

Ana Carolina Nunes Moreira

AUTENTICAÇÃO DE PEÇAS DE OURIVESARIA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X (XRF)

2018



Ana Carolina Nunes Moreira

AUTENTICAÇÃO DE PEÇAS DE OURIVESARIA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X (XRF)

Mestrado em Química Forense

Departamento de Química

FCTUC

Fevereiro de 2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Ana Carolina Nunes Moreira

AUTENTICAÇÃO DE PEÇAS DE OURIVESARIA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X (XRF)

Mestrado em Química Forense

Departamento de Química

FCTUC

Fevereiro de 2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Ana Carolina Nunes Moreira

**AUTENTICAÇÃO DE PEÇAS DE
OURIVESARIA POR FLUORESCÊNCIA DE
RAIOS-X (XRF)**

*Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção de grau de Mestre em Química Forense*

Orientador: Professor Doutor Francisco Paulo de Sá Campos Gil

Coorientadora: Professora Doutora Teresa Margarida Roseiro Maria Estronca

Coorientadora: MNMC - Doutora Fernanda Alves

fevereiro de 2018

Universidade de Coimbra

Esta dissertação foi desenvolvida com a colaboração de:



FCTUC DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA TERRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

*“If you can keep your head when all about you
Are losing theirs and blaming it on you,
If you can trust yourself when all men doubt you,
But make allowance for their doubting too;
If you can wait and not be tired by waiting,
Or being lied about, don’t deal in lies,
Or being hated, don’t give way to hating.
And yet don’t look too good, nor talk too wise:*

*If you can dream – and not make dreams your master;
If you can think – and not make thoughts your aim;
If you can meet with Triumph and Disaster
And treat those two impostors just the same;
If you can bear to hear the truth you’ve spoken
Twisted by knaves to make a trap for fools,
Or watch the things you gave your life to, broken,
And stoop and build’em up with worn – out tools”*

If by Rudyard Kipling

Agradecimentos

Assumem importância irrefutável, na conquista deste marco académico, todas as pessoas que contribuíram positivamente para o mesmo. A elas, o meu sincero obrigada.

Importa, ainda assim, destacar alguns nomes essenciais.

Ao Professor Doutor Francisco Paulo de Sá Campos Gil, o meu orientador, o meu enorme obrigada. Distinguiu-se pela disponibilidade incansável, pela transmissão elucidativa dos seus saberes, pelo apoio e acompanhamento constantes e pelas indicações teóricas e experimentais facultadas. Agradeço-lhe, ainda, toda a simpatia manifestada.

Agradeço, também, à Professora Doutora Teresa Margarida Roseiro Maria Estronca, minha coorientadora, pela oportunidade de trabalho proposta. Agradeço, igualmente, a simpatia, o apoio, a disponibilidade e a preocupação demonstrados.

Ao Museu Nacional Machado de Castro, nas pessoas da Doutora Fernanda Alves, minha coorientadora, e do Doutor Pedro Ferrão, agradeço a oportunidade de desenvolver um trabalho tão ímpar. A ambos, pela simpatia, conhecimento e préstimos, o meu obrigada. Obrigada, também, à Lusitânia, que a par da Polícia Judiciária (PJ), viabilizou a análise das peças.

Ao Centro de Geociências, sediado no Departamento de Ciências da Terra da UC, dirijo, pela disponibilização do aparelho de XRF portátil, um especial agradecimento. A apreensão do seu manuseio, indispensável para a feitura do presente estudo, foi auxiliada pela Professora Doutora Lídia Catarino, a quem também agradeço.

Agradeço, ainda, a todos os que sobre mim exerceram importante influência durante estes dois anos de Mestrado. Refiro-me a amigos, colegas e familiares.

Os meus últimos agradecimentos, os de cariz emocional, são dirigidos aos meus pais. Ambos adotaram um papel basilar na minha formação. Contribuíram com a educação, o apoio, a dedicação e com todo o bem-estar necessário. Representam, por isso, pessoas fundamentais no término desta etapa.

Índice

Resumo	v
Abstract	vii
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xiii
Siglas e Abreviaturas	xv
Capítulo 1	
1. Introdução	3
1.1. Museu Nacional Machado de Castro	4
1.1.1. Tesouro da Rainha Santa Isabel	5
1.1.2. Outras Peças	9
Capítulo 2	
2. Técnicas Experimentais	15
2.1. Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X	15
2.2. Análise de Componentes Principais (ACP)	19
Capítulo 3	
3. Resultados e Discussão	23
3.1. Análise de Superfícies Não-Metálicas	24
3.2. Análise de Superfícies Metálicas	26
3.2.1. Metais Gerais vs. Metais Preciosos	26
3.2.2. Estudo por Metais Gerais (MG)	28
3.2.3. Estudo por Metais Preciosos (MP)	29
3.2.4. Estudo por MP, excluindo o Au	33
3.2.5. Estudo por MP, excluindo o Au e o Cu	38
3.3. Análise Individual das Peças	43

3.3.1. Cálice 6030	43
3.3.2. Crossa de Báculo 6031	43
3.3.3. Caldeirinha e Hissope 6033	44
3.3.4. Virgem-Relicário 6034	45
3.3.5. Cruz Processional 6035	46
3.3.6. Relicário do Santo Lenho 6036	47
3.3.7. Colar 6037	48
3.3.8. São Nicolau 6039	48
3.3.9. Cruzes Processionais 6040 e 6075	49
Capítulo 4	
4. Conclusão	53
Capítulo 5	
5. Bibliografia	57
6. Anexos	
6.1. Anexo A	63
6.2. Anexo B	64
6.3. Anexo C	68
6.4. Anexo D	70
6.5. Anexo E	72

Resumo

A presente dissertação teve o propósito de avaliar a composição metálica de onze peças de ourivesaria sacra, pertencentes ao Museu Nacional Machado de Castro (MNMC), em Coimbra, correlacionando-as. Todas as peças, feitas de prata, dourada e não dourada, foram examinadas por espectroscopia de fluorescência de raios-X (XRF), uma técnica expedita no exame elementar de amostras. Esta técnica não-destrutiva, que salvaguarda a integridade das peças, frui de uma versão portátil. O XRF portátil foi, em virtude das dimensões dos artefactos seleccionados, o equipamento designado para o cumprimento dos intentos predefinidos.

A análise *in situ*, de todas as peças, em diferentes pontos amostrais, gerou um agregado de dados multidimensionais, de difícil manipulação. A sua elucidação, por conseguinte, assentou numa técnica estatística de análise multivariada, a Análise de Componentes Principais (ACP), que sumariza a dimensionalidade dos dados a princípio recolhidos. O seu emprego evidenciou, graficamente, as similitudes e discrepâncias compartilhadas pelas diversas amostras em estudo, permitindo correlacioná-las ou distingui-las das demais. Permitiu, também, certificar a posterioridade, relativamente à feitura das peças, de alguns dos seus segmentos.

Os dados decursivos das análises, com efeito, denotaram a existência de amostras diferentes, com composição diferente, que se destacam dos seus pares. Trata-se de acréscimos, com datação posterior, que não se interligam, em termos composicionais, com a peça em que estão inseridos. A união das amostras douradas, por um lado, e das não douradas, por outro, em termos gráficos foi, também, denota. O ouro, presente em todas as amostras analisadas, sinaliza o real douramento dos artefactos em estudo.

Palavras – Chave: XRF; XRF portátil; Metais; Ourivesaria; MNMC; ACP

Abstract

The present dissertation had the purpose of evaluating the metallic composition of eleven pieces of sacred goldsmithery, from the Machado de Castro National Museum (MNMC), in Coimbra, correlating them. All pieces, made of silver, gold and non-gold, were examined by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF), an expedited technique in the elementary analysis of samples. This non-destructive technique, which safeguards the integrity of the pieces, has a portable version, the portable XRF. The portable XRF was, because of the dimensions of the selected artefacts, the equipment chosen to achieve the predefined objectives.

In situ analysis, of all the pieces, at different sampling points, generated a multidimensional data that are difficult to manipulate. Its elucidation, therefore, was based on a statistical technique of multivariate analysis, the Principal Component Analysis (PCA), which summarizes the dimensionality of the initial data. Its use showed graphically the similarities and discrepancies shared by the several samples under study, allowing them to be correlated or distinguished from the others. It also allowed to certifying the posteriority, in relation to the making of the pieces, of some of its segments.

The decursive data of the analyzes, in fact, denoted the existence of different samples, with different composition, that stand out from others. These are additions, with a later date, that aren't interconnected, in composition terms, with the piece in which they are inserted. The union of the gold samples, on the one hand, and the non-gold, on the other, in graphical terms was, also, denotes. The gold, present in all analyzed samples, indicates the real gilding of the artefacts under study.

Keywords: XRF; Portable XRF; Metals; Goldsmithery; MNMC; PCA

Lista de Figuras

1.1	Virgem Relicário 6034 (adaptado ^[18])	6
1.2	Cruz Processional 6035: a) frente e b) verso (adaptado ^[19])	7
1.3	Relicário do Santo Lenho 6036 (adaptado ^[20])	8
1.4	Colar 6037 (adaptado ^[21])	8
1.5	Cálice 6030 (adaptado ^[22])	9
1.6	Crossa de Báculo 60311 (adaptado ^[23])	10
1.7	Hissope e Caldeirinha, ambos 6033 (adaptado ^[24])	10
1.8	São Nicolau 6039	11
1.9	Cruzes Processionais: em a) 6040 (adaptado ^[25]) e b) 6075	11
2.1	Espectro eletromagnético (adaptado ^[27])	15
2.2	Geração de raios-X por fluorescência: representação esquemática (adaptado ^[6])	16
2.3	Representação esquemática das transições eletrônicas, envolvendo a emissão de raios-X, entre as diferentes camadas energéticas (adaptado ^[7])	16
2.4	Exemplo do espectro XRF da Escultura de São Domingos, do Museu de Santa Maria de Lamas (adaptado ^[3])	17
2.5	Importância relativa da aplicação da XRF nos diferentes domínios da história da arte e arqueologia (adaptado ^[7])	17
2.6	XRF portátil Niton XL3t GOLDD + XRF Analyzer (adaptado ^[5])	18
2.7	Representação do funcionamento de um aparelho de XRF portátil: a fonte de raios-X emite um feixe de energia que incide sobre um elétron, ejetando-o. Cria-se, em consequência, uma lacuna nessa orbital que é depois preenchida por um elétron proveniente de uma orbital superior. Essa transição, entre orbitais, resulta na emissão de raios-X fluorescentes que entram no detetor, são processados e depois armazenados (adaptado ^[29])	19
3.1	Pontos analisados na a) Cruz Processional 6040, na b) Cruz Processional 6075, na c) Hissope 6033 e na d) Caldeirinha 6033	24

3.2	Resultado da análise por CP das superfícies não-metálicas de quatro das peças do MNMC: Cruz Processional 6040, Cruz Processional 6075, Caldeirinha e Hissope, ambos 6033	25
3.3	Análise comparativa entre as amostras examinadas por Metais Preciosos – 302, 304, 341, 342a, 361, 362a, 363 – e as examinadas por Metais Gerais – 301, 303, 341a, 342, 361a, 362, 363a	27
3.4	Pontos analisados no Colar 6037 da Rainha Santa Isabel por Metais Gerais: em a) a frente e em b) o verso	28
3.5	Resultado da análise, por Metais Gerais, dos dois pontos do Colar 6037 da Rainha Santa Isabel, 371 e 372	29
3.6	Resultado da análise, por MP, de dez peças do MNMC: Cálice 6030, Crossa de Báculo 6031, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075	30
3.7	Ampliação do amontoado evidenciado na Figura 3.6. relativo a nove das peças do MNMC analisadas: Cálice 6030, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075	31
3.8	Ampliação do subconjunto esquerdo da Figura 3.7. relativo a oito das peças do MNMC analisadas: Cálice 6030, Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075	31
3.9	Ampliação do subconjunto direito da Figura 3.7. relativo a oito das peças do MNMC analisadas: Cálice 6030, Caldeirinha 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075	32
3.10	Resultado do estudo, por MP, das dez peças do MNMC, nos mesmos pontos, excluindo o Au: Cálice 6030, Crossa de Báculo 6031, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075	33
3.11	Expansão do agregado observado na Figura 3.10. relativo às dez peças do MNMC. No grupo A, um ponto do Hissope 6033, dois da Virgem – Relicário 6034, um da Cruz Processional 6035 e um do São Nicolau 6039	34

3.12	Expansão do grupo B observado na Figura 3.11: análise de pontos do Cálice 6030, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036, do São Nicolau 6039, da Cruz Processional 6040 e da Cruz Processional 6075	35
3.13	Expansão do grupo B1 observado na Figura 3.12: análise de pontos do Cálice 6030, da Caldeirinha 6033, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do São Nicolau 6039, e da Cruz Processional 6040	35
3.14	Expansão do grupo D observado na Figura 3.11: análise de pontos do Cálice 6030, da Caldeirinha e Hissope 6033, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036, do São Nicolau 6039, e da Cruz Processional 6040	36
3.15	Expansão do grupo C observado na Figura 3.11: análise de pontos da Caldeirinha e Hissope 6033, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036 e do São Nicolau 6039	37
3.16	Resultado do estudo, por MP, das dez peças do MNMC, nos mesmos pontos, excluindo o Au e o Cu: Cálice 6030, Crossa de Báculo 6031, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075	38
3.17	Expansão do acúmulo observado na Figura 3.16 relativo às dez peças do MNMC. No grupo A, um ponto da Caldeirinha 6033, três da Virgem – Relicário 6034, um da Cruz Processional 6035, dois do São Nicolau 6039 e cinco da Cruz Processional 6075.	39
3.18	Expansão do grupo B observado na Figura 3.17: análise de pontos do Cálice 6030, da Caldeirinha 6033, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do São Nicolau 6039, da Cruz Processional 6040 e da Cruz Processional 6075	40
3.19	Expansão do grupo C observado na Figura 3.17: análise de pontos do Cálice 6030, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036, do São Nicolau 6039 e da Cruz Processional 6040	40
3.20	Expansão do grupo D observado na Figura 3.17: análise de pontos da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035 e do Relicário do Santo Lenho 6036	41
3.21	Cálice 6030 (adaptado ^[22]): amostras analisadas em redor da sua superfície e base, em a)	42

3.22	Crossa de Báculo 6031 (adaptado ^[23]): assinalam-se as três amostras analisadas	43
3.23	Caldeirinha e Hissope 6033 (adaptado ^[24]): algumas das amostras analisadas em ambos	44
3.24	Virgem-Relicário 6034 (adaptado ^[18]): algumas das amostras analisadas em redor da sua superfície	45
3.25	Cruz Processional 6035 (adaptado ^[19]): algumas das amostras analisadas na sua a) frente e no seu b) verso	46
3.26	Relicário do Santo Lenho 6036 (adaptado ^[20]): duas das amostras analisadas	46
3.27	Colar 6037 (adaptado ^[21]): as duas amostras analisadas no seu verso, em b)	47
3.28	São Nicolau 6039: amostras analisadas na sua superfície	48
3.29	Cruz Processional 6040 (adaptado ^[25]): amostras analisadas na sua superfície	49
3.30	Cruz Processional 6075: amostras analisadas na sua a) frente e no seu b) verso	49
B.1	Amostras analisadas no Cálice 6030 por MP, a verde, e por ambos os métodos (MP e MG), a vermelho. Em a) estão as amostras analisadas na sua base	64
B.2	Amostras analisadas na Crossa de Báculo 6031 por MP	64
B.3	Amostras analisadas por MP no a) Hissope 6033 e na b) Caldeirinha 6033. Em c) estão as amostras analisadas na base da Caldeirinha	64
B.4	Amostras analisadas na Virgem – Relicário 6034 por MP, a verde, e pelos dois métodos (MP e MG), a vermelho	65
B.5	Amostras analisadas na Cruz Processional 6035 por MG, a vermelho, e por MP, a verde: em a) a frente e em b) o verso	65
B.6	Amostras analisadas no Relicário do Santo Lenho 6036 por MG, a vermelho, e pelos dois métodos (MP e MG), a verde: em a) a parte da frente e em b) a parte de trás	66
B.7	Amostras analisadas no Colar 6037 por MG: em a) a frente e em b) o verso	66
B.8	Amostras analisadas por MP na Cruz Processional 6040	66
B.9	Amostras analisadas por MP na Cruz Processional 6075: em a) a frente e em b) o verso	67
B.10	Amostras analisadas por MP no São Nicolau 6039	67

Lista de Tabelas

3.1	Enumeração das onze peças de ourivesaria, com a respetiva identificação do MNMC, e das amostras analisadas em cada uma delas: a negrito destacam-se as superfícies não-metálicas analisadas	23
3.2	Correspondência entre cada peça e respetivos pares de amostras	27
A.2	Composição, em ppm, das superfícies não-metálicas analisadas por <i>TestAllGeo</i> : a laranja assinalam-se os componentes maioritários	63
C.1	Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas peças do <i>Tesouro da Rainha Santa Isabel</i> : identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento	68
C.2	Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas outras peças: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento	69
D.1	Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas peças do <i>Tesouro da Rainha Santa Isabel</i> , excluindo o Au: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento	70
D.2	Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas outras peças, excluindo o Au: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento	71
E.1	Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas peças do <i>Tesouro da Rainha Santa Isabel</i> , excluindo o Au e o Cu: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento	72
E.2	Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas outras peças, excluindo o Au e o Cu: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento	73

Siglas e Acrónimos

MNMC	Museu Nacional Machado de Castro
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>
ACP	Análise de Componentes Principais
CP	Componentes Principais
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
ICP-MS	<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i>
MG	Metais Gerais
MP	Metais Preciosos

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O Património Histórico e Cultural concernente a uma pátria, ou região, difunde as suas vivências transatas, espelha as suas singularidades e propicia, sobretudo, o conhecimento da sua história.

Atualmente, a análise de um artefacto histórico, de qualquer índole, pressupõe uma congregação de sinergias. É, por isso, inegável o crescimento gradativo das parcerias firmadas entre os cientistas e os profissionais implicados no estudo e conservação do património cultural, como sejam historiadores de arte, arqueólogos, restauradores e/ou conservadores. Somente a permuta de informação entre estas entidades oportuniza investigações mais profícuas. ^[1,2]

Com efeito, e cientes da vasta aplicabilidade e vantagens decursivas dos inúmeros métodos instrumentais de análise, trabalhos recentes empreendidos neste âmbito, em Portugal, têm ganho ênfase. ^[3-7] Noutros países, e segundo a literatura disponível, constata-se o mesmo. Diversos são os estudos realizados, diversos os artefactos analisados e diversas as técnicas empregues. Todos os resultados, ainda assim, evidenciam as potencialidades desta aplicação. ^[8-11]

Em Coimbra, nomeadamente no Museu Nacional Machado de Castro (MNMC), existem artefactos de existência remota que carecem de informação complementar, de origem científica, que contribua para a sua acertada compreensão. Neste seguimento, e como parte integrante da oferta disponibilizada aos discentes, como oportunidades de estágio, a presente temática foi a eleita. Desencadeou interesse, desde logo, pela sua peculiaridade e inovação. Opiniões conhecedoras, conteúdos apreendidos assentes nesta temática e pesquisas suplementares, impulsionaram a escolha. Escolha coadjuvada, ainda, por ambições pessoais.

A corrente dissertação, realizada em cooperação com o MNMC, pretendeu avaliar a autenticidade de onze peças de Ourivesaria, incluindo as abarcadas pela coleção da Rainha Santa Isabel, datadas entre os séculos XII e XVI. Avaliar a composição metálica, em diferentes pontos, de diferentes peças, correlacioná-las ou distingui-las, foi o almejado. Para esse efeito, recorreu-se à espectroscopia de fluorescência de raios-X, um método expedito na determinação elementar de uma amostra. Segundo Adriaens, ^[12] esta e outras técnicas experimentais assumem um papel preponderante na compreensão dos artefactos em estudo. Facultam a identificação dos seus materiais constituintes, o entendimento dos processos de manufatura envolvidos no seu fabrico e, por conseguinte, permitem corroborar ou refutar o que se julgava conhecer. Sustentam, portanto, estudos de autenticidade.

