

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO REJEITO MAGNÉTICO (PILHA 2) DA
FRENTE DE LAVRA GILBERTO KUBOTANI, MINA BOM FUTURO, RONDÔNIA**

Marina Vendemiatti Mattioli

Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Júnior

Rio Claro (SP)

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

MARINA VENDEMIATTI MATTIOLI

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO REJEITO
MAGNÉTICO (PILHA 2) DA FRENTE DE LAVRA
GILBERTO KUBOTANI, MINA BOM FUTURO, RONDÔNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP

2022

M444c Mattioli, Marina Vendemiatti
Caracterização mineralógica do rejeito magnético (pilha 2) da
frente de lavra Gilberto Kubotani, mina Bom Futuro, Rondônia.
/ Marina Vendemiatti Mattioli. -- Rio Claro, 2022
73 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Washington Barbosa Leite Júnior

1. Rondônia. 2. Mina Bom Futuro. 3. Caracterização
mineralógica. 4. Rejeito magnético. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MARINA VENDEMIATTI MATTIOLI

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO REJEITO
MAGNÉTICO (PILHA 2) DA FRENTE DE LAVRA
GILBERTO KUBOTANI, MINA BOM FUTURO, RONDÔNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Júnior

Geólogo Renato Muzzolon

Ms. Bruno Leonelo Payolla

Rio Claro, 17 de novembro de 2022.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiro de agradecer a minha mãe Elisabete Vendemiatti que sempre me apoia em minhas decisões, aos meus padrinhos Marli Joeli Ferraz Faria e Jetro Faria que sempre estão comigo, aos meus avós Reynaldo Vendemiatti e Thereza Franchi Vendemiatti (*in memorian*), que sempre me ensinaram os principais valores de uma pessoa, e ao meu tio José Claret Mattioli (*in memorian*) que sempre me incentivou a seguir a carreira acadêmica.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Jr, que me acompanhou durante a graduação e o desenvolvimento desse trabalho, e também a doutorando Marly Aparecida da Silva por toda ajuda durante a graduação.

Agradeço aos professores do curso de Geologia, em especial ao Prof. Dr. Fabio Augusto Gomes Vieira Reis, por todas as oportunidades que me deu durante a graduação.

Agradeço aos meus amigos do curso de física, Walma, Sheldon, Débora e Daniel que mesmo estando em outro curso, continuaram me ajudando quando precisei, aos amigos da geologia Vitoria Regina e Diogo Laranja (Laranjinha) que ao longo dos anos de graduação, dividimos alegrias e tristezas, aos meus amigos de outros cursos Vinicius Bragatto, Dudu Pavan, Ramon e Vinicius Smael, e também meus amigos de Piracicaba, que mesmo cada um em uma cidade diferente, sempre estávamos juntos aos finais de semana.

Agradeço ao Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita filho (UNESP) de Rio Claro, em função dos laboratórios de Preparação de Amostras (quarteamento, peneiramento), Laboratório de laminação, ao Laboratório de microscopia e microscopia eletrônica de varredura (MEV) em especial ao Daniel Françoso de Godoy por toda a dedicação em me ensinar a utilizar o equipamento.

Por fim, agradeço a Cooperativa dos Garimpeiros do Santa Cruz Ltda (COOPERSANTA Ltda) que cedeu o material para que fosse realizado o trabalho.

