



PROCESSO DE OXIDAÇÃO DO COBRE APLICADO NA JOALHERIA CONTEMPORÂNEA

OXIDATION PROCESS OF COPPER APPLIED IN CONTEMPORARY JEWELRY

Giovanna Ribeiro de Oliveira^{1*}

Felipe Luís Palombini¹

Mariana Kuhl Cidade¹

*Autor para correspondência: giorideoli@gmail.com

Resumo: Este artigo tem como objetivo a experimentação de oxidações de chapas de cobre, com o intuito de atribuir novas técnicas na confecção de uma peça de joia. O cobre é um metal com uma demanda crescente e possui inúmeras aplicabilidades; está presente em fios, tubos, motores de carros etc., mas seu minério está cada vez mais escasso na natureza. Por meio de lixos eletrônicos, foi possível adquirir o cobre para a realização de testes de oxidação e tratamento de superfície. Os resultados obtidos produziram inspirações para o processo criativo e a geração de alternativas. A escolha da peça a ser materializada possibilitou que o cobre oxidado fosse elemento de destaque, mesmo com a união com um metal nobre, como a prata. O uso de metais provenientes da reciclagem de outros materiais dentro da joalheria contemporânea é uma prática que agrega valor e história para uma peça.

Palavras-chave: joalheria contemporânea; reciclagem; cobre oxidado.

Abstract: This article aims to experiment with the oxidation of copper sheets to introduce new techniques in the creation of a jewelry piece. Copper is a metal with increasing demand and numerous applications; it is present in wires, tubes, car engines, and more. However, its ore is becoming increasingly scarce in nature. Through electronic waste, it was possible to obtain copper for oxidation tests and surface treatment. The results obtained provided inspiration for the creative process and the generation of alternatives. The choice of the piece to be materialized allowed oxidized copper to be a prominent element, even when combined with a noble metal such as silver. The use of metals derived from the recycling of other materials within contemporary jewelry is a practice that adds value and history to a piece.

Keywords: contemporary jewelry; recycling; oxidized copper.

INTRODUÇÃO

O cobre foi um dos primeiros metais descobertos pela humanidade. A liga de cobre e estanho ficou consolidada na Idade de Bronze, sendo até hoje um minério extremamente necessário e empregado em todo o mundo (Ashby; Johnson, 2011). O cobre é utilizado na fabricação de fios e cabos elétricos, tubulações, moedas, motores de carros e eletrônicos por conta de suas propriedades de maleabilidade, condução elétrica e resistência à corrosão (Lefteri, 2013).

Atualmente, a necessidade pelo cobre vem crescendo consideravelmente em consequência do aumento da produção de carros elétricos. A Associação Internacional do Cobre (Abcobre) estipula que em 2040 a demanda pelo metal, apenas no setor automobilístico será de 40 milhões de toneladas (ICA, 2024). Entretanto, a produção desse minério é inferior à atual demanda; no Brasil, por exemplo, estima-se que em 2022 a produção foi de apenas 25,3 mil toneladas de cobre refinado, o que representa uma diminuição de 58% em relação a 2021, quando foram produzidas cerca de 61,3 mil toneladas (Abcobre, 2023).

Para a joalheria, o cobre é um metal importante dentro da ourivesaria, sendo utilizado em ligas metálicas (Kliauga; Ferrante, 2009). O valor de uma peça ainda está relacionado, até os dias de hoje, ao seu material, e a joalheria tradicional visa principalmente ao uso de metais nobres como ouro (Au) e prata (Ag), atrelados ao uso de gemas (Gola, 2017). Joias com esses metais nobres buscam a atemporalidade, pois são vistas como peças que nunca desvalorizam (Gola, 2017). A joalheria contemporânea, porém, rompe com o tradicionalismo ao trazer novas abordagens e materiais na confecção de uma peça joalheira (Mercaldi; Moura, 2017). Além disso, a contemporaneidade carrega consigo a necessidade de as pautas da sociedade serem abordadas na criação de uma peça de joia, trazendo cultura e sustentabilidade, que agregam um valor significativo para além do valor econômico (Skinner, 2013). O uso de materiais inusitados — como madeiras, tecidos e ligas metálicas — com o uso de metais nobres é um exemplo de como a joalheria tradicional e a contemporânea podem se unir para a criação de inovações (Cidade; Palombini, 2022).