A autenticação de obras de arte ou de peças de ourivesaria, no caso em estudo, apresenta-se, por vezes, como uma tarefa munida de elevada dificuldade. Quer as limitações inerentes ao desempenho das técnicas analíticas, quer as dificuldades de manuseio dos artefactos, podem insurgir-se como objeções ao estudo. Inúmeros esforços, de que a investigação realizada é exemplo, se têm coadunado com o propósito de maximizar a eficiência e fiabilidade das metodologias disponíveis, de expandir o espectro de técnicas aplicáveis, de confirmar ou contestar conhecimentos postulados e de clarificar, de forma adequada, diversas questões forenses. Questões relacionadas com falsificações, no caso de burlas ou contrabando, com furtos e/ou roubos, com a veracidade de uma obra e, num sentido mais amplo, com a sua datação relativa podem, por este meio, ser solucionadas.

Com a finalidade de melhor concretizar a presente abordagem, um fracionamento organizado do seu conteúdo foi essencial. Pretendeu-se, numa primeira fase, fazer o enquadramento teórico da temática em estudo. Definir, descrever e contextualizar, encadeando todas as ideias, foi o tratamento adotado. Numa segunda fase, exibiu-se os resultados obtidos que foram, posteriormente, discutidos. Por último, realizou-se a exposição das conclusões finais.

1.1. Museu Nacional Machado de Castro

O Museu Nacional Machado de Castro é, indubitavelmente, um museu de arte antiga e religiosa. Quer pelos temas que servem de mote às distintas expressões artísticas, quer pela conhecida proveniência das obras, esta é uma definição irrefutável.

Geograficamente, e na generalidade dos casos, essa proveniência remete-nos para um território cujos limites concordam, de modo sumário, com os do atual Distrito de Coimbra. Neste seguimento, e a despeito de outras obras importantes, as maiores coleções do MNMC espelham, sobretudo, a cultura coimbrã em cada uma das suas obras, em cada uma das diferentes épocas. Na escultura, na pintura, na cerâmica e na ourivesaria esta premissa é notória. ^[13]

Uma das coleções do MNMC, a de maior relevância para o estudo vigente, é a coleção de ourivesaria. Dotada de artefactos oriundos, predominantemente, de casas religiosas, nas quais ingressaram sob a forma de dotes de noviça, oferenda, doação régia ou legado, esta coleção é composta, essencialmente, por ourivesaria sacra feita de prata. Trata-se de um repositório que comporta as diferentes linguagens artísticas e as diferentes capacidades técnicas de artífices, nacionais ou estrangeiros, incrementadas ao longo de oito séculos. ^[13]

As obras alusivas a cada século dissemelham-se umas das outras. A especificidade artística associada a cada período temporal propicia a sua distinção das demais. O século XII particularizou-se pelo emprego de formas baixas, bojudas, lisas e com relevo pouco acentuado. Já o século XIII, pela flutuação entre os pressupostos da anterior linguagem românica e o Gótico emergente.

A tipicidade estrutural e decorativa da arte Gótica disseminou-se, durante a primeira metade do século XIV, para o domínio da ourivesaria, oferecendo um vasto leque de oportunidades criativas aos mestres do ouro e da prata. No período inicial, perdurou alguma contenção e sobriedade que foram, posteriormente, colmatadas com o acrescento de outros materiais. As peças que integram o *Tesouro da Rainha Santa Isabel* refletem o cumprimento desta estratégia. Na segunda metade deste século denotou-se, a par da combinação do ouro e da prata com distintos materiais preciosos, a adoção de elementos arquitetónicos responsáveis por imprimir maior verticalidade à estrutura das peças e um efeito ascensional aos ornamentos cinzelados. Foi, no entanto, só na primeira metade do século XV que se testemunhou o triunfo definitivo do Gótico, enfatizando-se o vínculo entre a ourivesaria e a arquitetura, na feitura da base de cálices, dos nós de custódias e de cruzes processionais. [13, 14]

1.1.1. Tesouro da Rainha Santa Isabel

Como parte integrante do legado que Dona Isabel, Princesa de Aragão e Rainha de Portugal, por casamento com D. Dinis, concedeu ao Mosteiro consagrado a Santa Clara de Assis e à sua avó, Isabel da Hungria, encontra-se o conjunto de peças de ourivesaria intituladas de *Tesouro da Rainha Santa Isabel*. Este *Tesouro*, integrado nas coleções do MNMC em 1912, [15] alberga quatro peças ímpares. Peças desiguais, entre si, mas preciosas. Peças repletas de simbologia e enigmas que continuam, alguns deles, ainda por decifrar. [13, 15]

A Virgem-Relicário 6034 ou, igualmente denominada, Virgem com o Menino (Figura 1.1) representa uma dessas peças. Consiste num relicário, como o próprio nome indicia, que se traduz numa escultura de vulto redondo e que, por isso, assume carácter excepcional nas coleções portuguesas de ourivesaria medieval. Feita de prata, dourada e não dourada, burilada e esmaltada, mede 86,5 cm de altura e está assente em três leões que, na base, a sustentam.

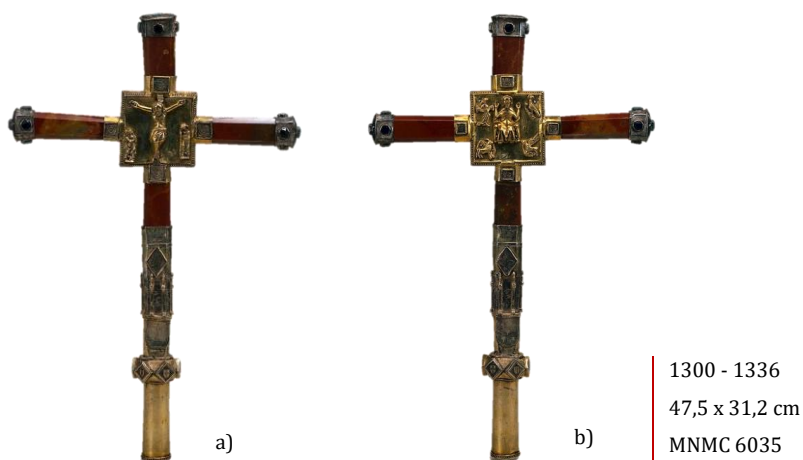


1300 - 1336
86,5 x 33 cm
MNNC 6034

Figura 1.1. Virgem-Relicário 6034 (adaptado [18])

Destacam-se nesta figura, ainda, três interessantes características. Primeiro, a decoração heráldica do cinto da Virgem. Neste, conseguem-se observar, alternadamente, as armas das duas pátrias de Isabel, em esmalte, Portugal e Aragão. Evidência que atesta a pertença desta peça à Rainha Santa. Segundo, o gesto do Menino ou, particularmente, da sua mão direita que sublinha a importância do seio materno que dá guarida à relíquia, neste caso. Terceiro, e não menos relevante, o animal sustentado pela mão esquerda do menino. Trata-se de uma pomba, em prata, cuja composição desiguala-a da restante peça. [16-18]

Outra peça integrante deste *Tesouro* é uma Cruz Processional 6035 (Figura 1.2).



1300 - 1336
47,5 x 31,2 cm
MNNC 6035

Figura 1.2. Cruz Processional 6035: a) frente e b) verso (adaptado [19])

Provida de inigualável beleza, e resultante da harmonização do jaspe sanguíneo, dos braços, com a prata, dourada e não dourada, dos demais componentes, esta cruz ostenta, na zona central, um nó quadrangular que exhibe o Calvário, de um lado, e Cristo rodeado pelo Tetramorfo, de outro. Constata-se, também, que em botões losangonais, no pé da cruz, dispõem-se, em alternância, as armas de Portugal e Aragão. [16, 17, 19]

O Relicário do Santo Lenho 6036 (Figura 1.3), uma peça insólita, sem paralelo quanto à forma, representa mais uma das peças do *Tesouro*. Concebida em coral e prata, exhibe, nas ligações metálicas, uma inscrição que alude ao Mistério da Santíssima Trindade. Exhibe, também, no cruzamento da cruz metálica, formada sob o coral, inseridas num círculo esmaltado, as armas de Aragão. Esta cruz, assente em dois expressivos leões de prata, alicerça dois encaixes prismáticos, também de prata, adornados com as armas portuguesas e que suportam, de forma engenhosa, o coral que conserva o exotismo das suas formas. Este coral, por seu turno, ampara uma estrutura circular, o relicário, que anexa, em forma de cruz, dois fragmentos do Santo Lenho. [16, 17, 20]



Figura 1.3. Relicário do Santo Lenho 6036 (adaptado [20])

Ao *Tesouro da Rainha Santa Isabel*, além das alfaias religiosas supracitadas, acresce uma peça de adorno pessoal, o Colar 6037 (Figura 1.4). O Colar 6037, que arremata as peças do *Tesouro*, é composto por oito placas polilobadas, guarnecidas de gemas e articuladas, entre si, por duas cadeias paralelas, de ouro, ornadas de pérolas barrocas. Presume-se que estas cadeias sejam de confeção posterior e, por conseguinte, que as placas polilobadas do colar sejam originárias de uma outra peça de adorno. [16, 17, 21]



Séc. XIV - XVII (?)

49,5 cm

MNMC 6037

Figura 1.4. Colar 6037 (adaptado [21])

As peças nomeadas, conjuntamente com o Bordão da Peregrina, uma peça não pertencente ao *Tesouro da Rainha Santa Isabel* mas integrada no seu inestimável legado, representam a mutação estética que fez triunfar o Gótico na ourivesaria, entre nós. Representam, igualmente, a personalidade de Isabel de Aragão, e auxiliam na compreensão das formas privadas de religiosidade, adotadas por laicos abastados, no decurso dos séculos finais da idade média. [16]

1.1.2. Outras Peças

A coleção de Ourivesaria do MNMC acolhe, também, outras peças com idêntico valor artístico e cultural. Peças que, pela preponderância que assumem neste estudo, fruem de uma posição de destaque.

O Cálice 6030 (Figura 1.5), obra-prima da ourivesaria do século XII, é uma dessas peças. Feito de prata dourada, na sua totalidade, configura a peça mais antiga desta coleção. Exibe, na copa, Cristo e os Apóstolos. No pé, os símbolos evangelistas. A sua feitura, ao gosto românico, está patente com o relevo, pouco acentuado, característico destas figuras que se denota, também, nas letras que circundam o bordo e a orla do pé. [22]



Séc. XII
17,3 x 13,1 cm
MNNC 6030

Figura 1.5. Cálice 6030 (adaptado ^[22])

Outra peça, igualmente relevante, é a Crossa de Báculo 6031 (Figura 1.6). Esta Crossa, em forma de tau, de prata dourada, porta uma decoração vegetalista e zoomórfica, ornamentada por pedras e vidros coloridos que se encontram embutidos no metal. ^[23]



Séc. XII – 2ª metade
16 x 15,1 cm
MNNC 6031

Figura 1.6. Crossa de Báculo 6031 (adaptado ^[23])

A Caldeirinha 6033 e o Hissope 6033 (Figura 1.7), em conjunto, representam mais duas peças que integram o lote das acima descritas. A Caldeirinha 6033, constituída por uma só peça do século XIII, o pé filigranado, resulta, na sua essência, de acrescentos sucessivos ao longo dos tempos. O acréscimo, no século XVI, dos reforços do corpo de cristal, reaproveitado, da asa e do aro, onde se intercalam cinco camafeus romanos com pedras preciosas, certificam este pressuposto. No Hissope 6033, as evidências são similares. Quer o seu remate superior, quer os anéis de prata que unificam os segmentos de cristal são, também, do século XVI. ^[24]



Figura 1.7. Hissope e Caldeirinha, ambos 6033 (adaptado [24])

O São Nicolau 6039 (Figura 1.8), escultura do século XIV, configura mais uma dessas peças. Datada de 1517, esta peça, que harmoniza o uso da prata dourada, revestida, com a não dourada, sem revestimento, foi, presumivelmente, concebida por um ourives local.



Figura 1.8. São Nicolau 6039

As duas Cruzes Processionais 6040 e 6075 (Figura 1.9), agora retratadas, traduzem as peças que encerram este conjunto. Ambas, formadas por prata, maioritariamente dourada, e cristal de rocha, provieram do Mosteiro de Santa Clara. Ambas, com placas de cristal, lapidadas e facetadas, unidas por um metal precioso, emanam uma luminosidade difícil de igual. [25]

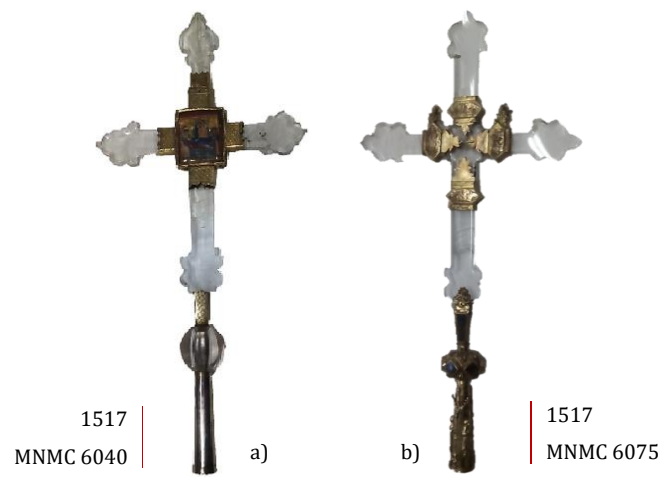


Figura 1.9. Cruzes Processionais: a) 6040 (adaptado ^[25]) e b) 6075

CAPÍTULO 2

2. TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

2.1. Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X

A espectroscopia de fluorescência de raios-X, vulgo XRF (procedente do inglês, *X-Ray Fluorescence*), é uma técnica analítica que nos faculta informação, qualitativa e quantitativa, acerca da composição elementar de um dado material aquando da sua interação com a radiação-X.

A radiação-X descoberta em 1895, por Wilhelm Conrad Roentgen, figura no espectro eletromagnético (Figura 2.1). Posiciona-se numa gama de energias que oscila entre os 125 keV e 0,125 keV, cujos comprimentos de onda equivalem, respetivamente, a 0,01 nm e 10 nm. [5, 26]

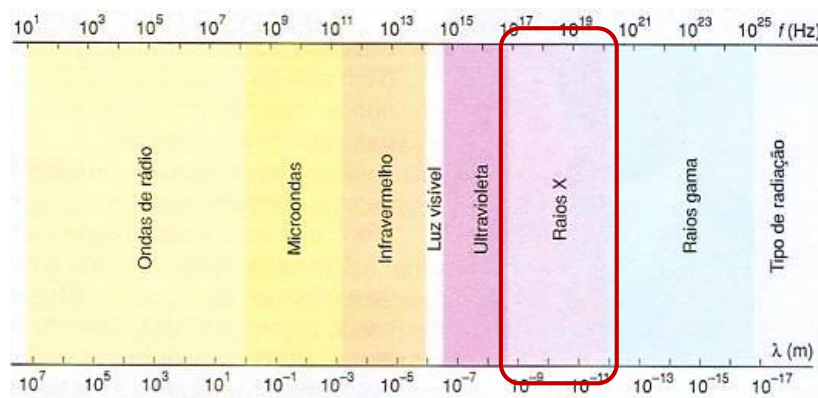


Figura 2.1. Espectro eletromagnético (adaptado [27])

Quando incididos por uma radiação-X, os átomos constituintes de um material podem, em parte, absorvê-la. Essa absorção, quando consumada, viabiliza a ejeção dos eletrões que compõem as suas camadas mais internas para outras, mais energéticas, ou para o seu exterior. Gera-se, por conseguinte, uma lacuna. Uma lacuna que imprime instabilidade ao átomo e que é, posteriormente, suprida por um eletrão procedente de uma camada energética superior. A transição desse eletrão para uma orbital, ou nível energético, inferior acarreta a libertação de energia sob a forma de raios-X fluorescentes, secundários ou característicos. [6, 26, 28, 29]

A Figura 2.2 espelha o supracitado.

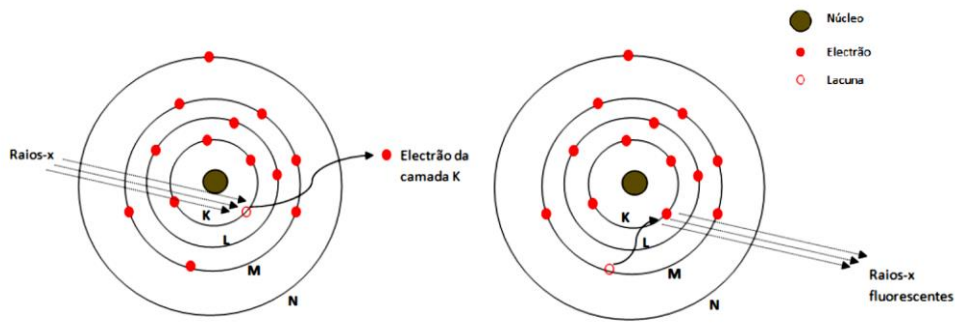


Figura 2.2. Geração de raios-X por fluorescência: representação esquemática (adaptado [6])

As transições eletrônicas compreendidas entre dois níveis energéticos assentam nas regras de seleção da Teoria Quântica (Figura 2.3). Como anteriormente enunciado, a emissão de energia, sob a forma de raios-X fluorescentes, surge em resultado de um processo de transição. Cada elemento, em cada transição, emite radiação-X que lhe é característica e que, por isso, o permite identificar.

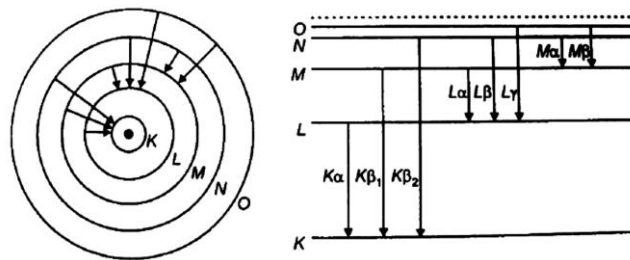


Figura 2.3. Representação esquemática das transições eletrônicas, envolvendo a emissão de raios-X, entre as diferentes camadas energéticas (adaptado [7])

Um espectro decorrente de uma análise por XRF expressa a intensidade dos raios-X, usualmente em contagens por segundo, em função da energia, em keV (Figura 2.4). A intensidade de cada pico exprime, parcialmente, a concentração de cada elemento presente na amostra. Cada pico, por sua vez, é rotulado pelo software incorporado no sistema informático que o associa, eficazmente, ao respetivo elemento da tabela periódica. Existem, no entanto, fatores que podem conduzir a uma identificação elementar errónea. A sobreposição de picos energéticos, a formação de picos falaciosos, os picos de escape, de picos duplos, e de picos de tungsténio, representam alguns desses fatores. [5, 25, 26]

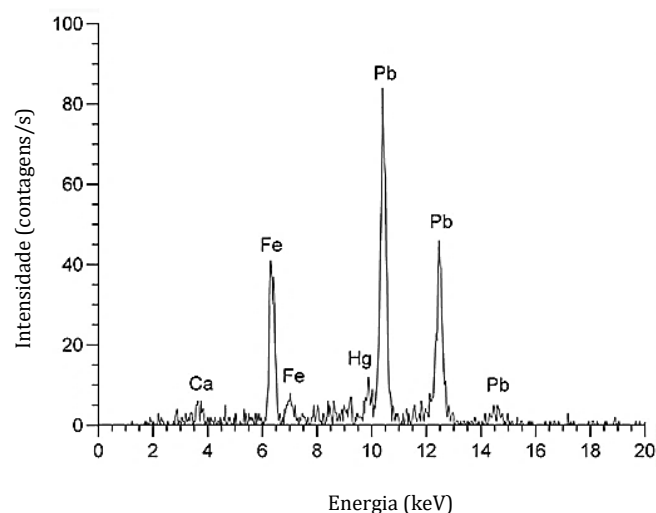


Figura 2.4. Exemplo do espectro XRF da Escultura de São Domingos, do Museu de Santa Maria de Lamas (adaptado [3])

A XRF é um método que, pela sua rapidez, eficiência e simplicidade, manifesta vantajosa aplicabilidade nos mais diversos domínios. Permite a análise de amostras, entre outras, sólidas e líquidas. Analisa, também, todos os elementos desde o sódio (Na) ao urânio (U) em concentrações superior a partes por milhão (ppm). Trata-se de um método não-destrutivo que não pressupõe, por isso, uma preparação prévia da amostra. [5, 28]

Os domínios em que a XRF pode ser empregue são diversos, como citado precedentemente. No entanto, no âmbito da corrente dissertação, é forçoso destacar a sua relevância no estudo de obras de arte (Figura 2.5).

