peças, com maior diversidade tipológica e integrando alguns materiais de maior dimensão (Fig. 14).

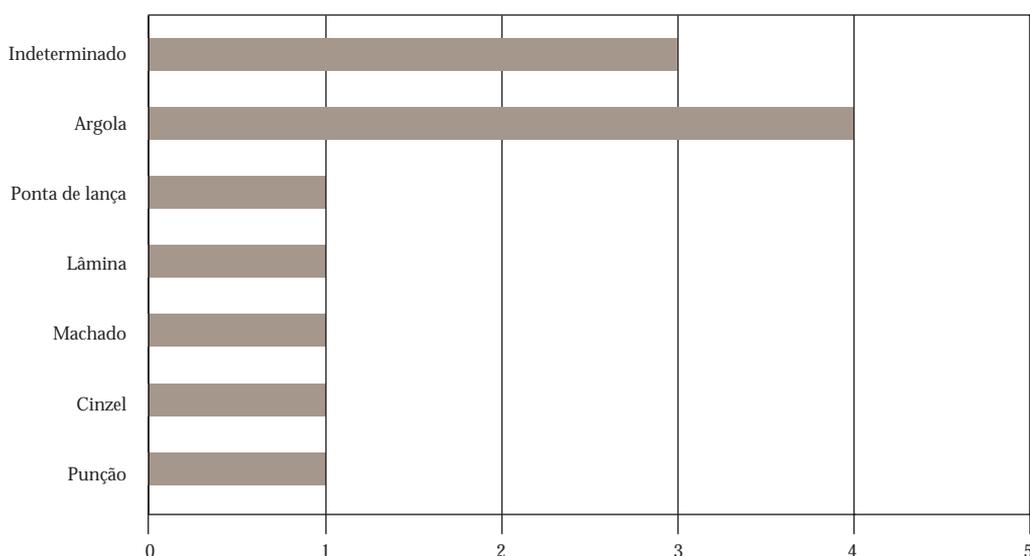


Fig. 13 Distribuição tipológica dos materiais de bronze do Penedo do Lexim.

Na realidade, enquanto que para os materiais de cobre escasseiam as sistematizações de tipos e formas, para a Idade do Bronze encontramos uma sistematização muito elaborada, de carácter europeu, tal como as tipologias de Monteagudo e Coffyn.

No conjunto de artefactos de bronze do Penedo do Lexim, para além dos utensílios (cinzel, punção) regista-se a presença de armas, nomeadamente uma ponta de lança, que se encontrava contextualmente associada a uma argola e um cinzel. A morfologia desta ponta de lança aproxima-se de exemplares de Pragança, de Veiros e Porto do Concelho (Melo, 2000). As argolas constituem o item artefactual mais representativo, podendo constituir elementos de arnés e estão largamente representados em outros contextos do Bronze final da Estremadura.

As argolas, a ponta de lança e o machado de alvado parecem integrar o Penedo do Lexim chamado “Bronze Atlântico”, conceito quase centenário, criado por Santa Olalla e que corresponde a uma leitura histórico-cultural fortemente baseada na metalurgia mas que a transcende. O debate da real identidade de uma unidade cultural atlântica continua em aberto (Jorge, 1998), considerando os grandes desequilíbrios do conhecimento arqueológico para este período.

Apesar de a ocupação da Idade do Bronze ter sido sistematicamente menos analisada no Penedo do Lexim, a identificação de materiais metálicos remonta ao século XIX com Possidónio da Silva, que apresenta um machado de alvado com uma aselha proveniente deste local.

