

Mariah Borges Vianna

**VALORIZAÇÃO PATRIMONIAL E CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS
AMOSTRAS DO MINÉRIO DE COBRE DO JAURU, MATO GROSSO**

Trabalho de Final de Curso

(Geologia)

UFRJ

Rio de Janeiro

Março de 2021



UFRJ

Mariah Borges Vianna

**VALORIZAÇÃO PATRIMONIAL E CARACTERIZAÇÃO
TECNOLÓGICA DAS AMOSTRAS DE MINÉRIO DE COBRE DO
JAURU, MATO GROSSO**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Geologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de geóloga.

Orientadores:

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos – Museu Nacional/UFRJ

Vivian Fernandes Moutinho – CETEM

Coorientador: Dr. Reiner Neumann

Rio de Janeiro

Março de 2021

VIANNA, Mariah Borges

Valorização Patrimonial e Caracterização Tecnológica das Amostras de Minério de Cobre do Jauru, Mato Grosso / Mariah Borges Vianna – Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Geociências, 2021.

xi, 67 p.

Trabalho Final de Curso: Graduação em Geologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2021.

Orientadores: Renato Rodriguez Cabral Ramos, Vivian Fernandes Moutinho e Reiner Neumann.

1. Cobre 2. Valorização Patrimonial 3. Caracterização Tecnológica

VALORIZAÇÃO PATRIMONIAL E CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS
AMOSTRAS DE MINÉRIO DE COBRE DO JAURU, MATO GROSSO

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do
Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de Geóloga.

Orientadores:

Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos

Vivian Fernandes Moutinho

Coorientador: Dr. Reiner Neumann

Aprovado em, 17 de março de 2021

Por:

Renato Rodriguez Cabral Ramos (Museu Nacional/UFRJ)

Fabiano Richard Leite Faulstich (MN/UFRJ)

Kátia Leite Mansur (IGEO/UFRJ)

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores Renato R. Cabral Ramos, Vivian Moutinho e Reiner Neumann, pela paciência, confiança, por todo conhecimento adquirido. Foi muito importante pra mim realizar esse trabalho com pessoas que respeito e confio profundamente e que respeitaram meu processo.

Ao Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, por ter disponibilizado os materiais para que pudesse ser realizada essa pesquisa.

Ao professor Fabiano Faulstich, do Museu Nacional, por ter encaminhado as amostras de minério para análise por difratometria, possibilitando a caracterização das amostras neste trabalho.

Ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), por ter disponibilizado a infraestrutura para caracterização tecnológica das amostras analisadas neste trabalho.

Ao Josimar Firmino, por toda paciência e atenção despendida durante o processo de preparação de amostras.

Aos meus queridos amigos do Diretório Acadêmico Joel Valença, que se tornaram família, por todo suporte emocional e todos os momentos incríveis proporcionados. Em especial Adison Ribeiro, André Assis, Caio Gimenez, Camila Reis, Dandara Rodrigues, Daniel de Souza, Elisa Elena, Eric Bernard, Jéssica Castro, Jhone Araújo, João P. Oliveira, Julia Mascarenhas, Lethicia Carlos, Lorrana Roriz, Lucas Roux, Marina Meloni, Pedro Furtado, Pedro Semêdo e Raphaela Lopes.

Aos meus amigos de turma que tanto somaram na minha trajetória profissional e pessoal. Especialmente Evaldina Raimundo, Guido Albuquerque, Dolapo, Rodrigo Alchaar (Chico), Lucas Batista, Manuella Mafia.

Aos professores que me ensinaram, transmitindo paixão que me fez brilhar os olhos. Em especial Cícera Neysi, Cláudio Limeira, José Carlos Seoane (Cainho), Julio Cezar Mendes (Julinho), Ismar Carvalho, Kátia Mansur e Renato Ramos (Casquinha).

Aos meus pais, avós e padrinhos por terem sido minha base durante toda a vida, por segurarem a minha mão por todos os caminhos que decidi trilhar.

À Thais Junger, minha companheira de vida, por estar comigo nos melhores e piores momentos dessa caminhada.

"É a teimosia do não
e eu na beira do sim,
pronta para dar o salto"

Luedji Luna

Resumo

VIANNA, Mariah Borges. **Valorização Patrimonial e Caracterização das Amostras de Minério de Cobre do Jauru, Mato Grosso**. Rio de Janeiro, 2021. p.67 Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

A ocorrência do minério de cobre do Jauru está localizada a aproximadamente 3 km a oeste da margem direita do Rio Jauru e 16 km a noroeste do centro cidade de Porto Esperidião, no Mato Grosso, próximo ao antigo Registro do Jauru, posto de controle alfandegário implantado no final do século XVIII. Amostras de minério contendo malaquita, destruídas no incêndio do Museu Nacional em setembro de 2018, pertenciam, assim como a barra de cobre fundido recuperada, à Coleção de Geologia Econômica do Museu Nacional, constituindo um notável Patrimônio Geológico *ex situ*. A partir da descrição da posição da antiga ocorrência de cobre do Jauru, realizada por Cunha (1943), foi possível localizá-la com certa precisão com a ajuda do *Google Earth*. A partir de análises da barra de cobre por microscopia eletrônica de varredura com microanálise química por dispersão de energia (MEV/EDS) e difratometria de raios X (DRX), foi possível caracterizar textural e composicionalmente a barra de cobre e sua capa superficial oxidada. A barra de cobre do Jauru é formada por cobre metálico, óxidos de cobre (cuprita e tenorita) e liga de Cu-Au. A capa superficial é formada pelo material de alteração da barra, como cuprita, tenorita e clinoatacamita, além de contaminações da fuligem produzida durante o incêndio do Museu Nacional.

Palavras chaves: minério de cobre; cobre do Jauru; Rio Jauru; patrimônio geológico *ex situ*

Abstract

VIANNA, Mariah Borges. **Heritage Valuation and Characterization of Copper Ore Samples from Jauru, Mato Grosso**. Rio de Janeiro, 2021. p.67 Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

The Jauru copper ore occurrence is located approximately 3 km west of the Jauru River right bank and 16 km northwest of the Porto Esperidião downtown, Mato Grosso, near the former Registro do Jauru, a customs control post established in the late 18th century. Ore samples containing malachite, destroyed in the National Museum fire in September 2018, belonged, as well as the recovered molten copper bar, to the National Museum Economic Geology Collection, constituting a remarkable ex situ Geological Heritage. From the description of the position of the former copper occurrence of Jauru, made by Cunha (1943), it was possible to locate it with certain accuracy with Google Earth help. From analyses of the copper bar by scanning electron microscopy with chemical microanalysis by energy dispersion (SEM/EDS) and X-ray diffractometry (XRD), it was possible to texturally and compositionally characterize the copper bar and its oxidized surface layer. The Jauru copper bar is formed by metallic copper, copper oxides (cuprite and tenorite) and Cu-Au alloy. The surface layer is formed by the alteration material of the bar, such as cuprite, tenorite and clinoatacamite, as well as contamination from the soot produced during the National Museum fire.

Keywords: copper ore; Jauru copper; Jauru river; ex situ geological heritage

Lista de Figuras

Figura 1 - Caixa de amostras do minério, com informações acerca de sua origem, pertencente ao acervo do Museu Nacional/UFRJ (Coleção de Geologia Econômica do MN/UFRJ, amostra 106E, completamente destruída no incêndio de 02 de setembro de 2018).....	7
Figura 2 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru, assinalando o local da ocorrência do minério de cobre do Jauru, em vermelho..	9
Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do rio Jauru..	11
Figura 4 - Localização das principais sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru..	12
Figura 5 - Esboço geológico do sudoeste do Cráton Amazônico no Mato Grosso, com indicação do lineamento Indiavaí – Lucialva (IL) e a justaposição das rochas do Batólito Santa Helena (SHBC) e o embasamento do Terreno Jauru..	14
Figura 6 - Compartimentação em Domínios Tectônicos para o SW do Cráton Amazônico, abrangendo o sudoeste de Mato Grosso e o leste da Bolívia.....	15
Figura 7 - Mapa Geológico do Domínio Jauru.....	19
Figura 8 - Imagem do trecho do Rio Jauru onde localizava-se o antigo Registro do Jauru, conforme descrição de Cunha (1943)..	21
Figura 9 - Localização do “Morro do Cobre” (tracejado amarelo), em relação ao trecho do Registro do Jauru (elipse vermelha), distando a parte SW da elevação cerca de 5 km da sequência de “corredeiras do Registro”, conforme descrição de Cunha (1943)..	24
Figura 10 - Provável área de ocorrência do cobre do Jauru, na extremidade norte do “Morro do Cobre”. A sede de fazenda na parte superior da imagem possui coordenadas: 15°44’45,5” S / 58° 33’54,1” W.....	25
Figura 11 - Antiga galeria para a extração do minério de cobre do Jauru.....	26
Figura 12 - Fotografia da barra de cobre do Jauru com indicações das respectivas dimensões.....	28
Figura 13 - Amostras de minério contendo malaquita coletadas no “Morro do Cobre”, pertencente ao acervo do Museu Nacional/UFRJ (amostra 106-E, da Coleção de Geologia Econômica).	29

Figura 14 - Imagem do armário, em primeiro plano, onde estavam as amostras de cobre do Jauru, e onde foi resgatada a barra de cobre intacta..	30
Figura 15 - Fotografia da tampa da caixa das amostras do cobre do Jauru.....	31
Figura 16 - Transcrição da inscrição na tampa da caixa de madeira, na qual estavam as amostras de minério.	31
Figura 17 - Barra de cobre e materiais usados para abrasão da barra, água deionizada e lixa diamantada.	34
Figura 18 – Processo de desbaste da barra, com lixa diamantada, para obtenção do pó oxidado.....	34
Figura 19 - Barra de cobre do Jauru após abrasão da camada superficial, expondo o material original da barra, à esquerda, e a porção oxidada, à direita.....	35
Figura 20 – Bandeja de aço com líquido contendo o pó do material oxidado da barra e água deionizada.	35
Figura 21 - Bandeja de aço com o líquido contendo o pó do material original da barra, com cor avermelhada e água deionizada.....	36
Figura 22 – Estufa utilizada para secagem dos líquidos obtidos a partir da abrasão da barra, à esquerda e, à direita processo de pulverização das amostras em gral de alumina.....	37
Figura 23 – À esquerda, material original da barra disposto em suporte silício clivado <i>zero – background</i> e à direita, material oxidado da barra disposto em suporte com <i>background</i> de silício.....	37
Figura 24 - Alíquotas embutidas em resina, antes da cura. À esquerda, alíquota do material original da barra, e à direita, material oxidado.....	38
Figura 25 - Processo de polimento das seções em politriz automática.....	38
Figura 26 - Barra de cobre inteira disposta para inserção no MEV.....	39
Figura 27 - Imagens de elétrons retroespalhados, obtidas por MEV, da capa superficial oxidada da barra de cobre, apresentando textura heterogênea.....	40
Figura 28 - Imagens de elétrons retroespalhados, obtidas por MEV, do material original da barra de cobre, depois de abradada a capa superficial, apresentando textura homogênea.	41
Figura 29 - Imagem de elétrons retroespalhados mostrando o contato entre as superfícies dos materiais oxidado, à esquerda, e material original da barra, à direita.	42

Figura 30 - Imagens de elétrons retroespalhados obtidas por MEV de partículas de óxido de Cu, com indicação das análises pontuais JO-18, JO-20, JO-25 e JO-29 realizadas em diferentes pontos da amostra do material oxidado.....	45
Figura 31 - Imagens de elétrons retroespalhados dos pontos de análise JP-06, JP-07, JP-08, JP-09, JP-10 e JP-12 do material original da barra, cuja composição média é próxima a 88% e 80% de Cu, correspondendo aos óxidos de Cu (cuprita e tenorita), resultados da oxidação da amostra original.	46
Figura 32 - Imagens de elétrons retroespalhados do material oxidado da barra de cobre, com indicação dos pontos de análise JO - 23, JO - 24, JO - 26 e JO - 27, de óxidos de cobre cuja composição química tem Cu, O e elementos acessórios.	47
Figura 33 - Imagens de elétrons retroespalhados, obtidas por MEV, dos pontos JP-04 e JP-05.	47
Figura 34 - Imagens de elétrons retroespalhados dos pontos JO-21, JO-22, JO-23 e JO-30.	48
Figura 35 - Imagens de elétrons retroespalhados da amostra do material original da barra, obtidas em MEV.	49
Figura 36 - Imagens de elétrons retroespalhados das análises JP-01 e JP-02.	50
Figura 37 - Imagens de elétrons retroespalhados das amostras de material oxidado, à esquerda e material original, à direita, com indicação dos pontos de análises que representam a composição da barra de cobre do Jauru.	50
Figura 38 - Imagens de elétrons retroespalhados do material da barra de cobre, apresentando zonas de alteração do cobre.	51
Figura 39 - Difratoograma gerado para a amostra original do minério de cobre do Jauru, incluído as fases minerais, e respectivas fórmulas químicas, que melhor satisfazem a interpretação dos espectros.	53
Figura 40 - Difratoograma gerado para a amostra do material original da barra de cobre do Jauru, incluído as fases cristalinas, e respectivas fórmulas químicas, que melhor satisfazem a interpretação dos espectros.	54
Figura 41 - Difratoograma gerado para a amostra da capa oxidada da barra de cobre do Jauru, incluído as fases cristalinas, e respectivas fórmulas químicas, que melhor satisfazem a interpretação dos espectros.	55

Índice de tabelas

Tabela 1 – Principais sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jauru.....	12
Tabela 2 - Composição média das análises pontuais por EDS do material oxidado.	43
Tabela 3 - Composição média das análises pontuais por EDS do material original..	43
Tabela 4 - Composição média das análises pontuais por EDS JP-03, JP-11 e JP-14.	43

Sumário

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	ix
1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVO	8
3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	9
4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAURU	10
5. GEOLOGIA REGIONAL	13
5.1 DOMÍNIO JAURU	15
5.2 ESTRATIGRAFIA	16
6. CONTEXTO LOCAL	19
6.1 O RIO JAURU: HISTÓRIA E GEOGRAFIA	19
7. O COBRE NO MATO GROSSO	21
7.1 Província Metalogenética Sunsás	21
8. RESGATE PATRIMONIAL DO COBRE DO JAURU	22
8.1 O COBRE DO JAURU	23
9. O COBRE DO JAURU NO MUSEU NACIONAL E SEU VALOR PATRIMONIAL	27
10. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA	33
10.1 MATERIAIS E MÉTODOS	33
10.1.1 Materiais	33
10.2 Preparação de amostras	33
10.3 Técnicas analíticas	39
11. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
11.1 Análises por MEV/EDS	40
11.2 Análise Qualitativa por Difração de Raios – X	51
12. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

A mina de cobre do Jauru, localizada na bacia do rio homônimo, em Mato Grosso, foi pela primeira vez referenciada por Castelnau (1949), que viajando pela América do Sul em uma expedição do governo francês, teve a oportunidade de passar pela região do Registro do Rio Jauru, cruzando o local da ocorrência, descrito como “Morro do Cobre”. Contudo, apenas Cunha (1943) apresentou informações mais concisas sobre a existência dessa mina e as características geológicas desse minério.

As amostras do minério (Figura 1) que acompanharam o requerimento de manifesto dessa jazida em 1936, faziam parte do acervo do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ até 2018, quando foram destruídas no incêndio que acometeu a instituição, em setembro daquele ano. Além das amostras, uma barra de cobre fundida a partir do minério do Jauru, e que resistiu ao incêndio, também compunha esse acervo.

Assim, após a perda das amostras no incêndio, a barra de cobre foi fundamental para que, neste trabalho, pudesse ser realizada a caracterização tecnológica do minério de cobre do Jauru contido na barra, por microscopia eletrônica de varredura com microanálise química por dispersão de energia (MEV/EDS) e difratometria de raios X (DRX).

Além disso, busca-se ressaltar a importância das amostras destruídas e da barra enquanto patrimônio geológico *ex situ*, sendo elas o único registro material conhecido da mina de cobre existente no Jauru, nos séculos XIX e XX, infelizmente pouco conhecida.



Figura 1 - Caixa de amostras do minério, com informações acerca de sua origem, pertencente ao acervo do Museu Nacional/UFRJ (Coleção de Geologia Econômica do MN/UFRJ, amostra 106E, completamente destruída no incêndio de 02 de setembro de 2018).

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização do minério de cobre oriundo da região do Rio Jauru, em Mato Grosso, através de distintas técnicas analíticas.

Como objetivo secundário, o presente estudo visa destacar a importância desse material enquanto patrimônio geológico *ex situ*, integrante da Coleção de Geologia Econômica do Museu Nacional, severamente afetada pela tragédia de 2018. Adicionalmente, busca resgatar uma ocorrência histórica e pouco conhecida de minério de cobre no Estado do Mato Grosso.

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O minério estudado é oriundo de área localizada na região Centro Oeste do Brasil, na porção sudoeste do estado de Mato Grosso, às margens do Rio Jauru, ao norte do Pantanal Matogrossense. A ocorrência de cobre do rio Jauru está localizada entre o rio Aguapeí e córrego Santíssimo, a oeste do Rio Paraguai, na região do município de Porto Esperidião.

A localização da ocorrência de cobre do Jauru, redescoberta neste trabalho a partir da descrição de Cunha (1943), fica a cerca de 16,5 km a noroeste do centro da cidade de Porto Esperidião, aproximadamente nas coordenadas 15°45'00" S e 58°34'08" W (Figura 2). Para acessar o local da antiga ocorrência a partir de Porto Esperidião, há que se prosseguir pela rodovia BR-174 no sentido de Pontes e Lacerda (MT) por cerca de 17 km e tomar estradas vicinais por dentro de fazendas, o que certamente necessitaria não somente de autorizações prévias, como informações mais precisas para se alcançar o sítio.

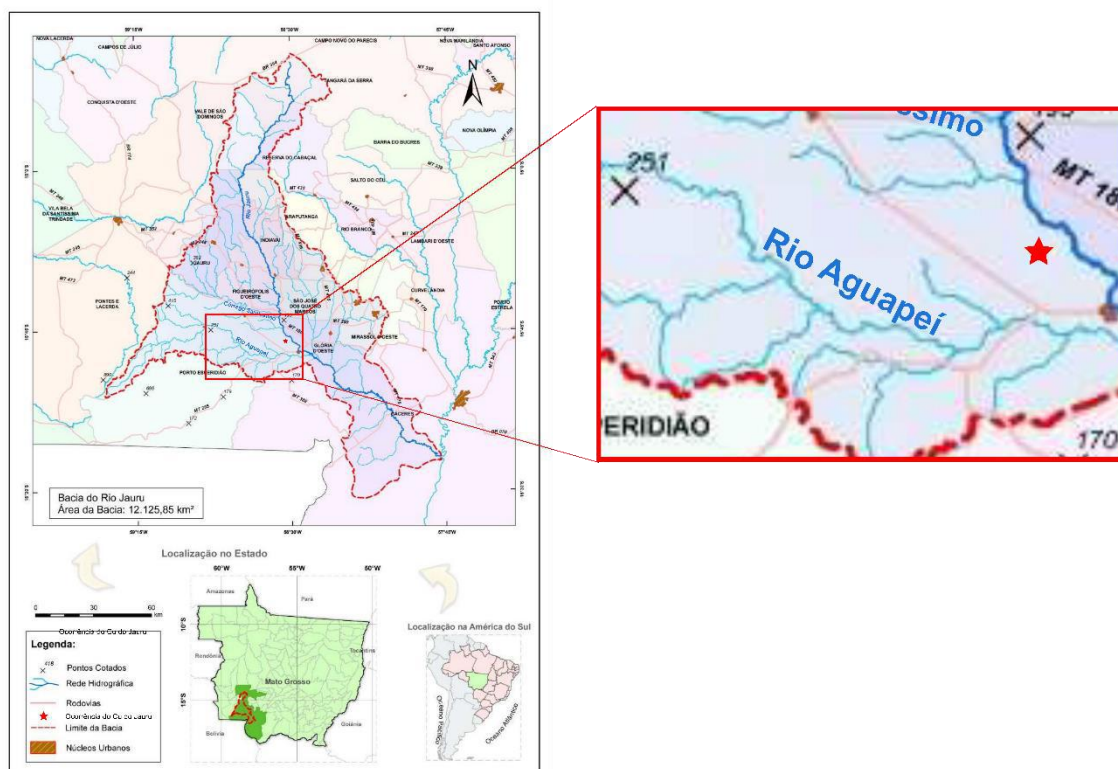


Figura 2 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru, assinalando o local da ocorrência do minério de cobre do Jauru, em vermelho. Fonte: (Modificado de SOUZA *et al.*, 2014).

