

UMA ABORDAGEM SOBRE O SETOR JOALHEIRO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM¹

Raimunda Figueiredo da Silva Maia²
Augusta Maria Paulain Ferreira Felipe³
Fernando Antonio de Sa³
Carlos Edilson de Almeida Maneschky³

Resumo

Estado do Pará apresenta diversidade de reservas minerais, entre elas podemos citar as auríferas em Serra Pelada meso região do sudeste e em Itaituba meso região do sudoeste paraense. Na região metropolitana de Belém, são produzidas peças para joalheria utilizando ligas de ouro e ligas de prata. No pólo joalheiro do estado estão reunidos produtores organizados em Micro e Pequenas Empresas (MPES) e produtores não formalizados, que se mantêm economicamente de suas produções. A produção dessas jóias é feita sob a ação direta de calor, processo predominante ou pelo processo semi-industrial de micro fusão em cera perdida. Neste contexto as ligas de prata produzidas pelo processo de fundição em cera perdida foram caracterizadas por Espectroscopia de Energia Dispersiva (MEV). As características micro estruturais foram observadas através da microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura. Medidas de dureza *Vickers* foram realizadas. O objetivo consta na quantificação dos teores de prata das ligas utilizadas na fabricação. Os resultados apresentaram o percentual de prata na faixa admissível para a utilização no fabrico de adornos segundo a NBR 13703.

Palavras-chave: Prata; Ligas; Caracterização.

AN APPROACH ON THE JEWELERS SECTOR IN THE METROPOLITAN REGION OF BELEM (PARA, BRAZIL)

Abstract

Pará featuring a variety of mineral reserves, including we cite the Serra Pelada gold in meso and in southwestern Itaituba meso region of southwestern Pará. In the metropolitan region of Belém, are produced for jewelry pieces using gold alloys and silver alloys. In the center of the state are meeting jeweler producers organized in Micro and Small Enterprises (MSEs) and producers do not formalized, they remain economically from their productions. The production of jewelry is made under the direct action of heat, the predominant process or the process of semi-industrial micro melting wax lost. In this context, the silver alloys produced by the process lost wax casting were characterized by Energy Dispersive Spectroscopy (SEM). The microstructures characteristics were observed by optical microscopy and scanning electron microscopy. *Vickers* hardness measurements were performed. The objective consists in quantifying of the contents of silver alloys used in manufacturing. The results showed the percentage of silver in the allowable range for the manufacture of ornaments according to NBR 13703.

Key words: Silver; Alloys; Characterization.

¹ *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Mestre.*

³ *Doutor(a).*

1 INTRODUÇÃO

Na região metropolitana de Belém encontra-se em atividade o setor joalheiro apoiado pelo governo do Estado, composto por pequenos produtores no espaço São José Liberto [Maia, 2007]. O Estado do Pará apresenta diversidade de reservas minerais, entre elas podemos citar as auríferas em Serra Pelada meso região do sudeste e em Itaituba meso região do sudoeste paraense. No aspecto mercadológico, em termos de Brasil, este setor possui grandes possibilidades de ampliação e desenvolvimento [Rebello, 2007; Tajara, 2010].

O mercado de joias em prata é bastante promissor, por se tratar de um metal branco com alta refletividade o que lhe confere beleza, por ser menos denso que o ouro facilita a confecção de peças com menor peso, visualmente atrativas e baixo custo [Tajara, 2010; Handbook, 2000]. A introdução do elemento cobre, promove o aumento da resistência mecânica.

A liga Ag 925 é tradicionalmente utilizada na Europa e nos Estados Unidos para joias de prata [Handbook, 1992], no Brasil predomina na produção industrial, sendo um dos teores mínimos aceitos pela norma NBR 13703. Atualmente a fabricação de jóias pelos produtores locais se dá de maneira artesanal ou semi-industrial, o que leva a necessidade do controle de qualidade na elaboração das ligas utilizadas, visando à melhoria da técnica empregada e a adequação aos padrões nacionais e internacionais. As ligas foram identificadas por micro empresas como S_G e M_P.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de microfusão (fundição por cera perdida), amplamente utilizado na fabricação de peças que necessitam de precisão dimensional, facilita a obtenção de artefatos praticamente acabados, necessitando de pequenos ajustes para sua finalização. Utilizou-se cera para a elaboração dos modelos, material cerâmico para obtenção do molde, prata e uma liga denominada pré liga para a elaboração do material constituinte das peças.