RESUMO

O aumento do consumo de estanho nas últimas décadas tem provocado várias ações no sentido de um melhor aproveitamento das jazidas existentes, bem como um maior investimento na descoberta de novos depósitos. A Mina Bom Futuro situa-se no município de Ariquemes, estado de Rondônia, e os depósitos primários de estanho (pegmatitos, *greisens* e veios de quartzo) e secundários (*placers* e *paleoplacers*) são temporal e espacialmente associados aos granitos da suíte Granitos Últimos de Rondônia ou Suíte Intrusiva Rondônia (1,00 a 0,97 G.a). O objetivo do trabalho é a caracterização mineralógica do rejeito magnético (pilha 2) do produtor Gilberto Kubotani. Inicialmente foi coletado uma amostra composta na pilha 2 (cerca de 6 kg), que foi posteriormente quarteada e que resultou numa amostra de 152,03 g. Esta amostra representativa da pilha 2 foi classificada em três frações granulométricas: A ($> 0,595$ mm; 8,59 g), B ($0,074 < B < 0,595$ mm; 115,68 g) e C ($< 0,074$ mm; 27,76 g). Os estudos se concentraram na fração B, enquanto que as frações A e C foram arquivadas para estudos posteriores. A fração B foi classificada em três frações magnéticas: B1 (fração retida no imã de mão: 1,88 g), B2 (fração retirada em separador eletromagnético tipo Frantz a 0,3 A: 100,15 g) e B3 (fração passante em separador eletromagnético do tipo Frantz a 0,3 A: 13,65 g). Em seguida foram confeccionadas três seções polidas relativas as frações B1, B2 e B3 para os estudos petrográficos, com uso de microscópio óptico sob luz refletida e microscópio eletrônico de varredura. As composições modais (% volumes) determinadas foram: B1 (99,70% magnetita, 0,18% quartzo e 0,12% rutilo), B2 (99,57 % ilmenita, 0,31% rutilo e 0,12% cassiterita) e B3 (39,12% topázio, 29,47% quartzo. 15,31% rutilo, 9,04% cassiterita, 6,76% zircão, 0,17% monazita e 0,13% wolframita). Com base na porcentagem de volume e na densidade média de cada mineral, calculou-se a porcentagem em peso de cada mineral nas três frações B1, B2 e B3, em B e na amostra representativa da pilha 2 (A+B+C). Em conclusão, com base na fração B, a pilha 2 é composta por: 28,96% de magnetita, 24,48% de ilmenita, 8,48% de topázio, 4,25% de quartzo, 4,02% de rutilo, 3,90% de cassiterita, 1,90% de zircão, 0,05% de monazita e 0,05% de wolframita.

Palavras chaves: caracterização mineralógica, rejeito magnético, Mina Bom Futuro, Rondônia.

ABSTRACT

The increase in tin consumption in the last decades has caused several actions towards a better use of the existing deposits, as well as a greater investment in the discovery of new deposits. The Bom Futuro Mine is located in the municipality of Ariquemes, state of Rondônia, and the primary (pegmatites, greisens and quartz veins) and secondary (placer and paleoplacer) tin deposits are temporally and spatially associated with the granites of the Rondônia Last Granites or Rondônia Intrusive Suite (1.00 to 0.97 G.a). The objective of the work is the mineralogical characterization of the magnetic tailings (pile 2) from the Gilberto Kubotani producer. Initially a composite sample was collected from pile 2 (about 6 kg), which was subsequently quarried and resulted in a 152.03 g sample. This representative sample from pile 2 was classified into three particle size fractions: A (> 0.595 mm; 8.59 g), B ($0.074 < B < 0.595$ mm; 115.68 g) and C (< 0.074 mm; 27.76 g). The studies focused on fraction B, while fractions A and C were archived for further study. Fraction B was classified into three magnetic fractions: B1 (fraction retained in the hand magnet: 1.88 g), B2 (fraction removed in Frantz-type electromagnetic separator at 0.3 A: 100.15 g) and B3 (fraction passed in Frantz-type electromagnetic separator at 0.3 A: 13.65 g). Three polished sections of B1, B2 and B3 fractions were then made for petrographic studies using an optical microscope under reflected light and a scanning electron microscope. The modal compositions (% volumes) determined were: B1 (99.70% magnetite, 0.18% quartz and 0.12% rutile), B2 (99.57 % ilmenite, 0.31% rutile and 0.12% cassiterite) and B3 (39.12% topaz, 29.47% quartz, 15.31% rutile, 9.04% cassiterite, 6.76% zircon, 0.17% monazite and 0.13% wolframite). Based on the volume percentage and average density of each mineral, the percentage by weight of each mineral in the three fractions B1, B2 and B3 was calculated in B and in the representative sample of pile 2 (A+B+C). In conclusion, based on fraction B, pile 2 is composed of: 28.96% magnetite, 24.48% ilmenite, 8.48% topaz, 4.25% quartz, 4.02% rutile, 3.90% cassiterite, 1.90% zircon, 0.05% monazite and 0.05% wolframite.

Keywords: mineralogical characterization, magnetic tailings, Bom Futuro Mine, Rondônia.