4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAURU

A bacia hidrográfica é a unidade geomorfológica que compreende a área de drenagem de um rio principal e seus afluentes. Nessa unidade geomorfológica há interação de fatores físicos, biológicos, econômicos e sociais, sendo possível ter a visão da relação do conjunto de comportamento das condições naturais, geomorfologia, vegetação, solo e clima e das atividades humanas nelas desenvolvidas (SOUZA *et al.*, 2014).

O rio Jauru é um importante rio brasileiro localizado no estado Mato Grosso. Com 350 km de extensão, possui suas nascentes na Chapada dos Parecis à altura da cidade de Tangará da Serra e segue seu curso em direção ao sul, banhando inúmeras cidades do estado até desembocar no Rio Paraguai, pouco mais de 30 km ao sul da cidade de Cáceres.

Segundo Souza *et al.* (2014), a bacia Rio do Jauru, formada pelo Rio Jauru e seus afluentes, está localizada na porção sudoeste do estado do Mato Grosso, abrangendo uma área de aproximadamente 15.844,40 km² que compreende os municípios de Jauru, Indiavaí, Glória d'Oeste, Figueirópolis d'Oeste e Porto Esperidião (Figura 3). Os formadores da bacia do Rio Jauru nascem na Chapada dos Parecis (norte) e Serra Santa Bárbara (oeste), sendo essa uma das principais bacias contribuintes, à margem direita, do Rio Paraguai. Os principais afluentes contribuintes são, à direita, o Rio Aguapeí, o Córrego Santíssimo e o Rio Brigadeiro, à esquerda, o Ribeirão Caeté e os córregos das Pitas e do Sangue (Tabela 1). E, cada um desses afluentes forma uma bacia hidrográfica homônima, que corresponde à uma sub-bacia da bacia hidrográfica rio Jauru (Figura 4).

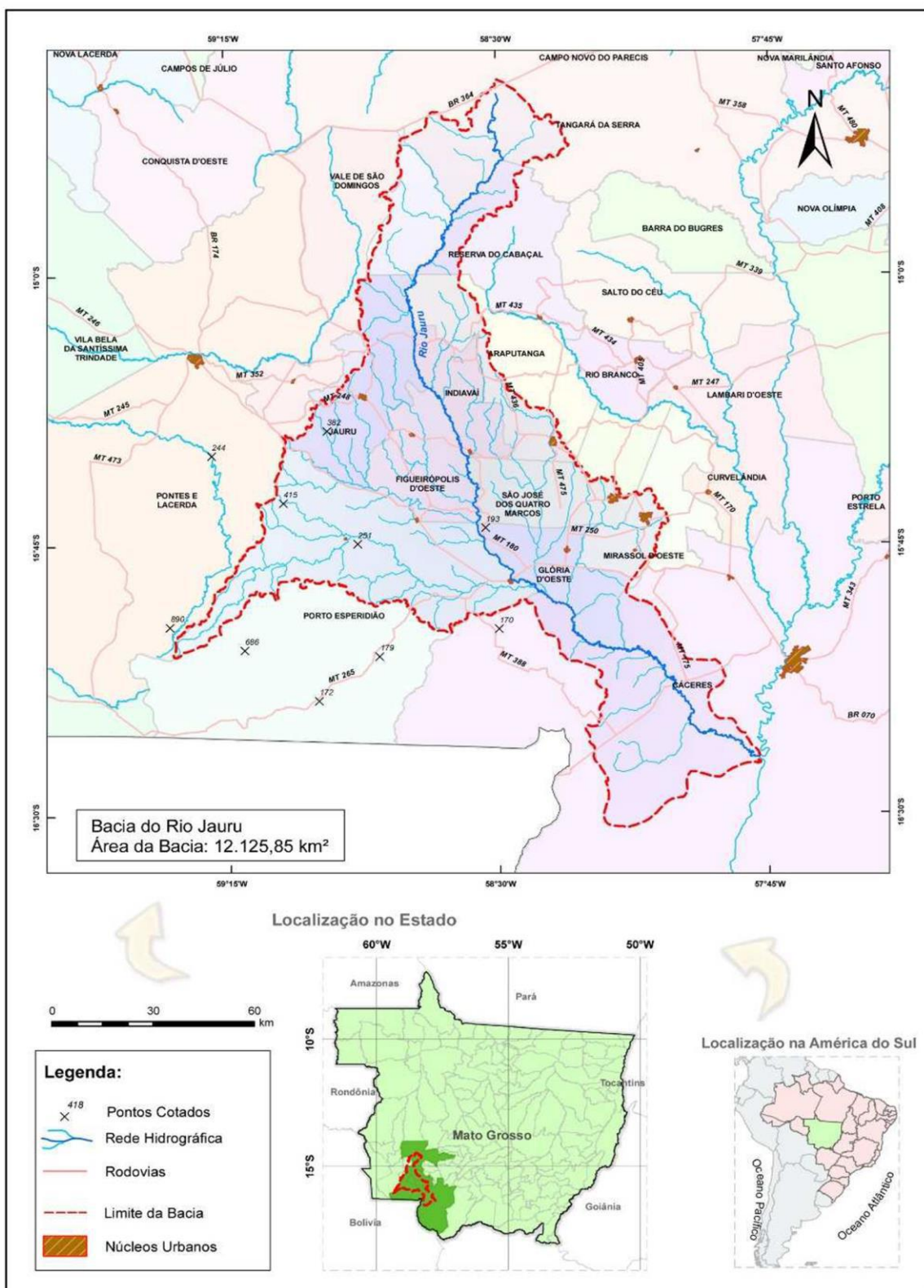


Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do rio Jauru. Fonte: SOUZA; SOUSA; ANDRADE (2014).

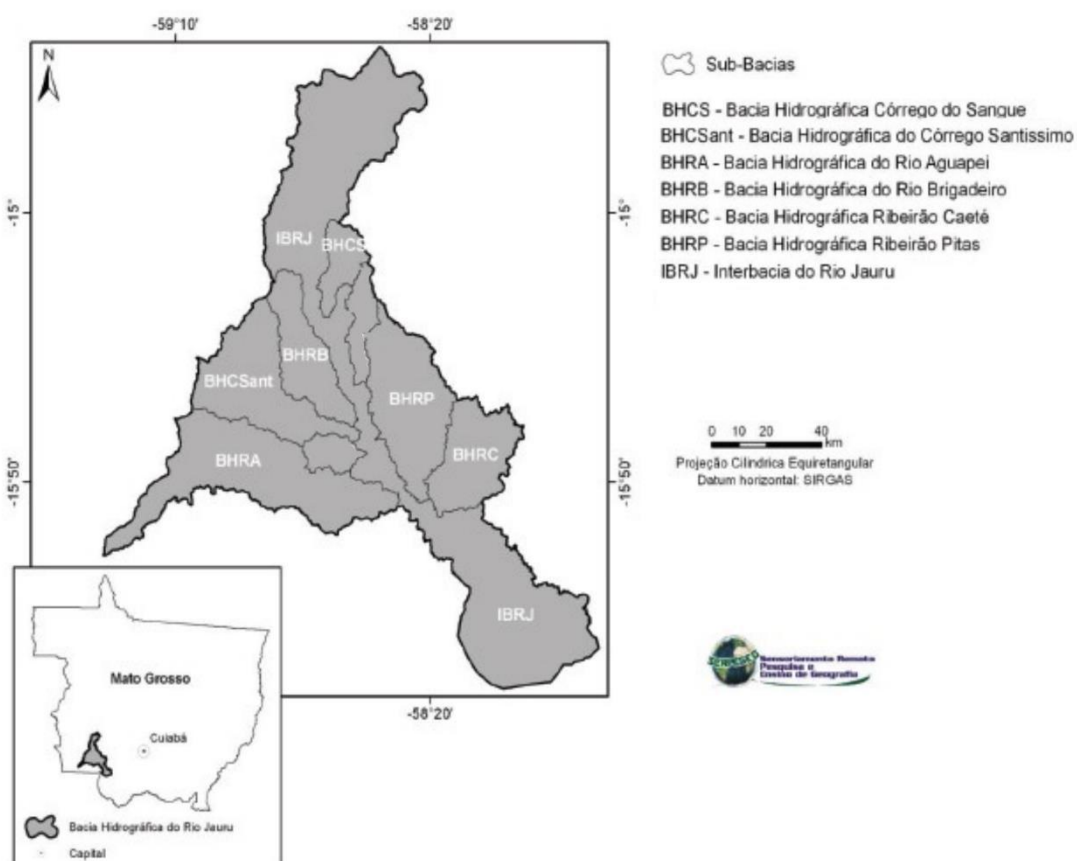


Figura 4 - Localização das principais sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru. (Modificado de Neves *et al.*, 2011).

Tabela 1 – Principais sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jauru. Fonte: SOUZA; SOUSA; ANDRADE (2014).

Sub-bacias	Número de canais	Comprimento dos canais (Km)	Área (km ²)	Densidade de drenagem (Dd)	Densidade de rio (Dr)	Vazão
Aguapeí	267	167	1.881	0,70	0,14	0,89
Brigadeiro	29	400	702,5	0,73	0,16	7,15
Pitas	155	95	475	0,20	0,32	0,11
Sangue	38	37	270	0,59	0,13	-
Santíssimo	462	-	1.107	1,28	0,72	46,62
Caeté	81	55	750	0,46	0,12	-

Sendo o Jauru um rio que passa por áreas de diferentes compartimentos litológicos e topográficos, a drenagem apresenta diversos padrões de canais que influenciam diretamente na vazão e acúmulo anual de erosão ao longo das margens do rio. Para melhor entender a dinâmica do rio, são definidos os padrões de canal predominantes na área do alto, médio e baixo curso da bacia do Jauru. No alto curso, próximo à usina hidroelétrica na cidade de Jauru, predominam os padrões retilíneo e

irregular, a erosão acumulada nas margens é de 1 a 2 cm/ano e a média anual de vazão nesse curso é 59,2 m³/s. Para o médio curso, à altura da cidade de Porto Esperidião, o rio é predominantemente meandrante, apresentando vazão média anual de 86 m³/s e, a erosão acumulada ao longo das margens do rio neste curso é de 1 a 10 cm/ano. Já no baixo curso, o meandramento do rio Jauru é expressivo, e nesse trecho o curso hídrico tem menor competência de transporte, aumentando a quantidade de sedimentos depositados nas margens e planície de inundação, assim, a erosão acumulada ao longo das margens do rio varia de 1 a 2 cm/ano. No baixo curso da bacia, próximo à confluência com o rio Paraguai, a vazão estimada é de 100 m³/s e, nesse trecho, o rio Jauru chega às áreas inundáveis do Pantanal, deságua em pequenos corpos hídricos ou espraia na planície, contribuindo para formação da área do Pantanal (SOUZA; SOUSA; ANDRADE, 2014).

Dadas as características climáticas da região da bacia do Rio Jauru, segundo Marostega *et al.* (2014) é possível afirmar que há um aumento significativo na precipitação no sentido da foz à nascente do rio, nas bordas da Chapada dos Parecis. O índice de precipitação médio ao sul é de 1.350 mm/ano, e ao norte de 1.700 mm/ano, essas características pluviométricas possibilitam que haja um maior aporte de água no curso superior da bacia.

5. GEOLOGIA REGIONAL

O Cráton Amazônico é um dos principais blocos geotectônicos pré-cambrianos da América do Sul, sendo assim, sua evolução tectônica e compartimentação sempre foram objeto de muitos estudos. Seu limite oriental é definido pelas faixas neoproterozoicas Paraguai, a sudeste, e Araguaia, a leste. Nos seus outros limites encontra-se recoberto por sedimentos das bacias subandinas (MATOS *et al.*, 2017). A evolução tectônica é discutida por diversos autores que defendem que a evolução do Cráton Amazônico ocorreu a partir de um núcleo cratônico arqueano, circundado por cinturões orogênicos paleo a mesoproterozoicos, responsáveis por acrescer a crosta juvenil e crostas retrabalhadas.

A porção sudoeste do Cráton Amazônico é uma região multiorogênica constituída por embasamento proterozoico formado entre 1,82 e 0,82 Ga por diversos episódios de magmatismos, metamorfismos, sedimentações e deformações. Como consequência desses eventos, os terrenos arqueanos do Cratón Amazônico afetados

e parcialmente retrabalhados possibilitaram a formação de diversas litologias e depósitos minerais associados (MATOS *et al.*, 2017). Segundo Ruiz (2005), a complexidade do arranjo geológico que caracteriza a porção sudoeste do cráton em Mato Grosso é resultado da atuação de pelo menos três grandes ciclos orogênicos – Rio Negro-Juruena, San Ignácio-Rondoniano e Sunsás-Aguapeí, acompanhados, provavelmente, por estágios tafrogênicos.

Desde metade dos anos 1980 são realizadas tentativas de compartimentação tectônica do SW do Cráton Amazônico, baseadas nos conceitos existentes na época. Segundo Araújo *et al.* (2009), na década de 1990 generalizou-se a compartimentação do sudoeste do Cráton Amazônico, abrangendo leste da Bolívia, sudoeste de Mato Grosso e sul de Rondônia, com base nos conceitos de terrenos e amalgamação de massas continentais. Saes (1999) reconhece para o sudoeste do Cráton Amazônico quatro terrenos: Paraguá, Rio Alegre, Santa Helena e Jauru.

A área de estudo está localizada no Terreno Jauru, limitado a oeste pelo Terreno Santa Bárbara e compreende um conjunto de complexos metamórficos e intrusivos de natureza diversa, cuja melhor exposição fica no vale do Rio Jauru (Figura 5) (SAES, 1999).

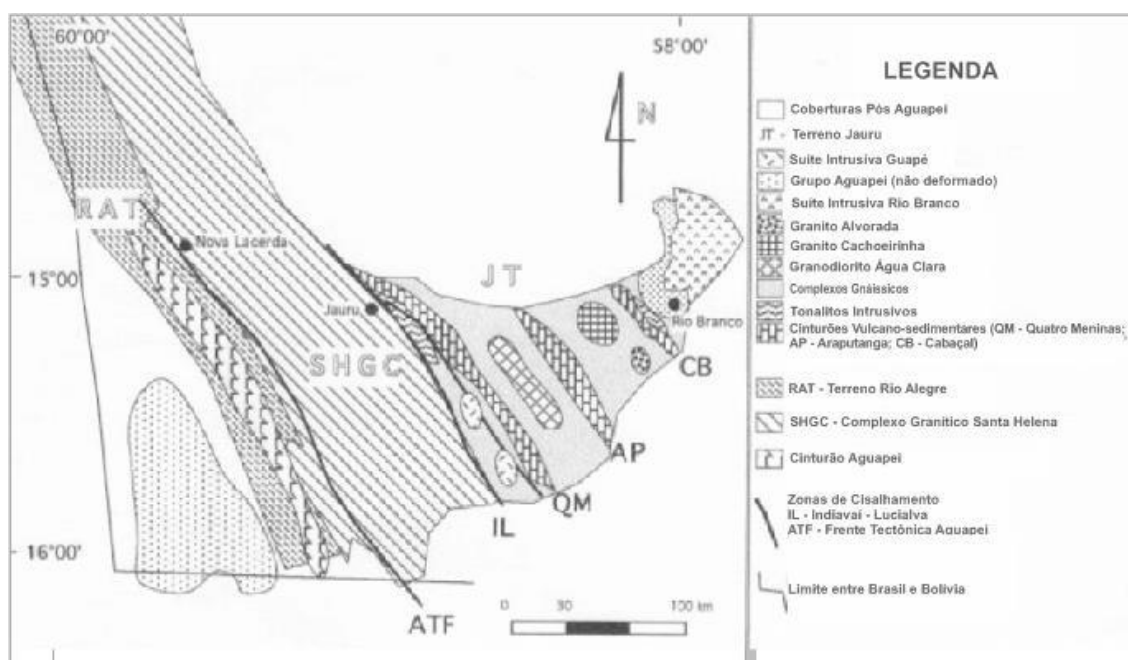


Figura 5 - Esboço geológico do sudoeste do Cráton Amazônico no Mato Grosso, com indicação do lineamento Indaiavai – Lucialva (IL) e a justaposição das rochas do Batólito Santa Helena (SHBC) e o embasamento do Terreno Jauru. (LEITE; SAES, 2000).

Ruiz (2005) foi responsável pela mais recente compartimentação utilizando o conceito de Domínio Tectônico para definir áreas delimitadas por zonas de cisalhamento de expressão regional. O Cráton Amazônico foi, então, dividido em cinco domínios tectônicos: Paraguá, Santa Bárbara, Cachoeirinha, Rio Alegre e Jauru (Figura 6).

A área de estudo está localizada à margem direita do rio Jauru, no âmbito do Terreno Jauru, no domínio Jauru, entidade orogênica paleoproterozoica, caracterizada por uma associação plutônica e rochas metassedimentares, estruturadas segundo o *trend* NW-SE, e encobertas na porção norte da área pelos depósitos fanerozoicos da bacia do Parecis (MATOS *et al.*, 2017).

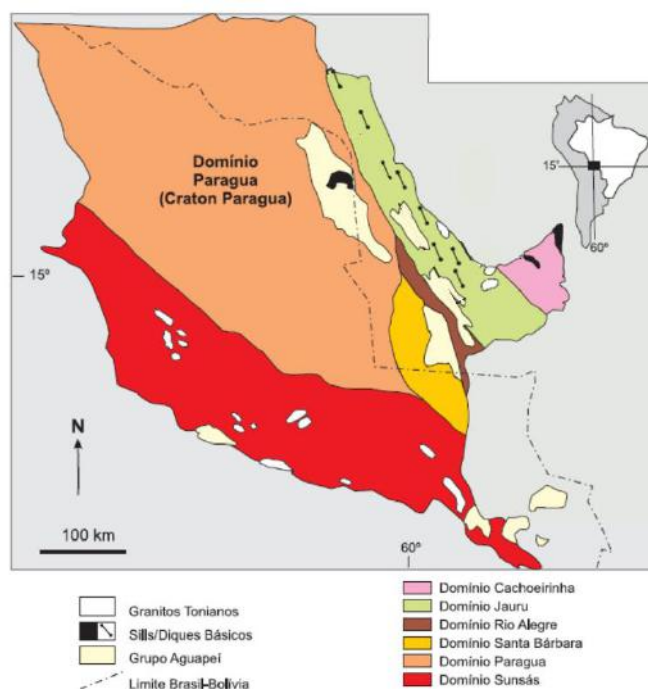


Figura 6 - Compartimentação em Domínios Tectônicos para o SW do Cráton Amazônico, abrangendo o sudoeste de Mato Grosso e o leste da Bolívia (COSTA *et al.*, 2009).

