

* Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares (C2TN), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Campus Tecnológico e Nuclear, Estrada Nacional 10 (km 139,7), 2695-066 Bobadela LRS, Portugal.
amsoares@ctn.tecnico.ulisboa.pt;
pvalerio@ctn.tecnico.ulisboa.pt;
faraujo@ctn.tecnico.ulisboa.pt

** i3N/CENIMAT, Departamento de Ciências de Materiais, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal.
rjcs@fct.unl.pt

Os autores escrevem segundo o Acordo Ortográfico de 1945.

Análise arqueométrica dos artefactos metálicos do “Tesouro” de Baleizão

Pedro Valério*
Rui Jorge C. Silva**
Maria de Fátima Araújo*
António M. Monge Soares*

Resumo Neste trabalho foram utilizadas diversas técnicas analíticas (EDXRF, micro-EDXRF, SEM-EDS e microscopia óptica) para caracterizar os artefactos metálicos integrantes do designado “Tesouro” de Baleizão, atribuído ao Bronze Final. Deste modo, foram determinadas as composições elementares e identificadas as características microestruturais, quer dos artefactos à base de cobre, quer dos manufacturados em ligas de ouro. Foi, assim, possível verificar que todos os artefactos à base de cobre, com excepção de um, são constituídos por ligas de bronze binário (Cu+Sn). O teor de estanho na liga apresenta uma distribuição normal, com um valor médio de $10,2 \pm 1,6\%$, o que conjuntamente com as características das microestruturas identificadas, torna plausível a sua atribuição ao Bronze Final. Contudo, um dos exemplares, uma argola, foi manufacturado numa liga de latão (Cu+Zn), à qual não pode ser atribuída aquela cronologia. Por seu lado, a maioria dos artefactos de ouro apresenta composições elementares que indiciam, para alguns deles, uma cronologia do Bronze Final, enquanto a maioria deverá ter já uma cronologia enquadrável na Idade do Ferro, designadamente dois fragmentos de filigrana, nos quais a liga com que foram manufacturados apresenta um teor de Zn de cerca de 2%. Com base nos dados analíticos obtidos questiona-se a cronologia atribuída ao “Tesouro” de Baleizão e mesmo se o conjunto de artefactos que o constituem será ou não um conjunto fechado.

Abstract Several analytical techniques (EDXRF, micro-EDXRF, SEM-EDS and optical microscopy) were used to characterise the metallic set of the so-called “Treasure” of Baleizão, ascribed to Late Bronze Age. The work comprised the identification of the alloy composition and microstructural features of copper-based and gold artefacts. It was thus possible to verify that all copper-based artefacts, except for one, were manufactured in a binary bronze alloy (Cu+Sn). The tin content of this set of bronzes presents a normal distribution, with an average value of $10.2 \pm 1.6\%$, which together with the microstructural characteristics, makes an assignment to the Late Bronze Age of these artefacts

plausible. However, one specimen, a ring, was manufactured in a brass alloy (Cu+Zn), which cannot be ascribed to such ancient chronology. On the other hand, some of the gold jewels present elemental compositions compatible with a chronology of the Late Bronze Age, but the majority are associated with the Iron Age, namely two filigree wires, as their gold alloys present c. 2% Zn. Based on all this analytical data, the chronology ascribed to the “Treasure” of Baleizão is questioned and also if the set of artefacts that constitute the “Treasure” will be or not a closed set.

1. Introdução

Segundo consta no Proc. 2004/1(621), do ex-IPA, o designado “Tesouro” de Baleizão terá sido encontrado em Agosto de 2004, não muito longe da freguesia de Baleizão, concelho de Beja (Fig. 1), tendo sido adquirido pelo Museu Nacional de Arqueologia (MNA), em Outubro desse mesmo ano. Tratou-se de uma aquisição controversa, não só pelo modo como foi realizada, mas também porque, desde logo, surgiram dúvidas sobre o valor intrínseco do referido “Tesouro”, uma vez que o seu achamento não tinha resultado de qualquer investigação arqueológica, os seus achadores eram reconhecidos detectoristas, além de que, no conjunto de artefactos que o constituíam, encontravam-se alguns cuja associação entre si também levantava dúvidas, dado que não eram conhecidos, até então, outros exemplos dessa associação.

Uma primeira e pequena notícia sobre o aparecimento e aquisição pelo MNA do “Tesouro” de Baleizão foi publicada por Raquel Vilaça e Conceição Lopes (2005a), a que se seguiu, um pouco mais tarde, uma segunda notícia mais alargada, pelas mesmas autoras (Vilaça & Lopes, 2005b). Nesta última, equacionam-se já alguns problemas e retiram-se algumas inferências sobre as associações artefactuais presentes no conjunto. O “Tesouro” seria constituído por 31 artefactos metálicos, completos ou fragmentados, além de um anel, aparentemente de vidro translúcido, a que se deverão acrescentar diversos fragmentos de um vaso cerâmico, cuja forma se ignora, o qual conteria o conjunto artefactual em causa. Segundo Raquel Vilaça e Conceição Lopes (2005b, p. 178) o “Tesouro” seria datável de há cerca de 3000 anos, por conseguinte, do Bronze Final do Sudoeste. No entanto, entre os artefactos à base de cobre existem três machados planos, aos quais — se não fosse, segundo as autoras, a sua associação à maior parte dos outros



Fig. 1 – Localização de Baleizão no sul de Portugal.

artefactos metálicos — seria atribuída, com maior probabilidade, uma datação do Bronze Inicial ou do Bronze Pleno. Em direcção oposta, os dois fios de filigrana em ouro que fazem parte do “Tesouro” apontariam para uma cronologia da Idade do Ferro, o que, segundo as autoras citadas, requeria uma reavaliação da utilização da filigrana na ourivesaria proto-histórica peninsular (p. 179). Estes raciocínios e inferências têm por base a aceitação, por Raquel Vilaça e Conceição Lopes, de que o “Tesouro” de Baleizão constituiria um conjunto fechado.