Diante desse contexto, este artigo busca apresentar novas técnicas e abordagens na criação e confecção de uma peça de joia por meio do desenvolvimento de um projeto que se utiliza da reciclagem do cobre para testes de oxidação e tratamento de superfícies, a fim de trazer um novo enfoque para esse metal dentro da joalheria e evidenciar a necessidade de seu reaproveitamento.

JOALHERIA CONTEMPORÂNEA

A joia é um dos artefatos mais antigos do mundo; além de adornar, carrega um senso estético e simbólico, transmitindo a época em que foi criada (Gola, 2017; Guerra; Matté; Cidade, 2018). Inicialmente, a joalheria era um processo mais artesanal, então, novas tecnologias foram inseridas a partir do descobrimento e do uso de metais nobres, como o ouro e a prata, e metais de liga, como o bronze e o cobre (Santos, 2017). Segundo Gola (2017), a joia é atemporal e carrega consigo história e sentimentalismo, que além de adornar, marca períodos históricos e grupos sociais, sem perder seu valor material. A joalheria contemporânea, ao romper com o tradicionalismo, liberta o *designer* e busca atender às necessidades do período em que está inserida, o presente, e compreender como o traduzir em suas criações (Mercaldi; Moura, 2017). O reflexo do “agora” traduz-se em questões sociais e ambientais, pois a joalheria contemporânea permite uma reflexão ao atender às necessidades da sociedade (Tenuta *et al.*, 2024).

A sustentabilidade dentro da joalheria traduz-se na atenção dada aos materiais, e passa a ser importante compreender o seu ciclo de vida, assim como sua origem moral e ética (Tenuta *et al.*, 2024). Unir o uso de materiais sustentáveis e inusitados com materiais mais tradicionais é uma forma de alinhar técnicas existentes com questões sustentáveis e possibilita que o valor da joia se torne muito mais que apenas econômico, mas também social e cultural

(Mostardeiro; Oderich; Cidade, 2019).

COBRE

O cobre é um minério importante desde a sua descoberta até os dias de hoje; derivado do latim, *cuprum*, seu símbolo na tabela periódica é o **Cu** (Rodrigues; Silva; Guerra, 2012). Ele é caracterizado pela sua coloração avermelhada, possui uma densidade de 8,9 g e seu ponto de fusão é 1.084 °C (Mercaldi; Moura, 2017; Lefteri, 2013; Kliauga; Ferrante, 2009; Miller, 2016). O cobre é um metal altamente empregado no setor de fabricação de fios elétricos por conta das suas propriedades de condutibilidade elétrica e resistência à corrosão (Silva, 2010). Também é empregado na fabricação de moedas, na indústria de eletrônico, e é fundamental na joalheria por ser um metal de liga (Rodrigues; Silva; Guerra, 2012).

O cobre primário pode ser separado em quatro produtos principais: minério de cobre (material extraído em mina); concentrado de cobre (minério extraído a partir de moagem de rochas); cobre fundido e cobre refinado, obtidos após os processos de produção (Andrade *et al.*, 1997). A extração do minério de cobre pode ser realizada através de dois processos: o pirometalúrgico e o hidrometalúrgico (Silva, 2010).

No ano de 2022 estima-se que o consumo do minério de cobre no Brasil foi maior do que o produzido: apenas para a fabricação de fios elétricos foram consumidas 175 mil toneladas, enquanto foram produzidas cerca de 58 mil toneladas de cobre refino em todo o país (Abcobre, 2023). Acredita-se que 80% da produção mundial do minério de cobre esteja em circulação por sua alta reciclabilidade, podendo ser reciclado inúmeras vezes sem perder suas propriedades (Rocio *et al.*, 2012).

O cobre está presente em diversos eletroeletrônicos, como em seus fios e componentes. Mesmo sendo um metal que pode ser reaproveitado, o descarte incorreto de e-lixo vem aumentando gradualmente (Abrema, 2024). Em 2022, estima-se que o Brasil tenha gerado cerca de 77,1 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), das quais apenas 4 mil toneladas passaram pelo descarte e pela reciclagem correta (Abrema, 2024).

Oxidação do cobre

O cobre é um metal não ferroso com inúmeras características, como sua maleabilidade e alto teor de condutibilidade; uma das mais marcantes é sua coloração naturalmente avermelhada (Petiti *et al.*, 2023). O processo de oxidação do cobre ocorre de forma natural ao ser exposto ao ar atmosférico, e se houver a presença de enxofre, sua coloração passa a ser escura (Kliauga; Ferrante, 2009).