5.1 DOMÍNIO JAURU

O Domínio Jauru tem como limite oeste os domínios Rio Alegre e Paraguá, apresentados na Figura 6. O contato com o Domínio Rio Alegre se dá por zonas de cisalhamento dúcteis normais, marcada por grande estiramento dos minerais. Com o Domínio Paraguá, o contato não pode ser caracterizado, já que a região de contato está coberta por sedimentos holocênicos do Pantanal do Guaporé (RUIZ, 2005).

Mesmo não sendo uma região de contato, o Lineamento Indiavaí-Lucialva, configura uma importante zona de cisalhamento regional. A Zona de Cisalhamento Indiavaí-Lucialva exibe uma cinemática claramente normal, com movimento de topo para nordeste, justapondo o Batólito Santa Helena aos conjuntos metavulcano-sedimentares e ortognaisses cinzas do embasamento do Domínio Jauru, como mostra a Figura 5. As idades Ar-Ar (916 e 915 Ma) sugerem que a deformação cisalhante verificada no Lineamento Indiavaí-Lucialva, provavelmente é um rearranjo crustal ocorrido durante a Orogênese Sunsás e não por aglutinação de fragmentos crustais no Mesoproterozoico, na Orogenia San Ignácio-Rondoniano (RUIZ, 2005).

5.2 ESTRATIGRAFIA

O Domínio Jauru é constituído pelas seguintes unidades estratigráficas, em ordem cronoestratigráfica: Complexos Metavulcano-Sedimentares (Pontes e Lacerda e Rio Galera); Suítes Intrusivas Máfico-Ultramáficas, com rochas plutônicas (Córrego Dourado, Salto Grande e Figueira Branca); ortognaisses tonalíticos a monzograníticos (Suíte Intrusiva Rio Novo, Alto Guaporé, Retiro, Taquarussu e Brigadeirinho); batólitos deformados, representados pelo gnaisse granodiorítico do Batólito Água Clara e pelo gnaisse monzogranítico a tonalítico da Suíte Santa Helena; granitos calcialcalinos foliados (Suíte Intrusiva Pindaiatuba); Grupo Aguapeí; granitos calcialcalino isotrópicos a discretamente foliado (Suíte Intrusiva Guapé) e enxames de diques máficos (Suíte Intrusiva Rancho de Prata) (RUIZ, 2005).

Os complexos metavulcano-sedimentares do Domínio Jauru são dois e ambos têm idade aproximada de 1,8 Ga. O Complexo Metavulcano-Sedimentar Pontes e Lacerda foi dividido em três unidades geológicas: a primeira, São José, representada por metabasitos e anfibolitos com assinatura toleítica, associados a BIF's e rochas cálcio silicatadas. A Unidade Triângulo é representada por xistos de origem sedimentar, com muscovita, biotita, granada e cianita. No topo, a Unidade Paumar é caracterizada por xistos e quartzitos. Já o Complexo Metavulcano-sedimentar Rio Galera é heterogêneo, caracterizado pela intercalação de diversos tipos litológicos, resultado de atividade tectônica. Dentre os tipos litológicos desse complexo estão biotita-muscovita-xistos, gnaisses com biotita e hornblenda, diopsídio-hornblenda-gnaisses, xistos com silimanita e hornblenda-anfibolitos (RUIZ, 2005).

As suítes intrusivas Salto Grande, Córrego Dourado e Figueira Branca (Figura 7) correspondem a exposições de rochas plutônicas e máficas-ultramáficas. Essencialmente, as suítes são constituídas de metagabros finos a grossos, apresentando textura nematoblástica, anfibolitos de granulação fina, constituídos de hornblenda e plagioclásio, bem como metaperidotitos, constituídos por olivina, piroxênio, serpentina, talco e opacos (RUIZ, 2005).

Cortando as rochas das suítes máfica-ultramáficas e as dos complexos metavulcano-sedimentares, existem gnaisses cinzas de composição tonalítica a monzogranítica. Esses gnaisses são bandados e dobrados, com mergulhos íngreme para NW e SE (RUIZ, 2005).

Seguindo a estratigrafia, existem ainda duas outras suítes intrusivas: Água Clara e Santa Helena (Figura 7). A suíte plutônica Água Clara é composta por granitoides granatíferos e rochas de composição granítica a granodiorítica, apresentando idade de cristalização de aproximadamente 1,48 Ga. Já a Suíte Santa Helena representa o maior magmatismo ácido do sudoeste de Mato Grosso, constituído por grande batólito de aproximadamente 4.500 km², com eixo maior orientado segundo a direção NNW. Segundo Ruiz *et al.* (2005), esse batólito tem uma história estrutural mais complexa, composta por pelo menos três fases de deformação relacionadas à orogenia San Ignácio-Rondoniana.

A Suíte Intrusiva Pindaituba (Figura 7) é representada por um conjunto de plutons e batólitos graníticos intrudidos nos terrenos supracrustais e ortognássicos do Domínio Jauru. Esses granitoides são orientados na direção NE-SW, tem granulação média a grossa, textura porfirítica e são leucocráticos. O Granito Praia Alta também é um batólito constituído por rochas graníticas leucocráticas, grossas, porfiríticas e com composição monzogranítica. A idade de formação do batólito é 1.423 ± 11 Ma (RUIZ, 2005).

O Grupo Aguapeí é representado pela Formação Fortuna, constituída principalmente por metaconglomerados e metarenitos quartzosos deformados e metamorfizados na fácies xisto verde. Essas rochas são cortadas por intrusões do Granito Banhado, paralelas à foliação principal dessas rochas.

A Suíte Intrusiva Guapé constitui um conjunto de intrusões graníticas localizadas em uma zona de cisalhamento da Orogenia Sunsás. Ocorrem três

intrusões relacionadas à Zona de Cisalhamento Indiavaí-Lucialva e uma intrusão relacionada à Zona de Cisalhamento Anhambiquara.

A Suíte Intrusiva Rio da Prata marca o último episódio magmático deste domínio, representada por um enxame de diques máficos que compreendem uma área de aproximadamente 2.000 km², em um *trend* NNW. Esses diques são constituídos por plagioclásio, piroxênio, olivina e anfibólio.

Segundo Matos *et al.* (2017), o potencial metalogenético do Domínio Jauru é representado por depósitos de Cu, Au, Zn, Pb, Zn, Ag e Ni. Os depósitos de Cu, assim como de outros alvos metalogenéticos, estão associados às rochas máficas-ultramáficas da Suíte Intrusiva Figueira Branca. Para Figueiredo *et al.* (1973), a suíte intrusiva Figueira Branca é representada por gabros, anfibolitos e serpentinitos intrusivos nos gnaisses, o que é concordante com o que diz Cunha (1943), que as rochas regionais do local da ocorrência do Cu do Jauru são anfibolitos.

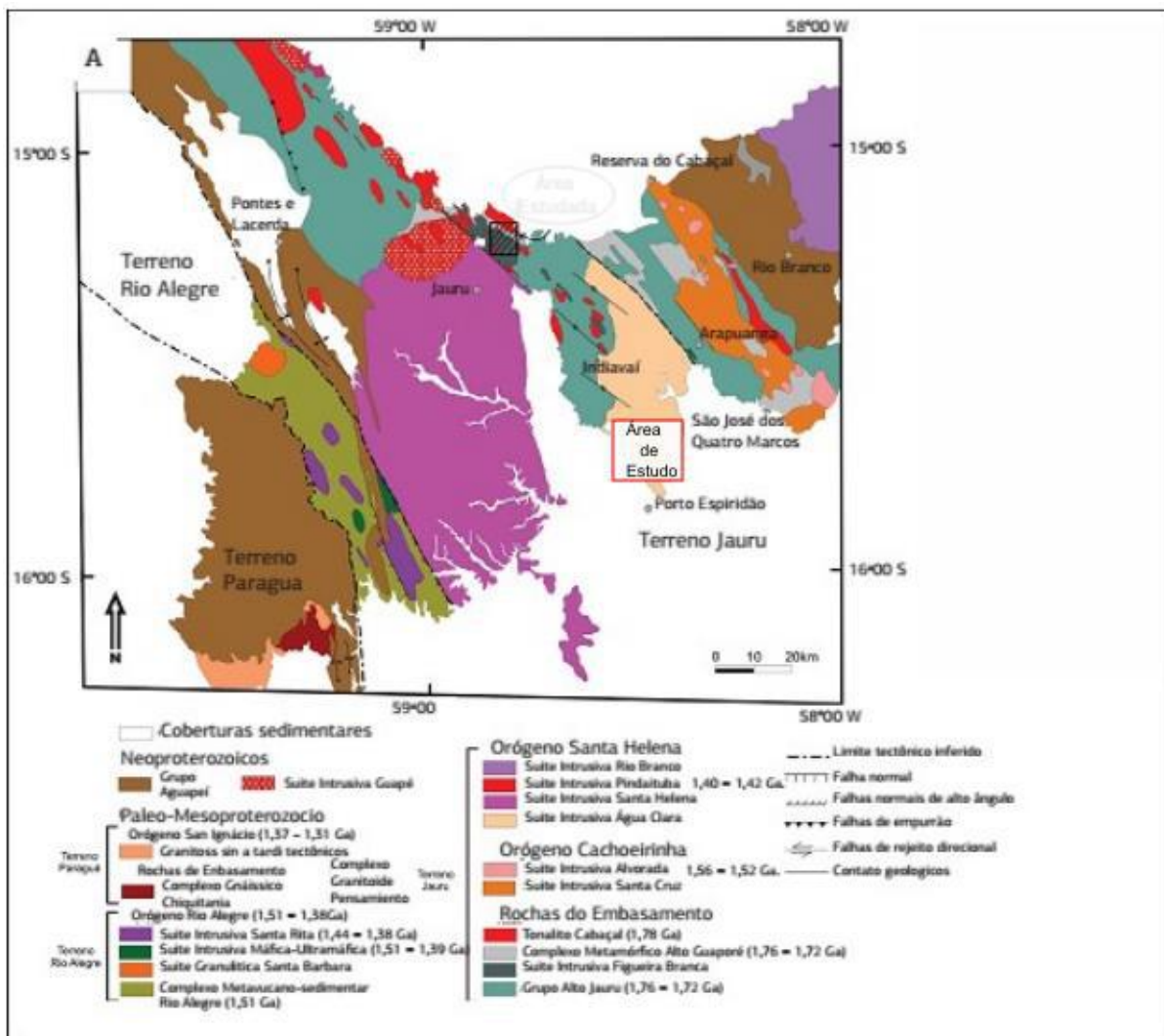


Figura 7 - Mapa Geológico do Domínio Jauru (Modificado de Ruiz, 2005 e Bettencourt *et al.*, 2010).

6. CONTEXTO LOCAL

6.1 O RIO JAURU: HISTÓRIA E GEOGRAFIA

Atualmente, o rio Jauru não possui grande expressividade como rota comercial, mas nos séculos passados era rota de escoamento de riquezas dessa região do Mato Grosso, em especial a borracha e a poaia, planta medicinal abundante na região do Mato Grosso. Durante o século XVIII, quando Portugal e Espanha disputavam território nas américas, era na foz do Rio Jauru o marco divisório da área de domínio de cada país definido pelo Tratado de Madrid, firmado entre os reis de Espanha e Portugal em 13 de janeiro de 1750.

A fim de instituir o limite fronteiriço entre os dois reinos na região, foi implantado na então foz do Rio Jauru (a foz atual localiza-se cerca de 4 km a NNW da foz no

século XVIII), no dia 18 de janeiro de 1754, um marco em pedra-de-lioiz trazido de Portugal. Atualmente, o “Marco do Jauru” está erigido na Praça Barão do Rio Branco, em Cáceres, para onde foi transportado pelo Exército entre janeiro e fevereiro de 1883 (BINDANDI & MALUF-SOUZA, 2017).

Durante o período colonial, as atividades na bacia do Rio Jauru se concentravam na região do Registro, posto para fiscalização da entrada e saída aurífera. Devido à desvalorização da borracha, o esgotamento das jazidas auríferas de aluvião e a mudança de capital da província de Vila Bela da Santíssima Trindade (no vale do Rio Guaporé) para Cuiabá em 1835, as populações não se estabeleceram às margens do Rio Jauru.

O Registro do Jauru, importante para este trabalho tendo em vista que a ocorrência mineral estudada está localizada a pouco mais de 3 km deste local, constituía um importante destacamento militar naqueles sertões, anterior a implantação da Vila de São Luís de Cáceres, fundada em 6 de outubro de 1778, servindo de atrativo para indígenas que fugiam dos territórios espanhóis (MORAES, 2003). Cunha (1943, pág. 10), descrevendo o trajeto até a ocorrência mineral a partir de Porto Esperidião, relatou que “Começa, então, a série de corredeiras. A primeira a ser vencida tem o nome agressivo de Queixo de Anta; aparece depois Montezía, com suas três bocas e muita ilhas; a sequência do Registro com duas ilhas; a Pocinho e a sequência do Poção, pouco antes da boca do córrego Santíssimo, afluente ainda à margem direita.”

Através dessa descrição, utilizando o *Google Earth* (acesso em 8 de março de 2021), foi possível localizar quase todas essas toponímias citadas por Cunha (1943), incluindo as duas ilhas que limitam que o autor denominou “a sequência do Registro”, ponto de partida para a localização da ocorrência mineral. De acordo com a Figura 8, o antigo Registro do Jauru já totalmente desaparecido à época de Cunha (1943), localizava-se na margem do rio, entre as coordenadas 15°43′53,4” S / 58°32′28,6” W (corredeira e pequena ilha a montante) e 15°44′24,5” S / 58°32′18,4” W (corredeira situada 330 m a jusante da ilha maior).

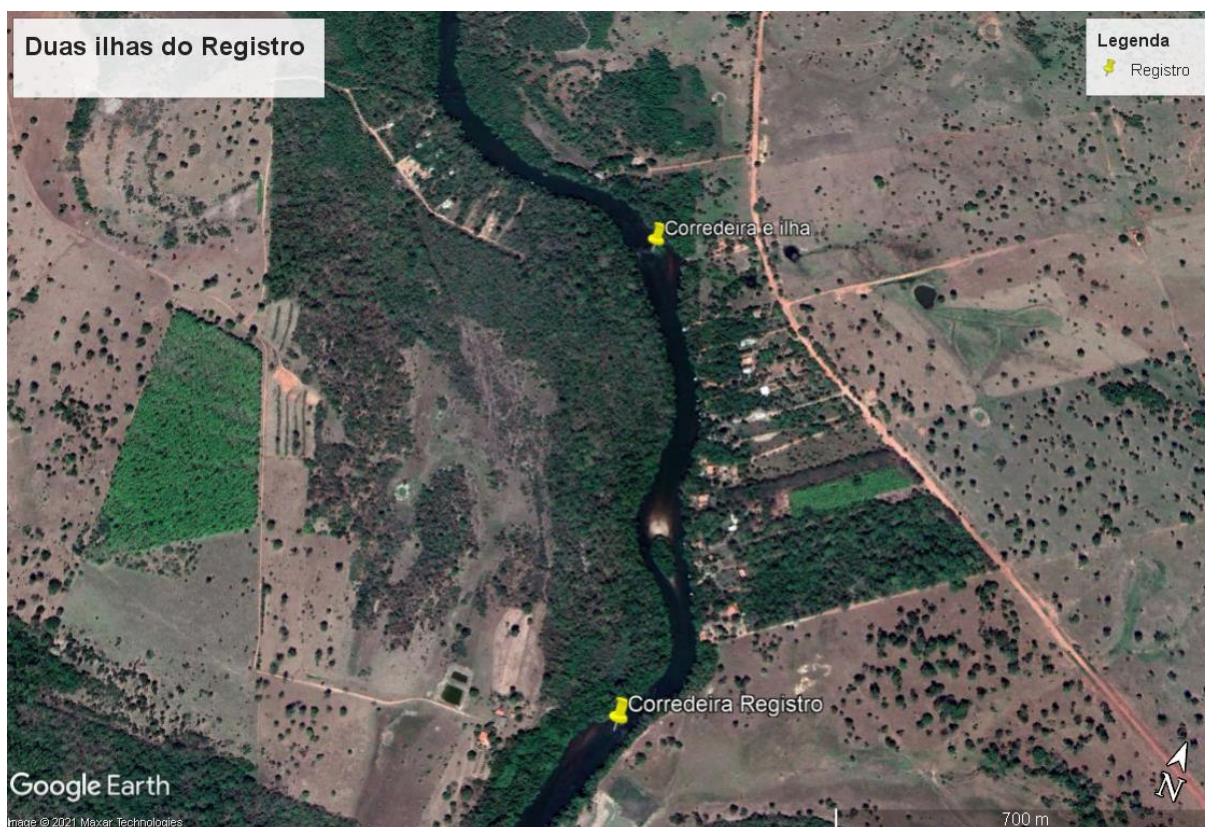


Figura 8 - Imagem do trecho do Rio Jauru onde localizava-se o antigo Registro do Jauru, conforme descrição de Cunha (1943). Fonte: *Google Earth*, acesso em 8 de março de 2021.

Desde sua nascente até as proximidades de Porto Esperidião, a cerca de 120 km da foz, o rio corre em terrenos baixos, alagadiços e suscetíveis às enchentes no período de novembro a março. Nesse trecho as margens são geralmente baixas e planas, havendo dois morrotes à margem direita, composto por arenito na região de Porto Esperidião e um outro morrote mais próximo à foz (Cunha, 1943).

7. O COBRE NO MATO GROSSO

7.1 Província Metalogenética Sunsás

O Terreno Jauru faz parte da Província Metalogenética Sunsás, a qual é composta, no sudoeste de Mato Grosso, pela Província Aurífera do Alto Guaporé, o Distrito Polimetálico do Alto Jauru e o Distrito Niquelífero de Comodoro (RUIZ *et al.*, 2014).

Segundo Juliani *et al.* (2016), nos distritos minerais de Cabaçal/Alto Jauru há ocorrência de depósitos de cobre polimetálicos com evidência de formação por processos vulcânicos exalativos, semelhantes aos depósitos de sulfeto maciço

hospedados em rochas vulcânicas (*Volcanic-Hosted Massive Sulfide* ou VHMS). A evolução desses depósitos é complexa e envolve a sobreposição de eventos tectônicos e hidrotermais.

Na década de 80 do século passado, foi intensificada a exploração mineral entre os rios Cabaçal e Jauru pela Mineração Santa Marta – BP Internacional, que encontrou zonas de anomalia geoquímica e geofísica na Faixa Cabaçal (Ruiz *et al.*, 2014). Em uma dessas zonas de anomalia se instalou uma mina de ouro e cobre, a Mina Cabaçal, que está a leste do Rio Jauru. A ocorrência de mineralizações na região do Jauru é importante para o entendimento da história geológica do minério de cobre estudado.

Segundo Ruiz *et al.* (2014), a sequência estratigráfica do depósito Cabaçal consiste em uma unidade vulcano-química, uma unidade vulcânica-vulcanoclástica e uma zona cloritizada. A zona cloritizada, na qual ocorre grande parte do cobre da mina, é representada por um xisto rico em clorita, com sulfetos abundantes. A maioria das rochas dessas unidades é representada por xistos compostos por sericita, clorita, biotita e quartzo, em proporções diferentes em cada tipo de rocha.

A gênese dos depósitos da Faixa Cabaçal é motivo de discussão entre os autores. Acredita-se que o modelo genético é relacionado a processos vulcânicos que ocorreram durante o Paleoproterozoico, gerando depósitos do tipo Sulfeto Maciço Vulcanogênico, o que é concordante com o que diz Juliani *et al.* (2016) sobre a ocorrência desse tipo de depósito na área.