2.1 Preparação dos Modelos em Cera

Obteve-se os modelos pretendidos com a injeção de cera em molde de borracha, Figura 1a utilizando injetora modelo BQZ Figura 1b.



Figura 1. Obtenção dos modelos em cera (a) e injetora de cera (b).

Os modelos obtidos Figura 2a são fixados no bastão de cera formando uma árvore Figura 2b.



Figura 2. Modelos em cera (a) e árvores construídas (b).

2.2 Preparação do Molde em Cerâmica (Revestimento)

A árvore construída é introduzida em um cilindro metálico de aço inoxidável contendo orifícios (Figura 3a), cuja parede externa é recoberta com papel. Em seguida é feito o vazamento da massa cerâmica (Figura 3b), com secagem à temperatura ambiente. O conjunto é levado para um forno elétrico da marca Vulcano, pré-aquecido à 150°C onde ocorre a remoção completa de água e cera constituindo no molde desejado. O processo de calcinação ocorre em ciclo de 10 horas, dependendo da temperatura requerida pela matéria prima (cerâmica) utilizada na confecção do molde.



Figura 3. A árvore no cilindro (a) e material cerâmico sendo vertido sobre a árvore (b).

2.3 Preparação da Liga (Fundição)

A liga é elaborada a partir da fusão do metal prata (Ag) com uma liga denominada comercialmente como “pré-liga”. Esse material é colocado em cadinho de grafite, na estação de fundição Figura 4, que opera com controle de temperatura e câmara de vácuo. Este dispositivo contém um espaço para o cadinho com metal e outro para o tubo de aço inox contendo o molde, onde a liga é vazada.

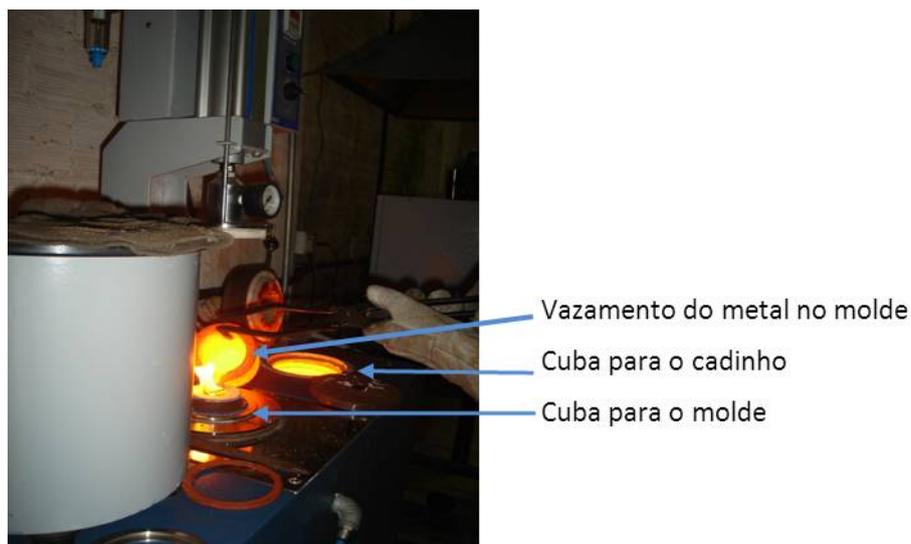


Figura 4. Estação de fundição.

2.4 Remoção das Peças (Árvore)

Após a solidificação do metal no molde, a massa refratária é removida mecanicamente com um jato de água a temperatura ambiente Figura 5a, obtendo-se a árvore das peças em metal Figura 5b. As peças são separadas por corte dos canais de alimentação, seguido de acabamento de possíveis rebarbas e o polimento.



Figura 5. Remoção da massa refratária (a) e árvore das peças em prata (b).

As análises qualitativa e semi quantitativa dos elementos presentes nas ligas em estudo, são avaliadas através de microscopia eletrônica de varredura em equipamento modelo LEO,1450VP, acoplado ao *energy dispersive spectroscopy* (EDS). Para a realização do ensaio de dureza, as amostras foram previamente preparadas (embutimento, limpeza e lixamento). Utilizou-se microdurômetro modelo HMV – 2 Shimadzu, baseado nos parâmetros de carga e de tempo. A menor unidade de medição do comprimento da diagonal corresponde a 0,01 mm (objetiva de 40x), garantindo maior precisão na medida. A escala Vickers foi à utilizada, com carga de 100 gf. durante 30 segundos.