A pátina, como é chamada a oxidação mais conhecida do cobre, ocorre através do ar limpo e úmido (Ashby; Johnson, 2011). Para que o cobre passe a obter a coloração de pátina, o processo é gradual e lento e passa por três estágios: o primeiro é uma camada fina e incolor, o segundo já apresenta uma coloração amarronzada e o estágio final é a coloração esverdeada (Simões, 1998). Atualmente, com a poluição atmosférica, a pátina já não se encontra pura, mas sim com fragmentos de cloreto e sulfato de cobre (Kliauga; Ferrante, 2009).

Simões (1998) afirma que o período para o cobre passar da coloração avermelhada para a pátina varia de acordo com o lugar no qual o metal está exposto, podendo ser de 4 a 6 anos em regiões oceânicas e até 20 anos em regiões urbanas. O uso da pátina em projetos arquitetônicos e de *design* já são pensados durante o processo de desenvolvimento, e para isso são utilizados processos químicos a fim de obter a coloração desejada para a execução do projeto (Simões, 1998).

Descarte e reciclagem

O descarte de eletroeletrônicos está cada vez maior, gerando resíduos que não são

destinados da maneira correta. Apesar de esses resíduos apresentarem componentes valiosos, como ouro e cobre, inúmeras vezes sua destinação final acaba por ser lixões e aterros sanitários (Araújo, 2006). A prática mais comum na reciclagem de eletroeletrônicos ainda é a queima, em que os componentes de tais eletrônicos são expostos a altas temperaturas, levando os polímeros presentes a derreterem a fim de obter apenas o metal (Carvalho; Xavier, 2014). De acordo com Carvalho e Xavier (2014), apesar de essa ser uma prática comum, ainda se torna um processo prejudicial tanto para o homem como para o meio ambiente.

O cobre é um metal que pode ser reciclado inúmeras vezes, e por estar presente em resíduos eletrônicos, deve passar por uma reciclagem adequada. A trituração fina de sucata de fios e a separação dos componentes são duas opções que possibilitam uma reciclagem mais apropriada, assim como a separação eletrostática, que faz com que os grânulos metálicos sejam atraídos pela força eletrostática (Richard *et al.*, 2017). Outra prática mais econômica é a decapagem manual de fios elétricos, que apesar de ser um processo mais demorado, permite que os componentes presentes sejam separados e reciclados de maneira adequada, e torna possível obter todo o metal presente desses fios (Abcobre, 2016).

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Mediante o processo de reciclagem de fios e cabos elétricos presentes em eletroeletrônicos descartados, foi desenvolvido e executado um projeto de joalheria utilizando o cobre como um metal em destaque por meio do processo de aceleração da oxidação. Para sistematizar o desenvolvimento de uma forma coerente para a produção joalheira, foi utilizada a metodologia de Cidade e Palombini (2022), na qual os autores definem três etapas principais: a delimitação do problema, a pesquisa e definição do conceito e a geração de alternativas até a validação e confecção do produto. As etapas a serem seguidas para a execução do projeto são a delimitação do conceito, o processo de reciclagem do cobre para dar início aos testes de oxidação e testes de tratamento de superfície. Por fim, é feito o processo criativo de fabricação e montagem da peça de joia, que resulta nos objetivos pretendidos do projeto de joalheria.

Testes de oxidação

Para iniciar os testes de oxidação, foi necessário confeccionar chapas de cobre. Para isso, foram coletados lixos eletrônicos, que consistiam em fios de carregadores de celulares, cabos lan e fones de ouvidos. Esses resíduos passaram pelo processo de decapagem manual, possibilitando a separação de cada componente dos cabos, como o cobre, o material polimérico que envolvia os fios e, em alguns casos, fibras de vidro ou malha metálica. Com a separação, cada componente foi encaminhado para a reciclagem adequada, e assim foi possível adquirir cerca de 100 g de cobre. As chapas foram fabricadas com 15 g de cobre, após a pesagem o processo de fabricação passou pelas etapas de fundição, laminação (até adquirir o formato achatado), limpeza e polimento. Então, com um arco de serra, foram cortadas e obtidas 4 chapas de cobre.