LISTA DE ABREVIATURA DOS MINERAIS

Cst - Cassiterita

Hem - Hematita

Ilm - Ilmenita

Mag - Magnetita

Mnz - Monazita

Qz – Quartzo

Rt – Rutilo

Tpz – Topázio

Wol - Wolframita

Znw – Zinnwaldita

Zrn – Zircão

(WHITNEY & EVANS, (2010))

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização e vias de acesso para a mina Bom Futuro.	16
Figura 2: Mapa climático segundo a classificação de Koppen.	20
Figura 3: Bacias hidrográficas de Rondônia, com destaque para a localização da mina Bom Futuro.	21
Figura 4: Mapa de Biomas do Brasil, com destaque para a Mina Bom Futuro.	22
Figura 5: Mapa Pedológico do Estado de Rondônia, com destaque para a Mina Bom Futuro	24
Figura 6: Mapa Geomorfológico do Estado de Rondônia, com destaque para a Mina Bom Futuro	26
Figura 7: Registro minerais do estado de Rondônia.	27
Figura 8: Valor percentual por substância mineral responsável pela maior representatividade de registros n GEOBANK.	28
Figura 9: Distribuição dos principais registros de estanho no estado de Rondônia, classificados como mina, depósito, garimpo, ocorrência, não explorados e indício.....	30
Figura 10: Fluxograma de processamento de minério de aluvião da usina de Bom Futuro. .	31
Figura 11: Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico de Tassinari & Macambira (2004), com destaque para a Província Estanífera de Rondônia.	34
Figura 12: Mapa geológico simplificado da Província Estanífera de Rondônia e áreas adjacentes.....	38
Figura 13: Mapa geológico da mina Bom Futuro, com destaque para o Morro Bom Futuro ao Sul e Palanqueta, ao norte.....	41
Figura 14: Afloramento de camadas sedimentares da sequência deposicional nordeste no depósito de Bom Futuro. Observa-se uma repetição regular de camadas intercaladas entre conglomeráticas e silte-argilosas.....	42
Figura 15: Seção transversal na região sudeste de Bom Futuro. As camadas B são sedimentos coluvionar mineralizados com cassiterita disseminada; C são os sedimentos argilosos mosqueados de coloração avermelhada/amarelada; D são os sedimentos arenosos/conglomeráticos aluvionares, estratificados, de coloração avermelhada/amarelada, contendo mineralizações de cassiterita disseminadas; E formada por paragnaisse saprolitizado com lentes de anfibolito (1) seccionado por albita granito, (2) veios de quartzo, (3) com mineralização primária de cassiterita.	43
Figura 16: Amostras retiradas das pilhas de rejeito magnético, com cerca de 6 kg.....	45

Figura 17: Quarteador Jones, utilizados para redução das amostras na COOPERSANTA....	45
Figura 18: Fluxograma do processo de preparação das amostras B1, B2 e B3.	46
Figura 19: Peneiras nas malhas: 0,595 mm, 0,074 mm	47
Figura 20: Separador Magnético tipo Frantz da marca Isodynamic, Modelo L.	48
Figura 21: Representação das forças que atuam em uma partícula quando esta está na bandeja do separador isodinâmico Frantz. FG representa o peso da partícula e FM representa a força exercida pelo campo magnético	48
Figura 22: Tabela de susceptibilidade magnética dos minerais elaborada por Rosenblum & Brownfield (2000).	49
Figura 23: Frações magnéticas geradas por imã de mão (B1) e separador magnético Frantz, retido (B2) e passante (B3).....	50
Figura 24: Seções Polidas relativas as frações B1, B2 e B3.	50
Figura 25: Cristal de magnetita euhédrico parcialmente substituído por hematita (fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B1).	52
Figura 26: Cristais de ilmenita subédricos e anédricos (fotomicrografia a nicóis descruzados na seção polida B2).....	53
Figura 27: Cristal de cassiterita subédrico (fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B3.	53
Figura 28: Wolframita se destacando por seu brilho ao ser comparada com os grãos de quartzo ao redor.	54
Figura 29: Cristal anédrico de rutilo. (Fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B3).	54
Figura 30: Monazita com o brilho bem mais intenso comparado com os grãos de topázio e quartzo ao redor, que por sua vez é o que predomina na seção polida B3.	55
Figura 31: Zircão com seu hábito prismático característico, encontrado na seção polida B3 (fotomicrografia com nicóis descruzados).	55
Figura 32: Grãos de quartzo anédricos, com relevo alto (fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B3).....	56
Figura 33: Cristais subédricos de topázio na seção polida B3, grãos com hábito prismático curtos ou longos (fotomicrografia com nicóis descruzados).	56
Figura 34: Agregado de cristais de cassiterita e zinnwaldita (?) presente na seção polida B3.	57
Figura 35: Cristais de magnetita parcialmente substituídos por hematita. (Fotomicrografia da seção polida B1 composta predominantemente por grãos de magnetita).....	58