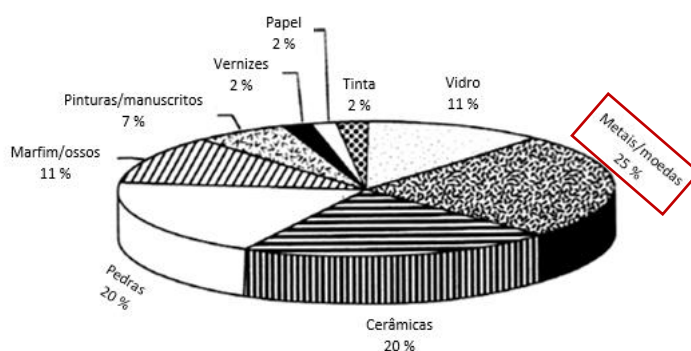


Figura 2.5. Importância relativa da aplicação da XRF nos diferentes domínios da história da arte e da arqueologia (adaptado [7])

O estudo de obras de arte implica, muitas vezes, uma análise *in loco*. A vulnerabilidade de cada uma das peças, as dificuldades inerentes ao seu transporte e as suas dimensões, afiguram

entraves que dificultam, por vezes, a sua análise em laboratório. Estas dificuldades podem, todavia, ser colmatadas pelo uso de equipamento portátil. O XRF portátil Niton XL3t GOLDD + XRF Analyser (Figura 2.6) foi, com efeito, o instrumento eleito para a concretização das análises pretendidas. Escolhido em detrimento do XRF de bancada, este instrumento atua numa gama analítica composta por 30 elementos, do magnésio (Mg) ao urânio (U). A colimação do seu feixe pode ser de 3 mm ou de 8 mm de diâmetro, a tensão aplicada pelo seu tubo variável entre 6 - 50 kV e a sua corrente de 200 μ A. [5]

O rendimento do XRF portátil correlaciona-se com o relevo da superfície em estudo. Quanto maior o relevo de uma superfície, menor o rendimento e, conseqüentemente, maior a relação sinal-ruído resultante. A área dessa superfície deve, ainda, abranger, pelo menos, 3 mm de diâmetro, de modo a minimizar o surgimento de dados indesejáveis. Indesejável é, também, a constituição do seu ânodo, de prata, na análise de superfícies detentoras deste metal. Os picos decorrentes dos fotões do ânodo são, no entanto, compensados pelo software do aparelho. [10, 28]



Figura 2.6. XRF portátil Niton XL3t GOLDD + XRF Analyser (adaptado [5])

O funcionamento do XRF portátil (Figura 2.7) assemelha-se ao do XRF de bancada. Ambos os instrumentos, seguindo os mesmos pressupostos, encerram os mesmos componentes. Ainda que, neste caso, a composição do ânodo seja distinta, o seu propósito é o mesmo.

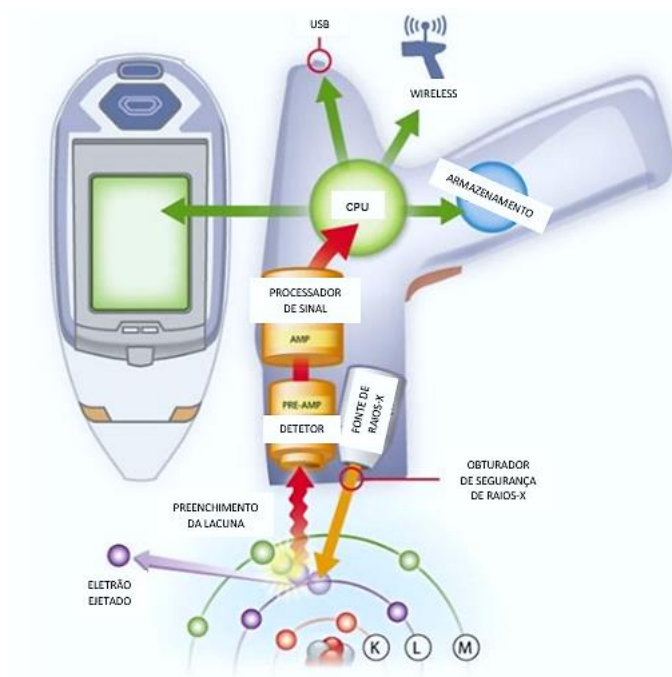


Figura 2.7. Representação do funcionamento de um XRF portátil: a fonte de raios-X emite um feixe de energia que incide sobre um elétron, ejetando-o. Cria-se, em consequência, uma lacuna nessa orbital que é depois preenchida por um elétron proveniente de uma orbital superior. Essa transição, entre orbitais, resulta na emissão de raios-X fluorescentes que entram no detector, são processados e depois armazenados. (adaptado [29])

2.2. Análise de Componentes Principais (ACP)

Os dados decursivos das análises que serão posteriormente enunciadas, no Capítulo 3, foram tratados mediante um processo estatístico cognominado Análise de Componentes Principais (ACP). Este processo, de estatística multivariada, visa reduzir a dimensionalidade de grandes matrizes de dados, sumariando-as. As m variáveis originais são, então, substituídas por um subconjunto de p variáveis não correlacionadas, de menor dimensão, as Componentes Principais (CP). As CP traduzem, tanto quanto possível, a variabilidade dos dados originais. Ordenam-se pelo seu valor de variância, de forma decrescente, e constituem um sistema de eixos ortogonais que reflete as similitudes e disparidades que se encerram entre os indivíduos retratados. [30, 31] Neste estudo, considerou-se apenas três componentes principais. Utilizou-se, para realizar a ACP, o programa informático *ANDAD versão 7.10*. A feitura dos gráficos 3D, por sua vez, foi conseguida com os préstimos do *OriginPro 8 (OriginLab Corporation)*, um software de análise de dados e elaboração de gráficos científicos.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o propósito de averiguar, recorrendo à espectroscopia de fluorescência de raios-X, a composição metálica de onze peças de ourivesaria, pertencentes ao MNMC, em diferentes pontos amostrais (Tabela 3.1), correlacionando-as ou distinguindo-as, a presente investigação, realizada *in situ*, concretizou-se em conformidade com as exigências desta técnica, anteriormente citadas, e respetivo equipamento (Figura 2.6).

Tabela 3.1. Enumeração das onze peças de ourivesaria, com a respetiva identificação do MNMC, e das amostras analisadas em cada uma delas; a negrito destacam-se as superfícies não-metálicas

Peça	MNMC	Amostras
Cálice	6030	301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 3010, 3011, 3012, 3013
Crossa de Báculo	6031	311, 312, 313
Caldeirinha e Hissope	6033	331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 3310, 3311, 3312
Virgem – Relicário	6034	341, 341a, 342, 342a, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 3410, 3411, 3412, 3413, 3414, 3415, 3416, 3417, 3418, 3421, 3424
Cruz Processional	6035	351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 3510, 3513
Relicário do Santo Lenho	6036	361, 361a, 362, 362a, 363, 363a
Colar	6037	371, 372
São Nicolau	6039	391, 392, 393, 394, 395, 396, 399, 3911, 3912, 3913
Cruz Processional	6040	401 , 402, 403, 404, 405 , 406, 407 , 408, 409
Cruz Processional	6075	751, 754, 755 , 756, 757, 758, 759, 7510, 7511

Deste modo, e podendo as amostras ser analisadas sem que qualquer manipulação preliminar ocorra, procedeu-se ao seu estudo irradiando-as, diretamente, com um feixe de raios-X cuja colimação foi de 3 mm para as superfícies metálicas e de 8 mm para as não-metálicas. Usou-se, igualmente, e para este efeito, um tempo de aquisição de 120 segundos. A redução deste tempo pode, em alguns casos, comprometer a qualidade dos dados e espectros adquiridos. Privilegiou-se também, e sempre que possível, a análise de áreas amostrais mais planas. Um relevo acentuado pressupõe o aumento da distância entre a amostra e o aparelho e, por conseguinte, facilita a perda de raios-X para o ar envolvente que os absorve. Quer os raios-X que incidem na amostra, quer os raios-X por ela difundidos, podem, assim, extraviar-se, induzindo uma perda de sinal.

3.1. Análise de Superfícies Não-Metálicas

Uma das análises realizadas, ainda que alheia ao intento deste estudo, foi a análise de superfícies não-metálicas, os cristais. Examinaram-se, com esta finalidade, sete pontos amostrais de quatro peças distintas: Cruz Processional 6040, Cruz Processional 6075, Hissope e Caldeirinha, ambos 6033 (Figura 3.1).

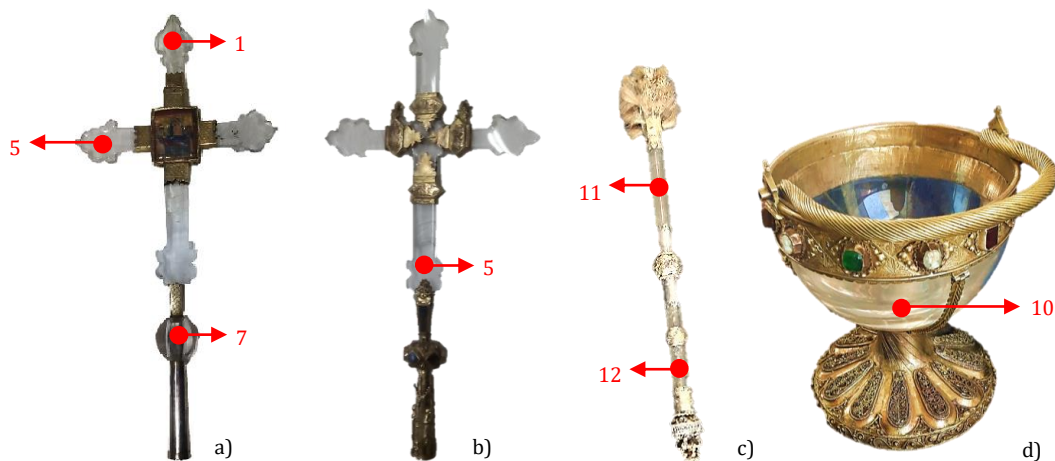


Figura 3.1. Pontos analisados na a) Cruz Processional 6040, na b) Cruz Processional 6075, no c) Hissope 6033 e na d) Caldeirinha 6033

Cada ponto analisado, de cada peça, foi descrito por um conjunto de algarismos (Tabela 3.1). Quatro, no máximo. Os dois primeiros reportam à identificação museológica das peças. O

último, ou os dois últimos, remetem para a sua posição de análise. Por exemplo, a décima amostra analisada da Caldeirinha, reconhecida por MNMC 6033, corresponde à amostra 3310.

Assim sendo, são decifráveis todos os pontos exibidos na Figura 3.2. É evidente, pela sua análise, que as amostras selecionadas diferem entre si. Que a composição de cada uma delas é, portanto, diferente (Anexo A). Os pontos mais díspares, os que graficamente mais se destacam, são o 407, o 3311 e o 3312. Em todos eles, por observação, constatou-se a presença interior de um filete metálico. Um filete que na impossibilidade de remoção, como é o caso, deturpa os resultados finais e impede, por conseguinte, que se apure a verdadeira composição do cristal em estudo. Os dois pontos decorrentes de amostras do Hissope, 3311 e 3312, são, também, dissemelhantes entre si. O 3312 foi medido numa região delimitada, em proximidade, por duas estruturas metálicas. O efeito dessas estruturas, na aquisição dos raios-X característicos, pode ter influenciado nos resultados.

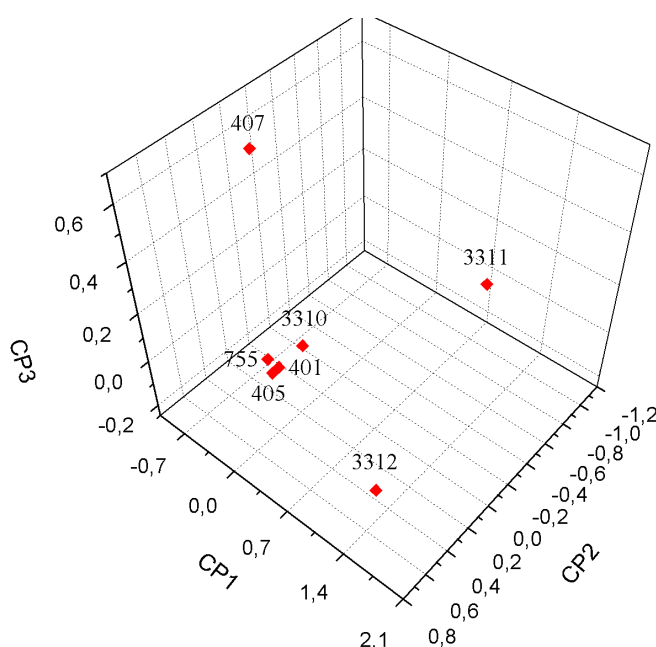


Figura 3.2. Resultado da análise por CP das superfícies não-metálicas de quatro das peças do MNMC: Cruz Processional 6040, Cruz Processional 6075, Caldeirinha e Hissope, ambos 6033

Os pontos 401, 405, 755 e 3310 espelham, pela sua adjacência, uma maior analogia. Os dois pontos da Cruz Processional 6040, 401 e 405, são os mais próximos e expressam, por isso, uma composição similar. É observável, todavia, que o cristal 401 traduz uma haste que, quando comparada com as demais, possui menores dimensões. Acredita-se que a sua inclusão, nesta cruz, advenha de intervenções posteriores. Acredita-se, também, que a sua proveniência respeite a uma outra cruz da mesma época. Só assim, partindo destas ilações, é possível explicar as semelhanças

registadas. O ponto 755, também de uma Cruz Processional, difere dos anteriores. Apesar de ambas as Cruzes, 6040 e 6075, remeterem para a mesma época, a composição elementar dos seus cristais é diferente. Diferente é, também, o cristal que compõe o corpo da Caldeirinha, 3310. Um cristal reaproveitado de uma outra peça, como já referido, que representa o ponto mais discrepante deste agregado. Por ser reaproveitado, e de uma época posterior, este cristal apresenta uma composição distinta que o faz divergir, graficamente, dos restantes pontos considerados.

3.2. Análise de Superfícies Metálicas

3.2.1. Metais Preciosos vs. Metais Gerais

A análise de superfícies metálicas, nas onze peças de ourivesaria selecionadas, cumpriu-se por intermédio de duas metodologias distintas: Metais Preciosos (MP) e Metais Gerais (MG). Ambas, incorporadas no XRF portátil, e como o próprio nome prediz, cobrem a gama dos metais. A primeira, Metais Preciosos, encerra o chumbo (Pb), o ouro (Au), o zinco (Zn), o cobre (Cu), o níquel (Ni), o cobalto (Co), o ferro (Fe), o manganésio (Mn), o crómio (Cr), o titânio (Ti), o estanho (Sn), o cádmio (Cd), o paládio (Pd) e a prata (Ag). A segunda, Metais Gerais, encerra, a par dos metais preciosos, o vanádio (V), o antimónio (Sb), o bismuto (Bi), o fósforo (P) e o silício (Si). O emprego da análise por Metais Preciosos, ou *Precious Metals*, efetivou-se na maioria das peças e, por isso, e pela importância das mesmas, este será o modo de análise considerado nesta discussão. A análise por Metais Gerais, ou *General Metals*, foi realizada, em virtude do tempo disponível, apenas em quatro das peças. Três dessas peças, analisadas por ambos os métodos, permitem estabelecer uma correlação entre eles (Figura 3.3). É de salientar, ainda, que foram eleitos, em cada peça, vários pontos amostrais (Anexo B). Os pontos, também analisados, relativos a esmaltes, pinturas ou pedras, foram descartados deste estudo.

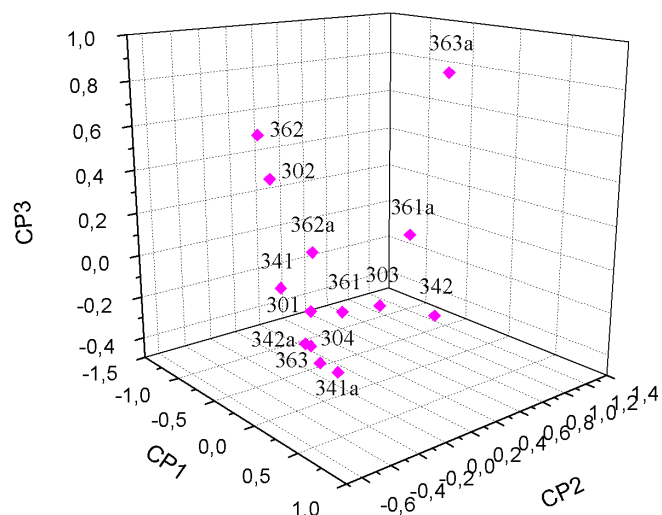


Figura 3.3. Análise comparativa entre as amostras examinadas por Metais Preciosos – 302, 304, 341, 342a, 361, 362a, 363 - e as amostras examinadas por Metais Gerais – 301, 303, 341a, 342, 361a, 362, 363a

No diagrama supra exposto (Figura 3.3), de comparação, exibem-se sete pares de amostras (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Correspondência entre cada peça e respectivos pares de amostras

Peça	MNMC	Metais Preciosos	Metais Gerais
Cálice	6030	302	301
Cálice	6030	304	303
Virgem - Relicário	6034	341	341a
Virgem - Relicário	6034	342a	342
Relicário do Santo Lenho	6036	361	361a
Relicário do Santo Lenho	6036	362a	362
Relicário do Santo Lenho	6036	363	363a

A discordância inter-amostral existente, entre eles, é notória. Cada amostra, de cada par, ocupa uma zona espacial distinta. Existe, no entanto, uma semelhança observável. A distância que separa cada um dos pares é, genericamente, idêntica. Apenas o par 363-363a é discordante. Pressupõe-se, por isso, que as diferenças inerentes a uma mesma amostra estão, neste caso, relacionadas com o método com que foram analisadas. Os Metais Gerais, por exemplo, abrangem

um maior número de elementos, alguns residuais, que ajudam a sinalizar diferenças. Os Metais Preciosos, por outro lado, têm em conta compensações devidas à natureza do ânodo, de Ag, que se traduzem em pequenas flutuações no valor deste elemento. Estas compensações, convenientes na análise de estruturas que contêm Ag, representam uma das valias deste método.

2.2.2. Estudo por Metais Gerais (MG)

O Colar 6037, uma peça pertencente ao susodito *Tesouro da Rainha Santa Isabel*, foi examinado, em dois pontos distintos, apenas por Metais Gerais (Figura 3.4). A sua relevância, enquanto parte integrante deste legado, justifica a exposição dos resultados adquiridos pelo uso desta metodologia que, como referido, não será considerada nas análises subseqüentes. A interpretação destes resultados (Figura 3.5), de forma sumária, permite compreender a sua composição.