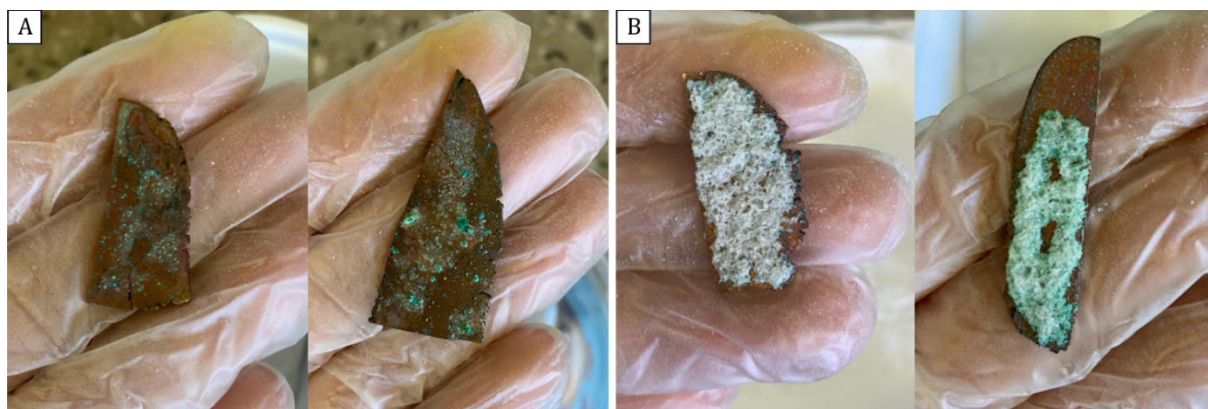
Para iniciar o processo de oxidação do cobre, o primeiro teste consistiu em submergir a primeira chapa em uma solução de 60 ml de água para 36 g de sal, na qual a chapa ficou submersa por 40 minutos e, ao ser retirada, foi deixada secar em um recipiente aberto e exposto ao ambiente. A segunda chapa foi submersa em uma solução de 60 ml de vinagre para 36 g de sal por 1h20, também secou em um recipiente aberto e exposta ao ambiente. Após uma semana, os resultados já eram visíveis em ambas as chapas, que apresentavam colorações diferentes do acobreado natural.

Em paralelo, o segundo teste buscou entender se o contato direto com a superfície aceleraria ainda mais o processo de oxidação. Para isso, foi depositada uma camada espessa de sal e água na primeira chapa de cobre, e na segunda, uma camada espessa de sal e

vinagre. Ambas as chapas foram colocadas para secar expostas ao ambiente.

Após uma semana, os resultados já eram visíveis tanto nas chapas do primeiro teste quanto nas do segundo teste (figura 1). As chapas do primeiro teste apresentaram novas colorações (figura 1A), e a chapa que obteve o melhor resultado foi a submersa em vinagre e sal, apresentando pontos esverdeados em toda sua superfície. Entretanto, nas chapas que haviam sido recobertas (figura 1B) com as camadas de sal e água e de sal e vinagre, apesar de apresentarem colorações esverdeadas interessantes, ao remover o sal residual do cobre, a coloração também era removida.

Figura 1 – Resultados: (A) chapas do primeiro teste e (B) chapas do segundo teste



Fonte: Primária (2025)

Apesar do bom resultado do primeiro teste, foi possível notar que a parte das chapas que secaram em contato com a superfície não apresentaram uma mudança significativa em sua coloração, assim, um terceiro teste foi realizado. Para o terceiro teste foi necessário confeccionar mais algumas chapas de cobre, que passaram pelo mesmo processo de fabricação anterior (15 g de cobre que foram fundidas, laminadas, cortadas e polidas), mas receberam um furo na parte superior de cada chapa, para que, após a submersão, ficassem suspensas para a secagem.

Sendo assim, a primeira chapa do terceiro teste foi submersa em 60ml de vinagre para 36g de sal por 1h20. A segunda chapa, ficou submersa na mesma solução, mas por 2h. Ambas as chapas secaram de forma suspensa, sem nenhum contato com qualquer superfície, e expostas ao ambiente. Assim como no primeiro e no segundo teste, após uma semana o resultado já era visível, conforme a figura 2. As chapas apresentaram a coloração esverdeada em ambos os lados, e a chapa que apresentou o melhor resultado foi a que ficou submersa por 2h.

Figura 2 – Resultado do terceiro teste



Fonte: Primária (2025)

Para melhor compreensão dos testes realizados, o quadro 1 busca condensar todas as informações (a composição da solução em que a chapa foi exposta, a duração e o resultado após uma semana) para que possam ser comparadas.

