



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



ISSN 2178-4507

LFNATEC

Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada

Volume 12, Número 01
Julho de 2008 - 1ª Edição
Londrina - Paraná

LFNATEC - Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada

ISSN 2178-4507

COMISSÃO EDITORIAL (LFNA- UEL)

Prof. Dr. Carlos Roberto Appoloni
Prof. Dr. Otávio Portezan Filho
Prof. Dr. Avacir Casanova Andreollo
Prof. Dr. Paulo Sérgio Parreira

APOIO TÉCNICO:

Msc. Fábio Lopes

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Camila Veiga

EDITORAÇÃO WEB

Eduardo Galliano

CORRESPONDÊNCIA

LABORATÓRIO DE FÍSICA NUCLEAR APLICADA
Departamento de Física
Centro de Ciências Exatas
Universidade Estadual de Londrina
CEP 86055 - 900
Caixa Postal 6001
Londrina – Paraná

TELEFONES

(43) 3371-4169
(43) 3371-4736

FAX

(43) 3371-4166

EMAIL: appoloni@uel.br

HOMEPAGE: [http://www.fisica.uel.br/gfna/
publictec.html](http://www.fisica.uel.br/gfna/publictec.html)

Os artigos aqui publicados são de inteira responsabilidade dos autores e seus colaboradores, sempre identificados em cada texto. A reprodução parcial ou total do conteúdo aqui publicado, para fins que não sejam educacionais, de divulgação científica e não comerciais, é proibida.

ANÁLISE DE JOIAS PERTENCENTES AO ACERVO DO MUSEU HISTÓRICO NACIONAL POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X PORTÁTIL

***PAULO S. PARREIRA, TIAGO D. GALVÃO e CARLOS R.
APPOLONI***

Universidade Estadual de Londrina, CCE, Departamento de Física, C.P
6001, CEP 86051-990, Londrina, Brasil.

Contato: parreira@uel.br, tdggalvao@yahoo.com.br, appoloni@uel.br

**ANÁLISE DE JÓIAS PERTENCENTES AO ACERVO DO MUSEU
HISTÓRICO NACIONAL POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X
PORTÁTIL**

Medidas realizadas nas dependências do Museu Histórico Nacional
Rio de Janeiro, outubro/2006.

EQUIPE ENVOLVIDA NAS MEDIDAS E NA ANÁLISE DOS DADOS

DR. PAULO SERGIO PARREIRA
BEL. **TIAGO DUTRA GALVÃO**
PROF. DR. CARLOS ROBERTO APPOLONI

LABORATÓRIO DE FÍSICA NUCLEAR APLICADA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

1. INTRODUÇÃO

Os raios X formam parte do espectro eletromagnético, com comprimentos de onda que variam da ordem de 10 nm a 0,01 nm (0,124-124 keV), tendo sua origem em dois processos físicos distintos: ou pela desaceleração de um feixe de elétrons de alta energia, em tubos de raios X (tubos de raios catódicos), onde parte ou toda a energia cinética dos elétrons é convertida em raios X (radiação de “Bremsstrahlung”), ou pela transição de elétrons entre as camadas mais internas dos átomos. Os raios X produzidos pela desaceleração de um feixe de elétrons formam um *espectro contínuo* de distribuição de energia, que está diretamente associada com a alta tensão aplicada ao tubo, ao passo que os raios X originados pela transição de elétrons dentro dos átomos formam um *espectro discreto* de distribuição de energia e está diretamente associada ao número atômico do elemento químico (raios X característicos).

O segundo processo, ou seja, os raios X característicos, é que forma a base da técnica analítica de fluorescência de raios X, pois, se pudermos identificar e medir os raios X característicos, identificamos o elemento químico que o origina e determinamos sua concentração. Dessa forma, a técnica consiste em “provocar” transições eletrônicas para que ocorra a emissão de raios X característicos; separar os raios X característicos em função de sua energia, e medi-los. No presente texto apresenta-se a técnica que analisa os raios X característicos utilizando um sistema portátil, PXRF (*Portable Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*).