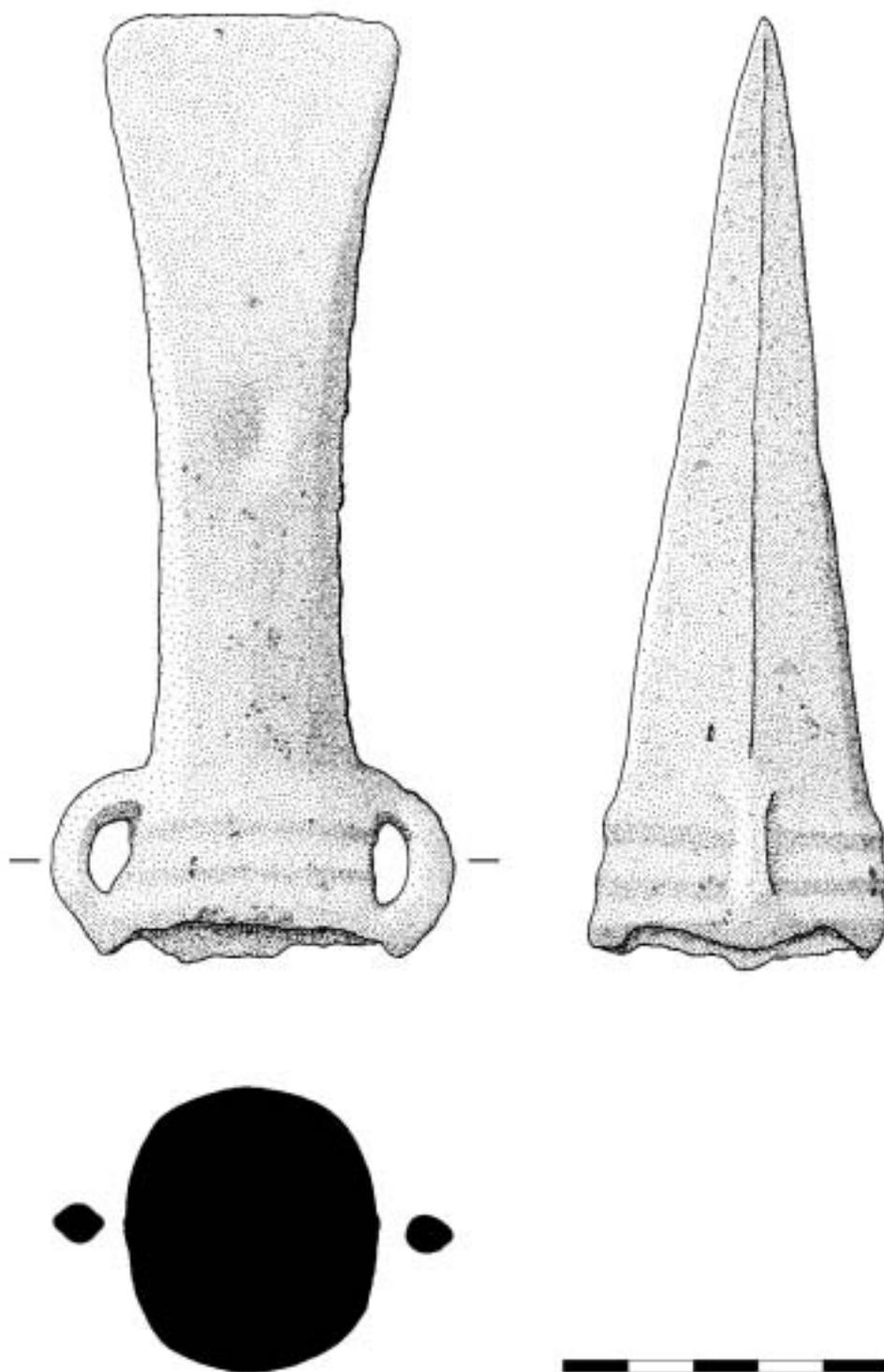


Fig. 14 Machado de alvado do Penedo do Lexim (IGN.017.2322). Peça integrável na “coleção antiga” depositada no antigo Centro de Estudos Prof. Raúl de Almeida, actual Museu Municipal Prof. Raúl de Almeida. Desenho de Carla Fernandes.