O Director do MNA, pouco após a aquisição do “Tesouro”, tendo, com certeza, conhecimento dos problemas que vários arqueólogos colocavam sobre a veracidade das condições da descoberta e, por conseguinte, da possibilidade de não se tratar de um conjunto fechado, solicitou a um de nós (M.F.A.) a análise pelo grupo de Arqueometalurgia do ex-ITN dos artefactos

metálicos, o que foi efectuado, tendo os resultados obtidos sido comunicados ao Director do MNA e feito parte da Dissertação de Doutoramento de outro de nós (Valério, 2012).

São pois os dados obtidos desse estudo arqueometalúrgico que se dão agora a conhecer a um público mais alargado, uma vez que o “Tesouro” também só agora se encontra exposto, pela primeira vez, no MNA e julgamos que, quer a comunidade de arqueólogos, quer o público em geral, terão interesse

em tomar conhecimento, quer desses resultados analíticos, quer das inferências que deles se podem retirar.

2. Metodologia

2.1. Conjunto artefactual

O conjunto à base de cobre é constituído por 20 objectos (Fig. 2), designadamente uma fíbula fragmentada (392/26), três machados planos (392/7, 392/8 e 392/9), sete pesos de balança (392/19 a 392/25) e nove argolas (392/10 a 392/18), sendo a maior parte delas fechadas. Por sua vez, o conjunto de objectos de ouro é constituído por 11 artefactos (Fig. 3), nomeadamente um colar (1182), um bracelete (1183) e um brinco (1184), qualquer deles maciço e de secção losângica, além de um pequeno fragmento de lingote (1185), dois segmentos de filigrana constituídos por dois fios enrolados (1186 a, b) e cinco pequenos fragmentos de lâmina de ouro (1187 a, b, c, d, e).

2.2. Caracterização elemental

A composição elemental dos artefactos à base de cobre foi determinada por micro espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (micro-EDXRF). Dado que os artefactos arqueológicos à base de cobre apresentam uma camada de alteração superficial significativa, estes foram primeiro preparados para análise através da remoção da camada de alteração superficial numa pequena área (3–5 mm de diâmetro). Em seguida, foram realizadas três microanálises em cada exemplar utilizando um espectrómetro ArtTAX Pro com as seguintes condições experimentais: 40 kV de diferença de potencial, 0,5 mA de intensidade de corrente e 300 s de tempo real de aquisição. Os detalhes instrumentais e a metodologia de análise, calibração e quantificação deste tipo de artefactos encontram-se publicados (Valério & *alii*, 2018). No caso dos pesos de balança, devido à sua reduzida dimensão e elevado valor intrínseco, apenas foi seleccionado um exemplar (392/25) para caracterização por micro-EDXRF. Do mesmo modo, optou-se por não analisar uma das argolas (392/14) dado que o seu estado de corrosão sugeria que a mesma se poderia

Fig. 2 – Artefactos à base de cobre do “Tesouro” de Baleizão.



Fig. 3 – Artefactos de ouro do “Tesouro” de Baleizão.



fragmentar durante o processo de limpeza. Em alternativa, estes artefactos (pesos 392/19, 392/20, 392/21, 392/22, 392/23 e 392/24 e argola 392/14) foram sujeitos a uma análise não invasiva por EDXRF, a qual permitiu identificar o tipo de liga com a qual foram manufacturados.

A composição elementar dos artefactos de ouro foi obtida por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias (EDXRF). As análises foram efectuadas num espectrómetro Kevex 771 mediante duas condições de análise: (1) alvo secundário de Gd, 57 kV de diferença de potencial, 2,0 mA de intensidade de corrente e 300 s de tempo real de aquisição; e (2) alvo secundário de Ag, 35 kV, 0,5 mA e 300 s. Esta técnica apresenta uma sensibilidade superior para os elementos constituintes das ligas de ouro, nomeadamente para a prata, razão pela qual foi preferida face à micro-EDXRF. Detalhes adicionais sobre a instrumentação e metodologia de análise encontram-se publicados (Araújo & alii, 1993).

2.3. Caracterização microestrutural

As características microestruturais dos artefactos à base de cobre foram identificadas por microscopia óptica e microscopia electrónica de varrimento com microanálise por raios X (SEM-EDS). A cadeia operatória de manufactura dos artefactos foi determinada através de observações num microscópio óptico Leica DMI 5000M, as quais foram efectuadas em áreas polidas com iluminação em campo claro, campo escuro e sob luz polarizada. As características microestruturais foram evidenciadas através de contrastação química com uma solução ácida de cloreto férrico. Esta caracterização microestrutural foi complementada por análises de SEM-EDS em artefactos seleccionados, as quais foram realizadas num microscópio electrónico Zeiss DSM 962 acoplado a um espectrómetro Oxford Instruments INCAx-sight-EDS. As condições experimentais consistiram em 20 kV de diferença de potencial, ~3 A para a corrente de filamento, 70 µA para a corrente de emissão e 25 mm para a distância de trabalho. Foram igualmente efectuadas medições de microdureza Vickers em determinados artefactos, tendo estas sido realizadas num microdurómetro Zwick-Roell Indentec após aplicação de uma carga

de 0,2 kgf durante 10 s. Em cada exemplar foram realizadas pelo menos três indentações de forma a obter um desvio padrão inferior a 5%.

3. Resultados e discussão

3.1. Artefactos à base de cobre

Os artefactos seleccionados para análise não invasiva por EDXRF (pesos 392/19, 392/20, 392/21, 392/22, 392/23 e 392/24 e argola 392/14) provaram ser constituídos por ligas binárias de bronze (Cu+Sn), com excepção da argola 392/14, que apresenta uma liga de latão (Cu+Zn) com algum chumbo. Nos restantes exemplares foi possível efectuar análises por micro-EDXRF tendo por fim quantificar a sua composição elementar (Quadro 1).

Todos os artefactos analisados são constituídos por ligas binárias de bronze com teores baixos de impurezas metálicas, designadamente de chumbo ($\leq 0,23\%$) e arsénio ($\leq 0,19\%$), enquanto o ferro apresenta sempre valores inferiores ao limite de quantificação (0,05%). Por seu lado, o elemento de liga destes bronzes, o estanho, apresenta um teor com uma distribuição normal (Gaussiana), com um valor médio de $10,2 \pm 1,6\%$.