Figura 3.4. Pontos analisados no Colar 6037 da Rainha Santa Isabel por Metais Gerais: em a) a frente e em b) o verso

A disposição espacial, na representação gráfica adiante, de cada amostra denota, de forma inequívoca, um ajuntamento, o grupo A, e um bando de pontos dispersos. Neste bando, integram-se os pontos alusivos às amostras do Colar 6037, 371 e 372, e os alusivos às amostras da Virgem – Relicário, 342, e do Relicário do Santo Lenho, 363a, 368, 3610 e 3616. Todas elas, amostras decursivas de peças do *Tesouro*, detêm, pela sua desagregação ao ajuntamento, uma composição diferente. O Colar trata-se, assim, de uma peça diferenciada. Uma peça que se desassemelha das outras. Esta evidência, em certa medida, corrobora as crenças relativas à sua origem. ^[21] As outras amostras enunciadas, do Relicário do Santo Lenho e da Virgem – Relicário, indiciam, por sua vez, a existência de estruturas diferentes, com diferente composição, nestes artefactos. Estruturas que

podem ter sido incorporadas, na respetiva peça, posteriormente. Os pontos 368 e 3610, por exemplo, representam apliques metálicos. Inseridos na peça, presumivelmente, depois da sua criação, estes apliques auxiliam na sustentação do coral.

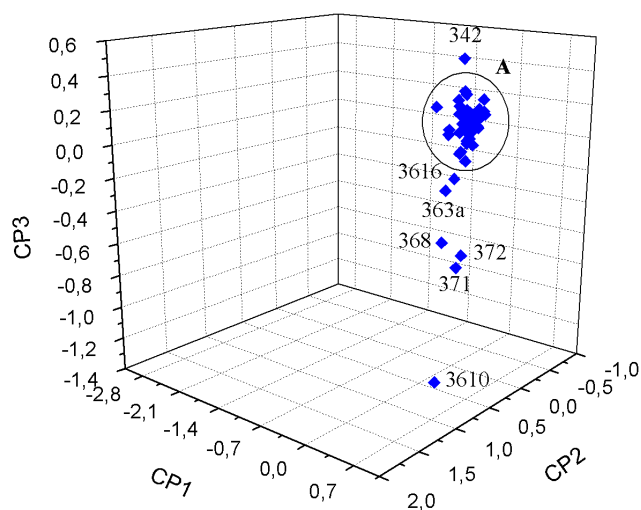


Figura 3.5. Resultado da análise, por Metais Gerais, dos dois pontos do Colar 6037 da Rainha Santa Isabel, 371 e 372

3.2.3. Estudo por Metais Preciosos (MP)

Os resultados decorrentes da análise por Metais Preciosos (MP), os mais pertinentes para a corrente dissertação, encontram-se tabelados no Anexo C. Graficamente, a sua apreensão é norteada pelo posicionamento de cada amostra. O posicionamento de 84 amostras, provindas de dez peças distintas (Anexo B), exprime-se na Figura 3.6.

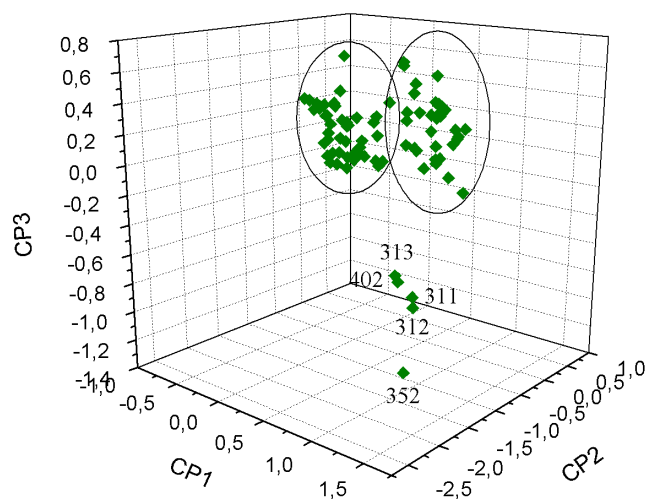


Figura 3.6. Resultado da análise, por MP, de dez peças do MNMC: Cálice 6030, Crossa de Báculo 6031, Caldeirinha e Hissopo 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075

Evidencia-se, pela observação da figura, um amontoado que abarca a pluralidade das amostras analisadas. Estas amostras, bipartidas em subconjuntos, distanciam-se das restantes cinco, 311, 312, 313, 402, 352, que são, por isso, diferentes. Os pontos 311, 312 e 313 referem-se à Crossa de Báculo 6031. O ponto 402 alude à Cruz Processional 6040. Estes quatro pontos, que são contíguos, manifestam, nas suas composições, elevados teores de Cu, os mais elevados deste universo amostral (Anexo C). A Crossa, com efeito, trata-se de uma peça díspar. Uma peça que, sendo dourada, contém mais Cu que Au. O ponto 402, divergente dos que constituem a mesma peça, consiste num acréscimo. Crê-se que a sua inclusão, posterior, esteja relacionada com a do cristal 401. O ponto 352, o mais desviado, respeita à Cruz Processional 6035. Os teores de Pb, Fe e Mn, mais elevados que nas restantes amostras, legitimam a sua posição (Anexo C).

A bipartição, em subconjuntos, do amontoado sobredito exprime-se, de forma ampliada, na Figura 3.7. Cada subconjunto, dissemelhante entre si, agrega amostras com características análogas. Amostras que, dependendo da superfície em que se fixam, de prata dourada ou não dourada, emparelham com os seus pares.

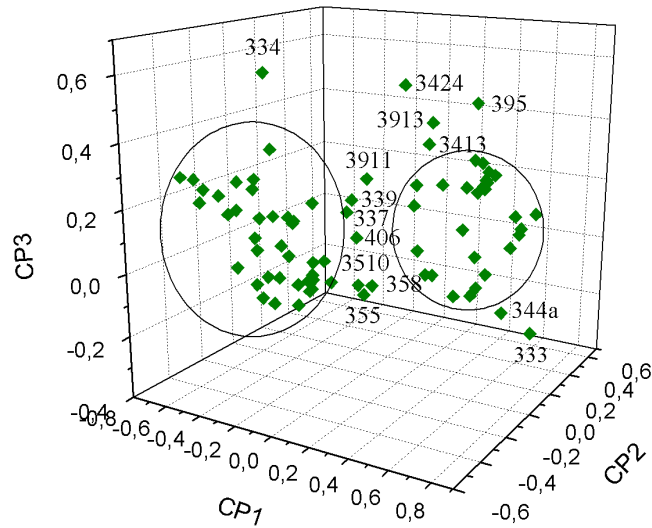


Figura 3.7. Ampliação do amontoado evidenciado na Figura 3.6 relativo a nove das peças do MNMC analisadas: Cálice 6030, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040, Cruz Processional 6075

O subconjunto da esquerda, o maior, (Figura 3.8) comporta as amostras douradas (Anexo B).

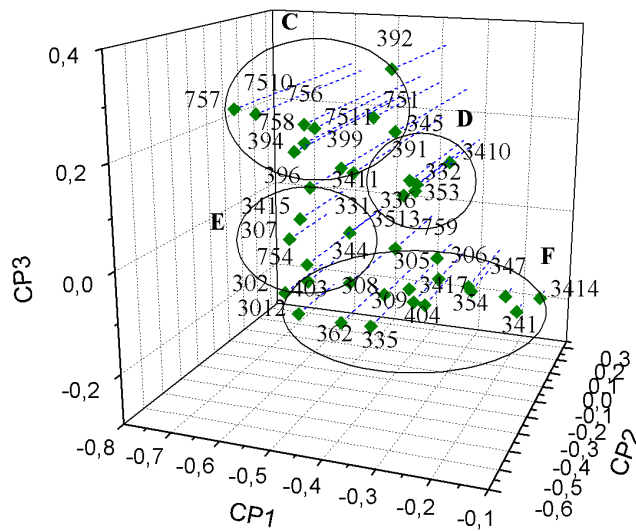


Figura 3.8. Ampliação do subconjunto esquerdo da Figura 3.7 relativo a oito das peças do MNMC analisadas: Cálice 6030, Caldeirinha 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075

Os grupos C, D, E, F, em que se divide, espelham as diferentes afinidades experimentadas pelas amostras deste subconjunto. Os grupos C e D, por um lado, integram amostras que, sendo douradas, contêm mais Ag que Au (Anexo C). A espessura da sua camada dourada, mais fina, e a porção de Ag na liga de Au, por exemplo, podem explicar esta constatação. Os grupos E e F, por outro lado, agregam amostras em que o Au sobreleva-se à Ag. A discrepância entre estes dois elementos, no entanto, enfatiza-se no grupo F (Anexo C).

O subconjunto da direita, em contrapartida, (Figura 3.9.) concentra as amostras não douradas (Anexo C). Quer o grupo A, quer o grupo B, exibem amostras com elevados teores de Ag. A quantidade de Au, ainda assim, não é desprezável. Constata-se, pelas tabelas do Anexo C, que todas as amostras, douradas e não douradas, contêm Au. E se o contêm, todo o douramento analisado é real.

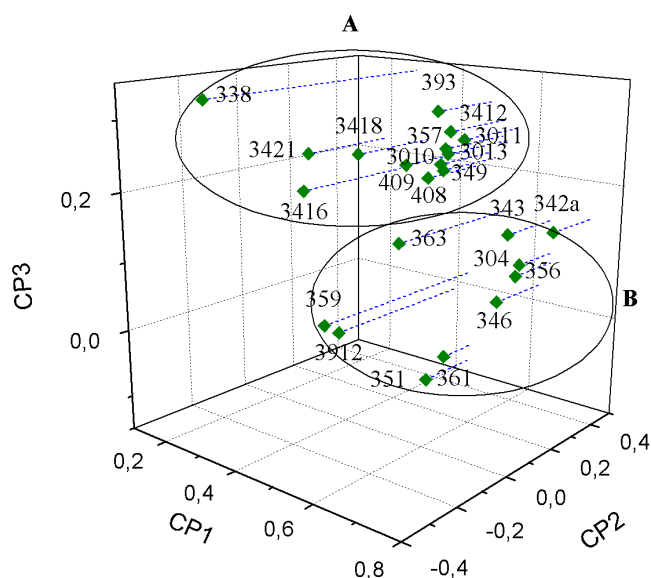


Figura 3.9. Ampliação do subconjunto direito da Figura 3.7 relativo a oito das peças do MNMC analisadas: Cálice 6030, Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075

A análise da Figura 3.7 permitiu descortinar, também, um conjunto de amostras extrínsecas aos dois subconjuntos analisados. As amostras 335, 358, 3510, 406, 337 e 339 traduzem superfícies douradas e, por conseguinte, concordam com o subconjunto da esquerda. O desgaste das suas superfícies, todavia, motiva a sua separação deste subconjunto. As amostras 334, 3424, 395, 3913, 3911, 3413, 333, por sua vez, correlacionam-se com o subconjunto da direita, com elevados teores de Ag. A amostra 344a, pertencente a este grupo é, excepcionalmente, dourada. Trata-se de uma tacha, próxima do pé da Virgem, inserida, nesta peça, ulteriormente.

3.2.4. Estudo por MP, excluído o Au

As superfícies douradas, com quantidades de Au variável, manifestam diferente espessura, inter e intra-peça, e diferente desgaste. Uma análise estratigráfica destas superfícies, por exemplo, facultaria o seu adequado entendimento. Com efeito, e na tentativa de suprimir a ingerência do Au, nestas análises, realizou-se uma análise complementar, sem Au. Todo o Au, de todas as peças, douradas e não douradas, foi eliminado dos cálculos. Os resultados decorrentes, desta análise complementar, revelam-se na Figura 3.10.

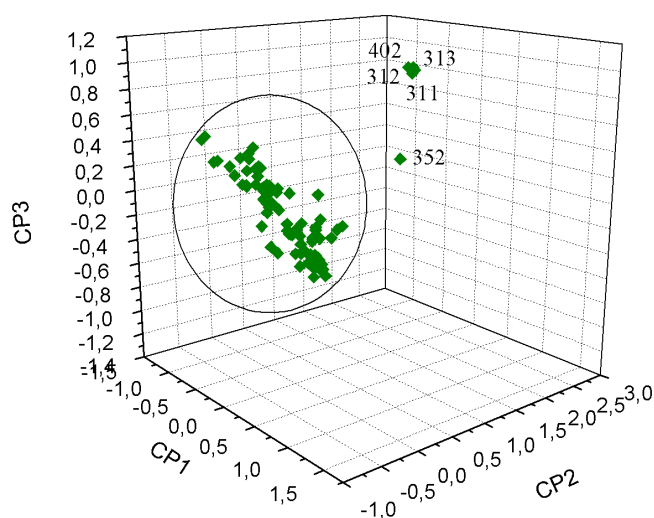


Figura 3.10. Resultado da análise, por MP, das dez peças do MNMC, nos mesmos pontos, excluindo o Au: Cálice 6030, Crosse de Báculo 6031, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e Cruz Processional 6075

Similarmente ao caso anterior (Figura 3.6), em que o Au está presente, discerne-se, pela observação do gráfico, um agregado de pontos. Os pontos dispersos, também discerníveis, equiparam-se com os atrás discordantes. A divergência do 311, 312, 313 e 402 incitada pelos seus teores de Cu, elevados, comprova a sua singularidade e, também, a das peças de que procedem. Quer a Crosse de Báculo 6031, quer o enxerto 402, como supracitado, representam realidades avulsas. A amostra 352, por outro lado, diferencia-se, dos seus pares, pelas quantidades de Pb, Fe e Mn de que dispõe.

O agregado de pontos acima denotado, expandido na Figura 3.11, indicia a existência de disparidades entre os seus pontos constituintes. A sua segmentação nos grupos, A, B, C e D concretizou-se, portanto, em conformidade com o revestimento de cada uma das amostras, dourado ou não dourado, e com outras características entre elas compartilhadas.

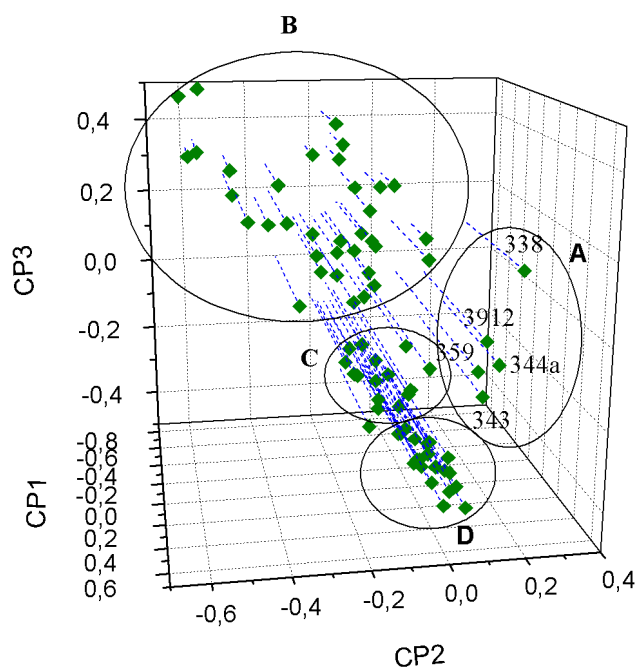


Figura 3.11. Expansão do agregado observado na Figura 3.10 relativo às dez peças do MNMC. No grupo A, um ponto do Hissope 6033, dois da Virgem – Relicário 6034, um da Cruz Processional 6035 e um do São Nicolau 6039

O grupo A, mais à direita, congloba um conjunto de amostras desconformes. Todas elas, diferentes das demais, justificam esta posição. As amostras 338, não dourada, e 344a, dourada, expressam elevados teores de Cu. A 338, do Hissope 6033, respeita a um segmento metálico inserido, na peça, posteriormente. A 344a, da Virgem – Relicário 6034, respeita a uma tacha, próxima do pé da Virgem, ulterior à sua feitura. A amostra 343, também da Virgem - Relicário, refere-se à sua base, de composição diferente. No São Nicolau 6039, a amostra 3912, dourada, reporta à parte lateral da sua coroa. Uma parte desgastada, em que é notória a perda de coloração. É, portanto, uma superfície diferente. A amostra 359, da Cruz Processional 6035, remete para um dos seus losangos inferiores. O relevo desta superfície, ainda que pequeno, pode induzir a perda de raios-X e, conseqüentemente, a imprecisões de sinal.

O grupo B, o de maiores dimensões, (Figuras 3.12 e 3.13) alberga apenas amostras douradas. A retirada do Au, a estas amostras, não promove a retirada do Cu e da Ag que compõem a sua liga, eles subsistem. A quantidade de Cu, nelas presente, advém da camada de Au. O Cu não integra, portanto, a Ag, nem a peça em si, apenas complementa o Au.

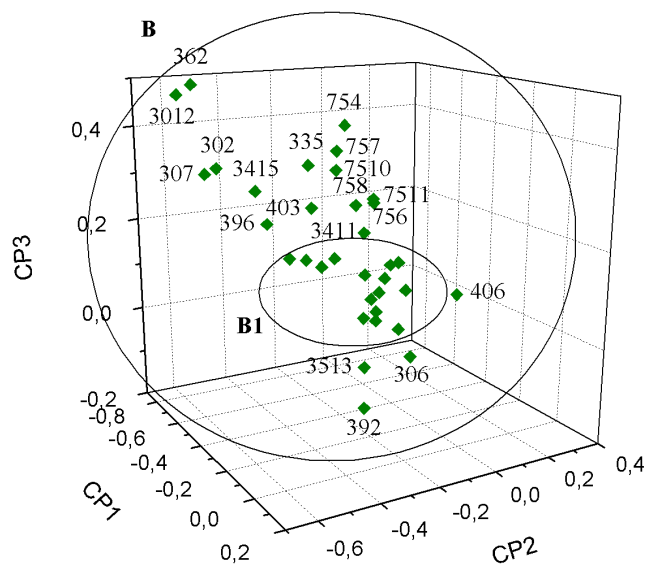


Figura 3.12. Expansão do grupo B observado na Figura 3.11: análise de pontos do Cálice 6030, da Virgem – Relicário 6034, do Relicário do Santo Lenho 6036, da Cruz Processional 6035, do São Nicolau 6039, da Cruz Processional 6040 e da Cruz Processional 6075

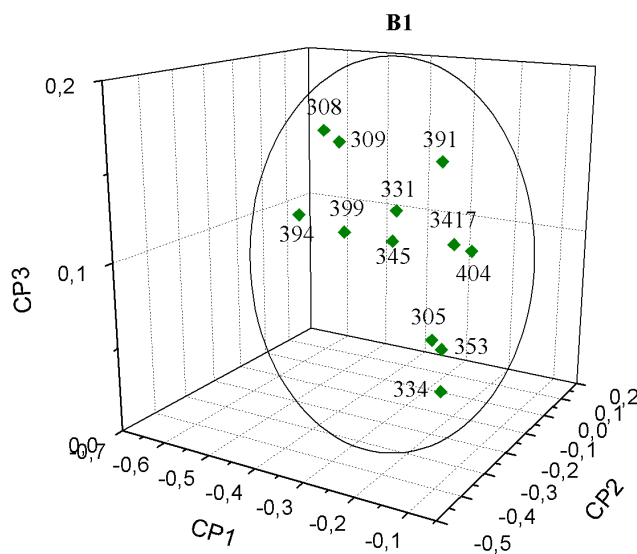


Figura 3.13. Expansão do grupo B1 observado na Figura 3.12: análise de pontos do Cálice 6030, da Caldeirinha 6033, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do São Nicolau 6039 e da Cruz Processional 6040

O grupo D, o mais inferior, (Figura 3.14) incorpora amostras que são, na sua maioria, prateadas (Anexo D). Estas amostras, comparativamente às abarcadas pelo grupo B, revelam um acréscimo dos teores de Cu. O Cu mensurado, neste caso, procede do Au, em pequena escala, e da própria peça. Todas as amostras, ainda que não douradas, contêm Au na sua composição. As

amostras 333, 336 e 339, ainda que pertencentes a este grupo, são douradas. As duas primeiras, mais próximas, são da Caldeirinha 6033. A última é do Hissope 6033. A Caldeirinha e o Hissope, tratados em conjunto, apresentam estruturas cuja inclusão é posterior. [24] E cuja composição é, também, diferente. O reforço metálico, do corpo de cristal da Caldeirinha, 332, o seu aro dourado, 336, e o remate superior do Hissope, 339, espelham essas estruturas. Descodifica-se, assim, a sua posição anómala.