Para que ocorram as transições eletrônicas, que originarão os raios X característicos nos átomos, é necessário retirar os elétrons das camadas mais internas dos átomos, camadas K, L, M, através do efeito fotoelétrico, e isto é conseguido fazendo-se incidir sobre a amostra a ser analisada um feixe de radiação (daí o nome fluorescência). A Figura 1, ilustra o processo.

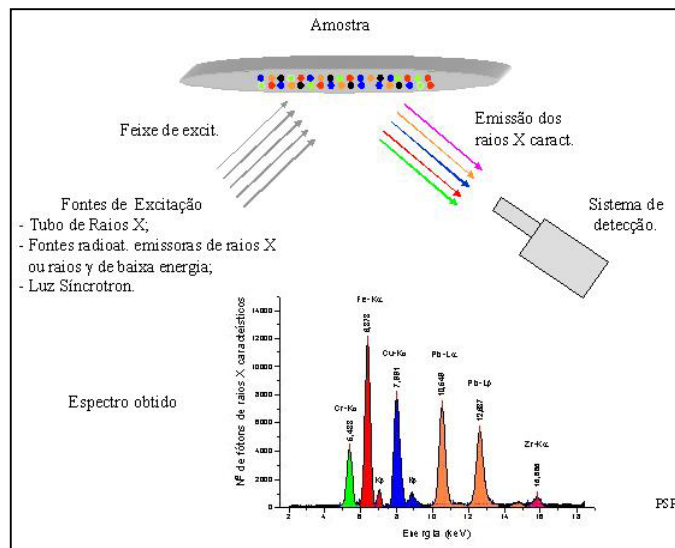


Figura 1 – Diagrama ilustrativo do processo de fluorescência de raios X

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas dez peças com o objetivo de se verificar a presença de metais nobres (ouro e prata) na constituição da liga metálica das mesmas, a Tabela abaixo apresenta a descrição das peças.

As medidas foram realizadas na biblioteca do Museu Histórico Nacional com um sistema portátil de ED-XRF (*Energy Dispersive X-ray Fluorescence*), sendo constituído por:

- mini tubo de Raios X (Moxtek Inc.) com anodo de Prata e filtro de prata (Ag) de 50 μm de espessura;
- Detector de Si-PIN, XR100 (Amptek Inc.);
- Fonte de Tensão e Amplificador acoplados, PX2CR (Amptek Inc.);
- Multicanal MCA 8000A (Amptek Inc.);
- Notebook (Sony), para a aquisição dos dados;
- Suporte especialmente projetado para colocação do sistema tubo-detector, com graus de movimentação angular e de translação para o detector e o tubo, simultaneamente.

Tabela 1 – Descrição das peças analisadas.

Porta guardanapos	P. Guard (Peça com aspecto prateado, número de registro 018.805)
Relicário dourado	Relicário 01 (Peça com aspecto dourado, número de registro 003.449, 2 medidas)
Relicário dourado	Relicário 02 (Peça com aspecto dourado número de registro 017.939, 3 medidas)
Tabaqueira dourada	Tabaqueira 01 (Peça com aspecto dourado, número de registro 006.060, 1 medida)
Crucifixo dourado	Crucifixo 01 (Peça com aspecto dourado)
Cigarreira dourada	Cigarreira 01 (Peça com aspecto dourado e detalhes em prata, 2 medidas)
Bracelete prateado	Bracelete 01 (Peça com aspecto prateado, número de registro 017.305, 2 medidas)
Bracelete dourado	Bracelete 02 (Peça com aspecto dourado, número de registro 003.677)
Pingente dourado	Pingente 01 (Peça com aspecto dourado, número de registro 017.030, 1 medida)
Caneta dourada	Caneta 01 (Peça com aspecto dourado, número de registro 005.960, 1 medida)

As medidas foram realizadas em uma atmosfera de ar com um tempo de excitação-deteção de 1000 segundos e as condições de operação do sistema foram de 28 kV de tensão e $2\mu\text{A}$ de corrente.

Os espectros de raios X obtidos foram processados pelo programa AXIL, distribuido pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). A Figura 2 mostra o sistema de medidas.