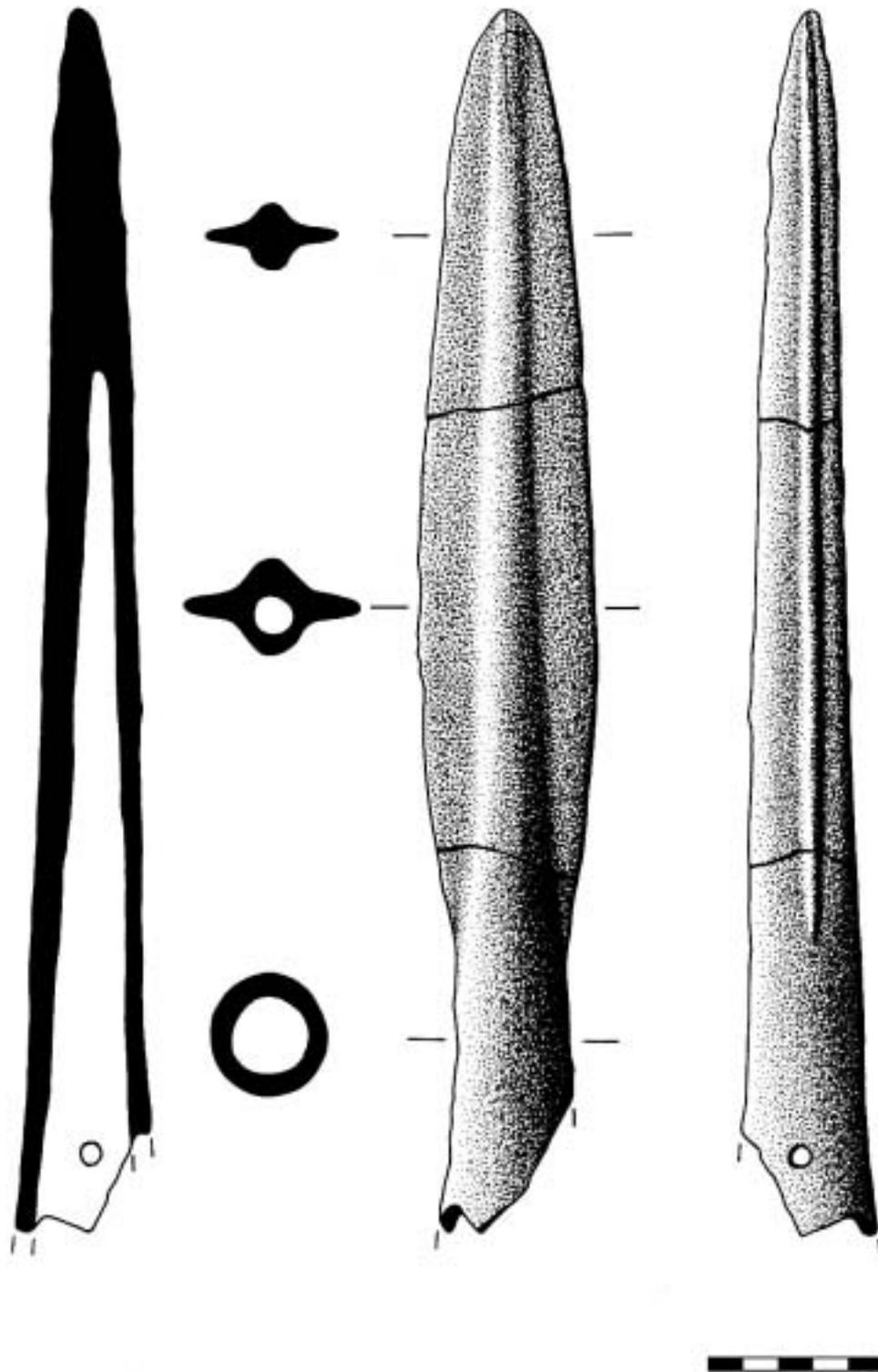


Fig. 15 Ponta de lança (IGN.017.5567), recolhida no *locus 1* do Penedo do Lexim (E5-042) na UE 2, sobre o lajeado calcário. Em provável associação com o cinzel IGN.017.9655 e com a argola IGN.017.9561. Desenho de Rui Almeida.