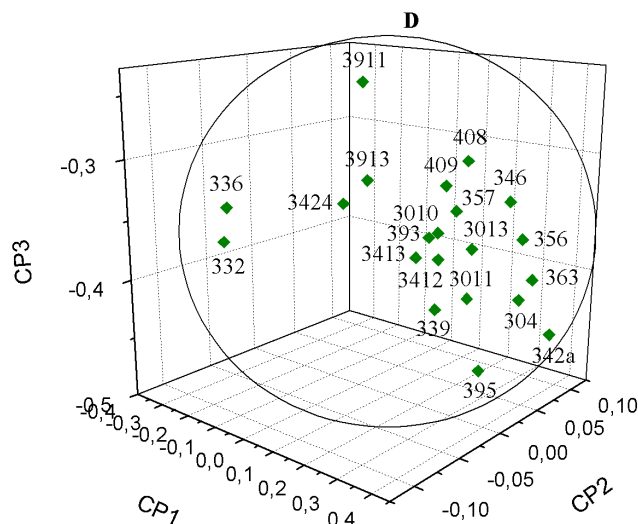


Figura 3.14. Expansão do grupo D observado na Figura 3.11: análise de pontos do Cálice 6030, da Caldeirinha e Hissope 6033, da Virgem-Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036, do São Nicolau 6039 e da Cruz Processional 6040

O grupo C (Figura 3.15), interposto entre os grupos B e D, aglutina amostras douradas e não douradas. As amostras douradas, 337, 341, 3410, 3414, 354, 355, 358, 3510, encerram, em geral, quantidades mais baixas de Cu. As amostras não douradas, 333, 349, 3416, 3421, 351, 361, 397, evidenciam o contrário. Graficamente, estas amostras são, também, passíveis de distinção. As amostras douradas tendem para valores negativos de CP2. As não douradas, por outro lado, tendem para valores positivos de CP2 ou para valores próximos de zero.

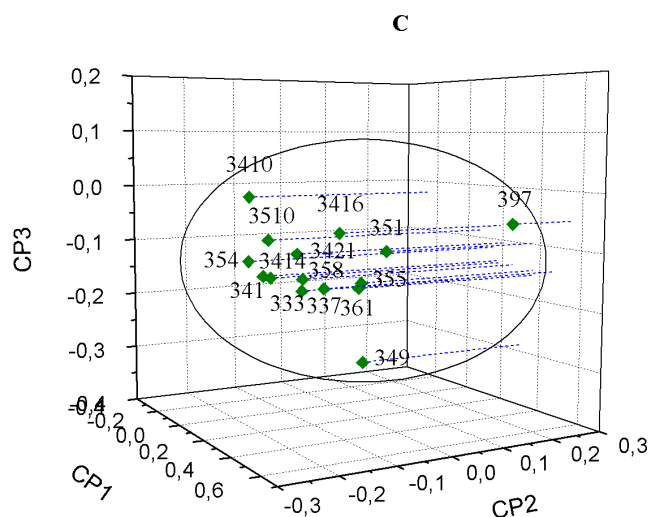


Figura 3.15. Expansão do grupo C observado na Figura 3.11: análise de pontos da Caldeirinha e Hissope 6033, da Virgem-Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036 e do São Nicolau 6039

3.2.5. Estudo por MP, excluído o Au e o Cu

As duas análises predecessoras, com e sem Au, respetivamente, patentearam que a bifurcação das amostras, na sua generalidade, cumpre-se em consonância com a sua camada envoltória, dourada e não dourada. Ainda que, numa segunda abordagem, e na tentativa de minorar os efeitos do Au, removendo-o, esta partição perdure, uma terceira abordagem, recusando a informação vinculada pelo Au e pelo Cu, presente em todas as ligas de Au, agora discutida, coadjuva na compreensão dos dados. A Ag, integrante da liga de Au, todavia, persiste. A sua influência, não podendo ser suprimida, denota-se nos resultados.

Testemunha-se, atentando ao diagrama subsequente, e em paridade com o de antemão estudado (Figuras 3.6 e 3.10), um acúmulo de pontos. Um acúmulo que, pelo seu posicionamento espacial, discrepa, de forma clara, de outros pontos amostrais, 336, 339, 392, 352, 402, 311, 312, 313. O ponto 336, da Caldeirinha 6033, e o 339, do Hissope 6033, como supramencionado, concernem a segmentos aditados, ulteriormente, a cada uma das peças. Quer o aro da Caldeirinha, 336, quer a porção superior do Hissope, 339, destoam, por conseguinte, e dada a sua diferenciada composição, dos seus pares. Os pontos 311, 312, 313, da Crossa de Báculo 6031, tanto quanto o ponto 402, da Cruz Processional 6040, legitimam, pelos elevados teores de Pb, e diminutos de Ag, que conservam, a sua vizinidade gráfica. Legitimam, igualmente, e enquanto estruturas díspares, a sua disjunção do acúmulo. O ponto 352, da Cruz Processional 6035, por sua vez, frui de quantidades, mais elevadas, de Pb, Fe e Mn que o particulariza. Já o ponto 392, do São Nicolau

6039, retrata uma superfície, dourada, cujo desgaste e relevo conduzem, neste caso, a alterações composicionais.

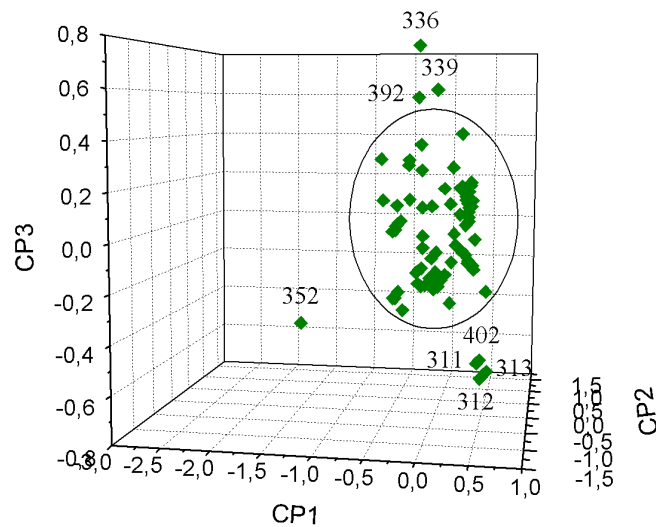


Figura 3.16. Resultado do estudo, por MP, das dez peças do MNMC, nos mesmos pontos, excluindo o Au e o Cu: Cálice 6030, Crossa de Báculo 6031, Caldeirinha e Hissope 6033, Virgem – Relicário 6034, Cruz Processional 6035, Relicário do Santo Lenho 6036, São Nicolau 6039, Cruz Processional 6040 e da Cruz Processional 6075

O acúmulo de pontos, acima exibido, surge expandido na evidência gráfica adiante (Figura 3.17). Denota-se, por observação, que o seu fracionamento em grupos, A, B, C, e D, alude, em conformidade com os casos prévios, ao revestimento, dourado ou não dourado, das superfícies examinadas. Ainda que, nesta análise, as quantidades de Au e Cu sejam menosprezadas, os teores da Ag provinda da liga de Au (Au-Ag-Cu), embora em pequena escala, continuam a fomentar esta partição.

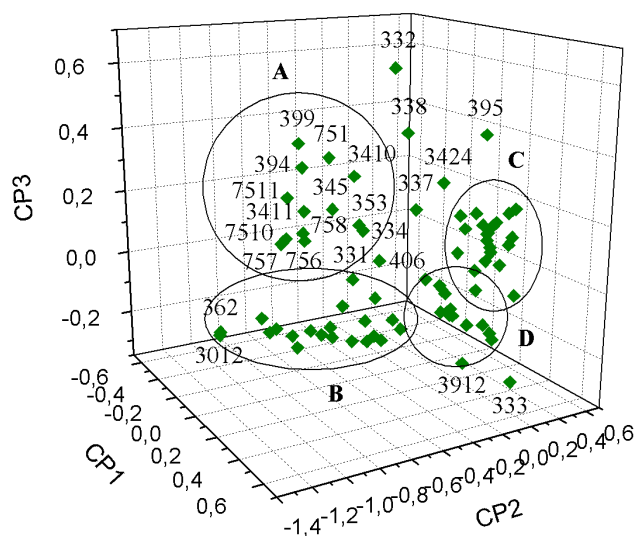


Figura 3.17. Expansão do acúmulo observado na Figura 3.16. relativo às dez peças do MNMC. No grupo A, um ponto da Caldeirinha 6033, três da Virgem – Relicário 6034, um da Cruz Processional 6035, dois do São Nicolau 6039 e cinco da Cruz Processional 6075,

O sobredito fracionamento, em quatro grupos, descarta, por dissensão, sete amostras, 332, 333, 337, 338, 395, 3424, 406, entremeadas, na sua maioria, pelos grupos A e C. As amostras 332, da Caldeirinha 6033, e 338, do Hissope 6033, dissentem-se, pela sua tipicidade, das restantes constitutivas deste lote. Ambas, com inserção pospositiva, validam, assim, a sua distribuição gráfica. As amostras 333 e 3424, procedentes da Caldeirinha 6033 e da Virgem-Relicário 6034, respetivamente, configuram duas bases. Duas bases distintas, entre si, e no que tange às demais, e cuja composição, incomum, promove a sua dispersão. A amostra 395, do São Nicolau 6039, alude a uma superfície abaulada, a extremidade inferior do báculo, que oportuniza, aquando da sua análise, e pela sua conformação, o extravio de raios-X. Coaduna-se, com este extravio, uma subtração de sinal, com maior ou menor amplitude, que acarreta, em consequência, uma imprecisão nos resultados. As amostras 337, do Hissope 6033, e 406, da Cruz Processional 6040, ambas douradas, exibem uma adjacência ao grupo A. O seu posicionamento, na sua peça, contíguo a um cristal, pode, todavia, dilucidar esta dissociação.

Os grupos A e B, sitos à esquerda, comportam, unicamente, amostras advindas de superfícies douradas (Anexo E). O grupo A, com valores de CP3 superiores, ostenta amostras em que os teores de Ag, equiponderados pela supressão do Au e do Cu, ascendem, aproximadamente, aos 97%. O grupo B, abaixo decifrável (Figura 3.18), por seu turno, exhibe flutuações, ainda que diminutas, nos teores de Ag. As amostras fixadas em valores mais baixos de CP2, mais distanciadas do grupo D, detêm menores quantidades deste metal. As amostras assentes em valores mais elevados de CP2, do lado avesso, abrigam maiores quantidades.

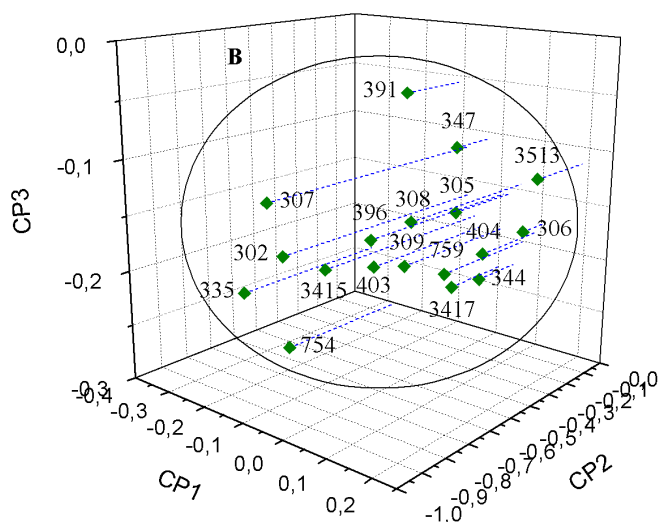


Figura 3.18. Expansão do grupo B observado na Figura 3.17: análise de pontos do Cálice 6030, da Caldeirinha 6033, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do São Nicolau 6039, da Cruz Processional 6040 e da Cruz Processional 6075

O grupo C, patente na Figura 3.19, abarca uma multiplicidade de amostras não douradas (Anexo E). Trata-se de um agregado uniforme, portanto, que manifesta, de modo genérico, os teores mais elevados de Ag do predito acúmulo.

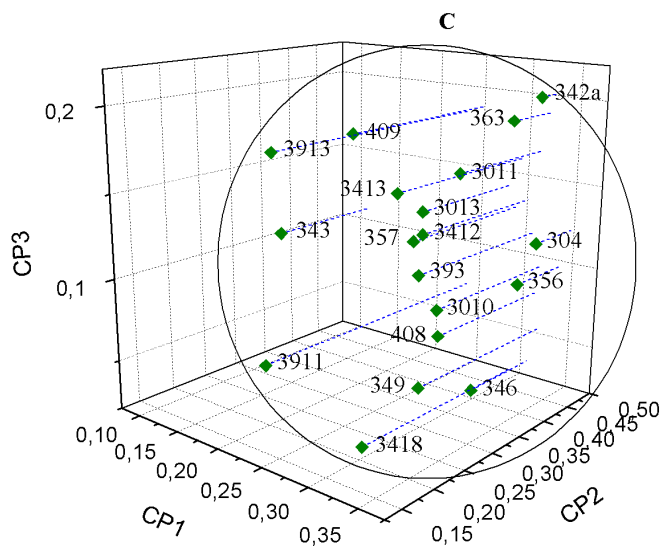


Figura 3.19. Expansão do grupo C observado na Figura 3.17: análise de pontos do Cálice 6030, da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035, do Relicário do Santo Lenho 6036, do São Nicolau 6039 e da Cruz Processional 6040

O grupo D (Figura 3.20), ladeado pelos grupos B e C, circunscreve uma heterogeneidade de amostras, douradas e não douradas. As amostras 341, 344a, 3414, 354, 355, 358, 3510, 3912,

douradas, espelham superfícies deterioradas, em que o seu descorar é notório, 354, 355, 358, 3510, 3414, 3912, superfícies acidentadas, com relevo, 341, e superfícies singulares, de inclusão posterior, 344a. Esta última, 344a, da Virgem-Relicário 6034, figura uma tacha contígua ao pé da Virgem. Uma tacha que, e corroborando as análises precedentes, destaca-se dos seus pares. As amostras 3416, 3421, 351, 359, 361, em contrapartida, retratam porções, de cada peça, que, sendo não douradas, desassemelham-se das demais. As amostras 3416 e 3421, da Virgem-Relicário 6034, traduzem, respetivamente, uma pomba amparada pela mão esquerda do Menino, irregular, e a mão esquerda da Virgem, outrora pigmentada. Os resquícios da sua pigmentação influiu, porventura, na informação composicional alcançada. As amostras 351 e 359, da Cruz Processional 6035, e a 361, do Relicário do Santo Lenho 6036, reportam, de forma análoga, a secções que, em virtude da sua curvatura e/ou relevo, inviabilizam a sua acertada compreensão. Os raios-X que irradiam a superfície amostral, nestes casos, dissipam-se e, por conseguinte, ocasiona-se uma perda de sinal.

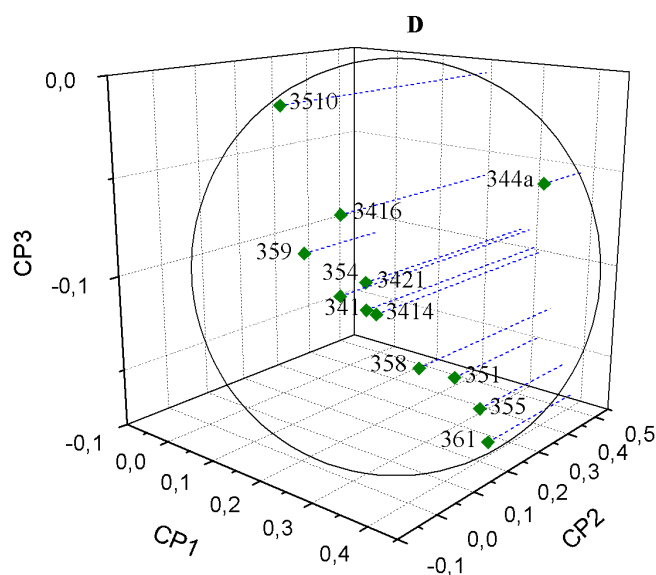


Figura 3.20. Expansão do grupo D observado na Figura 3.17: análise de pontos da Virgem – Relicário 6034, da Cruz Processional 6035 e do Relicário do Santo Lenho 6036

3.3. Análise Individual das Peças

3.3.1. Cálice 6030

O Cálice 6030 (Figura 3.21), artefacto do século XII, prima pela sua homogeneidade. A pluralidade de porções examinadas, ao redor da sua superfície, expressa, irrefutavelmente, essa uniformidade composicional. Comprova-se, por interpretação gráfica, que as amostras 302, 305, 306, 307, 308, 309, 3012, atinentes à sua extensão dourada, copa e pé, congregam-se num mesmo grupo, o grupo B (Figuras 3.12 e 3.13). As amostras 304, 3010, 3011, 3013, da base, agrupam-se, identicamente, num grupo, o grupo D (Figura 3.14). A paridade que todas elas, nos seus respetivos grupos, compartilham é, assim, certificada.

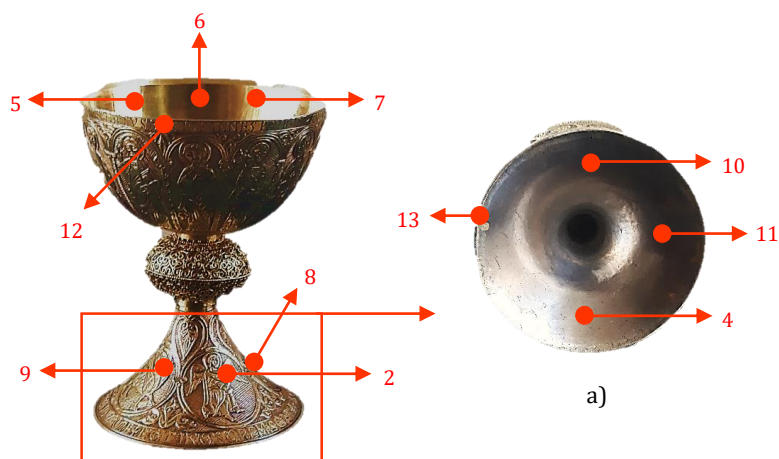


Figura 3.21. Cálice 6030 (adaptado [22]): amostras analisadas em redor da sua superfície e base, em a)

3.3.2. Crossa de Báculo 6031

A Crossa de Báculo 6031 (Figura 3.22), em forma de tau, retrata um artefacto desconforme. Um artefacto que, pela sua composição, discrepante, desconeta-se, graficamente, dos demais (Figura 3.10). Os proeminentes teores de Cu que encerra, atestados pelas amostras 311, 312, 313, dilucidam esta cisão. A sua coloração, igualmente diferenciada, e mais enegrecida, sinaliza essa proeminência.

As ligas metálicas Au-Ag-Cu espelham, em alguns casos, tonalidades distintas. A variação, em teor, dos seus membros instiga, em maior ou menos escala, a modificações nas propriedades, físicas e químicas, que as tipificam. A cor, propriedade física, pode, em consequência, alterar-se. [32] A coloração acobreada, neste caso, da liga enfatiza a presença de Cu. O Cu, aqui, sobreleva-se ao Au e à Ag.



Figura 3.22. Crossa de Báculo 6031 (adaptado [23]): assinalam-se as três amostras analisadas

3.3.3. Caldeirinha e Hissope 6033

A Caldeirinha e o Hissope (Figura 3.23), ambas 6033, configuram duas peças regeneradas. As duas, em analogia, decorrem de copiosos acréscimos, posteriores ao século XIII, que, graficamente, se notabilizam. Os segmentos 332, 336, da Caldeirinha, e 339, do Hissope, acrescentados a cada uma das peças, concentram-se no grupo D (Figura 3.14). A contiguidade do 332 e 336, patente na figura, indicia a sua similitude, em termos composicionais, e a sua inserção concomitante. O 339, ainda que apartado, equipara-se a ambos. Presume-se, por isso, que a sua inclusão, no Hissope, remonte à mesma época. O segmento, 338, do Hissope, também aditado, evidencia-se no grupo A, um grupo de amostras desconformes (Figura 3.11).