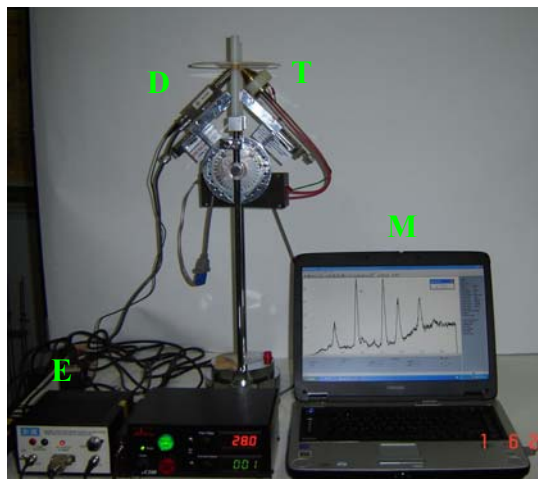


Figura 2 - Sistema portátil de de EDXRF:(D) – detector de raios X; (T) – mini tubo de raios X; (E) – eletrônica padrão para espectroscopia de raios X; (M) – *Notebook* para aquisição dos espectros.

3. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 a 13 apresentam os espectros de energia para cada peça medida e a identificação dos elementos majoritários da constituição da liga metálica. Basicamente, a liga metálica das peças é constituída por cobre (Cu) mais prata (Ag) ou ouro (Au), dependendo da jóia analisada. Também foram observados traços de mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) no Porta guardanapos e Relicário 01; traços de chumbo no Bracelete prateado e traços de mercúrio no Relicário 02. O elemento argônio (Ar) que está presente nos espectros é proveniente do ar, uma vez que as medidas não foram realizadas em atmosfera inerte e o elemento níquel (Ni) que aparece no espectro da Figura 13 é devido a contaminação do nosso sistema de medidas.

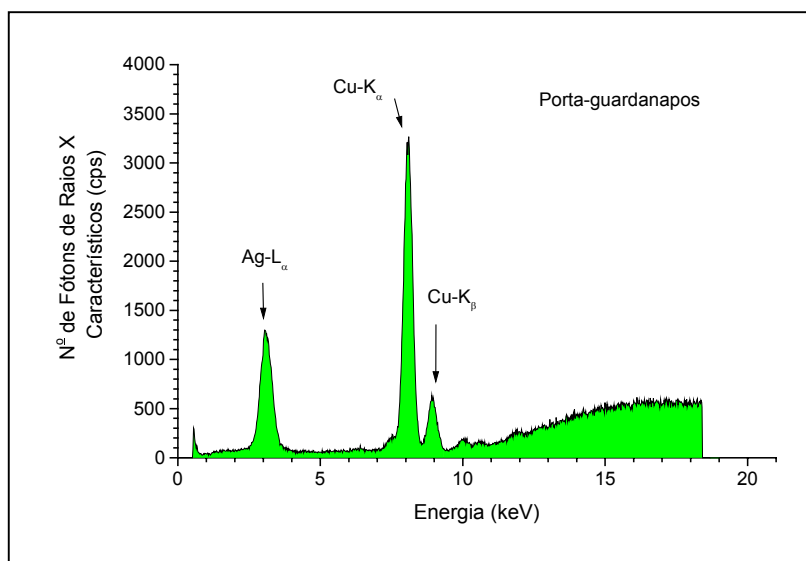


Figura 3 – Espectro de energia obtido para o porta guardanapos, identificando a presença majoritária de prata (Ag) e de cobre (Cu).