8. RESGATE PATRIMONIAL DO COBRE DO JAURU

Quando definido o tema para desenvolvimento desta pesquisa, em julho de 2018, iniciou-se a etapa de levantamento bibliográfico, selecionando trabalhos relacionados à região do Jauru e ao minério de cobre, que pudessem embasar o resgate patrimonial do cobre do Jauru. Por se tratar de uma mina ativa entre os séculos XIX e XX, há pouca documentação, bem como escassos dados disponíveis na bibliografia. Assim, a pesquisa se desenvolveu a partir de um artigo principal, publicado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM, atual Agência Nacional de Mineração – ANM) e documentos disponibilizados pela biblioteca da

Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no Rio de Janeiro.

8.1 O COBRE DO JAURU

A história do cobre do Jauru não é muito conhecida, tendo sido referenciada por alguns trabalhos dos séculos XIX e XX. A primeira referência que se tem conhecimento foi feita por Castelnuovo (1949), na sua obra *Expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud*, na qual o francês durante sua expedição pelo nosso continente, relata a existência de um filão de malaquita com aproximadamente 3 cm de espessura, mergulhando 18° para noroeste, às margens do Rio Jauru, no que ele denominou de “Morro do Cobre”.

Segundo Ferreira (1885), o primeiro estudo sobre a ocorrência de cobre do Rio Jauru foi realizado por volta de 1879 pelo engenheiro Dupré Júnior, encomendado pelo Sr. Rodocanachi, quem detinha o direito de exploração do minério da área. O Engº. Dupré faleceu precocemente e os resultados de seu trabalho não foram divulgados, no entanto, o Sr. Rodocanachi relatou um pouco do que foi visto na área. De acordo com ele, foram registrados três veios irregulares, próximo dos quais foram abertas galerias de 11 e 15 m e não se encontrou a continuidade dessas feições, evidenciando, segundo sua crença, que era uma mina muito profunda, com 150 a 200 m de profundidade. O Sr. Rodocanachi relatou ainda que coletou 30 arrobas de minério - aproximadamente 450 kg - nas quais encontraria de teores de 25 a 30% de cobre puro.

Das referências existentes sobre essa ocorrência, em nenhuma delas está relatada a gênese e evolução do minério, assim como o interesse econômico em volta desse minério, que pouco foi explorado. Acredita-se que a incipiência de estudos do minério e que a exploração do cobre na região tenha sido ofuscada pela busca do ouro.

É sabido que o minério de cobre ocorre nas proximidades do Rio Jauru, no entanto, esta drenagem tem um curso extenso e há necessidade de especificar a localização dessa ocorrência. A partir do relato de Cunha (1943, págs. 10 e 15), pudemos recuperar a localização da ocorrência de cobre, a partir do correto posicionamento do antigo local do Registro do Jauru, conforme acima mencionado.

Conforme a descrição daquele autor, “Antes de chegar ao (Córrego) Santíssimo, na altura da série de corredeiras do Registro, balizada por duas ilhas, a cerca de 5 km da margem direita, existe um morrote de rocha dura, em cuja fralda norte começa o terreno argiloso micáceo, formando uma pequena colina na qual ocorre o minério.” (Cunha, 1943, pág. 15). Traçando uma distância de 5 km a partir da margem direita do rio Jauru no trecho das corredeiras do Registro (Figura 9), encontra-se de fato uma elevação (o “morrote de rocha dura”), cuja altitude supera os 280 m, enquanto o canal do Rio Jauru não supera os 160 m.

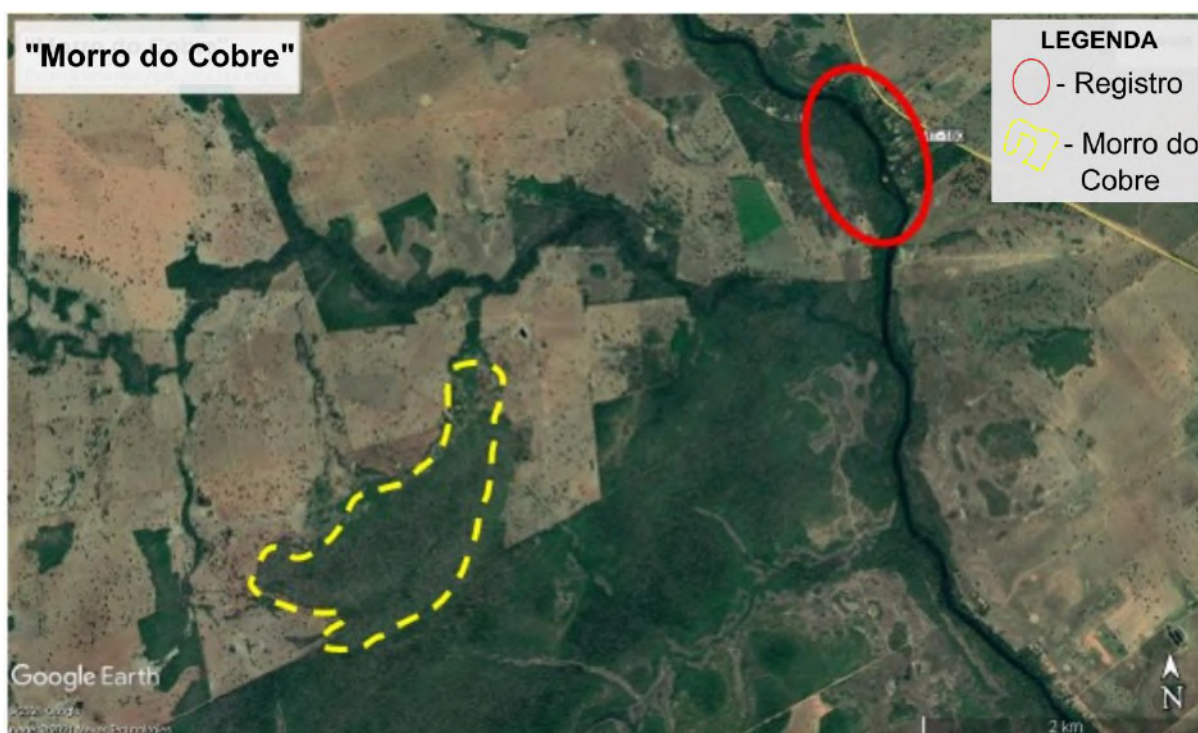


Figura 9 - Localização do “Morro do Cobre” (tracejado amarelo), em relação ao trecho do Registro do Jauru (elipse vermelha), distando a parte SW da elevação cerca de 5 km da sequência de “corredeiras do Registro”, conforme descrição de Cunha (1943). Fonte: *Google Earth*, acesso em 8 de março de 2021.

Outra referência segura no relato de Cunha (1943, pág. 15) refere-se à drenagem que o mesmo teve que acompanhar e, em um certo momento atravessar, no trajeto até a ocorrência mineral: “Para alcançar o morrote, deve-se atravessar um regato que, vindo da direção norte, deságua pouco abaixo do antigo Registro”. Esta drenagem, tributária da margem direita do Rio Jauru é perfeitamente identificável na Figura 9, situada entre a área do antigo Registro e o “Morro do Cobre”, desaguando cerca de 800 m a jusante da primeira corredeira.

Ainda de acordo com o relato, a ocorrência mineral está localizada “em uma pequena colina”, na “fralda norte” (sopé norte) do morrote (Cunha, 1943, pág. 15).

Observando a imagem de satélite, constata-se que, de fato, o “Morro do Cobre” de Castelnau (1949) termina em sua extremidade norte com uma elevação mais baixa, que apresenta vegetação mais rala (Figura 10). Cunha (1943, pág. 15), ainda relata que “pouco depois (de atravessar a drenagem, *observação nossa*) se divisa o morrote de pedra, de escassa vegetação, tendo ao lado uma elevação de terreno, com um bosque ralo, e no qual se vê(m) (sic) os sinais de trincheiras e poços e alguns montes de aterro.”, e que “entre o morrote e a colina corre uma espécie de leito estreito, escavado em pedra que mostra superficialmente a aparência de canga; dá esse leito a impressão de tratar-se de um escoadouro de águas pluviais”.

Acreditamos, portanto, que a ocorrência de cobre do Jauru esteja situada ao redor da pequena colina que constitui a terminação norte do “Morro do Cobre” (Figura 10), onde observam-se ao menos duas drenagens estreitas (o “escoadouro de águas pluviais”?) a leste e a oeste, bem como escavações e movimentação de solo aparentemente recentes, assim como outras ao redor de toda essa ponta de morro, e uma na parte superior da colina. Tais escavações aparentemente constituem cacimbas e pequenas represas para dessedentação do gado. Cabe ressaltar que Cunha (1943) já relatava que as escavações para extração do minério já estavam bastante obliteradas quando da visita ao local no início dos anos 1940.



Figura 10 - Provável área de ocorrência do cobre do Jauru, na extremidade norte do “Morro do Cobre”. A sede de fazenda na parte superior da imagem possui coordenadas: 15°44'45,5" S / 58°33'54,1" W. Fonte: *Google Earth*, acesso em 8 de março de 2021.

Cunha (1943) durante pesquisa realizada na área, relatou que “seguindo esse morrote de rocha dura até a colina de solo terroso, que ocorre ao lado, é possível encontrar escavações que assinalam a ocorrência do minério. Dentre essas escavações, uma grande evidência dessa ocorrência é a presença de uma trincheira de 30 m de comprimento, 3 m de profundidade e 4 m de largura, além de outras duas trincheiras de 3 m de profundidade.” (Figura 11).



Figura 11 - Antiga galeria para a extração do minério de cobre do Jauru (Fonte: Cunha, 1943).

Todas essas trincheiras que evidenciam a exploração do minério de cobre foram feitas atravessando o terreno argiloso do morrote e estão todas associadas à uma mesma litologia, o clorita-xisto, que é a rocha na qual ocorre o minério de cobre sob a forma de malaquita ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$). Segundo Cunha (1943), na ocasião em que esteve no local da ocorrência não encontrou nenhum veio mineralizado, somente alguns fragmentos soltos de minério. Até hoje, o único registro de veios mineralizados foi feito por Castelnau (1949), conforme Cunha (1943).

Este último autor encontrou e coletou três tipos de amostras para serem analisadas: malaquita cimentada em massa terrosa, englobando quartzo, material fino triturado, essencialmente malaquita, e material fino total remanescente da área onde, provavelmente, o minério foi acumulado, coletado próximo às trincheiras. As amostras

de malaquita possuíam teores de 34,6% de cobre, enquanto as amostras de material fino composto essencialmente por malaquita possuíam 41,6% de cobre e as amostras de material fino total tiveram como resultado 4,9% de cobre.

A fim de correlacionar o minério com as rochas da região, Cunha (1943) realizou um estudo petrográfico das rochas que ocorrem ao longo de diversos pontos do Jauru. Todas as amostras apontaram para anfibolitos e anfibolitos-gnaiss, que são as rochas que ocorrem regionalmente. É nesse anfibolito que há ocorrência do mineral de cobre sob a forma de calcopirita. A malaquita encontrada é oriunda da decomposição de rochas regionais, nas quais o minério ocorre como calcopirita.

9. O COBRE DO JAURU NO MUSEU NACIONAL E SEU VALOR PATRIMONIAL

Criado na cidade do Rio de Janeiro por decreto de D. João VI, em 6 de julho de 1818, o Museu Nacional (MN) é a primeira instituição museológica e de pesquisa do Brasil, desde a sua criação até os dias atuais, o museu tem como missão:

Descobrir e interpretar fenômenos do mundo natural e as culturas humanas, difundindo o seu conhecimento com base na realização de pesquisas, organização de coleções, formação de recursos humanos e educação científica, assim como atuar na preservação do patrimônio científico, histórico, natural e cultural para o benefício da sociedade. (SEREJO, 2020, p. 5).

Como uma das mais importantes instituições de pesquisas do país, o Museu Nacional conta com um rico acervo, organizado sob a forma de acervos bibliográfico, arquivístico, histórico-artístico, didático-científico, coleções científicas geológicas e paleontológicas e coleções científicas biológicas.

De acordo com Brilha (2005) são considerados Patrimônio Geológico, os elementos notáveis da geodiversidade que apresentam singular valor científico, cultural, estético, entre outros. Inicialmente, as coleções museológicas de rochas, fósseis e minerais, por não se encontrarem em seu contexto natural, não eram englobadas por essa definição de Patrimônio Geológico. Contudo, Brilha (2016) divide o Patrimônio Geológico em duas categorias: geossítios, que correspondem às ocorrências *in situ* de elementos da geodiversidade com alto valor científico e elementos do Patrimônio Geológico, correspondente aos elementos da

geodiversidade que, apesar de não estarem em seu local natural, mantém elevado valor científico, como as coleções geológicas.

Dessa forma, as amostras do cobre do Jauru, representadas por uma barra de cobre fundido (Figura 12) e amostras do minério contendo malaquita (Figura 13), além de apresentar valor científico e histórico, integram a Coleção de Geologia Econômica do Departamento de Geologia e Paleontologia do MN/UFRJ (DGP) que, segundo Mansur *et al.* (2013), são consideradas Patrimônio Geológico *ex situ*. Serejo (2020, p.81) diz que “Nas coleções do Departamento, o acervo é composto por diversos itens com grande importância histórica e científica”, ratificando o valor patrimonial dessas coleções. A Coleção de Geologia Econômica do DGP, reorganizada por Viktor Leinz em 1946, era, antes do incêndio, composta por 1004 amostras.



Figura 12 - Fotografia da barra de cobre do Jauru com indicações das respectivas dimensões.

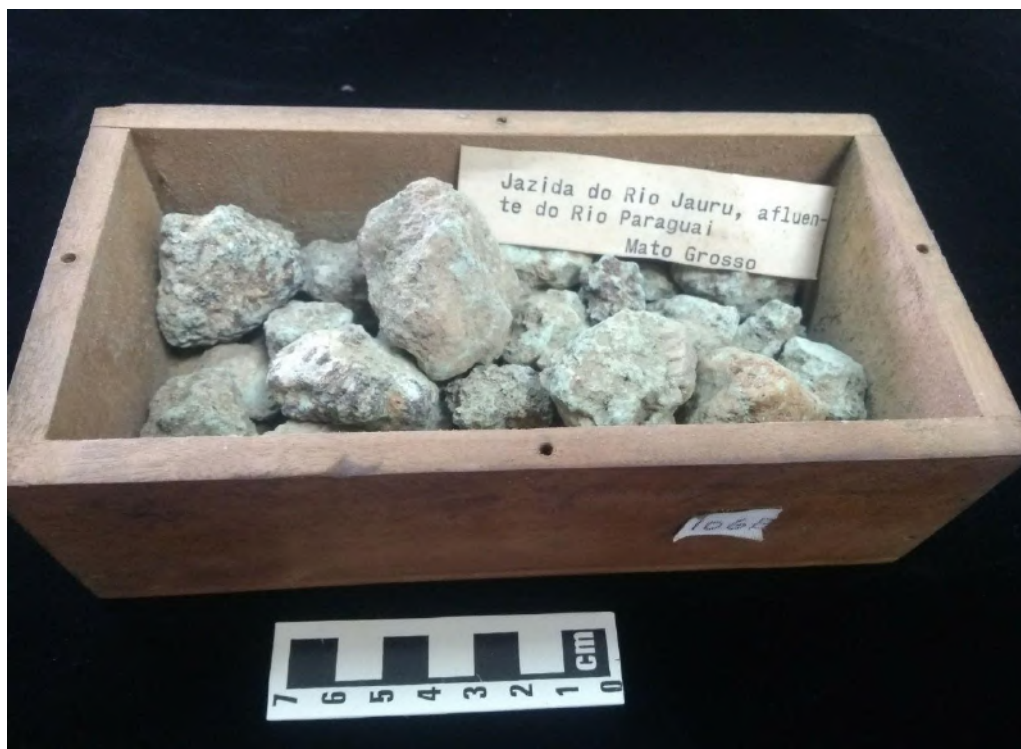


Figura 13 - Amostras de minério contendo malaquita coletadas no “Morro do Cobre”, pertencente ao acervo do Museu Nacional/UFRJ (amostra 106-E, da Coleção de Geologia Econômica). Imagem: Renato R. Cabral Ramos.

Visando a conservação do patrimônio *ex situ*, sob a forma de coleções científicas, é ideal que diversos fatores como umidade, temperatura, sujidades e acesso de pessoal sejam constantemente monitorados e, quando necessário, intervenções sejam realizadas para manter as condições adequadas à conservação dessas coleções (MANSUR *et al.*, 2013). Além disso, como estratégia para a geoconservação, devem ser realizadas vistorias técnicas periódicas em todas as construções que abrigam as coleções de instituições de pesquisa científica, a fim de avaliar a rede elétrica e as condições estruturais das construções. Assim, idealmente, as entidades gestoras de instituições de pesquisa científica devem priorizar o investimento de recursos para execução das medidas adequadas à conservação do Patrimônio Geológico *ex situ*.

Contudo, no caso do Museu Nacional, após várias décadas de descaso do Governo Federal e da própria UFRJ no que se refere à adequação de um antigo Palácio para um Museu, sofreu em 2 de setembro de 2018 um terrível incêndio iniciado em um ar-condicionado, destruindo quase completamente sua estrutura física e grande parte de seus acervos. Desde então, o imponente Museu Nacional enfrenta o árduo desafio de recompor seu acervo, que nunca será recuperado totalmente, visto

que alguns locais, de onde diversos itens do acervo foram retirados, não existem nos dias atuais.

O Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, onde se encontrava o acervo dessa coleção, foi duramente afetado pelo incêndio de 2018, ocasionando perda de parte desse patrimônio. Como a temperatura do fogo não foi suficiente para fundir a barra, esta amostra resistiu e pôde ser recuperada. No entanto, as amostras de minério contendo malaquita, guardadas em caixa de madeira em um dos armários de metal, foram completamente destruídas no incêndio (Figura 14).



Figura 14 - Imagem do armário, em primeiro plano, onde estavam as amostras de cobre do Jauru, e onde foi resgatada a barra de cobre intacta. Imagem: Renato R. Cabral Ramos.

Devido ao incêndio, o Setor de Arquivo e Memória (SEMEAR) do MN/UFRJ foi destruído, impossibilitando a descoberta da origem das amostras de cobre do Jauru. Por isso, não há nesta pesquisa, que já estava em curso na ocasião, informações a respeito da incorporação dessas amostras ao acervo do Museu Nacional. As únicas informações sobre a origem das amostras estão presentes nas inscrições, parcialmente legíveis, da tampa da caixa de amostras de madeira, onde estavam

guardadas as amostras de minério contendo malaquita (Figura 15). Essas inscrições foram parcialmente transcritas na Figura 16.