Quadro 1 – Compilação dos testes de oxidação

Teste	Chapa	Composição	Duração	Resultados após 1 semana
1	1	60 ml de água e 36 g de sal	40 min	Coloração amarronzada e levemente esverdeada, mas apenas em um dos lados da chapa
1	2	60 ml de vinagre de álcool e 36 g de sal	1h	Coloração esverdeada, mas apenas em um dos lados da chapa
2	1	Sal e água (camada grossa)	Secou ao ar livre	Coloração esverdeada, mas que era retirada junto com o resíduo de sal
2	2	Sal e água (camada grossa)	Secou ao ar livre	Coloração esverdeada, mas que era retirada junto com o resíduo de sal
3	1	60 ml de vinagre de álcool e 36 g de sal	1h20	Apresentou uma pátina em toda a chapa
3	2	60 ml de vinagre de álcool e 36 g de sal	2h	Apresentou uma pátina em toda a chapa

Fonte: Primária (2025)

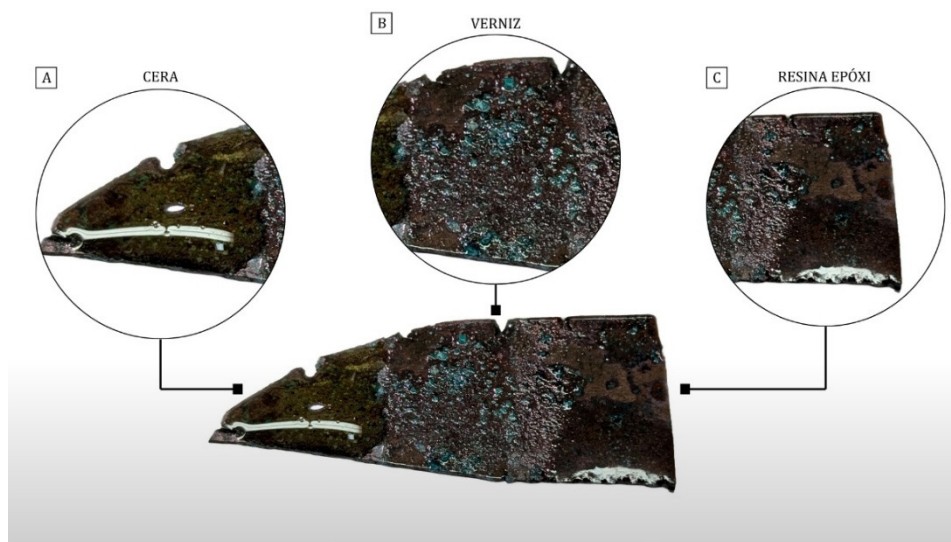
Durante a realização do terceiro teste, notou-se que as chapas do primeiro teste continuaram a oxidar gradativamente, sendo assim, se fez necessário pensar em como cessar essa oxidação para a proteção do usuário ao utilizar a peça final. Para isso, foram feitos testes de tratamento de superfície do cobre oxidado.

Testes de tratamento da superfície oxidada

A oxidação do cobre já é um processo que ocorre naturalmente, e após os testes, a pátina presente na aumentou gradualmente. Assim, notou-se a necessidade de realizar testes de tratamento da superfície para cessar a oxidação do metal. Para esses testes, foram utilizados inicialmente três cessantes, a cera de abelha, o verniz marítimo e a resina epóxi, que foram aplicados em uma chapa de cobre já oxidado (figura 3). O primeiro cessante utilizado foi a cera

de abelha, que apresenta uma cor característica e espessura já considerável. Ao aplicá-la na chapa de cobre, notou-se que não houve uma total adesão do material, com pouca fixação, além de ocultar a coloração esverdeada da chapa (figura 3A). O segundo teste foi com o verniz marítimo, utilizado no intuito de gerar um revestimento de controle. Ao ser aplicado com o auxílio de um pincel, o verniz demonstrou uma secagem rápida sem afetar a pátina criada pelo cobre (figura 3B). O terceiro teste foi a aplicação de resina epóxi com catalisador. Ao secar na chapa, a resina apresentou uma inconsistência de espessura, criando partes mais grosseiras que obstruíam o esverdeado da chapa (figura 3C).