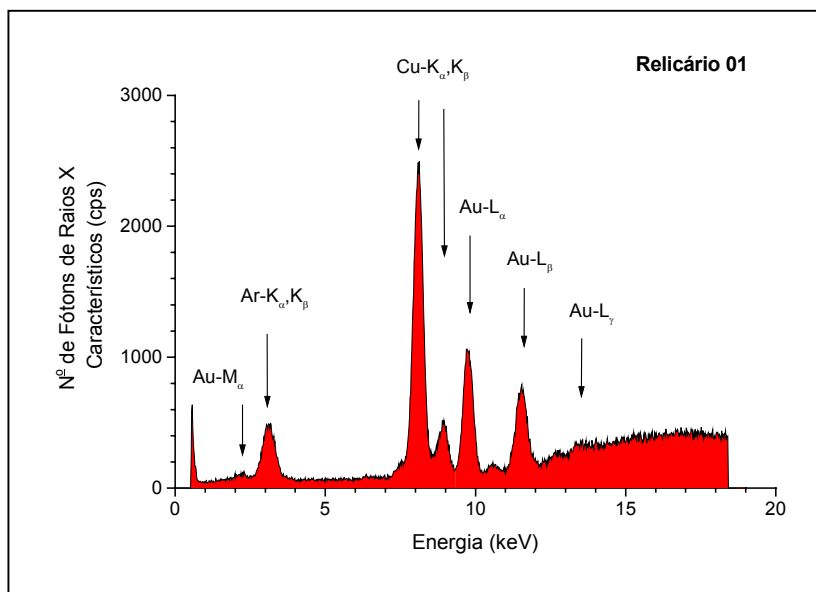


Figura 4 – Espectro de energia obtido para o relicário 01, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

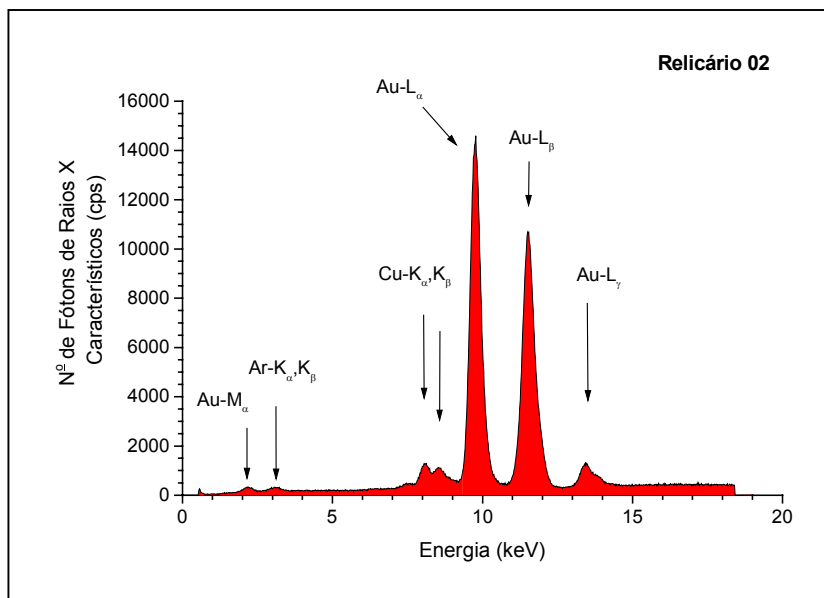


Figura 5 – Espectro de energia obtido para o relicário 02, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

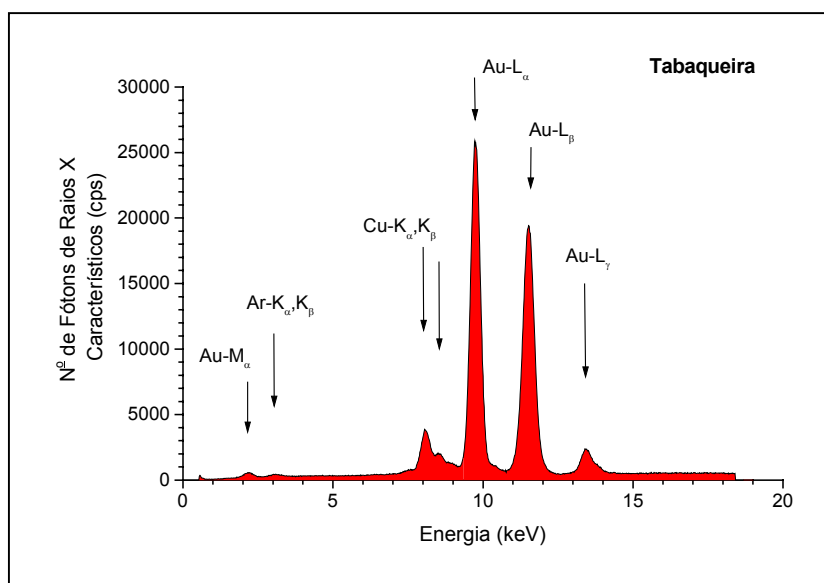


Figura 6 – Espectro de energia obtido para a tabaqueira, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