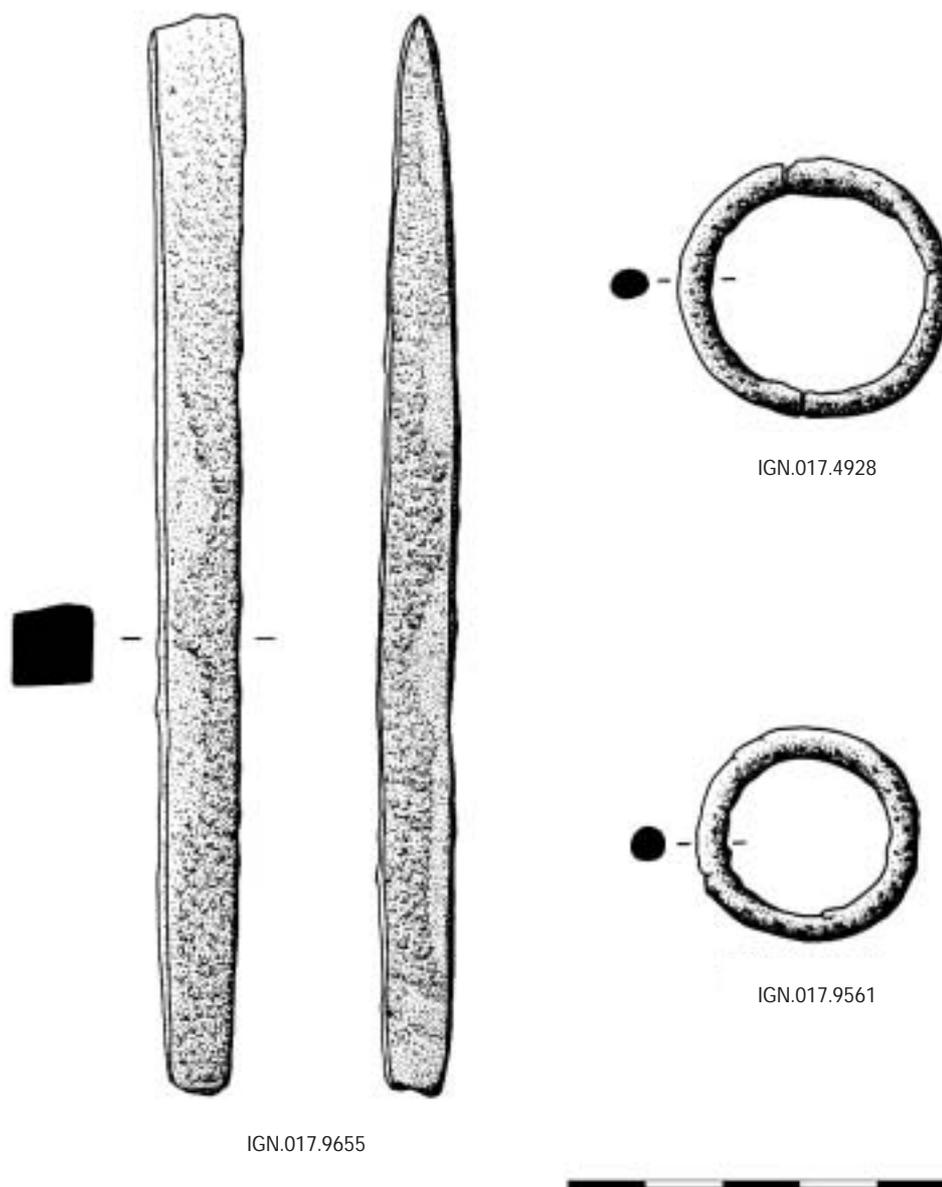


Fig. 16 Cinzel (IGN.017.9655), recolhido no *locus 1* do Penedo do Lexim (E4-44), UE 2, sobre lajeado de calcário. Argolas de bronze recolhidas no *locus 1* do Penedo do Lexim, ambas integráveis na UE 2. Desenho de Rui Almeida.

O aparecimento de objectos metálicos durante a laboração da pedra levou mesmo José Morais Arnaud a referir a presença de um “esconderijo de fundidor”.

“Durante a exploração da pedra de basalto instalada na vertente norte do Penedo do Lexim, os operários encontraram numa fenda rochosa algumas peças de bronze, atribuíveis à Idade do Bronze «Atlântico», que julgamos terem feito parte de um «esconderijo de fundidor». As únicas peças que pudemos observar, por enquanto, são dois machados com duas aselhas laterais, um depositado na Câmara Municipal de Mafra, outro entregue pelo encarregado da pedra ao Sr. António Pedroso Ferreira, que o depositou no Museu Nacional de Arqueologia e Etnologia. Estas duas peças são perfeitamente idênticas, parecendo ter sido feitas com o mesmo molde. Conservam ainda as rebarbas de fundição e o gume bem afiado, não apresentando vestígios de utilização, o que cor-

robora a hipótese de terem pertencido a um esconderijo de fundidor (Arnaud, Oliveira e Jorge, 1971, p. 131).