Artefacto	Ref.	Cu	Sn	Pb	As	Fe
Fíbula	392/26	90,7	9,1	nd	0,12	<0,05
Machado	392/7	87,3	12,5	nd	0,14	<0,05
Machado	392/8	88,8	11,0	0,20	0,17	<0,05
Machado	392/9	88,6	11,0	vest	0,13	<0,05
Peso	392/25	91,4	8,4	nd	0,19	<0,05
Argola	392/10	89,9	10,0	nd	<0,10	<0,05
Argola	392/11	89,8	10,1	nd	0,10	<0,05
Argola	392/12	91,7	8,1	0,17	nd	<0,05
Argola	392/13	92,1	7,9	nd	nd	<0,05
Argola	392/15	89,7	10,1	nd	0,15	<0,05
Argola	392/16	89,2	10,6	nd	0,12	<0,05
Argola	392/17	88,7	11,1	0,19	<0,10	<0,05
Argola	392/18	86,6	12,9	0,23	0,18	<0,05

Relativamente à caracterização microestrutural, esta visou determinar o tipo de morfologia de grão da matriz, as fases e inclusões presentes, a existência ou não de maclas de recozimento e a densidade das bandas de escorregamento (Quadro 2).

Quadro 1 – Caracterização elementar por micro-EDXRF de artefactos de base cobre do “Tesouro” de Baleizão (valores em % de peso; nd: não detectado).

Quadro 2 – Caracterização microestrutural de artefactos à base de cobre do “Tesouro” de Baleizão (m: maclas de recozimento; bd: bandas de deformação; V: Vazamento; R: Recozimento; M: Martelagem; MF: Martelagem Final; ↑: densidade elevada; ↓: densidade reduzida).

Artefacto	Ref.	Sn (%)	Fases	Inclusões	Características microestruturais	Cadeia operatória	
Fíbula	392/26	9,1	α	Cu-S↓	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Machado	392/7	12,5	$\alpha+\delta$	Cu-S	equiaxial	m	V+(M+R)
Machado	392/8	11,0	α	Cu-S	equiaxial	m	V+(M+R)
Machado	392/9	11,0	α	Cu-S	equiaxial	m	V+(M+R)
Peso	392/25	8,4	$\alpha+\delta$	Cu-S	dendrítica	-	V
Argola	392/10	10,0	α	Cu-S	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Argola	392/11	10,1	$\alpha+\delta$	Cu-S↓	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Argola	392/12	8,1	α	Cu-S↑	dendrítica	-	V
Argola	392/13	7,9	α	Cu-S	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Argola	392/15	10,3	α	Cu-S	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Argola	392/16	10,6	α	Cu-S	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Argola	392/17	11,1	α	Cu-S↑	equiaxial	m, bd	V+(M+R)+MF
Argola	392/18	12,9	$\alpha+\delta$	Cu-S	equiaxial	m	V+(M+R)

Em todos os artefactos desta liga a matriz é constituída por grãos de fase α . A ocorrência de inclusões Cu-S é uma característica comum nestas ligas arqueológicas, enquanto o eutectóide binário ($\alpha+\delta$) aparece apenas em algumas delas. A presença deste eutectóide em ligas com relativo baixo teor de estanho, que sofreram tratamentos termomecânicos, como é o caso da argola 392/11, constitui uma evidência de uma

baixa eficiência dos ciclos de martelagem e recozimento na homogeneização da liga.

Apesar da cadeia operatória incluir usualmente operações de martelagem e recozimento, foram identificados dois artefactos do “Tesouro” de Baleizão com características típicas das microestruturas de vazamento, como é o caso do peso 392/25 e da argola 392/12, que exibem estruturas de grão dendríticas com

zonamento (Fig. 4). Contudo, apesar de terem teores medianamente baixos e similares de estanho (~8%), a argola 392/12 tem uma microestrutura monofásica, enquanto o peso 392/25 apresenta o eutectóide $\alpha+\delta$, sugerindo um arrefecimento mais rápido após vazamento. Os machados planos 392/7, 392/8 e 392/9 apresentam uma microestrutura com grãos equiaxiais deformados e com maclas de recozimento (Fig. 5 A, B e C, respectivamente), o que torna evidente a utilização de ciclos de martelagem e recozimento na sua manufatura. A densidade de maclas de recozimento observáveis na Fig. 5 B (machado 392/8) é muito menor do que nas correspondentes aos outros dois machados, o que está certamente relacionado com

Fig. 4 – Microestruturas típicas de vazamento (A: peso 392/25; B: argola 392/12; campo claro, sem contraste e com contraste, respectivamente).

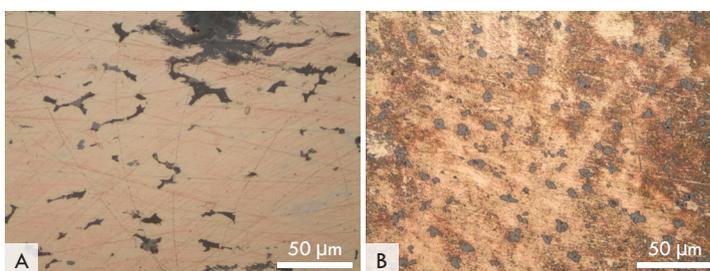
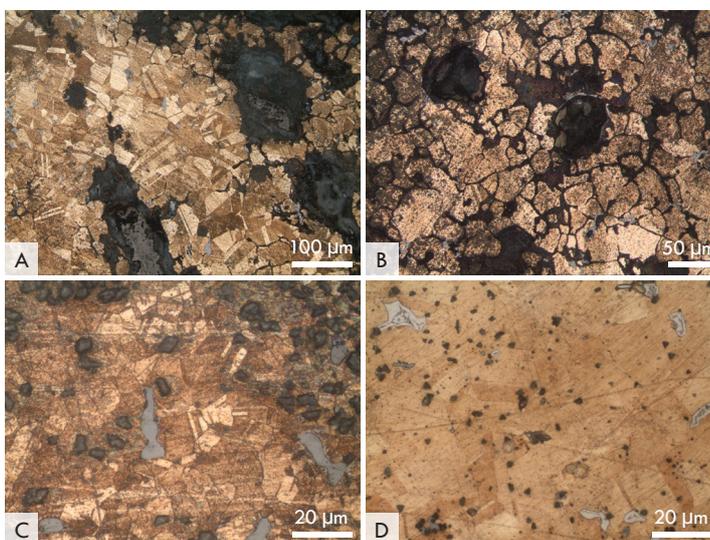