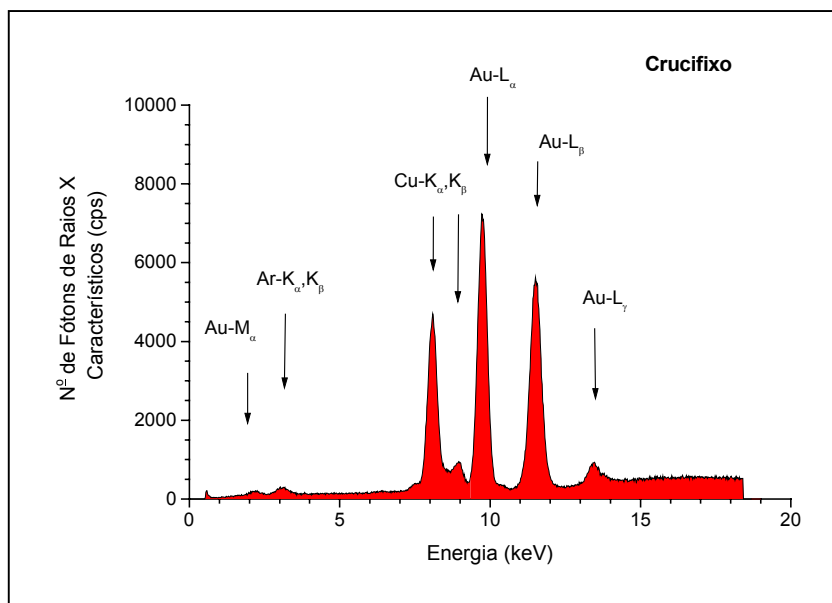


Figura 7 – Espectro de energia obtido para o crucifixo, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

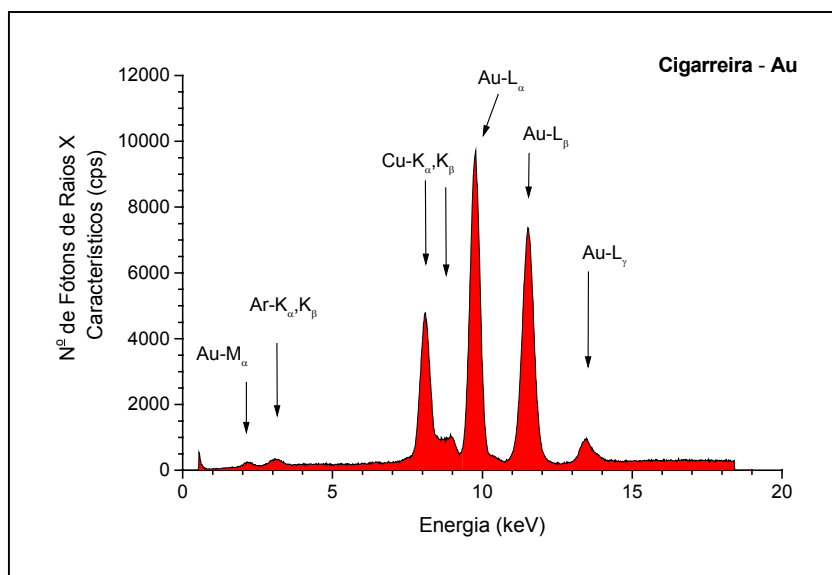


Figura 8 – Espectro de energia obtido para a cigarreira, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