Figura 3 – Resultado dos cessantes: (A) cera de abelha, (B) verniz marítimo e (C) resina epóxi



Fonte: Primária (2025)

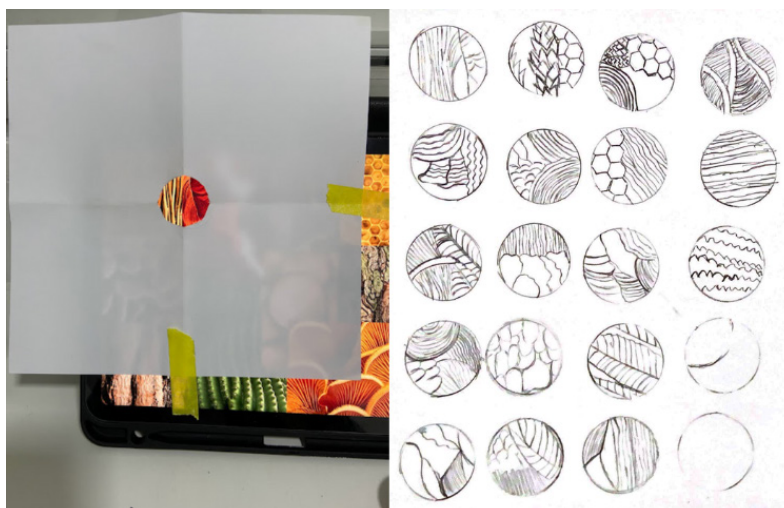
Os resultados dos três primeiros testes apontaram que o mais indicado seria o verniz marítimo, pois não apresentou interferência na coloração da chapa, além da adesão rápida do material. Entretanto, por se tratar de um material sintético, o processo de fabricação da peça de joia visa priorizar materiais mais sustentáveis. Com isso, foi realizado um quarto teste utilizando a goma laca, uma resina natural com propriedades biodegradáveis.

Foram aplicadas finas camadas de goma laca com o auxílio de um pincel sob a chapa de cobre oxidado. Ao entrar em contato com a superfície, a goma secou rapidamente, deixando uma camada brilhante sem alterar a coloração da pátina. Com o resultado obtido, o cessante escolhido para ser utilizado nas chapas oxidadas que compõem a peça de joia foi a goma laca.

Processo criativo e de fabricação

Para o desenvolvimento do processo criativo, as principais inspirações foram as colorações das chapas oxidadas do cobre, pois as cores esverdeadas de maneira irregular lembraram texturas e cores da própria natureza. Assim, foi criado um painel de inspirações com imagens de elementos da natureza que remetesse a texturas e diversas cores. Com a utilização da técnica “olho mágico”, que consiste em auxiliar na visão mais microscópica do painel, foi possível criar formas orgânicas e geométricas, como pode ser visto na figura 4, e que posteriormente foram traduzidas em desenhos de peças de joias.

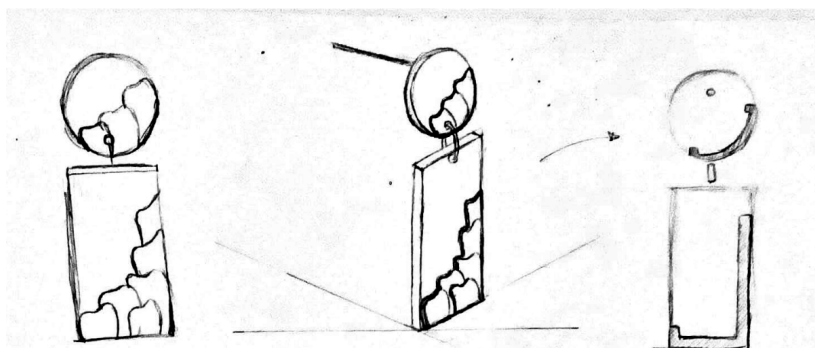
Figura 4 – Técnica do “olho mágico” com desenhos



Fonte: Primária (2025)

Levando em consideração a textura das cores que a oxidação criou nas chapas, a peça escolhida para ser fabricada foi um par de brincos — o desenho da peça está exemplificado na figura 5. A escolha da confecção de um par de brincos se deu pela necessidade de a oxidação não entrar em contato com a pele do usuário, mas sem perder o destaque na peça. Dessa forma, optou-se por fabricar as peças de maior contato em prata, mesclando um metal nobre e um de liga, trazendo mais significado e contraste na peça de joia.