Fig. 5 – Microestruturas resultantes de ciclos de martelagem e recozimento (A: machado 392/7; B: machado 392/8; C: machado 392/9; D: argola 392/18; campo claro, com contraste).



os locais de amostragem. Todos os machados foram amostrados na zona do talão, uma vez que os gumes estão muito corroídos; contudo o machado 392/8 foi observado numa das faces maiores, as quais estão obviamente menos deformadas que as faces laterais observadas nos outros dois machados. O anel 392/18 apresenta uma cadeia operatória similar à dos machados (ver Quadro 2), mas a maior proporção de eutectóide $\alpha+\delta$ (ver Fig. 5 D) indica que as condições de recozimento utilizadas não foram suficientes para homogeneizar completamente esta liga metálica.

A fíbula e as restantes argolas apresentam microestruturas de grão equiaxial e deformado com maclas de recozimento e bandas de escorregamento (Fig. 6). A eficiência variável dos ciclos de martelagem e recozimento torna-se óbvia se tivermos em conta os diferentes tamanhos de grão observáveis, correspondendo a melhor eficiência à que se observa na argola 392/16 (Fig. 6 E) e a pior na argola 392/10 (Fig. 6B). A presença de bandas de escorregamento indica que a cadeia operatória terminou com uma operação de martelagem, cuja intensidade pode ser directamente relacionada com a densidade dessas bandas.

A microestrutura da argola 392/11 foi também investigada por SEM-EDS (Fig. 7). Para além da identificação inequívoca de inclusões de Cu-S e de Pb, assim como do eutectóide rico em estanho ($\alpha+\delta$), a caracterização por SEM-EDS evidenciou a existência de zonamento nos grãos da fase sólida primária (fase α) (Fig. 7 B – as análises pontuais (α_1 e α_2) mostram diferentes teores de estanho), o que indica condições de solidificação mais distantes do equilíbrio, típico das ligas vazadas pré-históricas sem trabalho termomecânico posterior. Esta microestrutura da

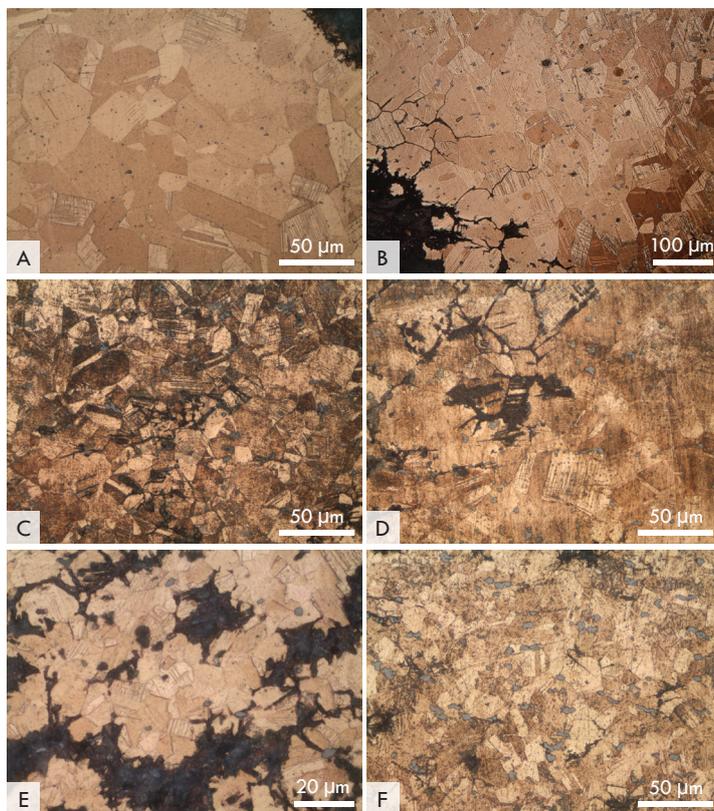


Fig. 6 – Microestruturas resultantes da cadeia operatória longa — vazamento, ciclos de martelagem e recozimento, martelagem final (A: fíbula 392/26; B: argola 392/10; C: argola 392/13; D: argola 392/15; E: argola 392/16; F: argola 392/17; campo claro, com contraste).

argola 392/11 é, por conseguinte, o resultado de uma elevada heterogeneidade inicial, originada pelo arrefecimento rápido após vazamento, à qual se seguiram ciclos de martelagem e recozimento deficientes (isto é, reduzida deformação associada a temperatura ou tempo insuficiente de recozimento).

Foram também efectuadas medições de dureza Vickers em alguns destes artefactos, as quais permitiram verificar que, embora os artefactos analisados tivessem teores de estanho similares e tivessem sido utilizadas cadeias operatórias