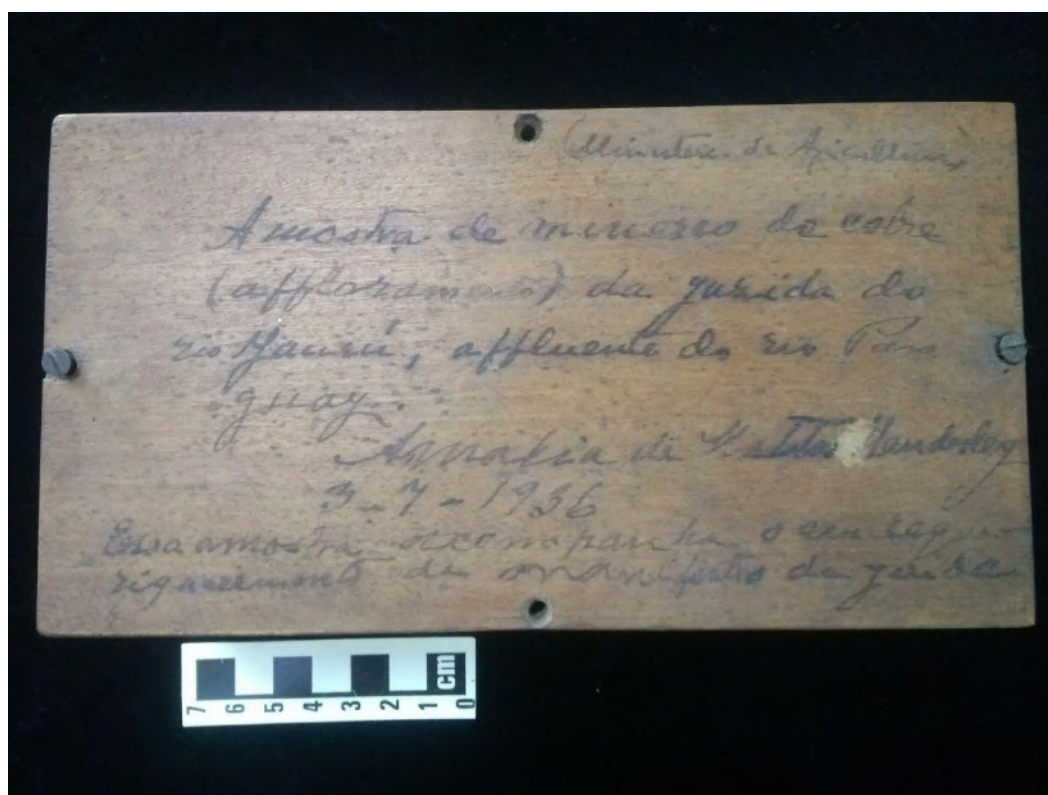


Figura 15 - Fotografia da tampa da caixa das amostras do cobre do Jaurú. Imagem: Renato R. Cabral Ramos.

(Ministério de Agricultura)

Amostra de minério de cobre
(aflorescimento) da jazida do
Jaurú, afluente do rio Paraguai.

Amália de Mattos Wanderley
3 - 7 - 1936

Esta amostra acompanha o {fragmento não legível}
requerimento de manifesto da jazida.

Figura 16 - Transcrição da inscrição na tampa da caixa de madeira, na qual estavam as amostras de minério.

Cunha (1943, pág. 12), afirma que “Mais ou menos nessa época (*o autor se refere ao período áureo da borracha na região, provavelmente no início do século XX*), foram requeridos e aforados vários tratos da região; entre esses, foi pelo Sr. Francisco Wanderley aforado o terreno onde ocorre o material cuprífero e que hoje é propriedade de seus herdeiros, residentes na cidade de Corumbá.”

Segundo Targas (2012), **Francisco Mariani Wanderley** (1857-1927) foi um riquíssimo empresário baiano radicado em Corumbá na segunda metade do século XIX. Foi também importante político matogrossense, tendo ocupado a presidência da Assembleia Legislativa do Estado diversas vezes. Também atuou como vice-cônsul honorário da Bélgica, país com quem tinha fortes relações comerciais, além de professor secundário e oficial da reserva da Marinha. Era proprietário da casa comercial *Wanderley, Baís e Cia.* em Corumbá (com filiais em Campo Grande, Aquidauana e Miranda) e, segundo a autora, ainda no Império possuía concessões para exploração das jazidas de ferro e manganês na Serra do Urucum. Também era proprietário de diversas embarcações de carga que trafegavam pelos rios do Pantanal, além de grandes extensões de terras onde criava gado e comercializava madeiras-de-lei.

Na tampa da caixa de madeira contendo o minério consta o nome de “Amália de Mattos Wanderley”, que encaminhou o material ao Ministério da Agricultura. A Sr^a. **Amália Amélia de Mattos Wanderley** (1873-1950) era viúva do antigo requerente da área, Sr. Francisco Wanderley (Targas, 2012, pág. 61). Conjecturamos que a Sr^a. Amália tenha encontrado as amostras do cobre do Jauru entre os pertences de seu marido e, nove anos após a morte deste, tenha as encaminhado ao Ministério da Agricultura no Rio de Janeiro, que por sua vez às repassou ao Museu Nacional no final dos anos 1930. A partir de 1946, com a reorganização do acervo por Viktor Leinz, passou a compor a Coleção de Geologia Econômica.

Após a perda de itens irrecuperáveis das coleções geológicas do Departamento de Geologia e Paleontologia, infelizmente, o ocorrido no Museu Nacional ratifica a importância da necessidade de elaboração e execução de medidas adequadas para a conservação do Patrimônio Geológico *ex situ*.

Além disso, o incêndio involuntariamente expandiu o tema desta pesquisa, sendo imprescindível apresentar o valor patrimonial das amostras de minério de cobre

do Jauru, enquanto componente da Coleção de Geologia Econômica, integrante do acervo do Museu Nacional.

10. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

10.1 MATERIAIS E MÉTODOS

10.1.1 Materiais

O principal material utilizado para a caracterização foi a barra de cobre fundido, com 1,150 kg, 20 cm de comprimento, 3,5 cm de largura e 1,5 cm de espessura, apresentada na Figura 12. Essa barra foi disponibilizada pelo Museu Nacional, a partir do Prof. Renato Ramos, quem também disponibilizou o difratograma e as fotografias das amostras de malaquita apresentadas neste trabalho. As fotografias foram tiradas por ele e, o difratograma das amostras foi gerado no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), antes das amostras serem completamente destruídas no incêndio do museu.

10.2 Preparação de amostras

A fim de analisar a barra de cobre em sua totalidade, tanto a parte oxidada quanto o cobre puro foram recuperados. Primeiro, com auxílio da lixa diamantada de 70 μm e água deionizada (Figura 17), uma das laterais da barra de cobre foi abradada (Figura 18) a fim de eliminar a capa superficial oxidada e expor o material original da barra (Figura 19). O produto, contendo o pó recuperado da capa oxidada e água deionizada (Figura 20), foi disposto em bandeja de aço e seco em estufa a 50° C.



Figura 17 - Barra de cobre e materiais usados para abrasão da barra, água deionizada e lixa diamantada.



Figura 18 – Processo de desbaste da barra, com lixa diamantada, para obtenção do pó oxidado.



Figura 19 - Barra de cobre do Jauru após abrasão da camada superficial, expondo o material original da barra, à esquerda, e a porção oxidada, à direita.



Figura 20 – Bandeja de aço com líquido contendo o pó do material oxidado da barra e água deionizada.

Após a remoção da capa oxidada, o cobre puro foi exposto, permitindo a recuperação do material original (Figura 21) a partir do mesmo método, abrasão e secagem. Após secagem, obteve-se amostras de cobre puro e do material da capa

oxidada, que foram desagregadas em gral de alumina (Figura 22) e divididas em duas alíquotas, para análise por difratometria de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura com microanálise química por dispersão de energia (MEV/EDS).

As alíquotas destinadas à análise por DRX foram pulverizadas manualmente em gral de alumina. A alíquota do material original da barra foi disposta em suportes de silício clivado *zero – background*, e a correspondente ao material oxidado foi disposta em suporte clivado com *background* de silício (Figura 23), indicados para pequenas quantidades de amostras, sem comprometer resultado das análises.



Figura 21 - Bandeja de aço com o líquido contendo o pó do material original da barra, com cor avermelhada e água deionizada.

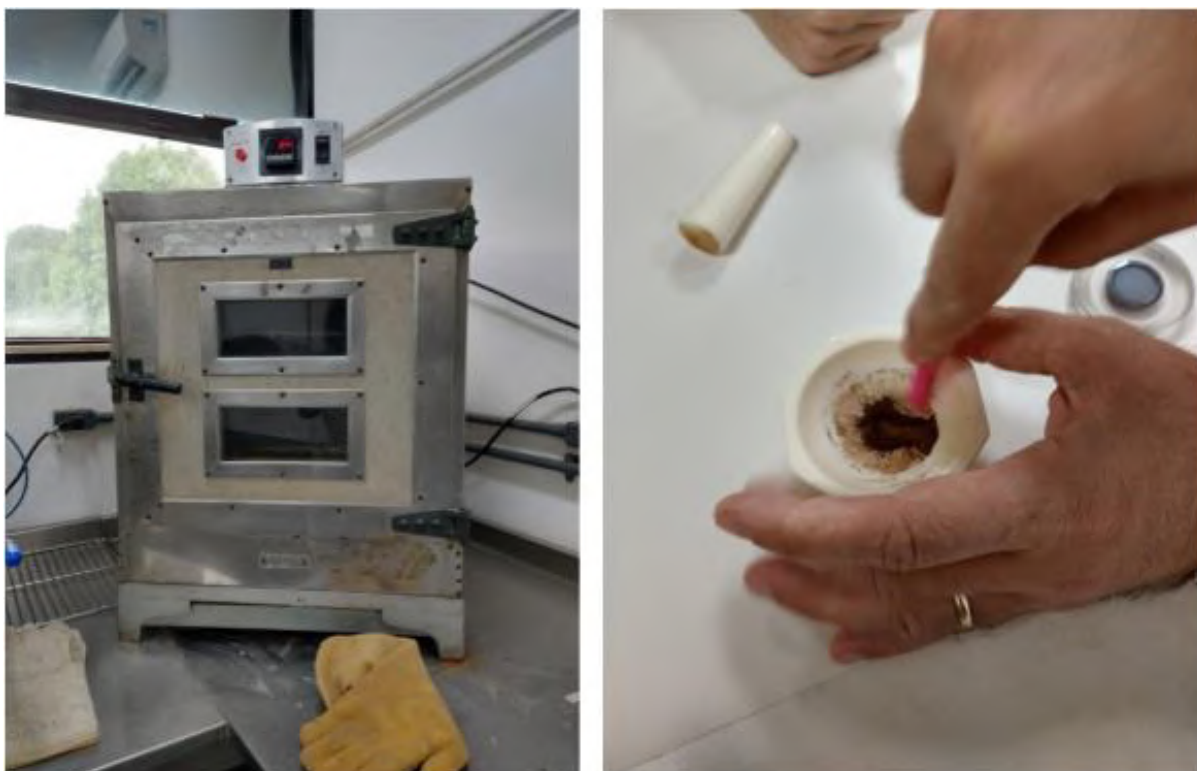


Figura 22 – Estufa utilizada para secagem dos líquidos obtidos a partir da abrasão da barra, à esquerda e, à direita processo de pulverização das amostras em gral de alumina.



Figura 23 – À esquerda, material original da barra disposto em suporte silício clivado zero – *background* e à direita, material oxidado da barra disposto em suporte com *background* de silício.

Para análise por MEV/EDS, as alíquotas foram embutidas em resina epóxi e curadas por 2 dias (Figura 24). Após a cura da resina, as seções foram polidas em politriz Struers Tegramin-20 (Figura 25) e recobertas por carbono no equipamento Sputter Coater BAL-TEC modelo SCD 005/CEA 035.

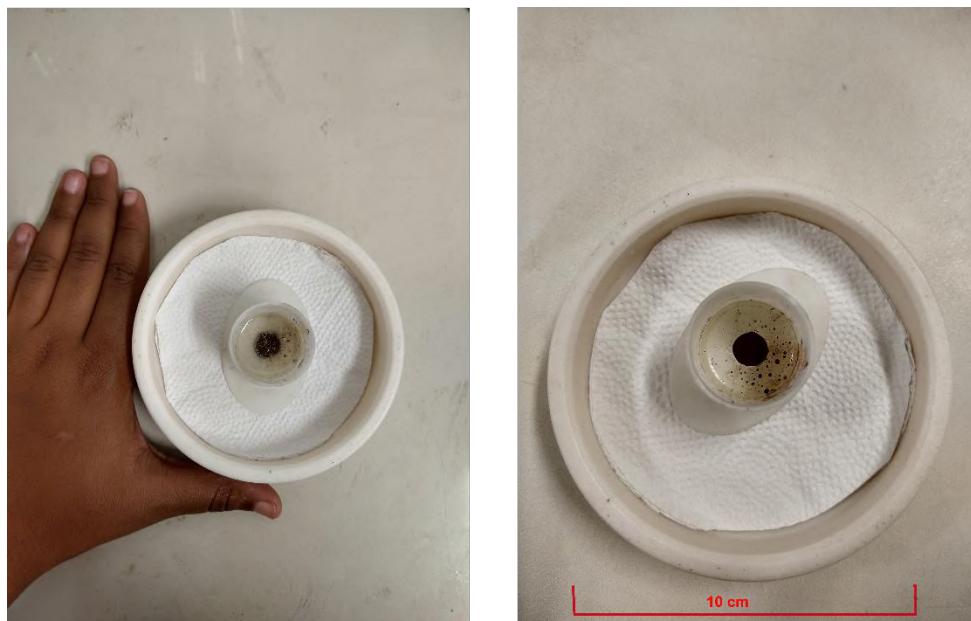


Figura 24 - Alíquotas embutidas em resina, antes da cura. À esquerda, alíquota do material original da barra, e à direita, material oxidado.



Figura 25 - Processo de polimento das seções em politriz automática.

Além das seções, a barra de cobre inteira também foi analisada por MEV/EDS (Figura 26). Porém, os dados de EDS em amostras com superfície irregular e porosa não são muito precisos e, portanto, foram utilizados apenas para identificação da porção oxidada e do cobre. Dessa forma, apenas as imagens de elétrons retroespalhados adquiridas por MEV da barra de cobre inteira são apresentadas neste trabalho.

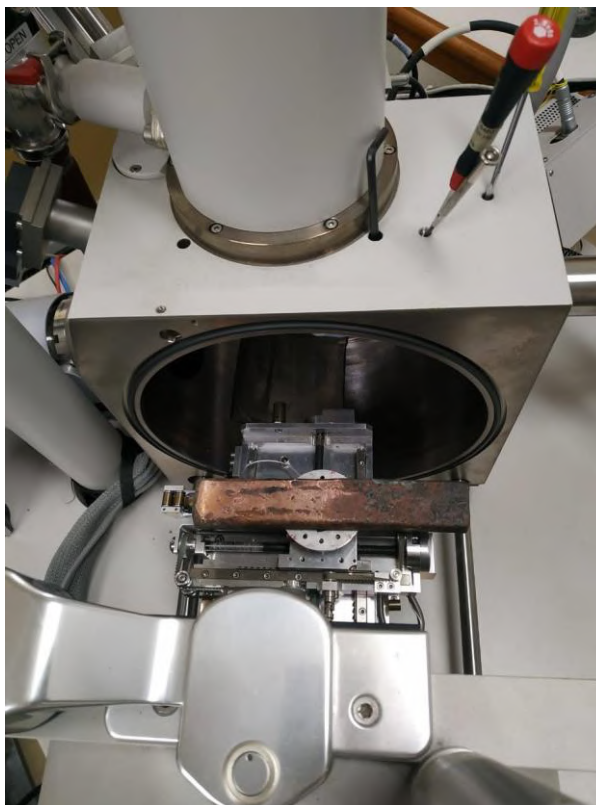


Figura 26 - Barra de cobre inteira disposta para inserção no MEV.

10.3 Técnicas analíticas

Difratometria de Raios X (DRX)

Para obtenção dos difratogramas, foi utilizado o equipamento de difração de raios X Bruker-AXS D4 Endeavor, emitindo radiação $\text{Co } \alpha$, com comprimento de onda $\lambda = 0,179021 \text{ nm}$. O gerador foi operado a 40 kV e 40 Ma, a velocidade do goniômetro foi estabelecida em $0,02^\circ 2\theta$ por passo com tempo de contagem de 1 segundo. O intervalo de aquisição foi estabelecido entre 4° - $90^\circ 2\theta$, com detector sensível à posição LynxEye e filtro para $k\beta$ de Fe.

Para interpretação qualitativa dos difratogramas gerados, utilizou-se o *software* Bruker-AXS Diffrac.EVA 5.0, permitindo a identificação das fases cristalinas a partir da comparação com difratogramas padrões do banco de dados PDF-04+ 2019 do *International Centre for Diffraction Data* (ICDD).

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/EDS)

A fim de caracterizar textural e quimicamente, a barra de cobre e as seções polidas foram submetidas à análise por microscopia eletrônica de varredura com microanálise química por dispersão de energia (MEV/EDS), realizada em um equipamento FEI-Quanta 400 com espectrômetro de raios X por dispersão de energia Bruker Quantax 800 acoplado. Utilizou-se condições de alto vácuo, tensão de aceleração de elétrons de 20 kV e *spot size* 5. As análises por EDS foram realizadas em modo semi-quantitativo, com auto-calibração sem padrões a partir da radiação de fundo e uso de Cu K α para calibração espectral. Para correção dos dados, foi utilizada a rotina PB-ZAF no software Bruker Nano Analytics Esprit 2.1.

11. RESULTADOS E DISCUSSÕES

11.1 Análises por MEV/EDS

Para a barra de cobre, os resultados de EDS não são precisos devido à ausência de faces polidas, por isso não foram apresentados neste trabalho. Contudo, foram obtidas imagens de elétrons retroespalhados do material oxidado e do material original da barra, por MEV, utilizadas para caracterização textural da amostra.

Nas imagens de elétrons retroespalhados do material da camada oxidada, é possível observar a textura heterogênea desse material (Figura 27), apresentando variações de escala de cinza, sendo as regiões mais escuras correspondentes às cavidades não preenchidas e poros da amostra.

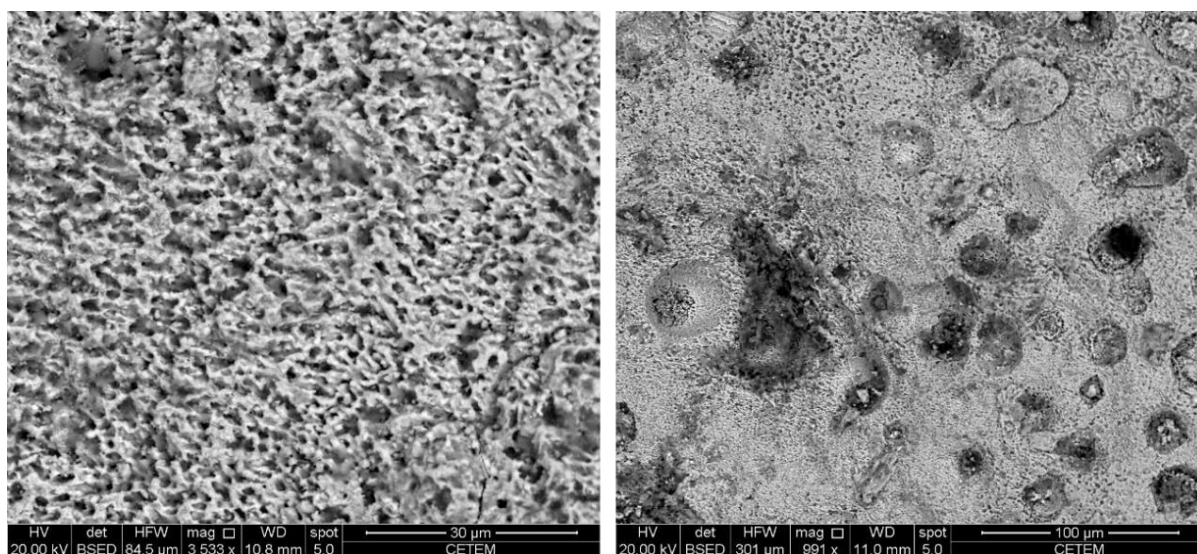


Figura 27 - Imagens de elétrons retroespalhados, obtidas por MEV, da capa superficial oxidada da barra de cobre, apresentando textura heterogênea.

Já nas imagens de elétrons retroespalhados do material original da barra (Figura 28), a textura é homogênea, diferindo do observado na porção oxidada. A partir das imagens é possível indicar que não há variações expressivas na composição química do material, o que é coerente, já que a barra, originalmente, era formada somente por cobre metálico. Os pontos pretos representam cavidades não preenchidas do material. A porção com tons de cinza mais escuros corresponde a remanescentes do material superficial que não foi totalmente abradado e as ranhuras na superfície são resultado da abrasão não homogênea, devido aos microporos que existem entre os grãos da lixa.