Actualmente, como foi já referido, apenas se conserva um machado de alvado no Museu Municipal (com as características atrás referidas), e no conjunto de materiais que se encontram no Museu Nacional de Arqueologia ainda não foi possível verificar a presença do exemplar entregue pelo Sr. António Pedroso Ferreira. É provável que estes dois machados tivessem integrado uma colecção mais vasta como refere José Arnaud: “tivemos conhecimento de que o Sr. Alexandre Morgado tinha na sua colecção particular outros machados de bronze provenientes do Penedo do Lexim” (Arnaud, Oliveira e Jorge, 1971, p. 131).

Terão sido estes e outros achados que provocaram a “onda” de violações antigas e recentes no Penedo do Lexim (Sousa, 2000). Segundo informações locais a cavidade onde foram encontrados os machados foi já destruída, apresentando semelhanças morfológicas com o abrigo sob rocha presente no *Locus 3*. Nesta área não foi encontrada qualquer peça metálica não podendo ser confirmada a interpretação de “esconderijo” ou de “depósito”.

5. Conclusões

Com o presente estudo procura-se analisar dois momentos fulcrais na tecnologia de produção metalúrgica pré e proto-histórica, que nos remetem para contextos cronológico culturais muito diferenciados.

Assim, através da amostra em análise podemos perspectivar de que forma a metalurgia do cobre surge nas comunidades agro-pastoris do III milénio. A reduzida dimensão da amostra (0,35% de uma amostra de 9724 peças recolhidas entre 1998 e 2002), patenteia o papel secundário que estes artefactos representariam no quotidiano do povoado do Penedo do Lexim, surgindo tardiamente na história do sítio, já no Calcolítico pleno (aliás como sucede em outros locais do Calcolítico estremenho). No actual estado da pesquisa podemos verificar que são praticamente inexistentes os indícios de transformação metalúrgica no povoado. Em termos de composição química verifica-se uma grande homogeneidade, com uma composição apresentando elevados valores de cobre (entre 91,0 e 99,1%), correspondendo a cobre quase puro. As maiores diferenças são relativas às concentrações de ferro mais elevadas nos materiais exumados durante as escavações recentes (entre 0,1 e 6,02%) que nos materiais da colecção antiga depositados no Museu Municipal (0,1 a 0,24%), diferença que deverá reflectir uma intervenção de restauro não documentada.

Estes valores são compatíveis com as análises já efectuadas para contextos da mesma cronologia. Na realidade são relativamente escassos os estudos arqueometalúrgicos, sendo também de difícil comparação as análises efectuadas com diferentes técnicas, nomeadamente as antigas análises efectuadas para o Zambujal e para Vila Nova de São Pedro.

Tendo como base a Espectrometria de Fluorescência de Raios X podemos ensaiar uma análise comparativa com povoados de diferentes áreas regionais: Estremadura (Liceia), Alentejo (Monte da Tumba) e Algarve (Cerro do Castelo de Santa Justa e Corte João Marques).

Particularmente relevante seria a leitura do processo de transformação do metal identificado no Zambujal (casa V). A recente publicação de Sangmeister (1995) retoma análises de 363 amostras provenientes das escavações realizadas entre 1964 e 1973, numa leitura comparativa com 1012 análises de materiais recolhidos em povoados e necrópoles de todo o Sul de Portugal. Infelizmente, a utilização da língua alemã usada nesta publicação, tal como tem vindo a ser praticado de uma forma sistemática, na generalidade dos trabalhos publicados sobre o Zambujal, dificulta muito a

utilização dos resultados/conclusões obtidas por esses investigadores alemães. Michael Kunst, a propósito da Idade do Bronze da Estremadura refere que “E. Sangmeister demonstrou, pelas análises dos achados metálicos, que a percentagem de estanho nos objectos de cobre do Zambujal aumentou na época campaniforme, tendo atingido o seu máximo na última fase de ocupação deste lugar. Por isso, esta última fase pode ser integrada na chamada “Idade do Bronze” (Kunst, 1995b, p. 125). O Zambujal poderia assim apresentar em termos de tecnologia de transformação do metal, a passagem da metalurgia do cobre para o bronze.