As superfícies não-metálicas, os cristais, de ambas as peças, 3310, 3311, 3312, não viabilizam, em virtude das suas particularidades, uma correlação. A presença, no Hissope, de um filete metálico, incluso no cristal, deturpa a informação procedente das análises e, por conseguinte, as dissemelhanças entre elas, as superfícies, acentuam-se (Figura 3.2). Apenas a extração do filete, que é impraticável, facultaria dados fidedignos



Figura 3.23. Hissope 6033 e Caldeirinha 6033 (adaptado [24]): algumas das amostras analisadas em ambos

3.3.4. Virgem – Relicário 6034

A Virgem-Relicário 6034 (Figura 3.24), uma escultura de vulto, aduna, de modo genérico, porções congêneres. Porções que, pela sua homogenia, e ainda que disjuntas, na peça, aglutinam-se, graficamente, nos amontoados A, B, e D. As amostras 345, 3411, 3415, 3417, concernentes ao amontoado B (Figuras 3.12 e 3.13), esboçam porções douradas, com correlato douramento. As amostras 342a, 346, 3412, 3413, 3424, anexas ao amontoado D (Figura 3.14), designam, do lado avesso, porções não douradas. As amostras 346, 3412, 3413 reportam, em equidade, a extensões prateadas, despojadas de Au envoltório. As amostras 342a e 3424, de duas bases, de dois leões distintos, atestam, por figurar do mesmo amontoado, a sua similitude. Ou melhor, a sua conceção comum. A amostra 344a, adstrita ao pé da Virgem, por seu turno, vincula-se ao amontoado A, de amostras dissimilares (Figura 3.11). A sua desarticulação, em termos composicionais, da restante escultura auspicia a sua ulterior inserção.

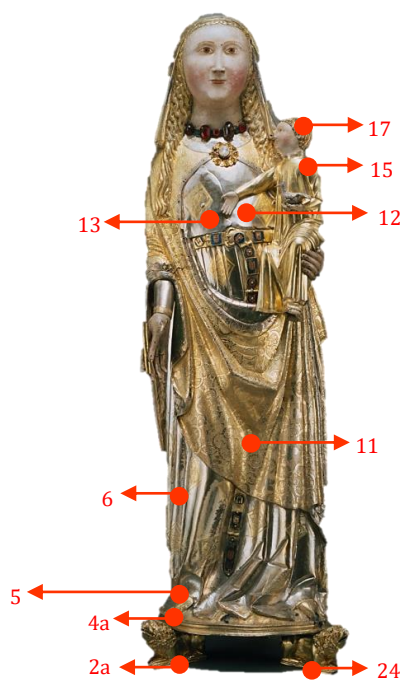


Figura 3.24. Virgem-Relicário 6034 (adaptado ^[18]): algumas das amostras analisadas em redor da sua superfície

3.3.5. Cruz Processional 6035

A Cruz Processional 6035 (Figura 3.25), uma peça ímpar, tipifica-se pela sua conformação. Uma conformação que harmoniza, de forma clara, o jaspé sanguíneo, dos braços, com os seus segmentos metálicos, dourados e não dourados. Apura-se, por dedução gráfica, que as amostras 351, 354, 355, 358, 3510, douradas, adunam-se num mesmo grupo, o grupo C (Figura 3.15). A sua afinidade, em termos composicionais, deslinda esta adjunção. As amostras 353 e 3513, pertinentes ao grupo B (Figura 3.12), exprimem o lado anterior e posterior, respetivamente, do nó quadrangular central. A sua composição, análoga, denota a uniformidade desta estrutura. A amostra 359, anexa ao grupo A (Figura 3.11), traduz uma superfície discordante. Uma superfície que, pelos seus teores de Pb, Fe e Mn, superiores, diverge das demais.

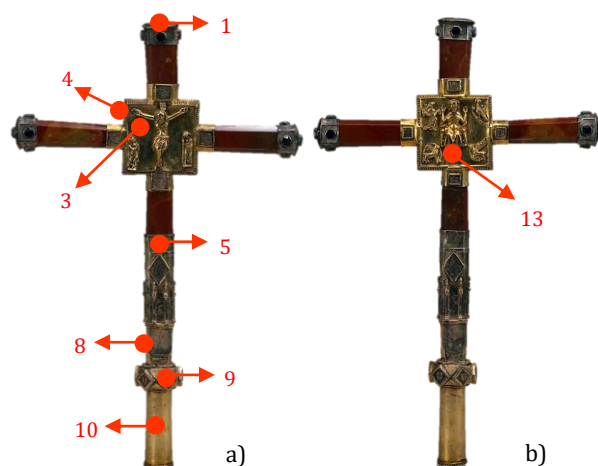


Figura 3.25. Cruz Processional 6035 (adaptado ^[19]): algumas das amostras analisadas na sua a) frente e b) verso

3.3.6. Relicário do Santo Lenho 6036

O Relicário do Santo Lenho 6036 (Figura 3.26), uma peça esdrúxula, sobrepõe-se pelo primor das suas formas. A sua peculiaridade, imputada ao coral, e respetiva conformação, coaduna-se com o seu valimento histórico-cultural. Ratifica-se, por inferência gráfica, que o coral alberga, na sua longitude, fragmentos supletivos, 368 e 3610. Fragmentos que, pela sua disseminação espacial, extrínseca ao ajuntamento (Figura 3.5), roboram esta premissa. O aditamento, na peça, destes fragmentos, que a substanciam, denuncia a vulnerabilidade, de outrora, do coral.

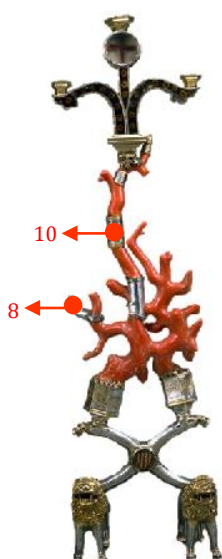


Figura 3.26. Relicário do Santo Lenho 6036 (adaptado ^[20]): duas das amostras analisadas

3.3.7. Colar 6037

O Colar 6037 (Figura 3.27), tal-qualmente a Crossa de Báculo, retrata uma obra destoante. Uma obra que veicula, graficamente, por disjunção ao agregado, a sua singularidade. A vicinalidade das amostras 371 e 372 (Figura 3.5), discerníveis, em paridade com a sua putativa génese, prediz a dissensão, composicional, de cada placa polilobada. A superfície, dourada, de cada uma delas, desassemelha-se, assim, das demais.



Figura 3.27. Colar 6037 (adaptado [21]): as duas amostras analisadas no seu verso, em b)

3.3.8. São Nicolau 6039

O São Nicolau 6039 (Figura 3.28), escultura do século XIV, consagra-se pela sua uniformidade. O somatório das amostras indagadas, na sua longitude, atesta esta asserção. Uma asserção que, por depreensão gráfica, se repercute na bipartição das amostras, dele subtraídas, nos agregados B e D. Ambos, intrinsecamente homogêneos, discriminam-se pelo revestimento, dourado e não dourado, das amostras que encerram. As amostras 391, 394, 396, 399, confinadas no agregado B (Figuras 3.12 e 3.13), aludem a superfícies douradas. As amostras 393, 395, 3911, 3913, cingidas ao agregado D (Figura 3.14), reportam a superfícies não douradas. Quer as superfícies douradas, em B, quer as superfícies não douradas, em D, espelham, em termos composicionais, a sua paridade. Infere-se, por conseguinte, que cada um dos revestimentos, dourado e não dourado, é, em toda a sua extensão, equivalente. A amostra 3912, dissemelhante, restringe-se ao grupo A (Figura 3.11). O seu desgaste, notório, clarifica o seu posicionamento gráfico.



Figura 3.28. São Nicolau 6039: amostras analisadas na sua superfície

3.3.9. Cruzes Processionais 6040 e 6075

As Cruzes Processionais 6040 e 6075, procedentes do Mosteiro de Santa Clara, singularizam-se pela sua configuração. A fusão, em harmonia, das suas superfícies, metálicas e não metálicas, fomenta essa unicidade.

A Cruz Processional 6040 (Figura 3.29), a da esquerda, conserva, em termos composicionais, fragmentos similares. As amostras 403, 404, 406, abarcadas pelo grupo B (Figuras 3.12 e 3.13), sinalizam fragmentos dourados. Fragmentos que, pela sua composição, ostentam um revestimento homólogo. As amostras 408 e 409, adjuntas ao grupo D (Figura 3.14), expressam, ao invés, fragmentos não dourados. Os primeiros, dourados, espelham a porção superior da Cruz. Os segundos, não dourados, a sua porção inferior. Duas porções, assim, discerníveis. A amostra 402, díspar, figura uma adjeção. A sua diferenciação gráfica (Figura 3.10), congruente com os seus teores de Cu, elevados, prognostica a sua posterior inclusão. Uma inclusão legitimada, presuntivamente, pelo aditamento do cristal 401, discrepante. Quer pela sua composição, quer pelas dimensões que porta, discrimina-se dos seus pares, 405 e 407 (Figura 3.2).

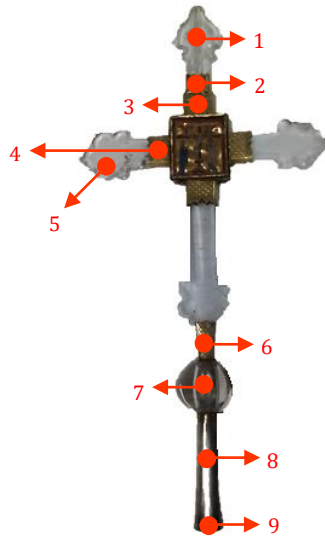


Figura 3.29. Cruz Processional 6040 (adaptado [25]): amostras analisadas na sua superfície

A Cruz Processional 6075 (Figura 3.30), a da direita, por sua vez, releva-se pela similitude dos seus fragmentos. Todos, sem ressalva, espelham a homogeneidade das suas superfícies. As amostras 754, 756, 757, 758, 7510, 7511, douradas, por conseguinte, adensam-se num único grupo, o grupo B (Figura 3.12). O cristal 755, que a integra, desassemelha-se dos demais examinados, 401, 405, 407 (Figura 3.2) o que indicia, provavelmente, a sua diferente origem. A divergência gráfica do 407, a mais notória, provém da presença, intrínseca, de uma fração metálica.

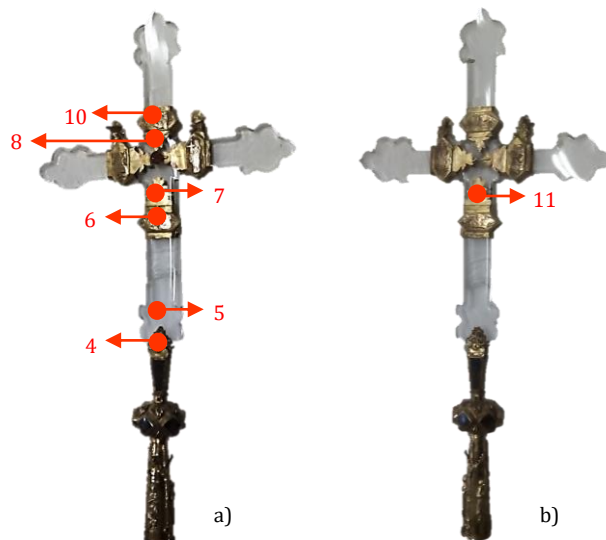


Figura 3.30. Cruz Processional 6075: amostras analisadas na sua a) frente e no seu b) verso

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSÃO

A informação decursiva dos resultados, todos eles, contribuiu, por um lado, para certificar as conjecturas iniciais e, por outro, para deslindar novos saberes. As análises, de cada peça, viabilizaram a sua caracterização elementar. Viabilizaram, também, a descoberta de dissemelhanças intra-peça e inter-peças. Essas dissemelhanças, instigadas pela composição, de cada uma delas, evidenciaram, facilmente, os segmentos de adjeção posterior e, também, as peças diferenciadas.

O emprego da XRF, uma técnica não destrutiva, na análise de peças de Ourivesaria, neste caso, demonstrou-se proveitoso. O XRF portátil, o equipamento utilizado, oportuniza investigações *in loco*, uma mais-valia quando se trata de análises que versam sobre artefactos de tamanho valor histórico e cultural. O seu exame composicional, por este equipamento, realiza-se sem dano e, com efeito, a integridade da peça é conservada. Este equipamento, todavia, propicia a ocorrência de erros, ainda que compensados, nos valores da prata (Ag).

A complementaridade de outras técnicas experimentais, neste estudo, coadjuvária na compreensão das diferentes peças. A feitura de um exame estratigráfico por Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM), por exemplo, permitiria compreender a espessura das diferentes camadas, das diferentes peças, e inferir, conseqüentemente, a sua repercussão nos resultados finais. Uma análise por Espectroscopia de Massa com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS), por sua vez, sustentaria análises quantitativas mais precisas e fidedignas. Os seus préstimos poderiam contribuir, também, para averiguar a proveniência do ouro (Au) presente em cada uma das peças. Uma descoberta, neste seguimento, impulsionalaria o progresso da História da Arte. As análises por ICP-MS, inicialmente, compunham um dos propósitos deste estudo. Algumas amostras, de algumas peças, foram, para este efeito, recolhidas.

A presente dissertação servirá, pois, de mote para investigações ulteriores. Investigações mais aprofundadas, mais detalhadas e mais abrangentes. A caracterização integral das peças por ambos os métodos, MP e MG, nos mesmos pontos, será o ponto de partida.

CAPÍTULO 5

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] DOMÉNECH-CARBÓ, A., DOMÉNECH-CARBÓ, M. T., COSTA, V. (2009). Application of Instrumental Methods in the Analysis of Historic, Artistic and Archaeological Objects. Em Doménech-Carbó, A., (et al), *Electrochemical Methods in Archaeometry, Conservation and Restoration*. Berlim: Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 1 - 32
- [2] CARVALHO, A. P., PIRES, J., CRUZ, A. J., MATIAS, L. (2007). *Estudo e caracterização de cerâmicas arquitectónicas, argamassas e materiais pétreos. O contributo da Química*. Património - Estudos, 10: 81 – 87
- [3] LOUREIRO, J., FIGUEIREDO, E., SILVA, R.J., ARAÚJO, M.F., FONTE, J., BETTENCOURT, A.M. (2016). *Metal alloys, matrix inclusions and manufacturing techniques of Moinho de Golas collection (North Portugal): a study by micro-EDXRF, SEM-EDS, optical microscopy and X-ray radiography*. Applied Physics A, 122: 1 – 12
- [4] BARATA, C., CRUZ, A. J., CARBALLO, J., ARAÚJO, M. E. (2007). *Os materiais e as técnicas usados numa escultura barroca, do Museu de Santa Maria de Lamas, representando São Domingos*. Conservar Património, 6: 21 - 30
- [5] COXITO, A. (2016). *Estudo de ligas de ouro por XRF e SEM-EDS*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra – Departamento de Física, Coimbra
- [6] SARMENTO, M. (2016). *Degradação de pigmentos com a temperatura estudada por XRF, XRD, SEM-EDS e Micro-Raman*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra – Departamento de Física, Coimbra
- [7] FERNANDES, A. (2011). *Análise de Pigmentos por técnicas de Espectroscopia e Difração de raios-X*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra – Departamento de Física, Coimbra
- [8] ZARKADAS, Ch., KARYDAS, A.G. (2004). *A portable semi-micro-X-ray fluorescence spectrometer for archaeometrical studies*. Spectrochimica Acta Part B, 59: 1611 – 1618

- [9] PAPPALARDO, L., KARYDAS, A.G., KOTZAMANI, N., PAPPALARDO, G., ROMANO, F.P., ZARKADAS, Ch. (2005). *Complementary use of PIXE-alpha and XRF portable systems for the non-destructive and in situ characterization of gemstones in museums*. Nuclear Instruments and Methods B, 239: 114 – 121
- [10] SCRIVANO, S., GÓMEZ-TUBÍO, B., ORTEGA-FELIU, I., AGER, F. J., MORENO-SUÁREZ, A. I., RESPALDIZA, M. A., BANDERA, M. L., MAMOLEJO, A. (2013). *Identification of soldering and welding processes in ancient gold jewelry by micro-XRF spectroscopy*. X-Ray Spectrometry, 42: 251 - 255
- [11] KARYDAS, A.G., KOTZAMANI, D., BERNARD, R., BARRANDON, J.N., ZARKADAS, Ch. (2004). *A composition study of museum jewellery collection (7th-1st BC) by means of a portable XRF spectrometer*. Nuclear Instruments and Methods B, 226: 15 – 28
- [12] ADRIENS, A. (2005). *Non-destructive analysis and testing of museum objects: An overview of 5 years of research*. Spectrochimica Acta Part B, 60: 1503 – 1516
- [13] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2017). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/museu/Def/ContentDetail.aspx>
- [14] BRANDÃO, F. C. (1978). *A Arte da Ourivesaria em Portugal*. Lições proferidas no curso de pós-graduação sobre “Arte Portuguesa”. Gabinete Português de Leitura. Porto Alegre, Brasil
- [15] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2017). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/colecoes/ContentDetail.aspx?id=176>
- [16] MACEDO, F. P. (20 de Março de 2017). *Tesouro da Rainha Santa Isabel*. Disponível em: http://www.rainhasantaisabel.org/index.php?option=com_content&view=article&id=139&Itemid=166
- [17] GONÇALVES, A. N. (1983). *O Tesouro de D. Isabel de Aragão Rainha de Portugal*. Museu Nacional Machado de Castro, Coimbra
- [18] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/colecoes/ContentDetail.aspx?id=178>

- [19] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=179>
- [20] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=180>
- [21] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=153>
- [22] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=175>
- [23] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Disponível em: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=176>
- [24] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Obtido de: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=177>
- [25] Museu Nacional Machado de Castro. (18 de janeiro de 2016). Obtido de: <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/coleccoes/ContentDetail.aspx?id=181>
- [26] BECKHOFF, B., KANNGIEBER, B., LANGHOFF, N., WEDELL, R. (2007). *Handbook of practical X-ray fluorescence analysis*. Springer Science & Business Media
- [27] Coladaweb. (23 de outubro de 2017). *Espectro Electromagnético*. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/espectro-eletromagnetico>
- [28] VAN GRIEKEN, R., MARKOWICZ, A. (2001). *Handbook of X-Ray Spectrometry*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [29] HOU, X., HE, Y., JONES, B. T. (2004). *Recent Advances in Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry*. Applied Spectroscopy Reviews, 39: 1 – 25

- [29] OpenEI. (14 de junho de 2017). *Hand-held X-Ray Fluorescence*. Disponível em: [https://openei.org/wiki/Hand-held_X-Ray_Fluorescence_\(XRF\)](https://openei.org/wiki/Hand-held_X-Ray_Fluorescence_(XRF))
- [30] HENRIQUES, S. C. (2014). *Análise espacial e temporal de uma base de dados criminal*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra – Departamento de Física, Coimbra
- [31] ABDI, H., WILLIAMS, L. J. (2010). *Principal component analysis*. John Wiley & Sons, Inc., 2: 233 - 249
- [32] COSTA, V. (2008). Ligas Metálicas: Estrutura, Propriedades e Conservação de Objetos Culturais. Em SILVA, A. C., HOMEM, P.M., *Ligas Metálicas – Investigação e conservação*. Porto: Rainho & Neves, Lda, 15 - 35
- [33] SARRAZIN, P., CHIARI, G., GAILHANOU, M. (2009). *A Portable non-invasive XRD-XRF instrument for the study of art objects*. ICDD - International Centre for Diffraction Data, 52: 175 – 186
- [34] MOIOLI, P., SECCARONI, C. (2000). *Analysis of art objects using a portable x-ray fluorescence spectrometer*. X-Ray Spectrometry, 29: 48 - 52
- [35] MANTLER, M., SCREINER, M. (2001). *X-ray analysis of objects of art and archeology*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 247: 63