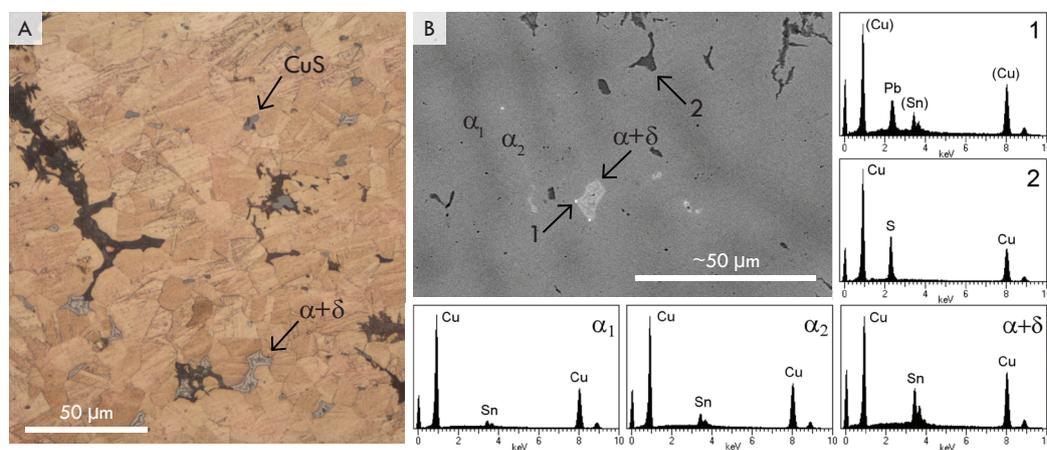


Fig. 7 – Microestrutura do anel 392/11 (A: microscopia óptica, campo claro, com contraste; B: imagem SEM-BSE com espectros EDS da fase α (α_1 e α_2), inclusão de chumbo (1), inclusão de Cu-S (2) e eutectóide ($\alpha+\delta$)).

Artefacto	Ref.	Sn (%)	Fases	Manufatura	HV0,2
Fíbula	392/26	9,1	α	V+(M+R)+MF	154
Argola	392/10	10,0	α	V+(M+R)+MF	99
Argola	392/11	10,1	$\alpha+\delta$	V+(M+R)+MF	129

Quadro 3 – Microdurezas Vickers de artefactos à base de cobre do “Tesouro” de Baleizão (V: Vazamento; R: Recozimento; M: Martelagem; MF: Martelagem Final).

também similares na sua manufatura, apresentavam, no entanto, microdurezas diferenciadas (Quadro 3).

Deste modo, foi possível avaliar quais os outros factores, para além do teor de estanho e do tipo de cadeia operatória, que poderiam ter uma influência significativa na dureza destes artefactos. A menor dureza da argola 392/10 (99 HV0,2) é certamente devida ao maior tamanho de grão da sua microestrutura (Fig. 5 B), a qual evidencia condições para os últimos ciclos de martelagem e recozimento menos adequadas. Por seu lado, a dureza intermédia da argola 392/11 (129 HV0,2) é provavelmente devida à presença da fase δ nesta microestrutura. Por fim, a elevada dureza da fíbula (154 HV0,2) deverá estar relacionada com uma operação final de martelagem intensa evidenciada por uma elevada densidade de bandas de escorregamento (Fig. 5 A).

As análises efectuadas aos artefactos à base de cobre demonstraram que no designado “Tesouro” de Baleizão existem dois tipos de liga: a de bronze binário (Cu+Sn), que foi utilizada na maior parte dos artefactos, e a de latão (Cu+Zn), utilizada apenas na manufatura da argola 392/14. Os bronzes binários surgem no Sudoeste português no segundo quartel do II milénio a.C. (Soares & Valério, 2016; Valério & alii, 2014), por conseguinte, no Bronze Pleno, embora apenas se tornem vulgares, nessa região, no Bronze Final (1170/1050–780/730 a.C. — Mataloto & alii, 2013). É também no Bronze Final que as “boas” ligas de bronze, com teores de estanho à volta de 11%, se tornam praticamente

exclusivas (Valério & alii, 2016a). Ora, os artefactos de bronze do “Tesouro” de Baleizão têm, como se referiu atrás, um teor médio de Sn de $10,2 \pm 1,6\%$ com baixo teor em impurezas, designadamente do ferro, o que, conjuntamente, com as características microestruturais identificadas, indicia uma cronologia do Bronze Final do Sudoeste para todos estes artefactos de bronze (Valério & alii, 2015a, 2016a, 2016b).

No entanto, à argola 392/14, de latão, não se pode atribuir essa cronologia. A introdução dos latões, muito provavelmente importados, ocorre na Península Ibérica em contextos orientalizantes ou pós-orientalizantes, datados a partir do século VI a.C., onde são extremamente raros (Montero & Perea, 2007). Para além disso, as ligas ternárias de latão (a análise não invasiva por EDXRF sugere um teor significativo de chumbo na argola em causa) tornam-se apenas vulgares em contextos do mundo romano (a partir do século I a.C.), e as poucas análises até agora efectuadas a artefactos à base de cobre com essa cronologia apenas as identificaram em contextos do Baixo-Império (Valério & alii, 2015b), pelo que não é possível atribuir uma cronologia do Bronze Final à argola 392/14 e, por conseguinte, a sua associação ao restante conjunto de artefactos de Baleizão parece não ser aceitável. Deverá, por outro lado, notar-se que “three of them [rings] were linked by a fourth” (Vilaça & Lopes, 2005b, p. 179), quando o “Tesouro” foi observado, pela primeira vez, pelas arqueólogas. Actualmente, essa situação já não existe, não sabemos qual a argola que unia o conjunto das outras três e se alguma destas quatro era a argola 392/14 de latão. Se alguma destas quatro o fosse, então não seria apenas a esta argola, mas sim àquelas quatro, a que não se poderia atribuir uma cronologia do Bronze Final.

Artefacto	Ref.	Au	Ag	Cu	Zn
Colar	1182	85,5	13,3	1,2	nd
Bracelete	1183	80,7	18,0	1,4	nd
Brinco	1184	78,4	18,2	3,4	nd
Lingote	1185	87,2	11,4	1,4	nd
Fio de filigrana	1186a	71,6	24,1	2,4	1,9
Fio de filigrana	1186b	73,2	21,9	2,9	2,0
Lâmina de ouro	1187a	75,0	21,9	3,2	nd
Lâmina de ouro	1187b	72,7	25,2	2,2	nd
Lâmina de ouro	1187c	73,8	24,2	2,1	nd
Lâmina de ouro	1187d	74,6	23,2	2,3	nd
Lâmina de ouro	1187e	72,4	25,7	1,9	nd

Quadro 4 – Caracterização elemental por EDXRF de artefactos de ouro de “Tesouro” de Baleizão (valores em % de peso; nd: não detectado).