Contrariamente ao que sucede com o diminuto conjunto de materiais metálicos calcolíticos, os bronzes correspondem ao testemunho material mais evidente da ocupação deste período. Na realidade, parece claro que a ocupação da Idade do Bronze do Penedo do Lexim foi circunscrita, surgindo apenas em alguns pontos do povoado em níveis quase superficiais, sem estruturas associadas. A existência de um povoado deste período nas proximidades do Penedo do Lexim, o Cabeço de Alcainça (Vicente e Andrade, 1970) poderia explicar a ocupação episódica aqui documentada. O conjunto de materiais em análise revela uma diversidade tipológica que também surge na sua composição química. Assim, verifica-se a presença de desiguais valores de Cobre (entre 43,1 a 81,6%), escassos valores de Arsénio (<1%) e teores elevados de Estanho (entre 17,3 e 53,4%), embora muitas das variações possam ser atribuíveis a diferenças na camada de corrosão superficial e à especificidade da técnica analítica.

O presente trabalho constitui assim mais um contributo para o conhecimento da metalurgia antiga desta região. A publicação exaustiva dos conjuntos metálicos desta cronologia e a uniformização de metodologias de análise representa a primeira etapa para o conhecimento da metalurgia do Penedo do Lexim embora muito esteja ainda em aberto, nomeadamente a determinação de áreas de proveniência e a compreensão do processo de transformação metalúrgica.

Mafra/Sacavém, Outubro de 2003

NOTAS

¹ Gabinete de Arqueologia da Câmara Municipal de Mafra
Praça do Município
2644-001 Mafra
Portugal

² Dep. de Química, Instituto Tecnológico e Nuclear
Estrada Nacional 10
2686-953 Sacavém
Portugal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. F. D.; ALVES, L. C.; CABRAL, J. M. P. (1993) - Comparison of XRF and PIXE in the analysis of ancient gold coins. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Section B*. Amsterdam. 75, p. 450-453.
- ARNAUD, J. M. (1974-77) - Escavações no Penedo do Lexim / 1975. *O Arqueólogo Português*. Lisboa. Série 3. 8-9, p. 398-406.
- ARNAUD, J. M.; OLIVEIRA, V. S.; JORGE, V. O. (1971) - O povoado fortificado neo e eneolítico do Penedo do Lexim (Mafra): campanha preliminar de escavações (1970). *O Arqueólogo Português*. Lisboa. Série 3. 5, p. 97-132.
- BEWER, F. G.; SCOTT, D. A. (1995) - A Bronze Sculpture Attributed to Louis-Simon Boizot and Platinum Coating Methods. *Archaeometry*. Oxford. 32, p. 351-361.
- BLATT, H.; MIDDLETON, G.; MURRAY, R. (1980) - *Origin of Sedimentary Rocks*. New Jersey: Prentice-Hall.
- CARDOSO, J. L.; GUERRA, M. F. (1997/1998) - Análises químicas não destrutivas do espólio metálico do povoado pré-histórico de Leceia, Oeiras e seu significado no quadro da intensificação económica calcolítica da Estremadura Portuguesa. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. Oeiras. 7, p. 67-81.