Figura 5 – Desenho da peça escolhida para ser fabricada



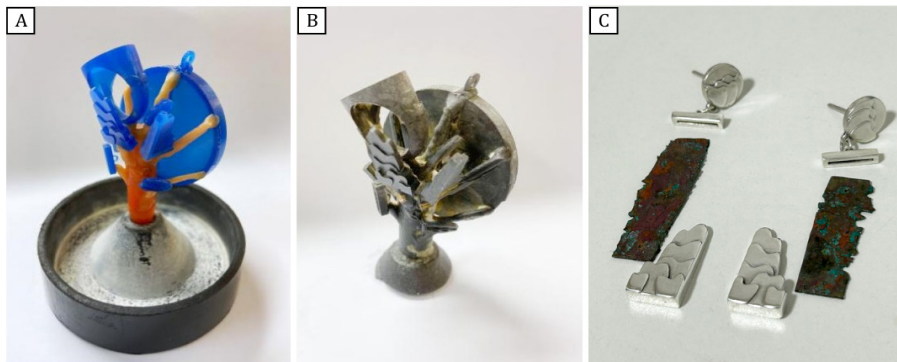
Fonte: Primária (2025)

O processo de fabricação iniciou a partir da execução de um *mock-up* da peça realizado no *software* de modelagem 3D Rhinoceros®, com a finalidade de ajustar os tamanhos e as texturas necessárias da peça, bem como pré-visualizar, por meio da renderização, como será seu modelo final. Com a modelagem finalizada, as peças a serem fabricadas em prata (figura 6), passaram pelo processo de usinagem de cera perdida. Para realizar esse processo, primeiro as peças são feitas em cera e montadas em uma árvore para a fundição de prata (figura 6A). Com a fundição pronta (figura 6B), as peças usinadas são cortadas da árvore, limadas e lixadas para a soldagem dos pinos dos brincos. Após a solda, as peças são novamente limadas, lixadas e, por fim, polidas para a montagem final com as chapas oxidadas de cobre (figura 6C).

Antes de iniciar o processo de montagem dos brincos, as chapas oxidadas de cobre foram tratadas com a goma laca, o cessante eleito nos testes de tratamento de superfície. Foi realizada a aplicação de uma fina camada de cessante, com o auxílio de um pincel, em ambos os lados da chapa. A primeira camada secou por 1h antes de receber a segunda aplicação

da goma laca. Para a montagem final, as chapas tratadas secaram por 12h antes de serem coladas às peças de prata, sendo finalizado o par de brincos.

Figura 6 – Processo de fabricação: (A) árvore de usinagem em cera, (B) fundição finalizada e (C) peças prontas para a montagem final



Fonte: Primária (2025)

RESULTADOS

Os resultados obtidos foram validados através da confecção de um par de brincos com chapas de cobre oxidado, como pode ser visto na figura 7. Cada oxidação é única e se desenvolve de forma gradual, adicionando uma característica singular para cada brinco; mesmo sendo um par, eles se diferem. Com o par finalizado, cada brinco foi pesado e constatou-se que ficaram com 8 e 7,5 g, respectivamente. Ergonomicamente, as peças não pesam na orelha do usuário, e também não apresentam pontas afiadas. O cobre não entra em contato com a pele do usuário em nenhum momento de seu uso.

Figura 7 – Par de brincos finalizado e na orelha do usuário



Fonte: Primária (2025)

CONCLUSÃO

Este artigo visou apresentar novas técnicas para evidenciar o cobre na joalheria contemporânea, por meio da reciclagem e oxidação do material. Os testes de oxidação realizados durante a execução do projeto foram satisfatórios, apresentaram uma coloração esverdeada e trouxeram uma singularidade para a peça que foi fabricada. A oxidação pode ser uma aliada na criação de peças únicas, e entender que esse processo ocorre de maneira gradual e natural possibilita compreender quando se faz ou não necessário usar um cessante. Durante o processo, entendeu-se que tal uso seria necessário para proporcionar maior conforto do usuário, entretanto, essa ação pode se adequar à necessidade do *designer*, como auxiliar e controlar a coloração desejada da peça. Além disso, a joalheria contemporânea pode ser uma ferramenta fundamental na valorização e promoção do cobre, apesar de não apresentar uma alternativa para a reciclagem desse material em larga escala.

AGRADECIMENTOS

Trabalho apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), por meio do Edital FAPERGS 09/2023 – Programa Pesquisador Gaúcho (PqG).