ANEXOS

6. ANEXOS

6.1. Anexo A

Tabela A.1. Composição, em ppm, das superfícies não-metálicas analisadas por *TestAllGeo*: a laranja assinalam-se os componentes maioritários

	401	405	407	755	3310	3311	3312
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,46	4,79
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,46	137,34
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,69	20,55
Pb	4,63	0,00	0,00	9,56	0,00	173,01	212,08
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,65
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,66	27,54
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,06	87,54
W	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,91
Cu	16,82	16,30	16,61	0,00	0,00	182,16	185,37
Ni	39,85	50,43	49,29	44,85	0,00	0,00	72,07
Co	0,00	0,00	33,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	47,14	39,12	54,13	0,00	0,00	281,90	627,82
Mn	65,04	60,66	0,00	92,23	0,00	0,00	216,29
Cr	0,00	0,00	0,00	26,99	0,00	0,00	17,58
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,04
Ti	0,00	0,00	45,15	28,87	22,50	39,29	81,29
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	4,15	12,89	32,55
Ca	32,24	35,86	58,50	115,39	0,00	2531,54	5442,16
K	353,97	204,66	379,71	477,15	360,43	3898,57	5188,16
S	0,00	0,00	136,78	313,00	240,62	10364,93	1575,48
Ba	320,46	339,44	379,41	337,53	184,97	0,00	0,00
Sb	40,22	30,43	35,96	27,23	24,19	0,00	0,00
Sn	18,15	15,76	19,88	15,18	13,55	33,51	0,00
Cd	17,19	12,33	14,31	15,10	11,26	0,00	0,00
Pd	0,00	0,00	8,47	10,52	8,42	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	651,55	0,00	0,00	2702,91	0,00
P	660,04	0,00	475,35	697,42	764,81	2314,77	0,00
Si	404581,41	428922,44	440647,63	464701,56	429387,59	319056,00	23923,08
Cl	0,00	0,00	0,00	323,21	0,00	2054,07	704,55
Cs	62,26	62,96	72,99	64,26	36,47	0,00	0,00
Te	95,60	104,27	112,01	99,92	70,79	0	0

6.2. Anexo B

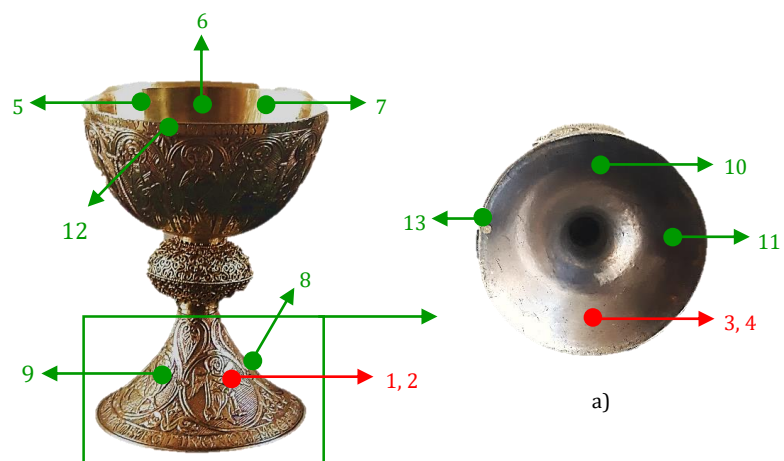


Figura B.1. Amostras analisadas no Cálice 6030 por MP, a verde, e por ambos os métodos (MP e MG), a vermelho. Em a) estão as amostras analisadas na sua base

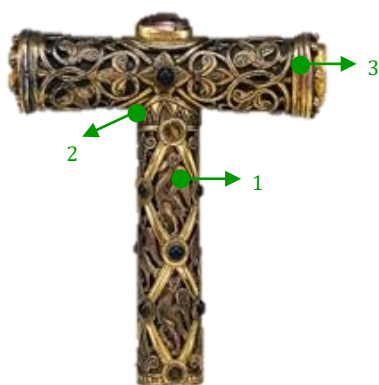


Figura B.2. Amostras analisadas na Crossa de Báculo 6031 por MP

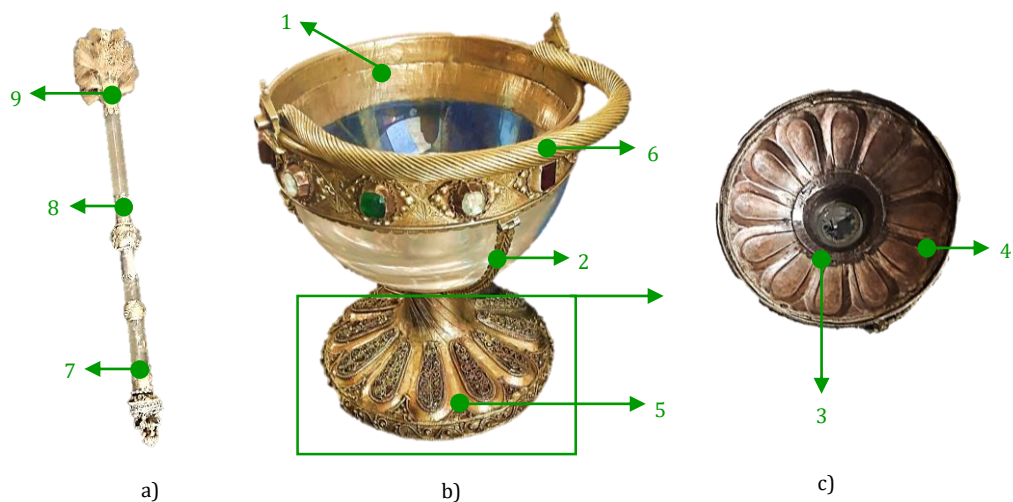


Figura B.3. Amostras analisadas por MP no a) Hissope 6033 e na b) Caldeirinha 6033. Em c) estão representados os pontos analisados na base da Caldeirinha

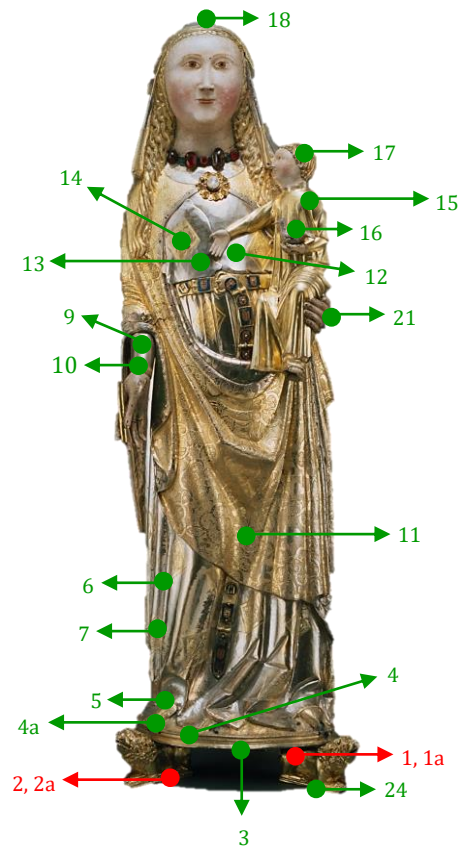


Figura B.4. Amostras analisadas na Virgem – Relicário 6034 por MP, a verde, e pelos dois métodos (MP e MG), a vermelho

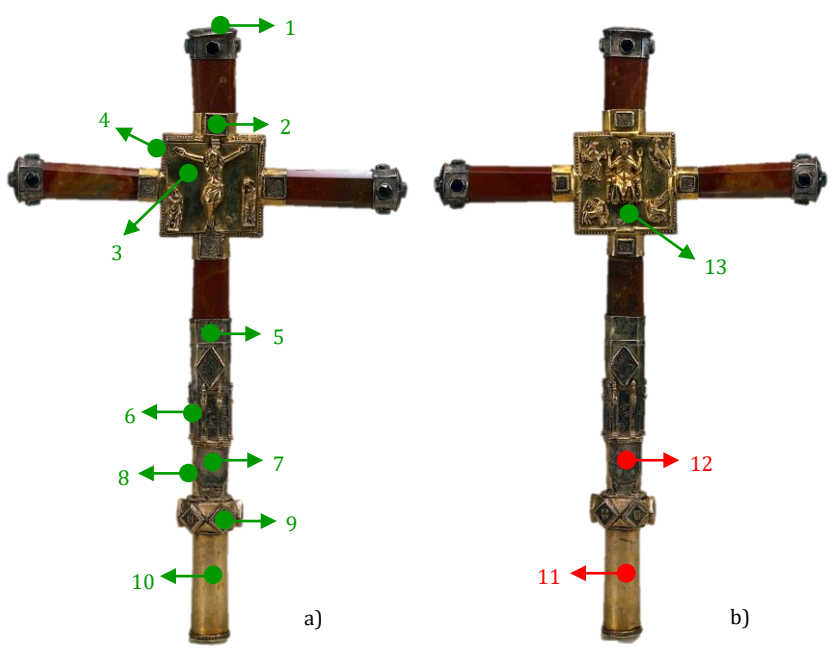


Figura B.5. Amostras analisadas na Cruz Processional 6035 por MG, a vermelho, e por MP, a verde: em a) a frente e em b) o verso

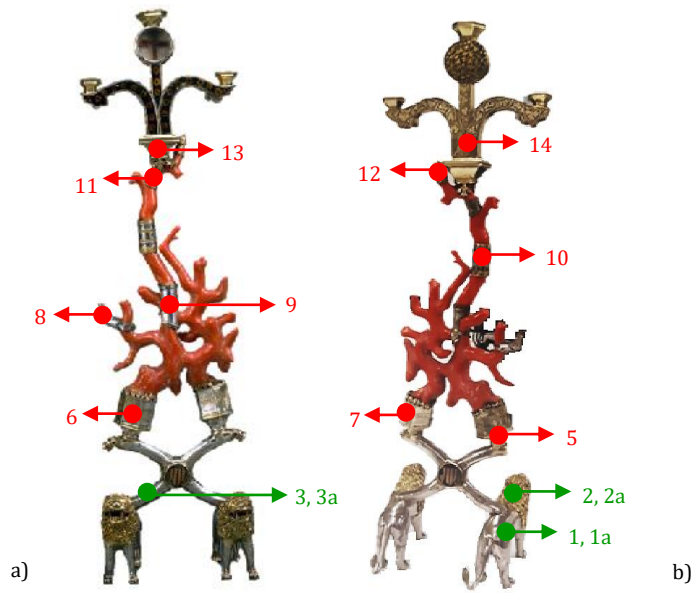


Figura B.6. Amostras analisadas no Relicário do Santo Lenho 6036 por MG, a vermelho, e pelos dois métodos (MP e MG), a verde: em a) a parte da frente e em b) a parte de trás



Figura B.7. Amostras analisadas no Colar 6037 por MG: em a) a frente e em b) o verso

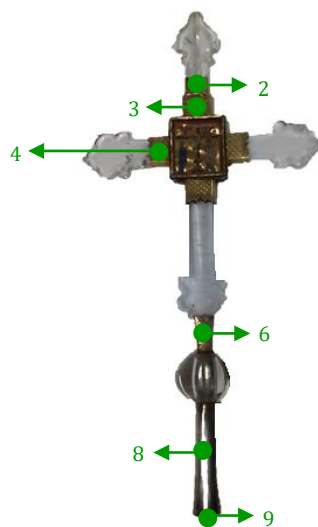


Figura B.8. Amostras analisadas por MP na Cruz Processional 6040

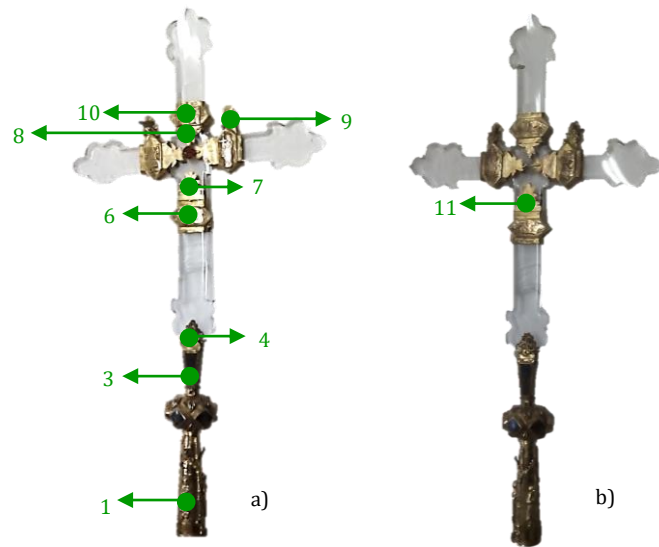


Figura B.9. Amostras analisadas por MP na Cruz Processional 6075: em a) a frente e em b) o verso

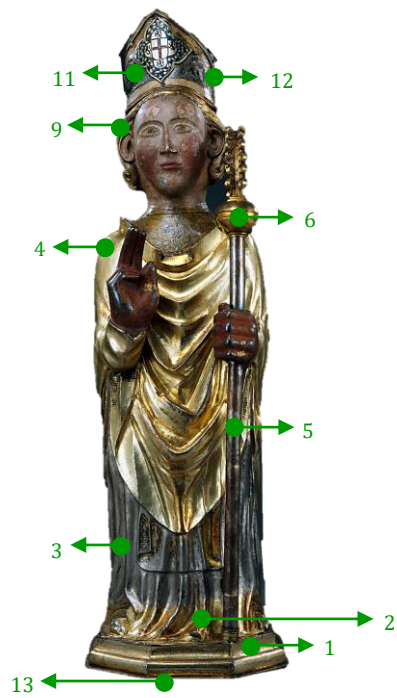


Figura B.10. Amostras analisadas por MP no São Nicolau 6039

6.3. Anexo C

Tabela C.1. Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras, por MP, nas peças do *Tesouro da Rainha Santa Isabel*:
identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento

	Pb	Au	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	Ti	Sn	Cd	Pd	Ag
341	0,084	56,124	0,000	0,266	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,545	0,000	0,000	42,709
342a	0,352	0,456	0,051	2,483	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,045	96,562
343	0,314	1,203	0,343	6,584	0,000	0,000	0,204	0,000	0,000	0,000	0,516	0,000	0,027	90,528
344	0,211	58,526	0,000	0,710	0,000	0,000	0,026	0,000	0,056	0,183	0,393	0,000	0,000	39,528
344a	0,000	2,164	0,055	21,443	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	76,245
345	0,160	30,198	0,366	0,505	0,052	0,022	0,050	0,000	0,106	0,307	0,532	0,014	0,013	67,250
346	0,273	0,785	0,010	1,258	0,000	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	97,533
347	0,150	36,824	0,309	0,613	0,000	0,000	0,068	0,000	0,070	0,246	0,000	0,000	0,000	61,322
349	0,270	1,693	0,014	3,223	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,604	0,000	0,024	94,171
3410	0,226	46,537	0,231	1,153	0,000	0,000	0,049	0,000	0,058	0,208	0,594	0,018	0,012	50,554
3411	0,143	41,861	0,361	0,342	0,000	0,023	0,043	0,000	0,102	0,333	0,556	0,000	0,016	55,755
3412	0,160	0,857	0,036	1,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,599	0,000	0,032	97,165
3413	0,152	0,733	0,000	1,189	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,664	0,014	0,027	97,019
3414	0,043	50,467	0,000	0,380	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,563	0,000	0,000	48,471
3415	0,135	56,265	0,000	0,222	0,038	0,000	0,037	0,000	0,067	0,276	0,803	0,000	0,000	41,754
3416	0,124	0,250	0,110	6,784	0,000	0,000	0,103	0,000	0,000	0,191	0,675	0,000	0,013	91,451
3417	0,222	55,585	0,000	0,387	0,052	0,000	0,132	0,000	0,000	0,247	0,597	0,000	0,000	42,332
3418	0,122	0,929	0,020	0,553	0,000	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,677	0,000	0,018	97,451
3421	0,659	0,813	0,034	3,993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,197	0,715	0,000	0,010	93,460
3424	0,490	1,502	0,070	2,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,335	0,836	0,019	0,042	94,470
351	0,195	0,205	0,146	5,788	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	93,581
352	1,464	2,955	0,334	4,530	0,000	0,153	1,056	1,229	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	88,095
353	0,155	42,00	0,240	0,889	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057	0,173	0,584	0,020	0,000	55,550
354	0,042	55,563	0,000	0,782	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,672	0,000	0,000	42,747
355	0,315	17,506	0,036	2,684	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	79,353
356	0,185	0,713	0,042	3,283	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	95,732
357	0,205	0,394	0,091	2,851	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,581	0,000	0,031	95,570
358	0,279	22,579	0,000	1,371	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,570	0,000	0,000	75,084
359	0,608	6,599	0,020	1,932	0,000	0,000	0,451	0,098	0,000	0,000	0,794	0,000	0,015	89,426
3510	0,295	34,110	0,105	1,169	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,147	0,595	0,014	0,000	63,288
3513	0,068	55,521	0,000	0,313	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,142	0,802	0,000	0,000	42,921
361	0,677	0,407	0,000	2,848	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	96,019
362	0,085	76,490	0,000	0,127	0,044	0,000	0,063	0,000	0,051	0,183	0,606	0,000	0,000	21,907
363	0,456	0,254	0,021	3,892	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,033	95,306

Tabela C.2. Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas outras peças: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento