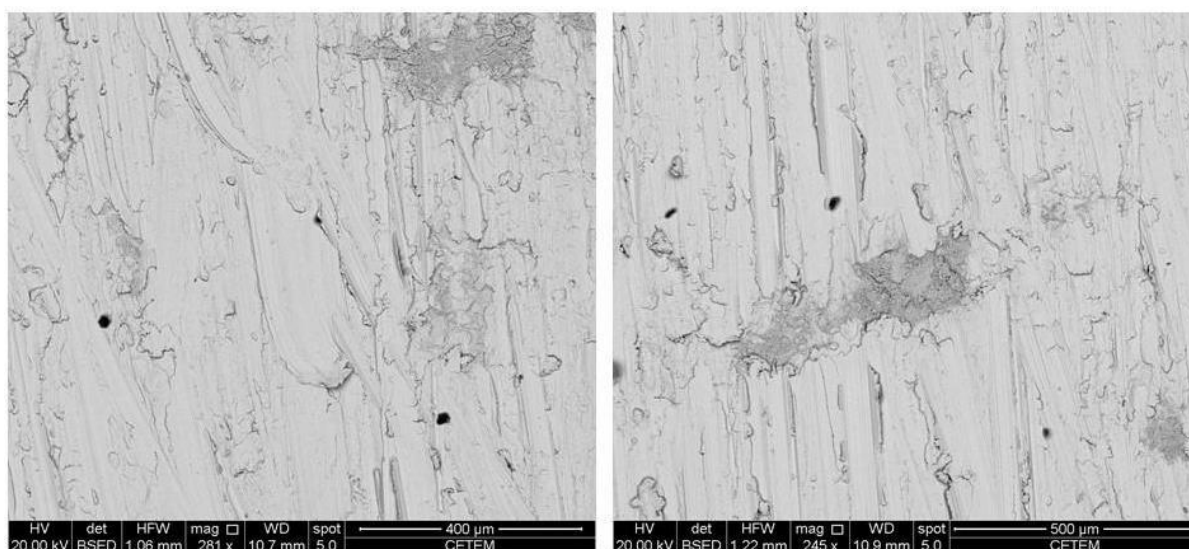


Figura 28 - Imagens de elétrons retroespalhados, obtidas por MEV, do material original da barra de cobre, depois de abradada a capa superficial, apresentando textura homogênea.

Além disso, observando ainda a barra de cobre, a qual teve somente uma das suas laterais abradada, mantendo a capa oxidada em todo o entorno, foi possível obter imagens de elétrons retroespalhados do contato entre as superfícies alterada e original da barra. Na imagem abaixo (Figura 29), o contato entre as superfícies é nítido, facilitando a observação da diferença textural entre os materiais.

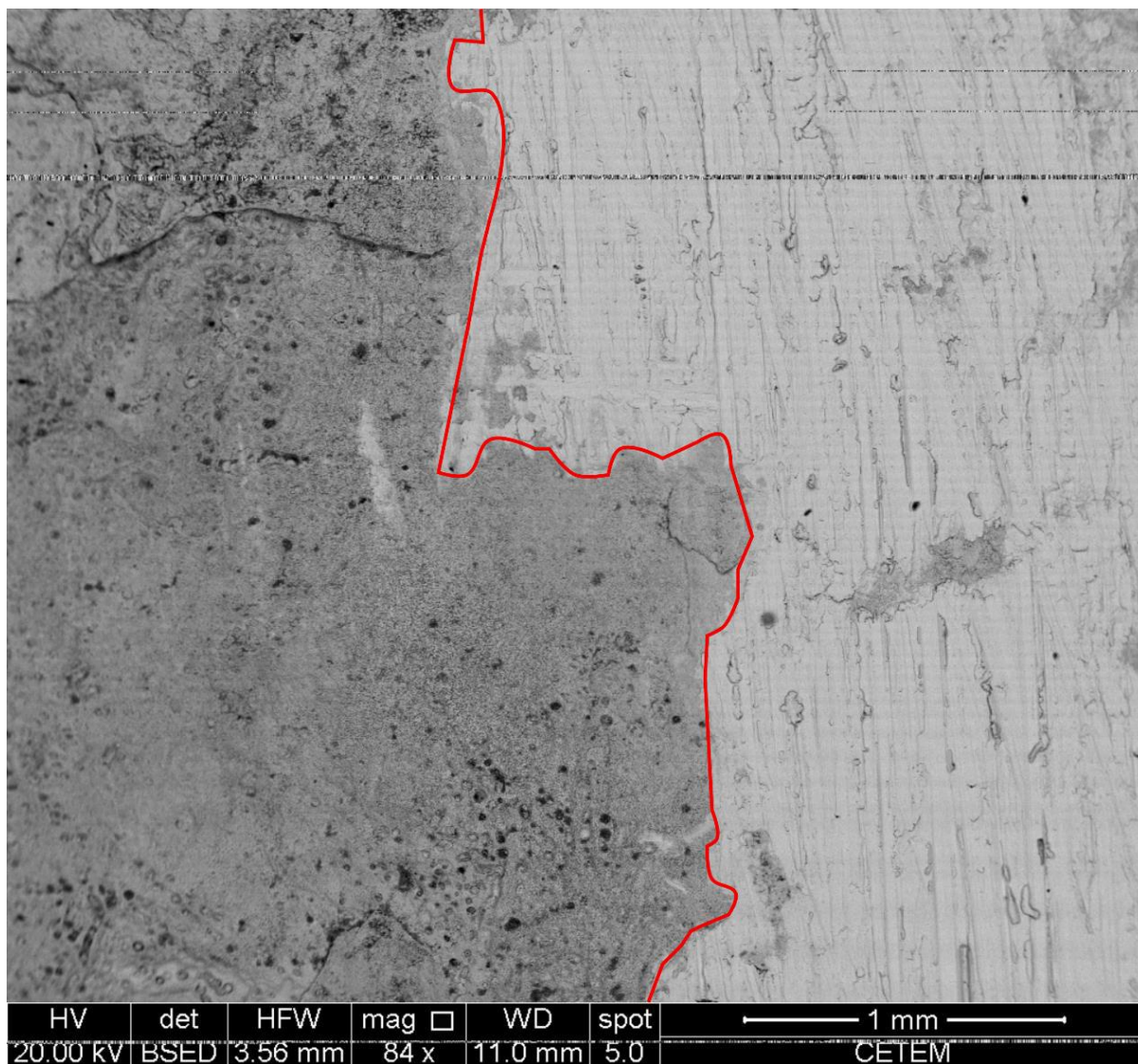


Figura 29 - Imagem de elétrons retroespalhados mostrando o contato entre as superfícies dos materiais oxidado, à esquerda, e material original da barra, à direita.

Para análise composicional por EDS, foram utilizadas as seções polidas dos materiais alterado e original da barra. Para cada amostra foram selecionados diversos pontos para análise por EDS, cujos resultados indicam a composição dos materiais, servindo para ratificar a homogeneidade composicional do material original e a significativa variação composicional do material oxidado, indicadas a partir da observação das imagens de elétrons retroespalhados geradas (Figura 27 e Figura 28).

Os resultados das análises pontuais por EDS realizadas nas amostras do material oxidado e material original são, respectivamente, apresentados na Tabela 2 e Tabela 3, com valores expressos em % de massa de óxidos (wt%) e % de massa de elementos, normalizados para 100%.

Tabela 2 - Composição média das análises pontuais por EDS do material oxidado, com valores expressos em % de massa de óxidos (wt%) e % de massa de elementos, normalizados para 100%.

JO - 18	JO-19	JO - 20	JO - 21	JO - 22	JO - 23	JO - 24	JO - 25	JO - 26	JO - 27	JO - 29	JO - 30	
% em massa de elementos											% em massa de óxidos (wt%)	
Cl	0,0	0,0	0,0	16,2	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	CuO	2,6
S	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	2,7	0,7	0,0	0,5	0,1	K₂O	18,3
Cu	88,9	99,6	90,9	60,1	62,3	76,4	81,0	88,6	78,5	78,6	Na₂O	0,4
As	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	1,4	0,0	0,0	0,3	Al₂O₃	17,7
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	SiO₂	60,9
O	11,1	0,4	9,1	23,4	18,9	20,9	16,9	11,4	21,0	20,9	Soma	100,0
Soma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		

Tabela 3 - Composição média das análises pontuais por EDS do material original, com valores expressos em % de massa de elementos normalizados para 100%.

JP - 01	JP - 02	JP - 04	JP - 05	JP - 06	JP - 07	JP - 08	JP - 09	JP - 10	JP - 12	JP - 13	JP - 16
% em massa de elementos											
Na	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1
S	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
K	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Cu	100,0	95,7	85,4	78,8	80,4	88,4	88,5	80,9	88,7	87,8	81,5
Pb	0,0	4,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
Ag	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
O	0,0	0,0	13,2	20,7	19,6	11,6	11,5	19,1	11,3	12,2	11,6
Soma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabela 4 - Composição média das análises pontuais por EDS JP-03, JP-11 e JP-14, com valores expressos em % de óxidos, normalizados para 100%.

	JP - 03	JP - 11	JP - 14
% em massa de óxidos (wt%)			
CuO	0,0	2,1	76,4
SiO₂	0,0	0,4	0,0
CaO	27,4	53,1	0,0
P₂O₅	0,0	41,4	0,0
SrO	0,9	1,5	0,0
Al₂O₃	71,7	0,0	0,0
SO₃	0,0	0,0	1,1
K₂O	0,0	0,0	6,8
Na₂O	0,0	0,0	15,6
F	0,0	1,4	0,0
Soma	100,0	99,8	100,0

Os pontos de análise do material superficial JO-18, JO-20, JO-25, e J-29 (Figura 30), apresentam textura e coloração, em escala de cinza, bastante semelhantes, podendo indicar homogeneidade composicional entre esses. Os resultados das análises por EDS (Tabela 2) desses pontos exibem teores de Cu próximos a 88%, o que aponta para a presença de cuprita (Cu₂O), um óxido de Cu que ocorre em zonas oxidadas de minérios de Cu. Observando as imagens de elétrons retroespalhados das análises JP-06 e JP-09 (Figura 31), é possível identificar tons de

cinza levemente mais escuros, e teores de Cu próximos a 80% nas análises por EDS, indicando a presença de tenorita (CuO), outro mineral secundário de cobre. Nos pontos JP-07, JP-08, JP-10 e JP-12 do material original (Figura 31) é possível notar que estas apresentam a mesma textura e tom de cinza observados nas partículas de cuprita da amostra do material superficial e, como mostram os resultados das análises por EDS (Tabela 3), também correspondem a este mineral, livre de impurezas.

Dado o aspecto textural da amostra, a presença de óxidos de cobre na amostra do material superficial da barra era previsível, e está relacionada à oxidação do Cu da barra, favorecida pelo longo tempo de exposição dessa à umidade. Já no material original da barra, esse resultado não era esperado. A barra, originalmente, era composta somente por cobre. No entanto, observando as imagens de elétrons retroespalhados da região da amostra onde foram realizadas essas análises pontuais por EDS (Figura 31), é possível observar que a região apresenta textura heterogênea, diferente do observado no material original (Figura 28). Assim, assume-se que esses pontos da amostra não representam o material original da barra e, sim, os remanescentes do material superficial, abradados junto ao cobre durante a preparação das amostras, cuja composição média não representa a composição original da barra de cobre.

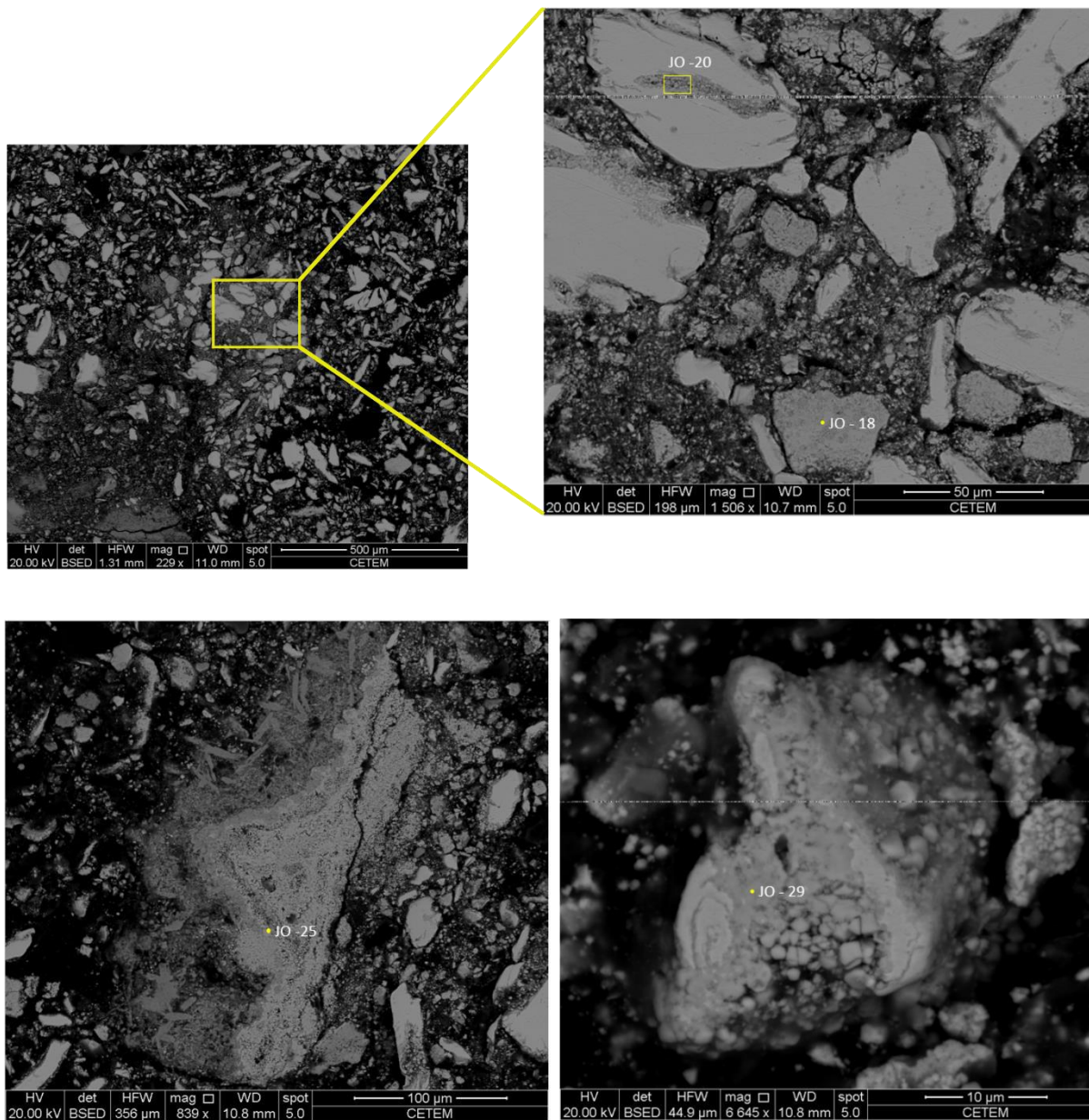


Figura 30 - Imagens de elétrons retroespalhados obtidas por MEV de partículas de óxido de Cu, com indicação das análises pontuais JO-18, JO-20, JO-25 e JO-29 realizadas em diferentes pontos da amostra do material oxidado.

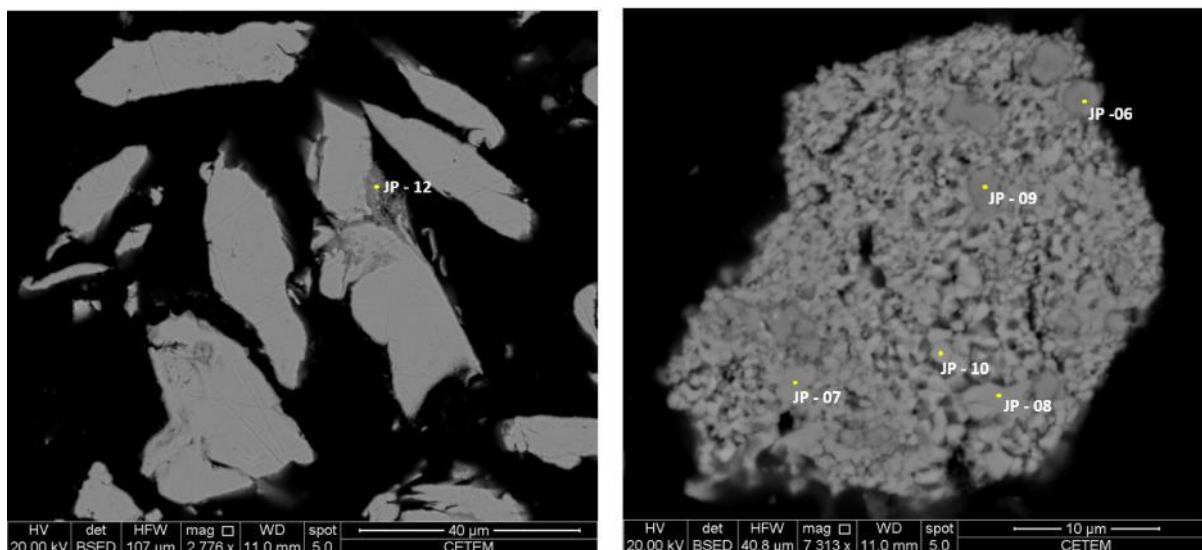


Figura 31 - Imagens de elétrons retroespalhados dos pontos de análise JP-06, JP-07, JP-08, JP-09, JP-10 e JP-12 do material original da barra, cuja composição média é próxima a 88% e 80% de Cu, correspondendo aos óxidos de Cu (cuprita e tenorita), resultados da oxidação da amostra original.

Os pontos JO-23, JO-24, JO-26, JO-27 (Figura 37) correspondem a tenorita, assim como o ponto JP-05, (Figura 33) e todos estes apresentam textura homogênea e tons de cinza bastante próximos, similares às dos grãos de tenorita descritos previamente na Figura 30 e na Figura 31). Contudo, os resultados dessas análises por EDS nesses pontos mostram que, além de cobre e oxigênio, há outros elementos, em menores concentrações, como enxofre, arsênio e chumbo (Tabela 2 e Tabela 3), que representam impurezas na barra de cobre. Para o ponto JO-24, os resultados da análise por EDS apontam teores de 81% de Cu, 0,7% de S e 1,4% de As. Nos pontos JO-23 e JO-26, são observados teores superiores a 76% de Cu, além de 2,7% e 0,5% de S, respectivamente. O ponto JO-27 apresenta 78,6% de Cu e baixos teores de arsênio e enxofre, iguais a 0,1 e 0,3% em massa. O ponto JP-04, com composição mais próxima à da cuprita, apresentou 1,2% de Ag.

Nas análises JP-04 e JP-05, em vista da nítida diferença de textura entre a região onde se encontram esses pontos (Figura 33) e o material original da barra (Figura 28), é possível afirmar que essas análises não representam o material original da barra, correspondendo a contaminações do material superficial que foram casualmente abradadas durante a recuperação do cobre metálico.