3 RESULTADOS

Os resultados de composição qualitativa e semi quantitativa das amostras deste trabalho foram obtidos a partir das análises por EDS (*energy dispersive spectroscopy*).

3.1 Prata

A Tabela 1 mostra a média dos resultados da composição qualitativa e semi quantitativa da prata. O resultado indica que a prata (99,56%) utilizada é de boa qualidade para a fabricação de jóias. A NBR 13703 admite a faixa de 80 a 92,50% em prata nas ligas utilizadas para a indústria joalheira.

Tabela 1. Análise qualitativa e semiquantitativa da Prata

Elemento	Prata %	Cobre %	Zinco %	Total %
Média	99,56	0,18	0,26	100,00

3.2 Pré liga

A Tabela 2 apresenta a composição media dos elementos da pré liga usada como soluto pelos produtores. Foi observado que o uso dessa pré-liga melhorou o aspecto visual das peças elaboradas, diminuindo as manchas (*tarnish*). Esse aspecto esta relacionado à presença de germânio. O germânio ao competir com o cobre absorve a maior parte do oxigênio, formando um óxido incolor ao contrario do óxido de cobre com a coloração escura [AUTECH 2010].

Tabela 2. Análise das ligas utilizada como soluto

Elemento	Si%	Ni%	Cu%	Zn%	Ge%	Ag%	Total
Média	4,546	0,239	67,00	27,461	0,493	0,261	100,00

3.3 Ligas

Os resultados apresentados na Figura 6, são referentes à liga **S_g**, e consta na imagem da superfície de uma das amostras, com os pontos analisados e o espectro de um ponto marcado. Os pontos negros apresentam o maior teor de cobre, provavelmente decorrente da segregação de soluto durante o processo de solidificação.

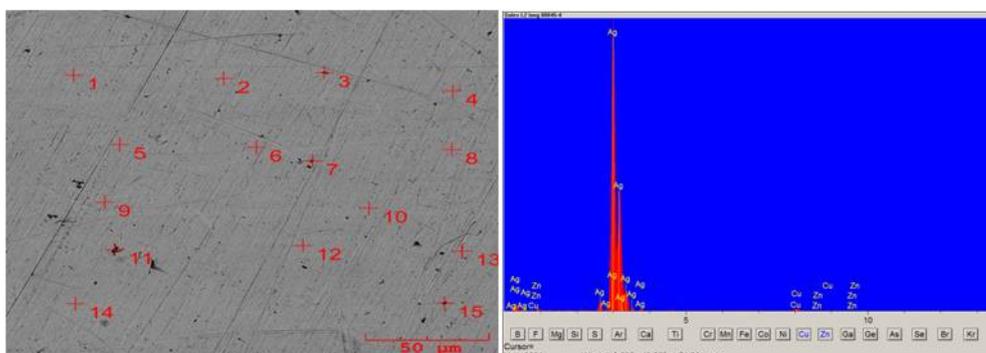


Figura 6. Fotomicrografia da amostra da liga **S_g** 1.000x e espectro, análise por EDS.

Os valores de máximo, mínimo e a média para os elementos encontrados na liga **S_g** estão listados na Tabela 3.

Tabela 3. Máximo, mínimo e a media de elementos da liga S_g

Elemento	Si%	Ni%	Cu%	Zn%	Ge%	Ag%
Máximo	12,93	0,39	82,41	1,43	0,79	97,05
Mínimo	0,02	0,15	1,36	0,56	0,26	3,27
Média	1,43	0,23	10,55	1,00	0,45	86,34

O gráfico da Figura 7 apresenta a média dos teores dos elementos constituintes da liga de Ag-Cu em porcentagem, para os 30 pontos analisados na liga **S_g**. Estes resultados indicam que o processo precisa ser ajustado para possibilitar a melhor homogeneização entre os valores de máximos e mínimos de cada elemento em relação ao solvente prata.

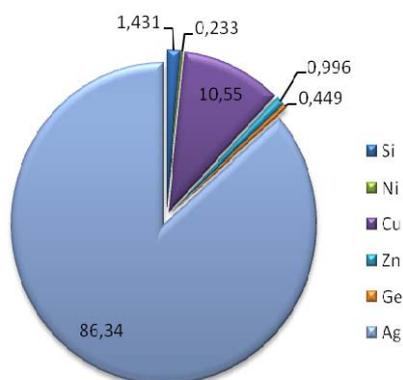


Figura 7. Gráfico dos teores dos elementos da liga de prata **S_g**.