REFERÊNCIAS

- ABCOBRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COBRE. **Anuário Brasileiro de Cobre 2023**. São Paulo: Abcobre, 2023.
- ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil 2023**. [S. l.]: Abrema, 2023.
- ANDRADE, M. L. A.; CUNHA, L. M. S.; FULDA, R. S.; KELLER, M. C.; VIEIRA, J. R. M. **Indústria do cobre**. Rio de Janeiro: Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), 1997.
- ARAÚJO, M. C. P de. **Reciclagem de fios e cabos elétricos**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- ASHBY, M.; JOHNSON, K. **Materiais e design: Arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2011.
- CARVALHO, T. C.; XAVIER, L. H. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L. Design de joias: proposição de metodologia para ensino voltado ao mercado joalheiro. **Design & Tecnologia**, v. 12, n. 24, 2022.
- GOLA, E. **A joia: história e design**. 2. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2017.
- GUERRA, A. L. S.; MATTÉ, V. A.; CIDADE, M. K. Tipos móveis e ourivesaria: Origens e inter-relações dos processos de fabricação. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 22, n. 3, p. 18-30, 2018.
- ICA – INTERNATIONAL COPPER ASSOCIATION. **Regional trends and the green energy transition are expected to increase global copper demand by 12.6Mt from 2020 to 2040**. 2024. Disponível em: <https://internationalcopper.org/resource/regional-trends-and-the-green->

energy-transition-are-expected-to-increase-global-copper-demand-by-12-6mt-from-2020-to-2040/. Acesso em: 14 nov. 2024.

KLIAUGA, A. M.; FERRANTE, M. **Metalurgia básica para ourives e designers** – do metal à joia. São Paulo: Edgar Blücher, 2009.

LEFTERI, C. **Materiais em design**. São Paulo: Blucher, 2015.

MERCALDI, M. A.; MOURA, M. Definições da joia contemporânea. **ModaPalavra E-periódico**, ano 10, n. 19, p. 57-64, 2017.

MILLER, J. **Jewel**: A celebration of earth's treasures. Londres: Dorling Kindersley Limited, 2016.

MOSTARDEIRO, M. E. S.; ODERICH, A. L.; CIDADE, M. K. Desenvolvimento de joia mediante a reciclagem de vidros e processos de fabricação multidisciplinares. **Plural Design**, Univille, Joinville, v. 2, n. 1, 2019.

PETITI, C.; TONIOLO, L.; BERTI, L.; GOIDANICH, S. Artistic and Laboratory Patinas on Copper and Bronze Surfaces. **Appl. Sci.**, v. 13, 2023.

RICHARD, G.; TOUHAMI, S.; ZEGHLOUL, T.; DASCALESCU, L. Optimization of metals and plastics recovery from electric cable wastes using a plate-type electrostatic separator. **Waste Management (Elmsford)**, p. 112-122, 2017.

ROCIO, M. A. R. *et al.* **Perspectivas atuais da indústria de cobre no Brasil**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2012. p. 398-428.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Cobre. **Química Nova na Escola**, v. 34, n.º 3, p. 161-132, 2012.

SANTOS, R. **Jóias**: fundamentos, processos e técnicas. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2017.

SILVA, S. A. **Uso de buscas de documentos de patentes na área de processamento mineral** – Um estudo de caso direcionado para a construção de panoramas tecnológicos sobre processos de produção de cobre. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) – Coordenação de Pesquisa e Educação em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2010.

SIMÕES, J. R. L. **Tecnologia do cobre na arquitetura**: cobertura de edifícios. São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro do Cobre (Procobre), 1998.

SKINNER, D. **Contemporary jewelry in perspective**. Asheville, NC: Lark Crafts: Art Jewelry Forum, 2013.

TENUTA, L.; TESTA, S.; FREITAS, F. A.; CAPPELLIERI, A. Sustainable materials for jewelry: Scenarios from a design perspective. **Sustainability**, v. 16, n. 3, p. 1.309, 2024. Disponível em: doi.org/10.3390/su16031309. Acesso em: 25 out. 2025.

Registro de contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org>)

GRdO. Conceitualização, Investigação, Gestão de projetos, Validação, Visualização, Redação – original, Insumos.

FLP. Metodologia, Redação – revisão e edição, Aquisição de financiamento, Supervisão, Insumos.

MKC. Conceitualização, Metodologia, Gestão de projetos, Aquisição de financiamento, Redação – revisão e edição, Visualização, Supervisão, Validação, Insumos.

Declaração de conflito: nada foi declarado.