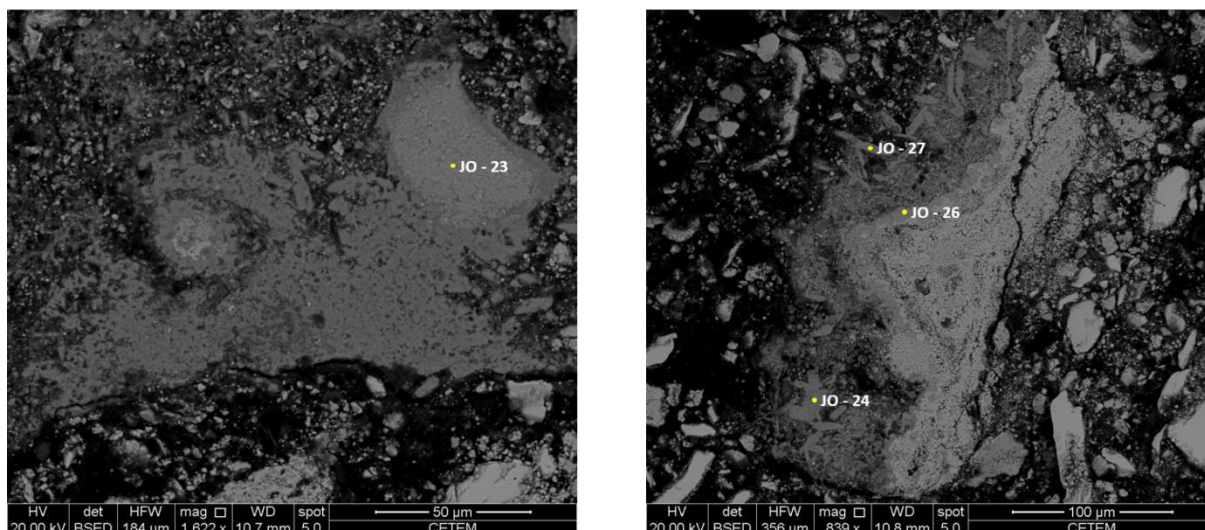


Figura 32 - Imagens de elétrons retroespalhados do material oxidado da barra de cobre, com indicação dos pontos de análise JO - 23, JO - 24, JO - 26 e JO - 27, de óxidos de cobre cuja composição química tem Cu, O e elementos acessórios.

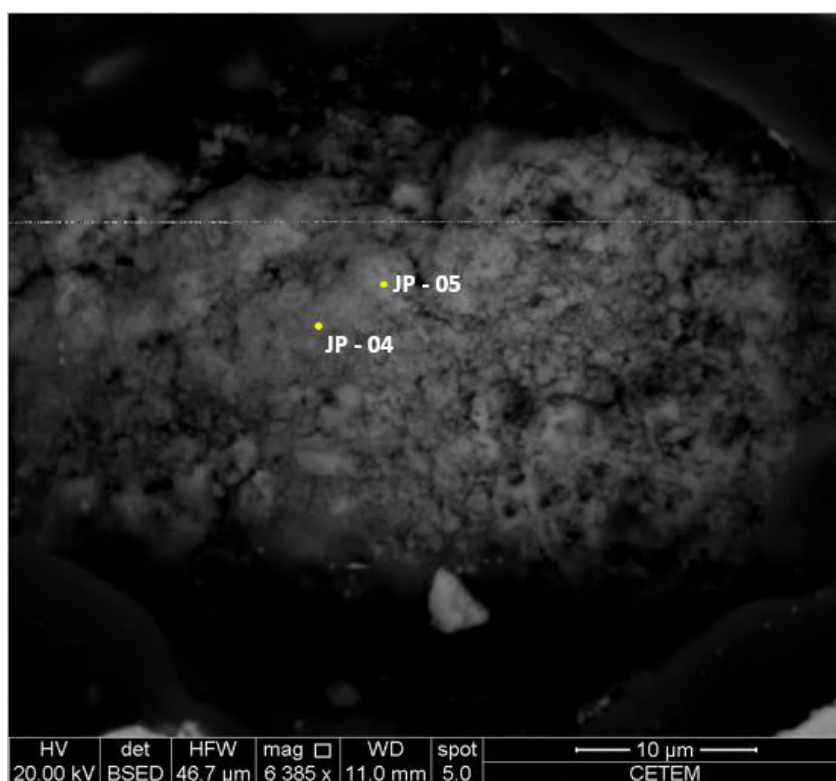


Figura 33 - Imagens de elétrons retroespalhados, obtidas por MEV, dos pontos JP-04 e JP-05.

Observando as imagens de elétrons retroespalhados dos pontos JO-21 e JO-22 do material superficial da barra (Figura 34), é possível perceber que esses pontos apresentam textura e tons de cinza levemente mais escuros do que na análise JO - 23 (Figura 34), composta por tenorita, podendo indicar diferenças de composição química. Além disso, o ponto JO-30 apresenta tom de cinza muito mais escuro que o observado nas análises JO-22 e JO-21, similares entre si (Figura 34). No ponto JO-

30, os resultados de EDS indicam a presença de uma fase mineral da série dos feldspatos potássicos, como o microclínio, com traços de sódio e cobre (Tabela 2). Já os pontos JO-22 e JO-21 apresentam oxigênio, cloro e cobre, com menores teores de enxofre, arsênio e chumbo (Tabela 2), correspondendo à uma fase mineral denominada clinoatacamita ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), que é uma fase secundária, resultante da alteração de minérios de cobre (HOWIE *et al.*, 1998).

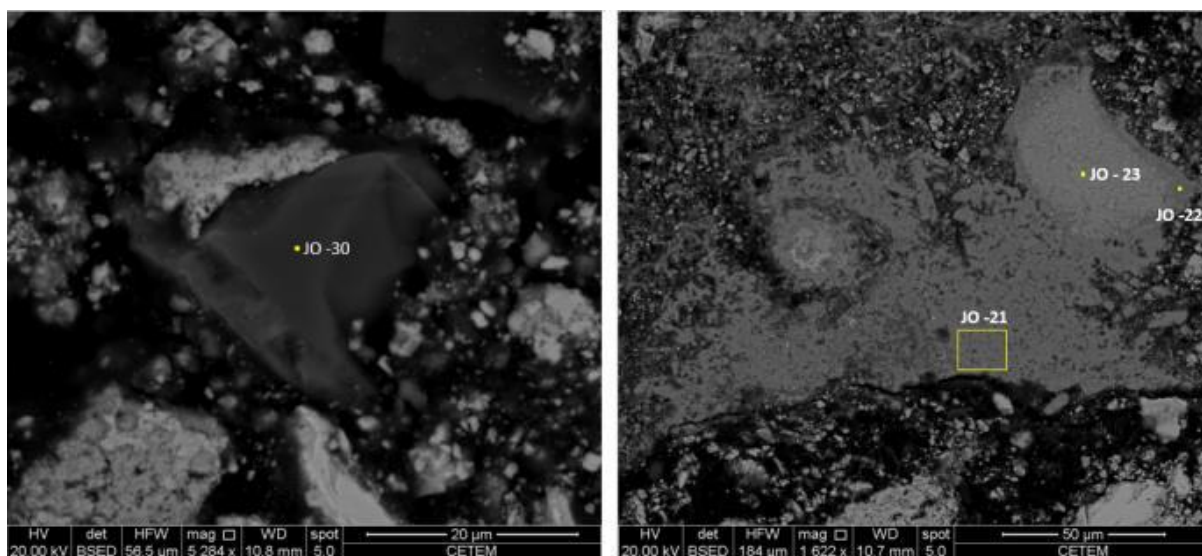


Figura 34 - Imagens de elétrons retroespalhados dos pontos JO-21, JO-22, JO-23 e JO-30.

Contudo, alguns pontos analisados que não correspondem a minerais primários ou secundários de cobre provavelmente não provém da barra de cobre do Jauru. Como esta foi atingida pelo incêndio que acometeu o Museu Nacional, o seu material superficial apresenta, além da capa oxidada, contaminação de fuligem produzida pelo sinistro. Sabendo que o fogo do incêndio atingiu temperaturas muito elevadas, superiores a 1.000 °C, existe a possibilidade de que os componentes do material superficial, que não provém da barra de cobre, sejam resultado da fusão de elementos presentes em outras amostras da Coleção de Geologia Econômica, ou de materiais também incendiados nas proximidades.

Observando as imagens de elétrons retroespalhados dos pontos JP-03 e JP-11 (Figura 35) é possível observar forma externa e textura distintas daquelas observadas no material de granulometria extremamente fina e anédrico da capa superficial da barra de cobre. O ponto JP-03 é composto predominantemente por CaO e Al_2O_3 (Tabela 4), com concentrações próximas às descritas para a grossita, fase

mineral formada a altas temperaturas e baixas pressões. Portanto, infere-se que esta seja uma das fases formadas durante o incêndio. O ponto JP-11, por sua vez, corresponde a um grão de apatita, apresentando baixos teores de CuO (2,1%), SiO₂ (0,4%) e SrO (1,5%).

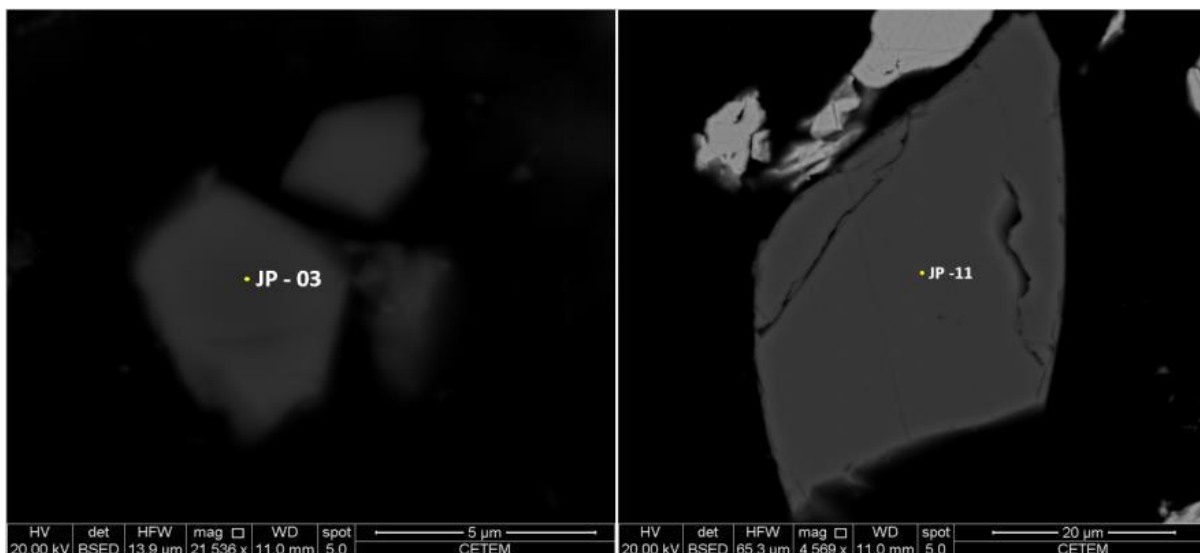


Figura 35 - Imagens de elétrons retroespalhados da amostra do material original da barra, obtidas em MEV.

Apesar de, aparentemente, ser composta apenas por Cu, os resultados das análises por EDS revelam que há regiões da barra que não são compostas por 100% de Cu como o ponto JP-01 (Figura 36). O JP-02, cuja análise representa um ponto mais claro e a região no seu entorno, (Figura 36), apresenta 4,3% de Pb, o que provavelmente representa uma contaminação durante a produção da barra. Devido ao contraste de tons de cinza, acredita-se que este ponto mais claro seja uma contaminação de Pb metálico puro, mas devido ao seu tamanho reduzido, não foi possível obter uma análise que represente apenas a sua composição, sem interferência da partícula de Cu puro em que está inserido.

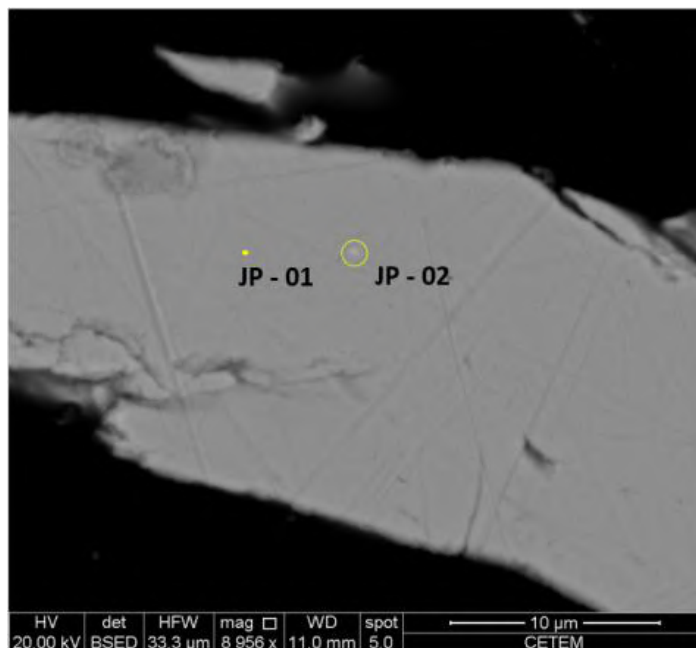


Figura 36 - Imagens de elétrons retroespalhados das análises JP-01 e JP-02.

Nas imagens dos pontos JP-13 e JO-19 (Figura 37) também é possível observar o material presente na composição da barra. A composição desses pontos, respectivamente, apresentada na Tabela 3 e Tabela 2, apresenta, cobre e chumbo.

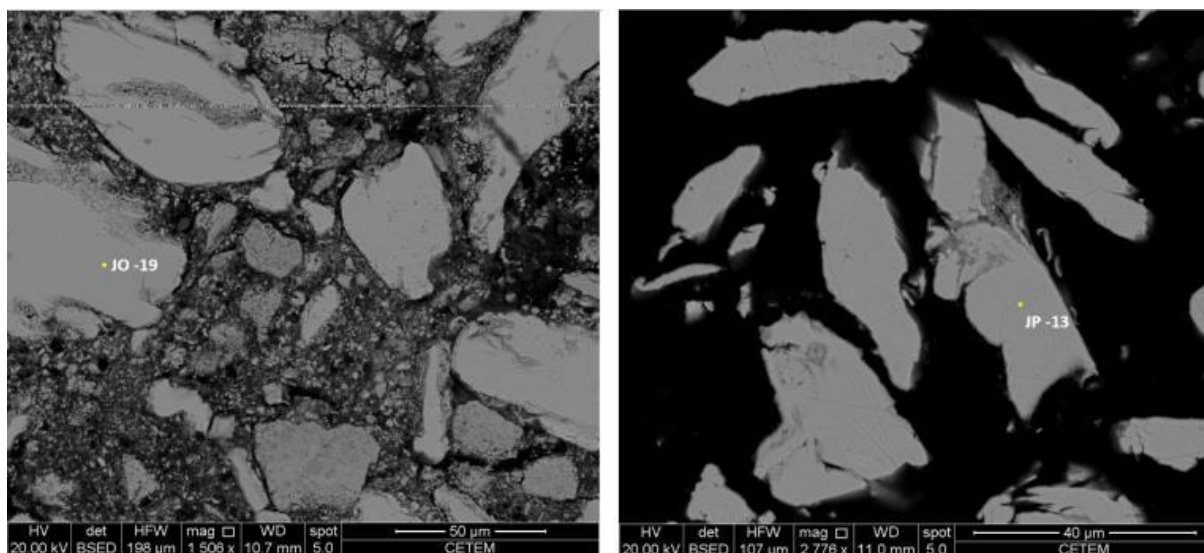


Figura 37 - Imagens de elétrons retroespalhados das amostras de material oxidado, à esquerda e material original, à direita, com indicação dos pontos de análises que representam a composição da barra de cobre do Jauru.

Os pontos JP-14 e JP-16 (Figura 38), com tons de cinza mais escuros, apresentam Cu, Na, K, e S em sua composição (Tabela 4 e Tabela 3), correspondendo a zonas, provavelmente hidratadas, de alteração do cobre.

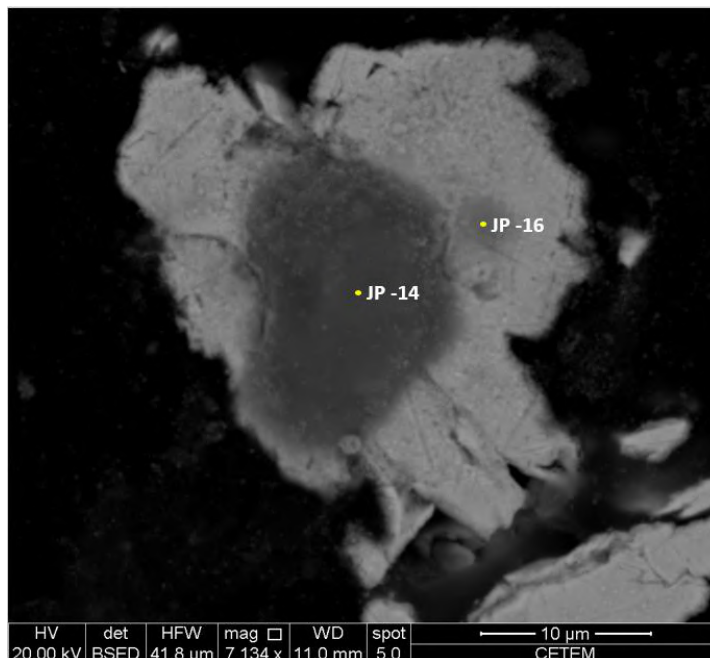


Figura 38 - Imagens de elétrons retroespalhados do material da barra de cobre, apresentando zonas de alteração do cobre.

Observando a composição da barra de cobre do Jauru, pode-se afirmar que esta é composta majoritariamente por Cu metálico e por minerais de alteração desse, como a tenorita e a cuprita. Algumas fases presentes na capa superficial da amostra podem ter sido formadas pelo rápido e excessivo aumento de temperatura ocorrido durante o incêndio do Museu Nacional, como a grossita. Portanto, essa amostra pode representar uma importante evidência das consequências do incêndio.

11.2 Análise Qualitativa por Difração de Raios – X

Além dos resultados obtidos a partir da barra de cobre, também obteve-se um difratograma da amostra original de minério contido na caixa de madeira, que havia sido gerado antes do incêndio que atingiu o Museu Nacional.

A mineralogia da amostra original do minério de cobre de Jauru (Figura 39) é composta por malaquita, quartzo, caulinita, belloita, phillipsita, albita, clinocloro e espessartita. Na amostra original, portanto, o cobre ocorre majoritariamente sob a

forma de malaquita e em quantidades menos expressivas, sob a forma de belloita, mineral secundário de cobre. A ausência de alguns minerais identificados por EDS, como microclínio e apatita, corrobora a ideia de que estes não constituem o minério e seu minerais de alteração, mas sim uma contaminação de fuligem em decorrência do incêndio.

O difratograma da amostra obtida por abrasão da porção inalterada da barra de cobre (Figura 40), por sua vez, é composta apenas por cobre metálico (Cu), cuprita (Cu_2O) e cuproaurida (Au_3Cu). Esta última fase não foi identificada por MEV/EDS, provavelmente devido à sua baixa concentração em comparação ao cobre puro e às fases oxidadas.

Na capa oxidada (Figura 41), pode-se observar alta concentração de cobre metálico e de óxidos de cobre, como cuprita e tenorita. Além disso, foi possível identificar nesta amostra a presença de clinoatacamita, também determinada por MEV/EDS. A bixbita (Mn_2O_3), identificada no difratograma, não foi encontrada durante as análises do material oxidado por MEV.