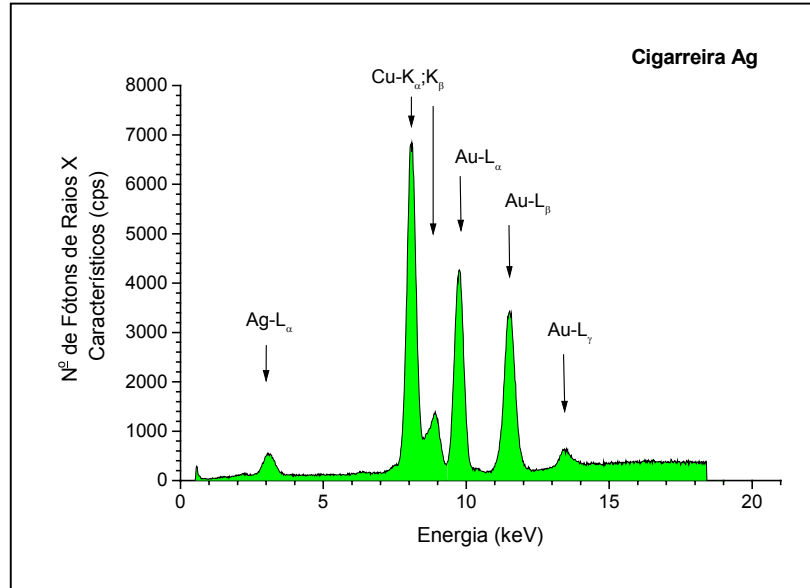


Figura 9 – Espectro de energia obtido para a cigarreira, identificando a presença majoritária de prata (Ag), ouro (Au) e cobre (Cu).

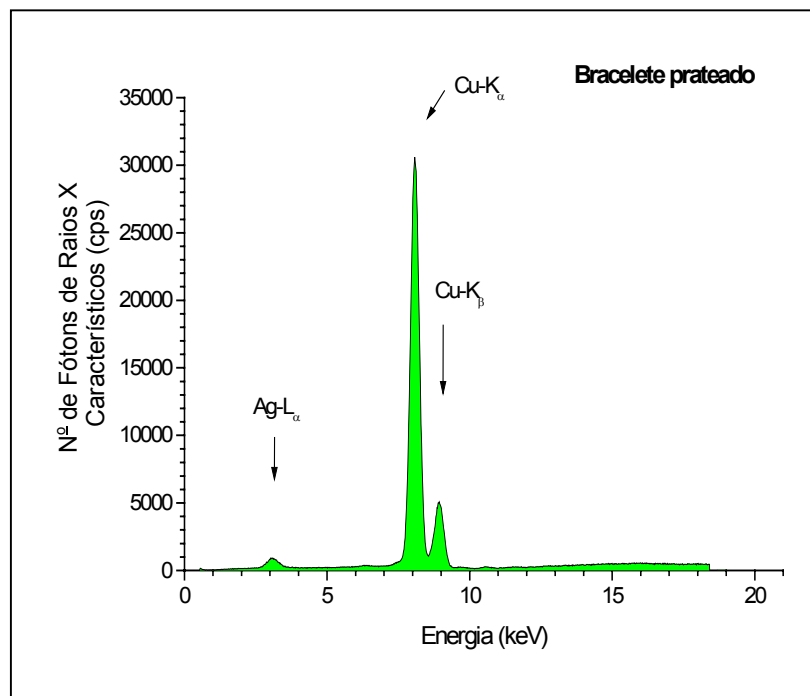


Figura 10 – Espectro de energia obtido para o bracelete prateado, identificando a presença majoritária de prata (Ag) e de cobre (Cu).