A Figura 8 apresenta a superfície de uma amostra da liga **M_P** com os pontos marcados analisados e um espectro, semelhante à metodologia usada para a liga **S_g**.

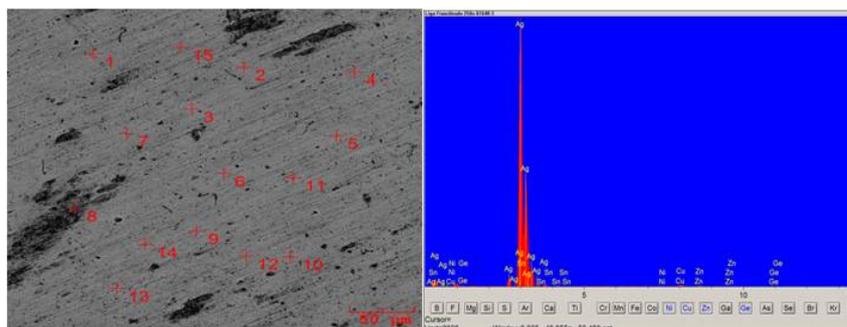


Figura 8. Fotomicrografia da amostra da liga **M_P** 1000x e espectro, análise por EDS.

Os valores de máximo, mínimo e a média dos elementos encontrados, para liga **M_P** estão listados na Tabela 4. Estes resultados indicam que nesta liga o processo de fundição foi realizado obedecendo à metodologia metalúrgica de microfusão, pois é verificada a melhor distribuição dos elementos.

Tabela 4. Máximo, mínimo e média de elementos liga M_p

Elemento	Si%	Ni%	Cu%	Zn%	Ge%	Ag%
Máximo	0,19	0,31	3,81	0,43	0,84	96,94
Mínimo	0,03	0,15	2,00	0,16	0,40	95,04
Media	0,08	0,21	2,86	0,29	0,58	95,98

O gráfico da Figura 9 apresenta a média dos teores dos elementos constituintes da liga Ag-Cu em porcentagem para os 30 pontos analisados da liga *M_p*. Os resultados são indicadores da boa distribuição do soluto no solvente Ag.

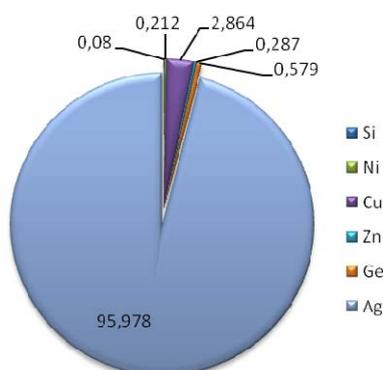


Figura 9. Gráfico da média dos teores dos elementos da liga de prata *M_p*.

Nas Figuras 10a e 10b são apresentadas as micrografias das ligas Sg e Mp respectivamente.

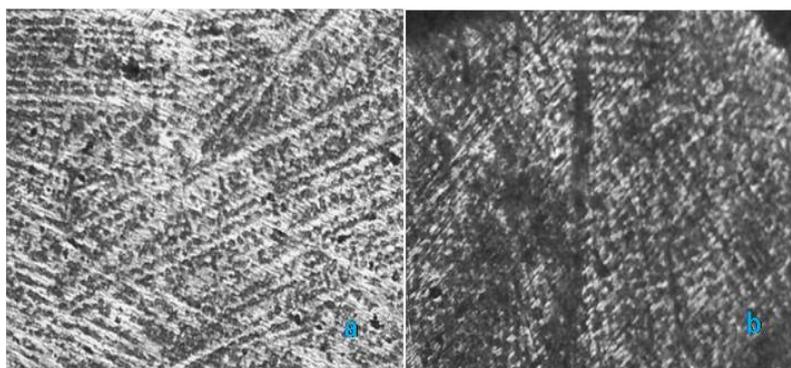


Figura 10. Micrografia da liga Sg 50x (a), micrografia da liga Mp x100 (b).

Os resultados do ensaio de microdureza estão listados na Tabela 5, foram realizadas cinco endentações para duas amostras de cada liga.

Ligas	Sg	Mp
Média	71,64 Hv	56,3Hv

4 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram os teores da prata utilizada pelos produtores Mp e Sg. A liga pode ser considerada de boa qualidade na preparação de peças para o setor joalheiro, respeitando os valores a NBR 13703. Na Europa e Estados Unidos a liga Ag 925 é tradicionalmente utilizada para jóias em Ag (Handbook, 1992).