MINÉRIO DE COBRE ORIGINAL- JAURU

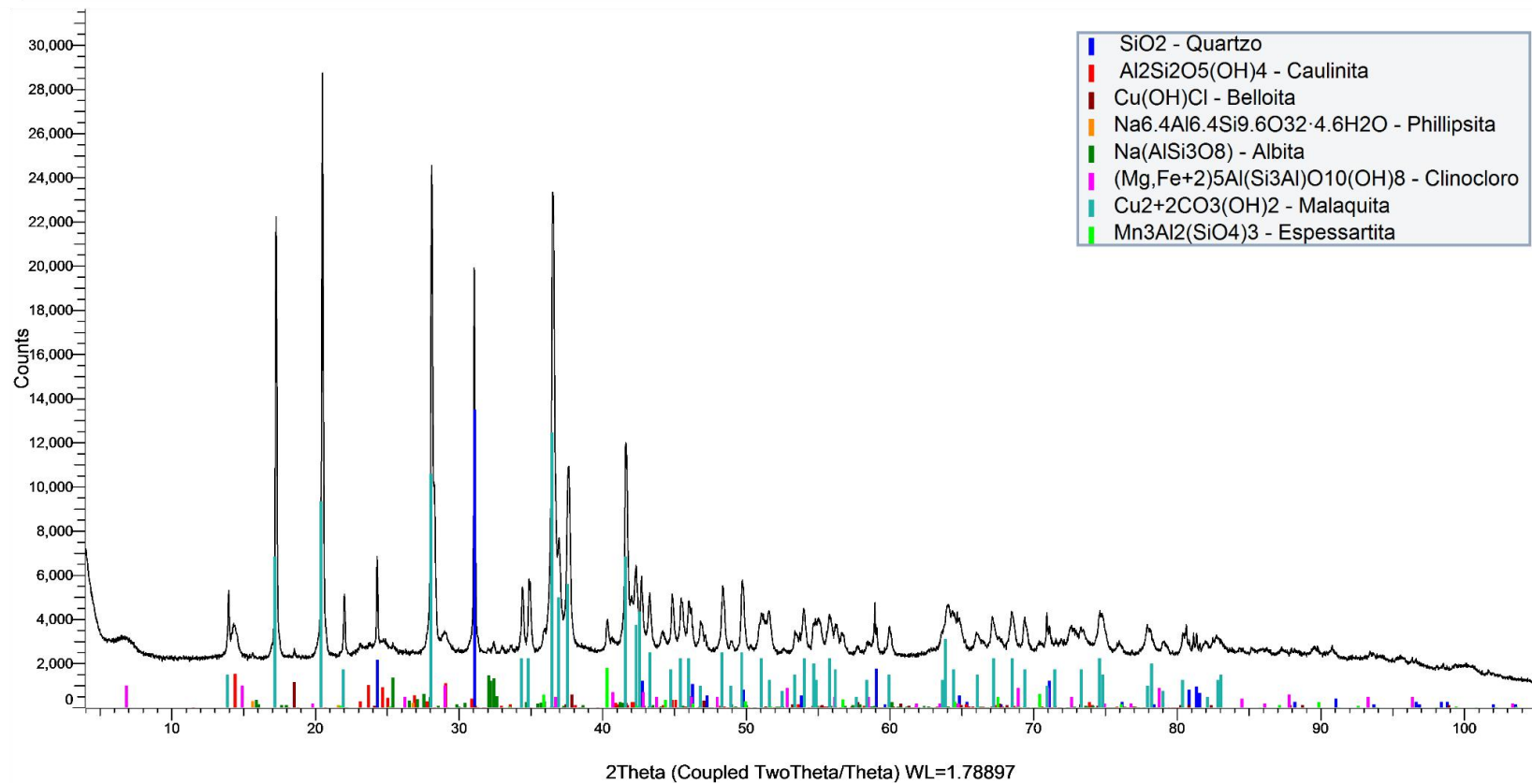


Figura 39 - Difratoograma gerado para a amostra original do minério de cobre do Jauru, incluído as fases minerais, e respectivas fórmulas químicas, que melhor satisfazem a interpretação dos espectros.

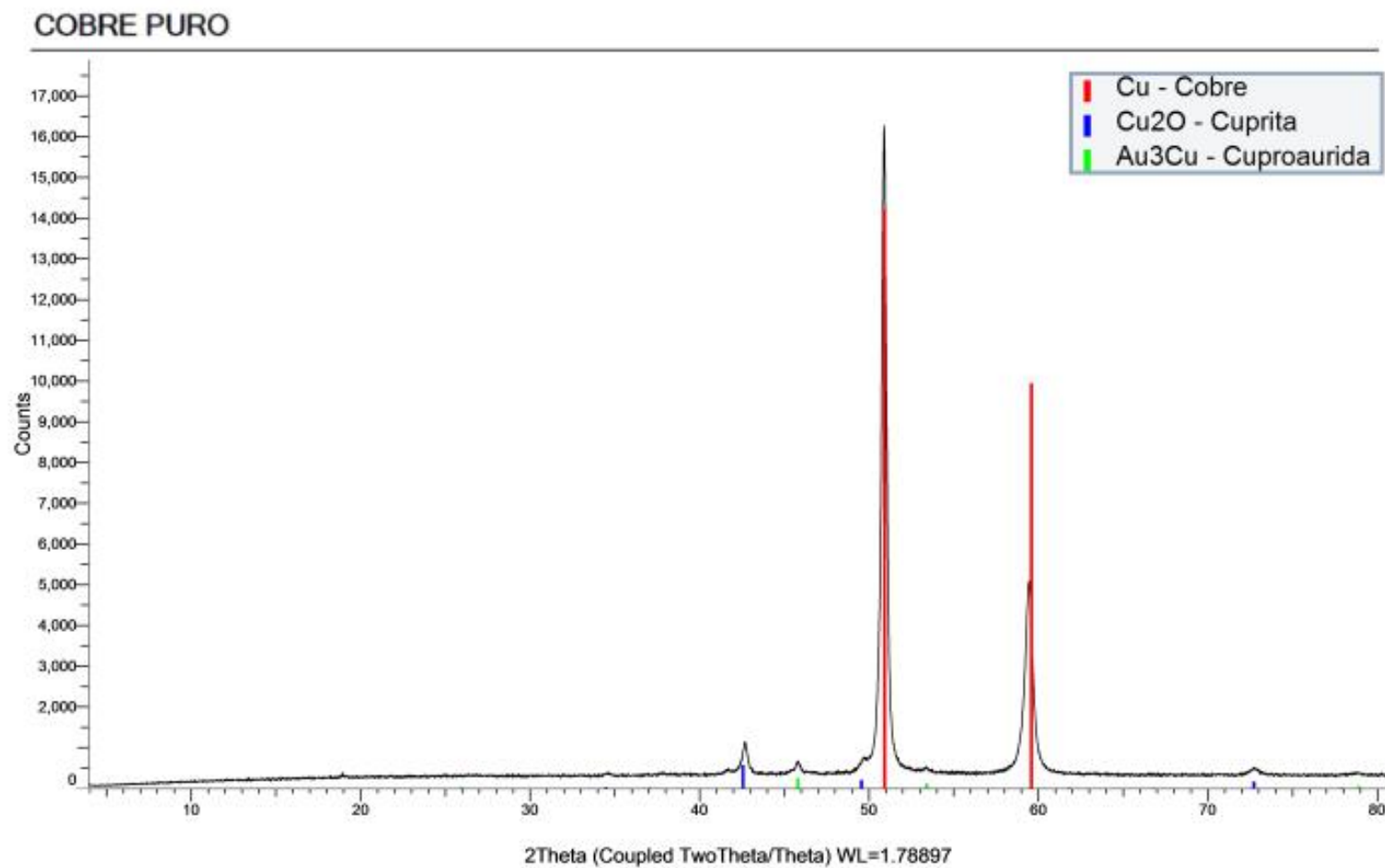


Figura 40 - Difratoograma gerado para a amostra do material original da barra de cobre do Jauru, incluído as fases cristalinas, e respectivas fórmulas químicas, que melhor satisfazem a interpretação dos espectros.

CAPA OXIDADA DA BARRA DE COBRE

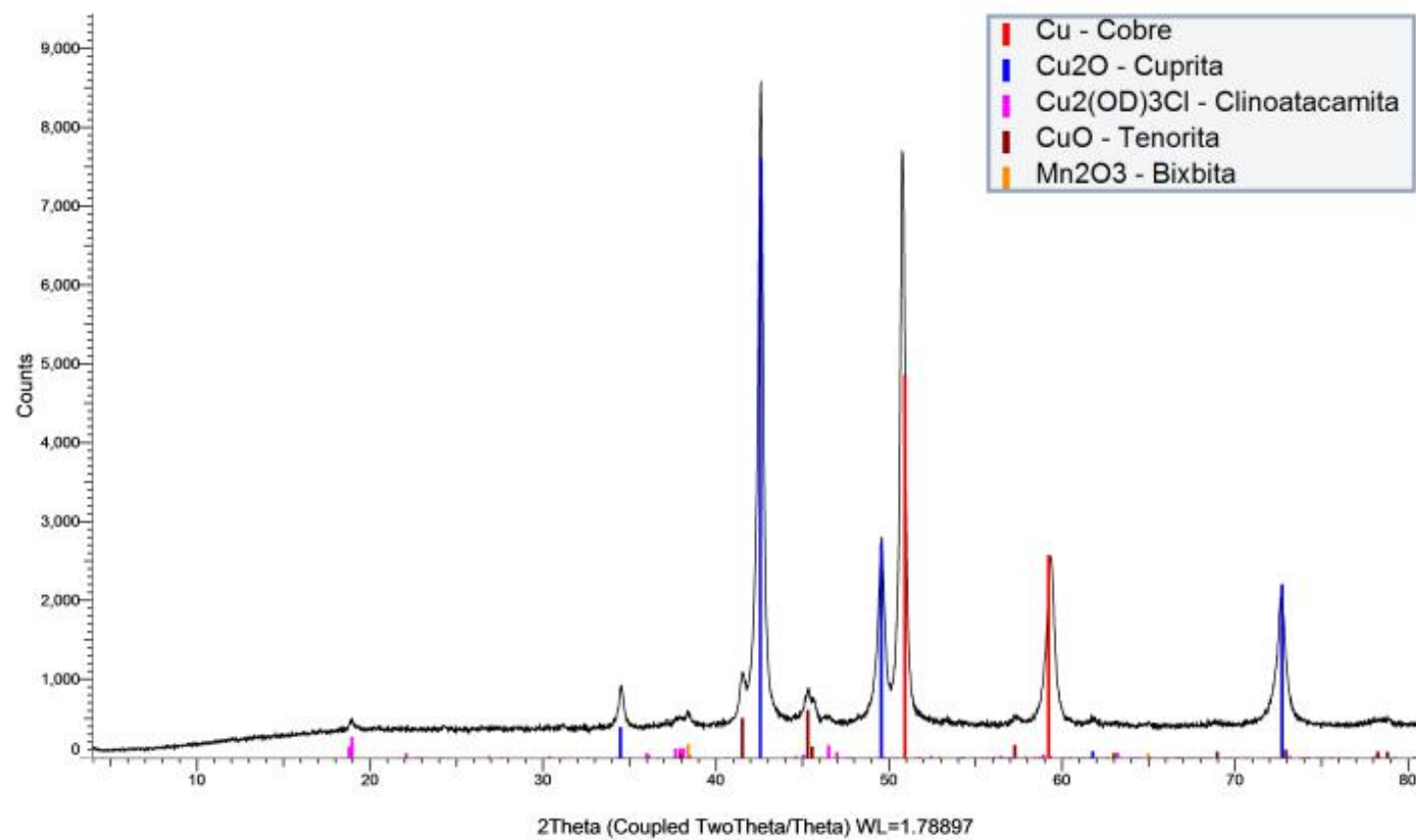


Figura 41 - Difratoograma gerado para a amostra da capa oxidada da barra de cobre do Jauru, incluído as fases cristalinas, e respectivas fórmulas químicas, que melhor satisfazem a interpretação dos espectros.

12. CONCLUSÕES

- Baseando-se nas descrições de Cunha (1943) sobre o local da ocorrência do minério de cobre do Jauru, nas quais ele cita toponímias seguras para a localização do antigo Registro do Jauru, foi possível localizar a provável área de ocorrência do minério de cobre do Jauru a partir da análise de imagens de satélites disponíveis na plataforma *Google Earth*.
- O provável local da ocorrência do cobre do Jauru fica à margem direita do rio Jauru, próxima ao antigo Registro do Jauru; cerca de 16 km a NW do centro da cidade de Porto Esperidião, localizado aproximadamente sob as coordenadas 15°45'00" S e 58° 34'08" W (*datum* WGS84)
- Sabendo que as coleções geológicas de instituições de pesquisa constituem Patrimônio Geológico *ex situ*, e que a caixa com amostras minério de cobre integrava e, a barra de cobre fundida ainda integra a Coleção de Geologia Econômica do Museu Nacional, é possível ratificar o valor patrimonial das amostras do minério de cobre do Jauru enquanto Patrimônio Geológico *ex situ*.
- Podemos afirmar que a perda física da caixa de madeira contendo o minério foi de certa forma compensada pelas fotografias obtidas e, principalmente, pela análise de difração de raio-X do minério, realizada meses antes do incêndio do MN, cujos resultados são aqui apresentados.
- Através da fotografia da tampa da caixa de madeira, foi possível identificar o requerente da área do cobre do Jauru, Sr. Francisco Mariani Wanderley, e conjecturar como esta veio parar no Museu Nacional, provavelmente no final dos anos 1930, doada pela Sra. Amália de Mattos Wanderley, viúva do antigo proprietário.
- A partir de análises por MEV/EDS e DRX, determinou-se que a barra de cobre do Jauru é composta por Cu metálico, óxidos de cobre (cuprita e tenorita) e liga de Cu-Au. A capa superficial é composta por produtos de alteração do material da barra, como cuprita, tenorita e clinoatacamita, e fuligem produzida pela queima de outros itens do acervo do Museu Nacional. Além disso, analisando o difratograma gerado para as amostras de minério de malaquita antes do incêndio, foi possível caracterizar de forma preliminar o minério original, cuja

mineralogia é composta por malaquita, quartzo, caulinita, belloita, phillipsita, albita, clinocloro e espessartita.

- Diante dessas novas evidências acerca da localização da ocorrência do cobre do Jauru, mostra-se importante, como um próximo passo, visitar o provável local da ocorrência do minério a fim de confirmar se aquele de fato é o sítio descrito por Cunha (1943) e, se de fato for, coletar novas amostras para substituir aquelas perdidas no trágico incêndio. Além do importante valor patrimonial, a obtenção de novas amostras permitiria a caracterização detalhada do minério e de suas rochas encaixantes, contribuindo na construção do conhecimento científico acerca do depósito de cobre de Jauru.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L.M.B.; GODOY, A.M.; RUIZ, A.S. Geocronologia do Maciço Granítico Sararéno SW do Cráton Amazônico. São Paulo, Universidade Paulista Estadual, **Geociências**, v. 28, n. 1, p. 53–64, 2009.

BETTENCOURT, J.S.; LEITE, W.B.; RUIZ, A.S. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: an overview. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 1, p. 28–46, 2010.

BINDANDI, W.M.; MALUF-SOUZA, O. O Marco do Jauru: a construção de um saber sobre o monumento/a monumentalidade. **Revista Entremeios**, v. 14(jan-jun), p. 37-50, 2017.

BRILHA, J., Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review, **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119–134, 2016.

BRILHA, J. **Património Geológico e Geoconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**, Viseu, Portugal: Palimage Ed., 2005.

CASTELNAU, F. **Expedição às regiões centrais da América do Sul**, São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1949.

COSTA, P.C.C.; GIRARDI, V.A.V.; MATOS, J.B.; RUIZ, A.S. Geocronologia Rb-Sr e Características Geoquímicas dos Diques Máficos da Região de Nova Lacerda e Conquista D'Oeste (MT), Porção Sudoeste do Craton Amazônico. **Geologia USP. Série Científica**, v. 9, n. 1, p. 115–132, 2009.

CUNHA, J. **O Cobre do Jauru e as Lagoas Alcalinas do Pantanal**. Boletim 6, Departamento Nacional da Produção Mineral, Laboratório de Produção Mineral, 60 págs., 1943.

FERREIRA, F.I., **Diccionario Geographico das Minas do Brazil**, Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1885.

FIGUEIREDO, A.J.A.; BARROS, A.M.; PASTORE JUNIOR, W.P. **Relatório 04 Etapa de Campo II**. Projeto Alto Guaporé, Goiânia: CPRM, 1973.

HOWIE, R.A.; ANTHONY, J.W.; BIDEAUX, R.A.; BLADH, K.W.; NICOIS, M.C. **Handbook of Mineralogy**. Volume III: Halides, Hydroxides, Oxides. Tucson (Mineral Data Publishing), 628 pgs., 1997.

JULIANI, C.; MONTEIRO, L.; FERNANDES, C.M., Potencial mineral: Cobre. *In*: MELFI, A.J.; MISI, A.; CAMPOS, D.A.; CORDANI, U.G (Orgs.). **Recursos Minerais do Brasil: problemas e desafios**, Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Letras, 2016, p. 134–154.

LEITE, J.A.D.; SAES, G.S. Geology of the Southern Amazon Craton in southwestern Mato Grosso, Brazil: a review. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 091–094, 2000.

MANSUR, K.L.; PONCIANO, L.C.M.O.; CASTRO, A.R.S.F.; CARVALHO, I.S. Conservação e Restauo do Patrimônio Geológico e sua Relevância para a Geoconservação, **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, 2013.

MAROSTEGA, G.B.; SOUZA, C.A.; PIERANGELI, M.A.P. Indicadores Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n.18, p. 1963, 2014.

MATOS, J.B.; SILVA, C.H.; COSTA, A.C.D.; RUIZ, A.S.; SOUZA, M.Z.A.; BATATA, M.E.F.; COSTA, P.C.C.; PAZ, J.D.S. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Jauru SD.21-Y-C-III: Estado do Mato Grosso**, Brasília: CPRM, 2017.

MORAES, M.F.M.L. **Vila Maria do Paraguai: um Espaço Planejado para Consolidar a Fronteira Oeste (1778-1801)**. Dissertação de Mestrado, 141 págs. (Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal do Mato Grosso), 2003.

NEVES, S.M.A.S.; MOTINHO, M.C.; NEVES, R.J.; SOARES, E.R.C. Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT, **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 3, p. 423–433, dez. 2011.

RUIZ, A.S. **Evolução Geológica Do Sudoeste Do Cráton Amazônico Região Limítrofe Brasil-Bolívia – Mato Grosso**, Tese de Doutorado, 247 p. (Programa de Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

RUIZ, A.S.; QUADROS, M.L.E.S.; FERNANDES, C.J.; PINHO, F.E.C. Metalogênese da Província Sunsás. *In: Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*, Belo Horizonte: CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2014, p. 295–304.

RUIZ, A.S., SIMÕES, L.S.A., ALMEIDA, H.L., GODOY, A.M., MANZANO, J.F. Análise estrutural do batólito Santa Helena: implicações sobre a evolução tectônica do SW do Cráton Amazônico durante as Orogenias San-Ignácio-Rondoniano e Sunsás-Aguapeí. *In: X Simp. Estudos Tectônicos*, Curitiba, Anais, p. 411 – 414, 2005.

SAES, G.S. **Evolução Tectônica e Paleogeográfica do Aulacógeno Aguapeí (1.2-1.0Ga) e dos Terrenos do seu Embasamento na Porção Sul do Cráton Amazônico**. Tese de Doutorado, 147 p. (Programa de Pós Graduação em Geoquímica e Geotectônica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SEREJO, C. (Org.). **Museu Nacional - Panorama dos Acervos: Passado, Presente e Futuro**, 1. ed. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

SOUZA, C.A.; SOUSA, J.B.; ANDRADE, L.N.P.S. Bacia Hidrográfica do Rio Jauru e Seus Afluentes. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p. 611-635, 2014.

TARGAS, Z.I.M.S. **As Casas Comerciais Importadoras/Exportadoras de Corumbá (1904-1915)**. Dissertação de Mestrado, 103 págs. (Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal da Grande Dourados), 2012.