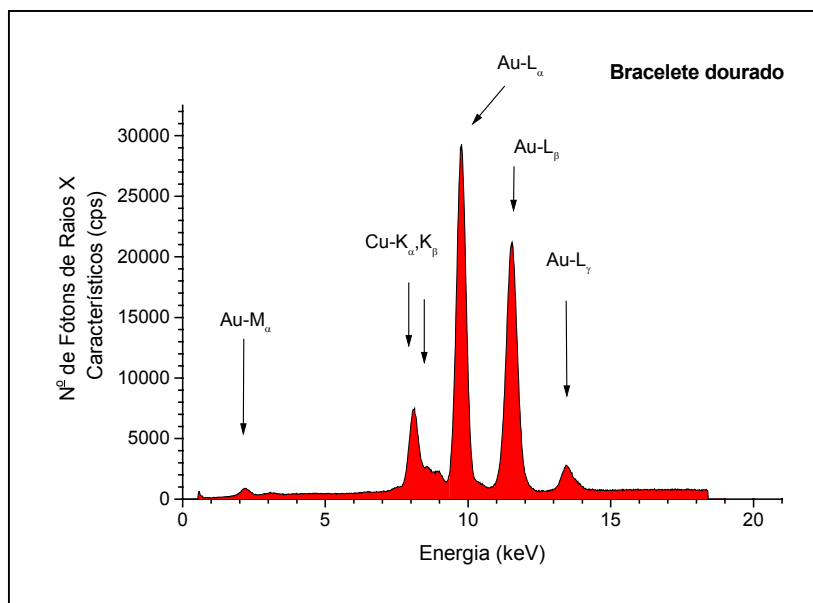


Figura 11 – Espectro de energia obtido para o bracelete dourado, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

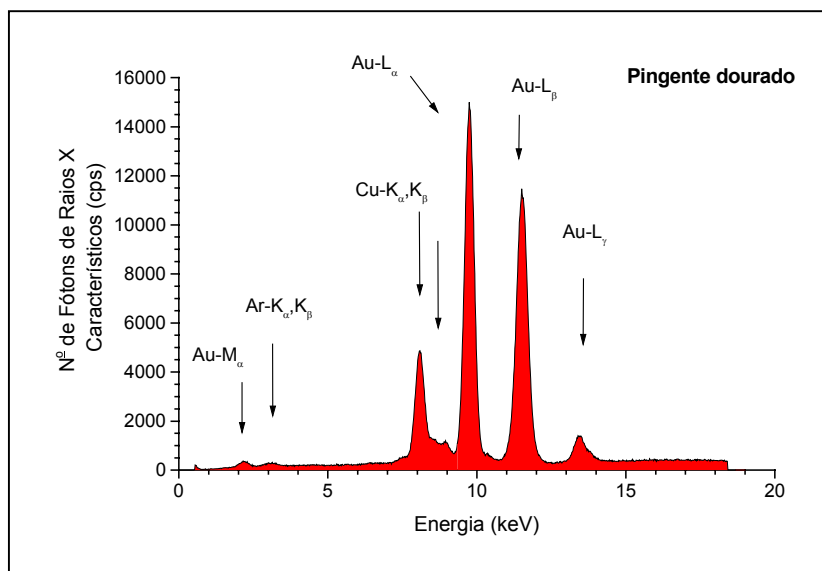


Figura 12 – Espectro de energia obtido para o pingente dourado, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

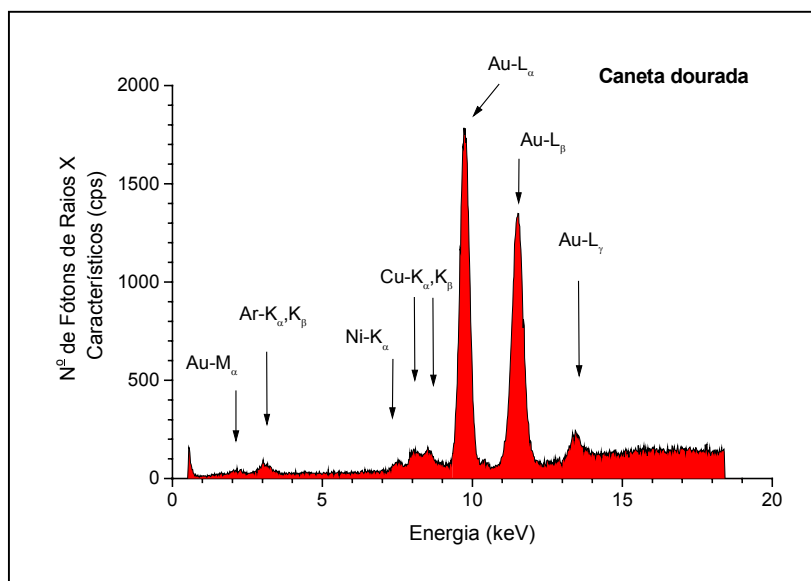


Figura 13 – Espectro de energia obtido para a caneta dourada, identificando a presença majoritária de ouro (Au) e de cobre (Cu).