Na Tabela 2 os resultados se referem a liga utilizada como soluto. Nesta liga foram encontrados os elementos Cu, Zn, Si, Ge, Ni e Ag. O cobre e o zinco são elementos que promovem o endurecimento da liga, assim como reduzem o custo. O cobre é o elemento mais utilizado na fabricação das ligas de prata, para a indústria joalheira (Salanay, 2010). O silício segundo Nisaratanaporn (2010) promove a diminuição da

ductilidade, o aumento da dureza e melhora a fluidez.

Na Figura 6 os resultados da liga Sg, através EDS, mostraram nos pontos 3 e 11 os maiores percentuais de cobre, indicando concentração de soluto. Este teor também foi registrado em outras amostras. No ponto 8, o teor maior foi em relação à concentração de Si, sugerindo uma possível falta de homogeneização, ou uma contaminação durante o processo de fabricação. A Figura 7, apresenta o gráfico da média para as amostras analisadas, na qual é evidenciado que o elemento prata, encontra-se na faixa exigida pela NBR 13703.

A Tabela 4 apresenta o resultado para as ligas Mp, onde é mostrado que houve uma boa distribuição de soluto, portanto uma liga mais homogênea. O gráfico da média dos elementos constituintes para as amostras analisadas constam na Figura 8. Onde se pode verificar que a liga contém prata em concordância com a NBR 13703. As micrografias das ligas Sg e Mp obtidas por microscopia ótica estão apresentadas na Figura 8. A imagem da Figura 8a é da liga Sg com maior teor de cobre e silício. A imagem da Figura 8b da liga Mp com menor teor de soluto.

Na Tabela 5 observa-se que a elevação nos teores dos elementos de liga propiciam o endurecimento, corroborando com os resultados da composição da ligas analisada.

5 CONCLUSÕES

- A prata utilizada pelos produtores apresentou boa qualidade.
- As análises qualitativas e semi quantitativa da liga utilizada como soluto identificou os elementos Cu, Zn, Si, Ge, Ni e Ag. Os maiores teores constaram nas porcentagens de cobre 67,00%, zinco 27,46% e silício 4,55%.
- As ligas Sg apresentaram média de prata em 86,34%, maior dureza e estão na faixa de teor exigido pela NBR 13703. Sugere-se que haja uma busca em novas análises utilizando os recursos de micrografias, para esclarecer a possível falta de representatividade na homogeneização, observada a partir dos resultados apresentados no EDS.
- Em relação às ligas Mp o teor de prata encontrado foi 95,97%, estando na faixa admissível para o uso na fabricação de jóias, de acordo com a NBR 13703.
- Em relação à distribuição do soluto a liga MP apresentou-se mais homogênea e com menor dureza.

Agradecimentos

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi, aos micro-produtores, Sebrae, CNPq.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13703 **Joalheria - Títulos de ligas de metais preciosos**. Rio de Janeiro, 1996.
- 2 MAIA, R. F. S., SA. F. A., BORGES, M. S. **Caracterização da prata (Ag) utilizada no setor joalheiro da região metropolitana de Belém**. In: 59^a Reunião Anual da SBPC Amazônia Desafio Nacional, 2007, Belém. Programa de Posters, Belém: Gráfica Universitária UFPa, 2007. V p. 4-118
- 3 METALS HANDBOOK: **Mechanical Testing and Evaluation**. Volume 8, 2000
- 4 METALS HANDBOOK: **Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials**. Volume 2, 10 Editions, 1992

- 5 NISARATANAPORN, S., NISARATANAPORN, E. **The Anti-tarnishing, Microstructure analysis and Mechanical properties of Sterling silver with silicon addition.** Journal of Metals, Materials and Minerals. Vol. 12 No. 2 pp. 13-18, 2003
- 6 EBELLO, Luiza Helena Boueri. **A Produção de Jóias e o Design** 2^o Congresso Científico da Universidade – Rio de Janeiro, 2007.
- 7 TAJARA, João Filho www.autechlegor.com.br acessado em 05/12/2010
- 8 SALANAY, Thanatip. TORSAKUL, S. **The Study on Microstructure and Mechanical Properties of Silver alloy 58.4% for Jewelry Manufacturing.** The 2nd RMUTP International Conference 2010.
- 9 Manual Autech pré ligas WWW.autechlegor.com.br .