- CHARLES, J. A. (1973) - Heterogeneity in Metals. *Archaeometry*. Oxford. 15, p. 105-114.
- GIARDINO, C. (1998) - *I metalli nel mondo antico*. Roma: Laterza.
- GLINSMAN, L. A.; HAYEK, L. C. (1993) - A Multivariate Analysis of Renaissance Portrait Medals: An Expanded Nomenclature for Defining Alloy Composition. *Archaeometry*. Oxford. 35, p. 49-67.
- GONÇALVES, V. S. (1989) - *Megalitismo e Metalurgia no Alto Algarve Oriental*. Lisboa: INIC/UNIARQ, 2 vols.
- GRIEKEN, R. V.; MARKOWICZ, A. (1993) - *Handbook of X-Ray Spectrometry*. New York: Marcel Dekker.
- JORGE, S. O., ed (1998) - *Existe uma Idade do Bronze Atlântico?* Lisboa: Instituto Português de Arqueologia (Trabalhos de Arqueologia; 10).
- HALL, E. T. (1961) - Surface-Enrichment of Buried Metals. *Archaeometry*. Oxford. 4, p. 62-66.
- KEVEX (1990) - *KeveX XRF ToolBox II Reference Manual*. USA: [s.n.], 2, p. 50-61.
- KUNST, M. (1995a) - Central Places and Social Complexity in the Iberian Copper Age. In LILLIOS, K., ed. - *The origins of complex societies in Late Prehistoric Iberia*. Michigan: International Monographs in Prehistory (Archaeological Series; 8), p. 32-43.
- KUNST, M. (1995b) - A Idade do Bronze na Estremadura. In JORGE, S. O. - *A Idade do Bronze em Portugal: discursos de poder*. Lisboa: Instituto Português de Museus, p. 124-125.
- MANTLER, M.; SCHREINER, M. (2000) - X-ray Fluorescence Spectrometry in Art and Archaeology. *X-Ray Spectrometry*. Chichester: John Wiley & Sons. 29, p. 3-17.
- MARECHAL, J.R. (1985) - Methods of Ore Roasting and Furnaces Used. *British Museum Occasional Papers*. London: The British Museum. 48, p. 29-41.
- MELO, A. (2000) - Armas, utensílios e esconderijos: alguns aspectos da metalurgia do Bronze Final na Estremadura: o depósito do Casal dos Fiéis de Deus. *Revista Portuguesa de Arqueologia*. Lisboa. 3:1, p. 15-121.
- NOCETE, F. (1990) - Territorio de coerción: el paradigma de las jefaturas. In *Espacio y organización social*. Madrid: Universidad Complutense, p. 57-90.
- PHOTOS, E.; JONES, R.E.; PAPADOPOULOS, T. H. (1994) - The Black Inlay Decoration on a Mycenaean Bronze Dagger. *Archaeometry*. Oxford. 36, p. 267-275.
- ROVIRA LLORENS, S. (1995) - Indústria metalúrgica. In HURTADO, V., ed. - *El Calcolítico a debate. Reunión de Calcolítico de la Península Ibérica. Sevilla 1990*. Sevilla: Junta de Andalucía, p. 166-168.
- SÉFÉRIADES, M. (1991) - Pierre taillée et metallurgie. Competition entre deux grandes industries. In *Découverte du métal*. Paris: Picard, p. 325-330.
- SANGMEISTER, E. (1995) - *Zambujal. Kupferfunde aus den Grabungen 1964 bis 1973*. Mainz am Rhein: Philipp von Zabern (Madriider Beiträge; 5/3), p. 37-52.
- SILVA, A. C. F.; RAPOSO, L.; SILVA, C.T. (1993) - *Pré-História de Portugal*. Lisboa: Universidade Aberta.
- SOARES, A. M.; ARAÚJO, M. F.; CABRAL, J. (1994) - Vestígios da prática de metalurgia em povoados calcolíticos da bacia do Guadiana entre o Ardila e o Chanca. In *Arqueología en el entorno del Bajo Guadiana*. Huelva: Universidad, p. 165-200.
- SOUSA, A. C. (2000) - *Penedo do Lexim: Campanha de 1999*. Mafra: Câmara Municipal (Cadernos de Arqueologia de Mafra; 1).
- SOUSA, A. C. (1999) - *O Neolítico final e o Calcolítico na área da Ribeira de Cheleiros*. Lisboa: Instituto Português de Arqueologia (Trabalhos de Arqueologia; 11).
- VEIGA, S. P. M. E. (1879) - *Antiguidades de Mafra ou relação arqueológica das características dos povos que senhoriaram aquele território antes da instituição da Monarquia Portuguesa*. Lisboa: Memória da Academia de Ciências.
- VICENTE, E. P.; ANDRADE, G. M. (1970) - A estação arqueológica de Cabeço de Moinhos. Breve notícia. In *Actas do II Congresso Nacional de Arqueologia*. Coimbra: Junta Nacional de Educação, I, p. 223-237.
- STANKIEWICZ, W.; FUDAL, A.; WÓJTOWICZ, M. (1983) - The Surface Geometrical Structure Effect in X-Ray Fluorescence Analysis of Metallic Samples. *X-Ray Spectrometry*. Chichester. 12, p. 92-96.
- TATE, J. (1986) - Some Problems in Analysing Museum Material by Nondestructive Surface Sensitive Techniques. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Section B*. Amsterdam. 14, p. 20-23.