A partir dos espectros, são obtidas as intensidades dos raios X característicos (quantidade fótons observados por unidade de tempo) de cada elemento identificado. As Tabelas 01 e 02 apresentam as intensidades obtidas para cada peça analisada.

Dessa forma, as peças *Porta Guardanapos* (registro 018.805) e *Bracelete Prateado* (registro 017.305) podem ser classificadas como **jóias de prata** e as peças com aspecto dourado como o *Bracelete* (registro 003.677), a *Caneta* (registro 005.960), o *Crucifixo*, o *Pingente* (registro 017.030), o *Relicário 01* (registro 003.449), *Relicário 02* (registro 017.939) e a *Tabaqueira* (registro 006.060), classificadas como **jóias de ouro**. A peça *Cigarreira Dourada* pode ser classificada como uma peça de ouro com regiões folheadas em prata, pois foi possível verificar a presença destes dois metais nobres em sua constituição.

Tabela 01 - Intensidade dos raios X característicos das peças classificadas como jóias de prata (Ag).

Peças de Ag	Intensidade (cps)				
	Cu(29)	Ag(47)	Au(79)	Hg(80)	Pb(82)
P. Guard					
Medida 1	69,05 ± 0,40	12,18 ± 0,81	0,37 ± 0,08	1,71 ± 0,10	1,37 ± 0,10
Medida 2	61,17 ± 0,38	11,39 ± 0,75	0,41 ± 0,08	2,13 ± 0,09	1,32 ± 0,10
Bracelete 01					
Medida 1	578,3 ± 1,2	11,55 ± 0,38	1,37 ± 0,13	nd	2,38 ± 0,13
Medida 2	296,85 ± 0,81	8,39 ± 0,39	1,06 ± 0,09	nd	0,78 ± 0,10
Cigarreira 01					
Medida 1	124,09 ± 0,59	5,17 ± 0,19	84,18 ± 0,37	nd	nd

nd = não determinado

Tabela 02 - Intensidade dos raios X característicos das peças classificadas como jóias de ouro (Au).

Peças de Au	Intensidade (cps)			
	Cu(29)	Au(79)	Hg(80)	Pb(82)
Bracelete 02				
Medida 1	132,38 ± 0,67	604,5 ± 1,1	nd	nd
Medida 2	105,57 ± 0,58	194,28 ± 0,64	nd	nd
Caneta 01				
Medida 1	1,86 ± 0,08	35,96 ± 0,25	nd	nd
Cigarreira 01				
Medida 2	87,66 ± 0,52	195,67 ± 0,63	nd	nd
Crucifixo 01				
Medida 1	84,07 ± 0,46	141,48 ± 0,51	nd	nd
Pingente 01				
Medida 1	86,43 ± 0,49	297,59 ± 0,74	nd	nd
Relicário 01				
Medida 1	14,07 ± 0,20	4,35 ± 0,11	0,07 ± 0,09	0,25 ± 0,09
Medida 2	47,04 ± 0,37	20,61 ± 0,23	0,16 ± 0,15	1,51 ± 0,13
Relicário 02				
Medida 1	17,81 ± 0,26	276,34 ± 0,95	45,08 ± 0,78	nd
Medida 2	9,56 ± 0,19	136,24 ± 0,69	22,01 ± 0,55	nd
Medida 3	1,54 ± 0,13	102,53 ± 0,59	14,54 ± 0,48	nd
Tabaqueira 01				
Medida 1	62,85 ± 0,44	520,63 ± 0,99	nd	nd

nd = não determinado

Os resultados apresentados nas Tabelas 01 e 02 são as quantidades de fótons de raios X que cada elemento emitiu durante a realização das medidas, sendo equivalentes às quantidades dos mesmos nas diferentes peças e não aos seus valores de concentração.

O ensaio por PXRF feito com as peças do acervo do Museu Histórico Nacional mostrou ser possível identificar o referido conjunto de jóias do acervo do museu como sendo peças de boa qualidade, não apresentando em sua liga metálica outros metais menos nobres em concentrações significativas. A determinação dos teores (%) de prata e ouro, nas referidas peças, só será possível após uma calibração adequada e novas medidas.