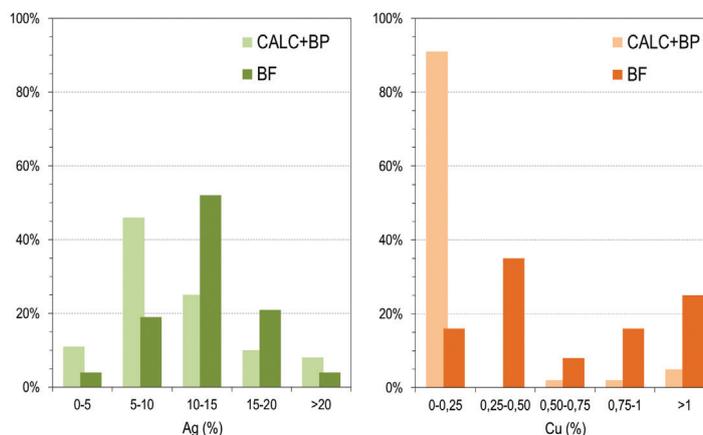
3.2. Artefactos de ouro

A composição elemental dos artefactos de ouro do “Tesouro” de Baleizão foi obtida por EDXRF (Quadro 4).

O fragmento de lingote apresenta o mais baixo teor em prata (11,4%), o qual se aproxima do teor neste metal determinado para o colar (13,3%). Os teores em cobre destes dois artefactos, conjuntamente com o determinado para o brinco, são os mais baixos (~1%) do

conjunto, podendo indiciar a utilização de uma liga de ouro nativo na manufactura destes três artefactos. Teores de cobre superiores a 1%, associados a teores de prata superiores a 20% indicam, normalmente, que se está perante ligas artificiais de ouro (Montero & Rovira, 1991), como deverá ser o caso dos restantes artefactos do “Tesouro”.

Um estudo envolvendo a composição elementar de várias centenas de jóias de ouro pré e proto-históricas de Espanha permitiu definir a evolução das ligas áureas ao longo do tempo na Península Ibérica (Montero & Rovira, 1991). A base de dados compreende 24 análises realizadas por aqueles autores e 446 análises publicadas pelo projecto SAM (Hartmann, 1982). A primeira alteração significativa nas composições das ligas de ouro surge apenas no Bronze Final, consistindo num aumento generalizado do teor em prata — a maioria dos artefactos de ouro do Calcolítico e do Bronze Pleno são manufacturados com ouro nativo, tendo um teor de prata entre 5–10%, enquanto o teor neste metal sobe para 10–15% no Bronze Final (Fig. 8). Durante esta época ocorre também um aumento do teor em cobre (Fig. 8) indiciando o início da utilização de ligas artificiais de ouro (25% das jóias de ouro com esta cronologia têm um teor de cobre superior a 1%). As ligas artificiais de ouro tornam-se predominantes durante a Idade do Ferro, sendo que teores de cobre superiores a 1% foram encontrados em cerca de 80% das análises efectuadas a jóias com esta cronologia (Montero & Rovira, 1991). Um paralelo próximo para o colar de Baleizão é o colar de Coimbra (Armbruster & Parreira, 1993, Cat. 17), cuja liga tem uma composição elementar muito semelhante à determinada para o colar de Baleizão (Ag 14%; Cu 1,5%) (Hartmann, 1982, Au2709), e que é também atribuível ao Bronze Final. As jóias (colares e braceletes) a que tem sido atribuída uma cronologia do Bronze Final caracterizam-se por serem maciças e, na sua grande maioria, apresentam



composições elementares similares às do colar e do bracelete de Baleizão, as quais se apresentam na Quadro 5.

Também os botões de ouro do Castro dos Ratinhos, Fortios e Outeiro da Cabeça com uma cronologia provável do século VIII a.C., embora já com influências Orientalizantes, apresentam composições elementares semelhantes às constantes da Quadro 5 (Soares & alii, 2010, 2017). Contudo, as composições elementares das ligas, em que foram manufacturadas uma conta de um contexto orientalizante de Almaraz e um botão da Fonte Santa atribuível à Idade do Ferro (Ag 25,8%, Cu 2,6%, para a primeira; Ag 28,7% e 33,1%, Cu 3,2% e 4,3%, para o segundo, conforme a face analisada (Valério,

Fig. 8 – Distribuição dos teores em prata e cobre de artefactos de ouro pré-históricos de Espanha (baseada em Montero & Rovira, 1991, Figs. 1 e 2) (CALC-Calcolítico; BP – Bronze Pleno; BF – Bronze Final).

Proveniência	Ref. (SAM 5)	Ag	Cu
Colares			
Senhora da Guia, S. Pedro do Sul (Cat. 12)	Au 2578	4	1,4
Senhora da Guia, S. Pedro do Sul (Cat. 13)	Au 2657	9	1,3
Serrazes, S. Pedro do Sul (Cat. 14)	Au 2710	12	2,3
Almoster, Santarém (Cat. 15)	Au 2712	11	2,0
Almoster, Santarém (Cat.16)	Au 2713	13	1,6
Coimbra (Cat. 17)	Au 2709	14	1,5
Braceletes			
Colos, Odemira (Cat. 44)	Au 2797	9	0,04
Anrozela, Fafe (Cat. 45)	Au 2837	10	0,14
Monforte da Beira, Castelo Branco (Cat. 48)	Au 2577	11	1,6
Redondo, Évora (Cat. 50)	Au 2672	14	3,5
Baralhas, Aveiro (Cat. 51)	Au 2671	9	2,0
Baralhas, Aveiro (Cat. 52)	Au 2796	10-15	1,3
Baralhas, Aveiro (Cat. 59)	Au 2799	10	1,7
Urra, Portalegre (Cat. 53)	Au 2741	13	1,2
Soalheira, Fundão (Cat. 55)	Au 2688	8	1,0
Senhora da Guia, S. Pedro do Sul (Cat. 56)	Au 2579	5	0,91
Santo António, Arraiolos (Cat. 57)	Au 2658	13	1,2

Quadro 5 – Composição elementar de colares e braceletes maciços de ouro atribuíveis ao Bronze Final, segundo Armbruster & Parreira, 1993 (valores em % de peso; SAM 5 – Hartmann, 1982; Cat.##: número de catálogo no livro do Inventário do MNA de Armbruster & Parreira [1993]).