	Pb	Au	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	Ti	Sn	Cd	Pd	Ag
302	0,065	70,853	0,000	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,216	0,620	0,000	0,00	27,752
304	0,366	3,140	0,000	1,536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	94,923
305	0,050	61,485	0,000	0,138	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,157	0,765	0,000	0,000	37,026
306	0,116	50,842	0,000	0,321	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,161	0,604	0,000	0,000	47,569
307	0,041	67,466	0,000	0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,191	0,867	0,000	0,000	30,961
308	0,141	57,026	0,000	0,214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,202	0,775	0,000	0,000	41,183
309	0,110	72,616	0,000	0,130	0,000	0,000	0,028	0,000	0,000	0,208	0,518	0,000	0,000	26,006
3010	0,460	3,025	0,000	1,843	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,576	0,000	0,029	93,888
3011	0,485	3,135	0,000	1,889	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,563	0,000	0,038	93,831
3012	0,059	75,095	0,000	0,095	0,000	0,000	0,030	0,000	0,050	0,216	0,632	0,000	0,000	23,472
3013	0,420	3,097	0,025	2,404	0,000	0,000	0,039	0,000	0,000	0,000	0,594	0,000	0,035	93,332
311	0,841	11,605	0,000	87,079	0,024	0,000	0,141	0,015	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,134
312	0,562	14,385	0,028	84,722	0,026	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,097
313	0,619	31,492	0,165	67,269	0,035	0,000	0,084	0,000	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,107
331	0,138	53,030	0,000	0,261	0,000	0,026	0,047	0,000	0,070	0,000	1,009	0,000	0,000	44,885
332	0,094	53,320	0,000	0,519	0,000	0,000	0,053	0,000	0,000	0,000	1,026	0,062	0,000	44,422
333	1,626	1,061	0,000	2,528	0,945	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	91,167
334	0,157	1,250	0,316	2,084	0,000	0,340	0,000	0,000	0,117	0,428	0,947	0,000	0,031	94,284
335	0,097	72,292	0,00	0,561	0,048	0,000	0,183	0,000	0,000	0,212	0,837	0,000	0,000	25,367
336	0,072	65,548	0,000	1,284	0,069	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000	1,105	0,064	0,000	34,005
337	0,086	35,104	0,000	2,022	0,098	0,000	0,156	0,000	0,000	0,000	1,119	0,041	0,000	61,262
338	0,412	0,595	1,706	14,405	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,899	0,000	0,016	81,648
339	0,199	47,068	0,083	1,606	0,000	0,000	0,111	0,000	0,000	0,000	1,000	0,036	0,023	49,695
402	0,496	31,758	0,180	66,846	0,015	0,000	0,009	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,404
403	0,058	59,820	0,000	1,208	0,000	0,000	0,064	0,000	0,069	0,175	0,537	0,000	0,000	37,774
404	0,071	60,085	0,000	1,598	0,000	0,000	0,053	0,000	0,000	0,202	0,615	0,000	0,000	37,073
406	0,224	23,238	0,308	3,643	0,000	0,024	0,107	0,000	0,098	0,283	0,000	0,000	0,016	71,667
408	0,874	0,281	0,033	5,492	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,632	0,000	0,030	92,499
409	1,200	12,826	0,135	3,271	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,733	0,017	0,024	81,352
751	0,206	40,327	0,316	0,748	0,000	0,019	0,000	0,000	0,080	0,233	0,762	0,025	0,012	56,846
754	0,202	47,276	0,000	3,664	0,028	0,019	0,185	0,000	0,083	0,295	0,762	0,000	0,000	46,947
756	0,112	25,516	0,381	0,415	0,000	0,023	0,211	0,000	0,119	0,322	0,695	0,021	0,000	71,741
757	0,355	31,114	0,446	1,610	0,000	0,028	0,043	0,000	0,133	0,379	0,701	0,016	0,000	64,613
758	0,234	35,345	0,365	1,117	0,000	0,019	0,082	0,000	0,091	0,325	0,725	0,020	0,000	61,207
759	0,291	48,245	0,000	3,000	0,000	0,015	0,051	0,000	0,000	0,222	0,765	0,000	0,000	46,923
7510	0,151	32,432	0,387	1,399	0,038	0,028	0,043	0,000	0,143	0,288	0,798	0,018	0,000	63,819
7511	0,300	37,407	0,392	0,294	0,000	0,018	0,240	0,000	0,094	0,280	0,765	0,030	0,000	59,712
391	0,385	29,536	0,247	1,565	0,000	0,027	0,000	0,000	0,065	0,296	0,605	0,012	0,000	66,964
392	0,202	45,314	0,224	0,326	0,000	0,000	0,000	0,000	0,063	0,221	0,875	0,035	0,020	52,362
393	0,573	0,520	0,000	2,233	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,755	0,000	0,032	95,857
394	0,151	46,603	0,292	0,306	0,000	0,000	0,027	0,000	0,075	0,230	0,836	0,033	0,000	51,013
395	0,304	1,036	0,052	3,599	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,831	0,034	0,046	94,096
396	0,167	51,572	0,000	0,434	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,269	0,897	0,000	0,000	46,062
399	0,289	44,901	0,305	0,595	0,000	0,000	0,348	0,000	0,066	0,271	0,796	0,029	0,012	51,937
3911	1,158	0,478	0,048	3,975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,241	0,779	0,000	0,032	93,063
3912	8,232	2,746	0,040	1,560	0,000	0,000	0,409	0,000	0,000	0,000	0,702	0,013	0,000	83,905
3913	0,444	0,405	0,000	3,559	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,816	0,016	0,034	94,503

6.4. Anexo D

Tabela D.1. Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas peças do *Tesouro da Rainha Santa Isabel*, excluindo o Au: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento

	Pb	Au	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	Ti	Sn	Cd	Pd	Ag
341	0,193	0,000	0,000	0,610	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,250	0,000	0,000	97,947
342a	0,354	0,000	0,051	2,496	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	97,054
343	0,319	0,000	0,348	6,683	0,000	0,000	0,207	0,000	0,000	0,000	0,524	0,000	0,027	91,892
344	0,513	0,000	0,000	1,727	0,000	0,000	0,063	0,000	0,136	0,445	0,956	0,000	0,000	96,159
344a	0,000	0,000	0,056	21,920	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	77,939
345	0,231	0,000	0,528	0,728	0,075	0,032	0,072	0,000	0,153	0,443	0,767	0,020	0,019	96,934
346	0,275	0,000	0,010	1,268	0,000	0,000	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	98,341
347	0,239	0,000	0,492	0,976	0,000	0,000	0,198	0,000	0,112	0,392	0,000	0,000	0,000	97,681
349	0,275	0,000	0,014	3,279	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,614	0,000	0,024	95,794
3410	0,426	0,000	0,435	2,171	0,000	0,000	0,092	0,000	0,109	0,000	1,119	0,034	0,023	95,200
3411	0,248	0,000	0,626	0,593	0,000	0,040	0,075	0,000	0,177	0,392	0,964	0,000	0,028	96,673
3412	0,162	0,000	0,036	1,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,577	0,605	0,000	0,032	98,088
3413	0,153	0,000	0,000	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,670	0,014	0,027	97,935
3414	0,087	0,000	0,000	0,768	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,138	0,000	0,000	98,006
3415	0,312	0,000	0,000	0,512	0,088	0,000	0,085	0,000	0,155	0,000	1,853	0,000	0,000	96,358
3416	0,124	0,000	0,110	6,805	0,000	0,000	0,103	0,000	0,000	0,637	0,677	0,000	0,013	91,976
3417	0,505	0,000	0,000	0,880	0,118	0,000	0,300	0,000	0,000	0,192	1,358	0,000	0,000	96,277
3418	0,123	0,000	0,020	0,559	0,000	0,000	0,041	0,000	0,000	0,562	0,685	0,000	0,018	98,553
3421	0,665	0,000	0,034	4,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,722	0,000	0,010	94,339
3424	0,498	0,000	0,071	2,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,199	0,850	0,019	0,043	96,048
351	0,195	0,000	0,146	5,802	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	93,808
352	1,511	0,000	0,345	4,675	0,000	0,158	1,090	1,268	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	90,916
353	0,299	0,000	0,416	1,542	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,300	1,013	0,035	0,000	96,327
354	0,095	0,000	0,000	1,768	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,519	0,000	0,000	96,619
355	0,382	0,000	0,044	3,258	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	96,316
356	0,186	0,000	0,042	3,307	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	96,432
357	0,206	0,000	0,092	2,870	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,585	0,000	0,031	96,216
358	0,361	0,000	0,000	1,774	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,737	0,000	0,000	97,128
359	0,651	0,000	0,021	2,070	0,000	0,000	0,483	0,105	0,000	0,000	0,851	0,000	0,016	95,803
3510	0,450	0,000	0,160	1,782	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,224	0,907	0,021	0,000	96,456
3513	0,154	0,000	0,000	0,707	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,321	1,813	0,000	0,000	97,005
361	0,680	0,000	0,000	2,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	96,459
362	0,369	0,000	0,000	0,551	0,191	0,000	0,273	0,000	0,221	0,793	2,627	0,000	0,000	94,975
363	0,457	0,000	0,021	3,903	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,033	95,566

Tabela D.2. Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas outras peças excluindo o Au:
identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento

	Pb	Au	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	Ti	Sn	Cd	Pd	Ag
302	0,226	0,000	0,000	0,285	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160	0,750	2,154	0,000	0,000	96,425
304	0,378	0,000	0,000	1,586	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	98,000
305	0,131	0,000	0,000	0,362	0,000	0,039	0,000	0,000	0,000	0,412	2,005	0,000	0,000	97,051
306	0,238	0,000	0,000	0,658	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,330	1,238	0,000	0,000	97,051
307	0,127	0,000	0,000	0,211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,180	0,593	2,694	0,000	0,000	96,194
308	0,331	0,000	0,000	0,503	0,000	0,000	0,000	0,000	0,115	0,475	1,821	0,000	0,000	96,755
309	0,407	0,000	0,000	0,481	0,000	0,000	0,104	0,000	0,000	0,707	1,919	0,000	0,000	96,319
3010	0,475	0,000	0,000	1,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,595	0,000	0,030	96,996
3011	0,501	0,000	0,000	1,951	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,582	0,000	0,039	96,927
3012	0,240	0,000	0,000	0,387	0,000	0,000	0,122	0,000	0,204	0,880	2,574	0,000	0,000	95,593
3013	0,434	0,000	0,026	2,482	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,613	0,000	0,036	96,369
311	0,953	0,000	0,000	98,678	0,027	0,000	0,160	0,017	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,152
312	0,658	0,000	0,033	99,133	0,030	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,113
313	0,906	0,000	0,242	98,482	0,051	0,000	0,123	0,000	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,157
331	0,297	0,000	0,000	0,562	0,000	0,056	0,101	0,000	0,151	0,000	2,173	0,000	0,000	96,660
332	0,204	0,000	0,000	1,124	0,000	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000	2,222	0,134	0,000	96,201
333	1,689	0,000	0,000	2,626	0,982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	94,703
334	0,160	0,000	0,321	2,118	0,000	0,035	0,000	0,000	0,119	0,435	0,962	0,000	0,032	95,819
335	0,355	0,000	0,000	2,022	0,176	0,000	0,670	0,000	0,000	0,776	3,065	0,000	0,000	92,902
336	0,196	0,000	0,000	3,497	0,188	0,000	0,313	0,000	0,000	0,000	3,010	0,174	0,000	94,563
337	0,133	0,000	0,000	3,121	0,151	0,000	0,241	0,000	0,000	0,000	1,727	0,063	0,000	82,401
338	0,416	0,000	1,722	14,538	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,907	0,000	0,016	94,203
339	0,377	0,000	0,157	3,044	0,000	0,000	0,210	0,000	0,000	0,000	1,896	0,068	0,044	0,594
402	0,730	0,000	0,265	98,317	0,022	0,000	0,013	0,000	0,000	0,059	0,000	0,000	0,000	0,594
403	0,145	0,000	0,000	3,029	0,000	0,000	0,160	0,000	0,173	0,439	1,346	0,000	0,000	94,707
404	0,179	0,000	0,000	4,034	0,000	0,000	0,134	0,000	0,000	0,510	1,553	0,000	0,00	93,590
406	0,293	0,000	0,403	4,770	0,000	0,031	0,140	0,000	0,128	0,371	0,000	0,000	0,021	93,842
408	0,878	0,000	0,033	5,516	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,635	0,000	0,030	92,908
409	1,383	0,000	0,156	3,769	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,845	0,020	0,028	93,743
751	0,348	0,000	0,533	1,263	0,000	0,032	0,000	0,000	0,135	0,393	1,286	0,042	0,020	95,947
754	0,387	0,000	0,000	7,021	0,054	0,036	0,355	0,000	0,159	0,565	1,460	0,000	0,000	89,963
756	0,151	0,000	0,515	0,561	0,000	0,031	0,285	0,000	0,161	0,435	0,939	0,028	0,000	96,895
757	0,520	0,000	0,653	2,356	0,000	0,041	0,063	0,000	0,195	0,555	1,026	0,023	0,000	94,569
758	0,365	0,000	0,569	1,740	0,000	0,030	0,128	0,000	0,142	0,506	1,130	0,031	0,000	95,360
759	0,568	0,000	0,000	5,852	0,000	0,029	0,099	0,000	0,000	0,433	1,492	0,000	0,000	91,527
7510	0,225	0,000	0,577	2,086	0,057	0,042	0,064	0,000	0,213	0,429	1,140	0,027	0,000	95,140
7511	0,483	0,000	0,631	0,473	0,000	0,029	0,386	0,000	0,151	0,450	1,284	0,048	0,000	96,065
391	0,549	0,000	0,352	2,230	0,000	0,038	0,000	0,000	0,093	0,422	0,862	0,017	0,000	95,437
392	0,372	0,000	0,412	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,407	1,611	0,064	0,037	96,381
393	0,576	0,000	0,000	2,245	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,759	0,000	0,032	96,387
394	0,285	0,000	0,551	0,578	0,000	0,000	0,051	0,000	0,142	0,434	1,578	0,062	0,000	96,318
395	0,307	0,000	0,053	3,637	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,840	0,034	0,046	95,083
396	0,349	0,000	0,000	0,906	0,000	0,000	0,000	0,000	0,136	0,562	1,873	0,000	0,000	96,175
399	0,529	0,000	0,558	1,089	0,000	0,000	0,637	0,000	0,121	0,496	1,457	0,053	0,022	95,039
3911	1,166	0,000	0,048	4,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,243	0,785	0,000	0,032	93,723
3912	8,678	0,000	0,042	1,645	0,000	0,000	0,431	0,000	0,000	0,000	0,740	0,014	0,000	88,450
3913	0,446	0,000	0,000	3,574	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,201	0,820	0,016	0,034	94,909

6.5. Anexo E

Tabela E.1. Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas peças do *Tesouro da Rainha Santa Isabel*, excluindo o Au e o Cu: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento

	Pb	Au	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	Ti	Sn	Cd	Pd	Ag
341	0,194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,258	0,000	0,000	98,549
342a	0,363	0,000	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	99,538
343	0,342	0,000	0,373	0,000	0,000	0,000	0,222	0,000	0,000	0,000	0,561	0,000	0,029	98,473
344	0,522	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,000	0,139	0,453	0,973	0,000	0,000	97,849
344a	0,000	0,000	0,072	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	99,819
345	0,232	0,000	0,531	0,000	0,076	0,032	0,073	0,000	0,154	0,446	0,772	0,020	0,019	97,645
346	0,279	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	99,605
347	0,241	0,000	0,497	0,000	0,000	0,000	0,109	0,000	0,113	0,396	0,000	0,000	0,000	98,644
349	0,284	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,635	0,635	0,025	99,041
3410	0,435	0,000	0,445	0,000	0,000	0,000	0,094	0,000	0,112	0,400	1,143	1,143	0,023	97,313
3411	0,249	0,000	0,630	0,000	0,000	0,040	0,075	0,000	0,178	0,581	0,970	0,970	0,028	97,249
3412	0,163	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,611	0,611	0,033	99,156
3413	0,155	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,678	0,678	0,028	99,124
3414	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,147	1,147	0,000	98,765
3415	0,313	0,000	0,000	0,000	0,088	0,000	0,086	0,000	0,155	0,640	1,863	1,863	0,000	96,855
3416	0,133	0,000	0,118	0,000	0,000	0,000	0,111	0,000	0,000	0,206	0,726	0,726	0,014	98,691
3417	0,509	0,000	0,000	0,000	0,119	0,00	0,303	0,000	0,000	0,567	1,370	1,370	0,000	97,132
3418	0,124	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,689	0,689	0,018	99,107
3421	0,693	0,000	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,207	0,752	0,752	0,011	98,301
3424	0,509	0,000	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,438	0,868	0,868	0,044	98,138
351	0,208	0,000	0,155	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	99,586
352	1,585	0,000	0,362	0,000	0,000	0,166	1,143	1,331	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039	95,375
353	0,273	0,000	0,423	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,305	1,029	0,035	0,000	97,835
354	0,097	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,546	0,000	0,000	98,375
355	0,395	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000	99,560
356	0,193	0,000	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	99,730
357	0,212	0,000	0,094	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,602	0,000	0,032	99,059
358	0,367	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,751	0,000	0,000	98,882
359	0,665	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,493	0,107	0,000	0,000	0,869	0,000	0,016	97,827
3510	0,458	0,000	0,163	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,228	0,923	0,022	0,000	98,206
3513	0,155	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,323	1,826	0,000	0,000	97,696
361	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	99,300
362	0,371	0,000	0,000	0,000	0,192	0,000	0,275	0,000	0,222	0,798	2,642	0,000	0,000	95,501
363	0,476	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,034	99,447

Tabela E.2. Composição, em percentagem %, de cada uma das amostras analisadas, por MP, nas outras peças, excluindo o Au e o Cu: identificação das zonas douradas, a amarelo, e não douradas, a cinzento

	Pb	Au	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	Ti	Sn	Cd	Pd	Ag
302	0,226	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160	0,753	2,160	0,000	0,000	96,700
304	0,384	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	99,579
305	0,132	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039	0,000	0,000	0,000	0,413	2,012	0,000	0,000	97,404
306	0,239	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,332	1,246	0,000	0,000	98,147
307	0,128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,181	0,595	2,699	0,000	0,000	96,398
308	0,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,477	1,830	0,000	0,000	97,244
309	0,409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,104	0,000	0,000	0,774	1,928	0,000	0,000	96,785
3010	0,484	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,607	0,000	0,031	98,878
3011	0,511	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,593	0,000	0,040	98,856
3012	0,241	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,123	0,000	0,204	0,883	2,584	0,000	0,000	95,965
3013	0,445	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,0410	0,000	0,000	0,000	0,629	0,000	0,037	98,822
311	72,065	0,000	0,000	0,000	2,057	0,000	12,082	1,285	0,000	0,000	1,028	0,000	0,000	11,482
312	75,843	0,000	3,779	0,000	3,509	0,000	2,429	0,000	0,000	0,000	1,350	0,000	0,000	13,090
313	59,691	0,000	15,911	0,000	3,375	0,000	8,100	0,000	0,000	0,000	2,604	0,000	0,000	10,318
331	0,299	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056	0,102	0,000	0,152	0,000	2,185	0,000	0,000	97,206
332	0,206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,000	0,000	0,000	2,247	0,136	0,000	97,295
333	1,735	0,000	0,000	0,000	1,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	97,257
334	0,163	0,000	0,328	0,000	0,000	0,035	0,000	0,000	0,121	0,444	0,983	0,000	0,032	97,892
335	0,363	0,000	0,000	0,000	0,179	0,000	0,684	0,000	0,000	0,793	3,130	0,000	0,000	94,851
336	0,203	0,000	0,000	0,000	0,195	0,000	0,325	0,000	0,000	0,000	3,119	0,181	0,000	95,978
337	0,137	0,000	0,000	0,000	0,156	0,000	0,249	0,0000	0,000	0,000	1,783	0,065	0,000	97,610
338	0,487	0,000	2,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,062	0,000	0,019	96,418
339	0,389	0,000	0,162	0,000	0,000	0,000	0,217	0,000	0,000	0,000	1,955	0,070	0,045	97,161
402	43,357	0,000	15,734	0,000	1,311	0,000	0,787	0,000	0,000	3,497	0,000	0,000	0,000	35,315
403	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,165	0,000	0,178	0,452	1,388	0,000	0,000	97,665
404	0,187	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,139	0,000	0,000	0,531	1,618	0,000	0,000	97,525
406	0,308	0,000	0,424	0,000	0,000	0,033	0,147	0,000	0,135	0,389	0,000	0,000	0,022	98,542
408	0,929	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,672	0,0000	0,032	98,332
409	1,437	0,000	0,162	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,878	0,020	0,029	97,415
751	0,352	0,000	0,540	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,137	0,398	1,303	0,043	0,021	97,174
754	0,416	0,000	0,000	0,000	0,058	0,039	0,381	0,000	0,171	0,608	1,570	0,000	0,000	96,756
756	0,152	0,000	0,517	0,000	0,000	0,031	0,287	0,000	0,162	0,437	0,944	0,029	0,000	97,441
757	0,532	0,000	0,669	0,000	0,000	0,042	0,064	0,000	0,199	0,568	1,051	0,024	0,000	96,851
758	0,371	0,000	0,579	0,000	0,000	0,030	0,130	0,000	0,144	0,515	1,150	0,032	0,000	97,049
759	0,603	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,106	0,000	0,000	0,460	1,585	0,000	0,000	97,215
7510	0,230	0,000	0,589	0,000	0,058	0,043	0,065	0,000	0,218	0,438	1,165	0,027	0,000	97,167
7511	0,485	0,000	0,634	0,000	0,000	0,029	0,388	0,000	0,152	0,453	1,290	0,048	0,000	96,521
391	0,561	0,000	0,360	0,000	0,000	0,039	0,000	0,000	0,095	0,431	0,882	0,017	0,000	97,614
392	0,374	0,000	0,415	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,117	0,409	1,620	0,065	0,037	96,963
393	0,589	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,777	0,000	0,033	98,601
394	0,287	0,000	0,555	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000	0,142	0,437	1,588	0,063	0,000	96,878
395	0,319	0,000	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,871	0,036	0,048	98,671
396	0,352	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,137	0,567	1,890	0,000	0,000	97,054
399	0,535	0,000	0,564	0,000	0,000	0,000	0,644	0,000	0,122	0,501	1,473	0,054	0,022	96,085
3911	1,215	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,253	0,817	0,000	0,034	97,631
3912	8,823	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,438	0,000	0,000	0,000	0,752	0,014	0,000	89,929
3913	0,462	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,850	0,017	0,035	98,427