2012), integram-se nas composições habituais das jóias de ouro da Idade do Ferro.

Por outro lado, deverá notar-se que os dois fragmentos de filigrana que fazem parte do “Tesouro” de Baleizão têm um teor em zinco na ordem dos 2%, metal que, na Península Ibérica, é raríssimo em contextos pré-romanos, como se referiu atrás, surgindo os primeiros e raros exemplares em contextos dos finais da I Idade do Ferro. No sul da Península, por exemplo, num contexto pós-orientalizante de Cancho Roano (século V a.C.) foi registado um fragmento de lâmina de ouro de um pendente com ~0,9 a 1,8% de Zn (Pereira, 2003, p. 206). Deverá referir-se que, numa das publicações de 2005 sobre o “Tesouro” de Baleizão (Vilaça & Lopes, 2005b), pode ler-se: *“the filigree wires enclosed a golden leaf [qual?], which in turn protected the small ingot”* (p. 179), o que não é de admirar, uma vez que qualquer das lâminas de ouro tem teores em prata e cobre muito similares aos dos fios de filigrana, o que é compatível com uma cronologia dos finais da I Idade do Ferro, cronologia essa que deverá ser atribuída à maior parte dos artefactos de ouro constituintes do “Tesouro”.

4. Conclusões

O grande interesse e importância do “Tesouro” de Baleizão, o qual integraria dois tipos de ligas metálicas, ouro e bronze, além de um anel de vidro ou quartzo, advinha de ser considerado pelos responsáveis pela aquisição pelo MNA, arqueólogos envolvidos e dirigentes administrativos, como um conjunto fechado, atribuível ao Bronze Final. As análises efectuadas ao conjunto metálico, assim como a própria tipologia de alguns exemplares, põem em causa não só essa atribuição cronológica para algumas das peças constituintes, mas também a ideia de se tratar de um conjunto fechado.

O referido anel, possivelmente de vidro translúcido, embora não tenha por nós sido analisado, não tem, que saibamos, quaisquer paralelos com essa cronologia na Península Ibérica. Deste modo, julgamos que a sua atribuição à Época Romana ou a uma época posterior seria muito mais plausível e seria muito estranha a sua associação ao conjunto metálico do referido “Tesouro”.

No que a este se refere, os artefactos à base

de cobre, com excepção de um deles, apresentam composições elementares e características microestruturais compatíveis com o que se conhece sobre a metalurgia do Bronze Final. São bronzes binários com um teor óptimo de estanho, o que se integra perfeitamente na composição típica dos bronzes com esta cronologia. A atribuição dos três machados planos ao Bronze Final não é contraditada pelas análises efectuadas e só poderá não ser aceite se baseada em considerandos de natureza arqueológica. No entanto, a argola 392/14, manufacturada em latão com uma certa percentagem de chumbo, não se pode associar ao restante conjunto, uma vez que no Bronze Final se desconhecia esta liga, sendo que os raríssimos exemplares encontrados na Península Ibérica em contextos pré-romanos (do século VI ou posteriores) não ultrapassam a meia dúzia, tornado-se a liga vulgar na Península provavelmente apenas no Baixo-Império. Assim, a evidência arqueometalúrgica e arqueológica não permite associar a argola 392/14 ao resto do conjunto artefactual à base de cobre do “Tesouro” de Baleizão.

No que se refere às jóias de ouro integrantes do “Tesouro”, a situação ainda é mais complexa. As análises efectuadas permitem distribuir os artefactos por três grupos: i) aqueles que têm um teor em cobre de cerca de 1% e teores em prata menores que 20%; ii) os de teor em cobre entre 2 e 3% e em prata superior a 20%; iii) aqueles que, além de teores de cobre e prata desta última ordem de grandeza, apresentam teores em zinco na ordem dos 2%. O primeiro grupo constituído pelo colar e bracelete, quer pela composição da liga, quer pela sua manufactura e tipologia, integra-se perfeitamente no conjunto das jóias áureas a que se tem atribuído uma cronologia do Bronze Final, o que já não acontece com o segundo e terceiro grupos. A este último, constituído pelos dois fragmentos de filigrana, não se pode atribuir aquela cronologia, não só com base na evidência arqueometalúrgica (o zinco apenas se torna elemento de ligas de ouro após o Período Orientalizante e muito raramente) e na evidência arqueológica propriamente dita (a filigrana, tal como o granulado, apenas começa a ser utilizado na decoração das jóias de ouro no Período Orientalizante). O segundo grupo, dados os teores de cobre e prata, integra-se melhor na Idade do Ferro, além de que, como foi referido, os fios de filigrana atavam uma das lâminas de

ouro que, por sua vez, embrulhava o pequeno fragmento de lingote. Então, pode-se afirmar que, pelo menos, uma das lâminas de ouro e até o lingote têm uma cronologia da Idade do Ferro, isto é, a maior parte dos artefactos de ouro será posterior ao Bronze Final.

Perante tudo isto, qual a cronologia a atribuir ao “Tesouro” de Baleizão? Bronze Final ou Idade do Ferro? É evidente que não pode ser a mais antiga, mas será, porventura, admissível que, na Idade do Ferro, se agreguem a jóias de ouro

artefactos não áureos, duas ou três centenas de anos mais antigos que os de ouro, se escondam todos numa panela e que esta seja enterrada no solo? Mas será mesmo um Tesouro, isto é, um conjunto fechado? Cremos que o “Tesouro” de Baleizão, pela evidência obtida com as análises arqueométricas efectuadas, não passa de um conjunto de artefactos de cronologia diversa e de proveniência também diversa, que foram sendo reunidos, daqui e dali, pelos autores da formação do “Tesouro”.

Agradecimentos

O presente trabalho foi financiado pelo FEDER / Programa COMPETE 2020 e por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Projectos UID/Multi/04349/2013 e POCI-01-0145-FEDER-007688/UID/CTM/50025). Os autores agradecem ao Departamento de Conservação e Restauro (DCR/FCT/UNL) pela utilização do seu espectrómetro de fluorescência de raios X.

Bibliografia citada

ARAÚJO, Maria de Fátima; ALVES, Luis Cerqueira; CABRAL, João M. Peixoto (1993) – Comparison of EDXRF and PIXE in the analysis of ancient gold coins. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 75, pp. 450–453.

ARMBRUSTER, Barbara; PARREIRA, Rui, eds. (1993) – *Inventário do Museu Nacional de Arqueologia. Coleção de Ourivesaria, 1.º volume. Do Calcolítico à Idade do Bronze*. Instituto Português de Museus.

HARTMANN, Axel (1982) – *Prähistorische Goldfunde aus Europa II*. Berlin: Mann.

MATALOTO, Rui; MARTINS, José Manuel Matos; SOARES, António M. Monge (2013) – Cronologia absoluta para Idade do Bronze do Sudoeste: periodização, base de dados, tratamento estatístico. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. 20, pp. 303–338.

MONTERO RUIZ, Ignacio; PEREA CAVEDA, Alicia (2007) – Brasses in early metallurgy of the Iberian Peninsula. In LA NIECE, Susan; HOOK, Duncan; CRADDOCK, Paul, eds. – *Metals and mines: studies in archaeometallurgy*. London: Archetype Publications, pp. 136–139.

MONTERO RUIZ, Ignacio; ROVIRA LLORENS, Salvador (1991) – El oro y sus aleaciones en la orfebrería prerromana. *Archivo Español de Arqueología*. 64, pp. 7–21.

PEREA CAVEDA, Alicia (2003) – Cancho Roano: estudio tecnológico de los objetos de oro. In CELESTINO PÉREZ, Sebastián, ed. – *Cancho Roano VIII: los materiales arqueológicos I*. Madrid: Junta de Extremadura, Consejería de Cultura, pp. 195–228.

SOARES, António M. Monge; VALÉRIO, Pedro (2016) – A evolução da metalurgia durante a Pré-História no Sudoeste português. In SOUSA, Ana Catarina; CARVALHO, António; VIEGAS, Catarina, eds. – *Terra e água. Escolher sementes, invocar a Deusa: estudos em homenagem a Victor S. Gonçalves*. Lisboa: Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa, pp. 341–356.

SOARES, António M. Monge; VALÉRIO, Pedro; SILVA, Rui Jorge C.; ALVES, Luis Cerqueira; ARAÚJO, Maria de Fátima (2010) – Early Iron Age gold buttons from South-Western Iberian Peninsula: identification of a gold metallurgical workshop. *Trabajos de Prehistoria*. 67:2, pp. 501–510.

SOARES, António M. Monge; VALÉRIO, Pedro; SILVA, Rui Jorge C.; ALVES, Luis Cerqueira; ARAÚJO, Maria de Fátima (2017) – The Fortios disks revisited. *Trabajos de Prehistoria*. 74:1, pp. 181–184.

VALÉRIO, Pedro (2012) – *Archaeometallurgical Study of Pre and Protohistoric Production Remains and Artefacts from Southern Portugal*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

VALÉRIO, Pedro; ARAÚJO, Maria de Fátima; SOARES, António M. Monge; SILVA, Rui Jorge C.; BAPTISTA, Lídia; MATALOTO, Rui (2018) – Early imports in the Late Bronze Age of South-Western Iberia: the bronze ornaments of the hypogea at Monte da Ramada 1 (Southern Portugal). *Archaeometry*. 60:2, pp. 255–268.

VALÉRIO, Pedro; SOARES, António M. Monge; ARAÚJO, Maria de Fátima; PORFÍRIO, Eduardo; SERRA, Miguel (2014) – Arsenical copper and bronze in Middle Bronze Age burial sites of southern Portugal: the first bronzes in Southwestern Iberia. *Journal of Archaeological Science*. 42, pp. 68–80.

VALÉRIO, Pedro; SILVA, Rui Jorge C.; SOARES, António M. Monge; ARAÚJO, Maria de Fátima; GONÇALVES, António P.; SOARES, Rui Monge (2015a) – Combining X-ray based methods to study the protohistoric bronze technology in Western Iberia. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 358, pp. 117–123.

VALÉRIO, Pedro; VORÁČOVÁ, Eva; SILVA, Rui Jorge C.; ARAÚJO, Maria de Fátima; SOARES, António M. Monge; ARRUDA, Ana Margarida; PEREIRA, Carlos (2015b) – Composition and microstructure of Roman metallic artefacts of Southwestern Iberian Peninsula. *Applied Physics A*. 121, pp. 115–122.

VALÉRIO, Pedro; SOARES, António M. Monge; ARAÚJO, Maria de Fátima; SILVA, Rui Jorge C. (2016a) – Tradição indígena e orientalizante na metalurgia do Bronze da Bacia do Guadiana entre os séculos VIII e VI a.C. In JIMÉNEZ ÁVILA, Javier, ed. – *Sidereum Ana III: el río Guadiana y Tartessos*. Mérida: Consorcio Ciudad Monumental Histórico-Artística y Arqueológica de Mérida, pp. 601–615.

VALÉRIO, Pedro; SOARES, António M. Monge; MONTEIRO, Mário; PEREIRA, André; ARAÚJO, Maria de Fátima; SILVA, Rui Jorge C. (2016b) – A compositional and microstructural study of eight-century BC bronzes from Moita da Ladra (Tagus Estuary): how did the spread of the Phoenician metallurgy take place in Western Iberia? *Archaeometry*. 58:4, pp. 593–609.

VILAÇA, Raquel; LOPES, Maria da Conceição (2005a) – O tesouro de Baleizão. Peças com 3000 anos encontradas no Alentejo. *Rua Larga, Revista da Reitoria da Universidade de Coimbra*. 9, pp. 14–15.

VILAÇA, Raquel; LOPES, Maria da Conceição (2005b) – The Treasure of Baleizão, Beja (Alentejo, Portugal). *Journal of Iberian Archaeology*. 7, pp. 177–184.