Figura 36: Grão de ilmenita subédricos e anédricos predominante na seção polida B2. (Fotomicrografia com nicóis descruzados).....	59
Figura 37: Seção polida B3 composta predominantemente por: topázio, quartzo, zircão, cassiterita, rutilo, wolframita e monazita (Fotomicrografia com nicóis descruzados).....	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de minerais presente na seção polida B1.	58
Tabela 2: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral na seção polida B1.....	58
Tabela 3: Porcentagem de minerais presente na seção polida B2.	59
Tabela 4: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral na fração B2.....	59
Tabela 5: Porcentagem de minerais presente na seção polida B3.	60
Tabela 6: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral na seção polida B3.....	60
Tabela 7: Percentagem de minerais presentes na fração B.....	62
Tabela 8: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa de cada mineral na amostra total B e na pilha (A+B+C).....	62

ÍNDICE DE UADROS

Quadro 1: Dados secundários de levantamento socioeconômico do município interceptado. 18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa do Tema.....	15
1.2 Localização e Acesso	15
1.3 Estado da Arte.....	16
1.4 Aspectos Fisiográficos e Socioeconômicos	18
2 OBJETIVO	32
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
3.1 Geologia Regional	33
3.1.1 Cráton Amazônico	33
3.1.2 Província Estanífera de Rondônia (PER).....	36
3.2 Geologia Local.....	38
3.2.1 Complexo Jamari.....	38
3.2.2 Sistema Vulcânico Bom Futuro.....	39
3.2.3 Sistema Plutônico Palanqueta	40
3.2.4 Coberturas Sedimentares.....	41
4 MÉTODO DE TRABALHO	44
4.1 Pesquisa Bibliográfica	44
4.2 Coleta de Amostras e Preparação do Material de Estudo	44
4.3 Descrição das seções polidas e cálculo das porcentagens de volume e peso.	51
5 RESULTADOS.....	52
5.1 Descrição dos Minerais.....	52
5.2 Cálculo dos volumes e dos pesos	57
5.2.1 BF-RG-2-B1.....	57
5.2.2 BFRG-2-B2	59
5.2.3 BF-RG-2-B3.....	60
6 DISCUSSÃO	62
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1 INTRODUÇÃO

As reservas mundiais de estanho em 2017 eram de aproximadamente 4,5 milhões de toneladas de estanho associados à cassiterita. A China é o país que possui as maiores reservas de estanho do mundo com 24% do total, em seguida vem a Indonésia com 18%, a Austrália com 11% (USGS, 2018).

A cassiterita é o principal mineral de minério de estanho, formada por 78,7% de estanho e 21,3% de oxigênio, caracterizado por elevada densidade ($6,98 - 7,01 \text{ g/cm}^3$) de hábito bipiramidal e prismático, com coloração geralmente marrom, avermelhada, preto ou castanho, de dureza 6 – 7 na escala da Mohs. Apresenta-se geralmente em forma translúcida e possui elevada resistência química e física. Pode ocorrer associada a veios de quartzo, pegmatitos, ou ainda junto aos sulfetos e também em *greisens*.

O Brasil possui aproximadamente 9% das reservas mundiais de estanho contido, sendo a quarta maior do mundo, é também o sexto maior produtor mundial, com 17.081 toneladas (metal contido no concentrado) produzidas em 2017 (6,1% do total). As reservas brasileiras estão localizadas principalmente na região amazônica: Província Mineral do Mapuera (em Pitinga) no Amazonas, e na Província Estanífera de Rondônia (minas Bom Futuro, Santa Barbara, Massangana e Cachoeirinha) (PONTES, 2018).

A descoberta dos depósitos de cassiterita em Rondônia em 1952 despertou grande interesse de empresas de mineração e de garimpeiros que se organizaram em cooperativas para lavar e beneficiar o minério. Com o passar do tempo, outros bens passaram a ser explorados, como nióbio, tântalo, tungstênio e o topázio (QUADROS *et al.* 2011).

De 1959 a 1984 a Província Estanífera de Rondônia (PER) contribuiu com 78,5% do total de produção brasileira de estanho. Entretanto, a partir de 1985, com a queda do preço no mercado internacional, a maioria das minas fecharam, embora a produção nessa província tenha aumentando em 1987 com a descoberta do distrito mineiro de Bom Futuro (PORSANI *et al.* 2004).

Na última década o consumo de estanho no Brasil foi, em média, 3 mil toneladas/ano, dado por cinco seguimentos: indústria siderúrgica (folhas de flandres), indústria de soldas, indústria química, objetos de *pewter* e bronze, setor tecnológico como componente elétrico em pequenos aparelhos eletrônicos, em revestimentos de aços e construções (PONTES, 2018).

1.1 Justificativa do Tema

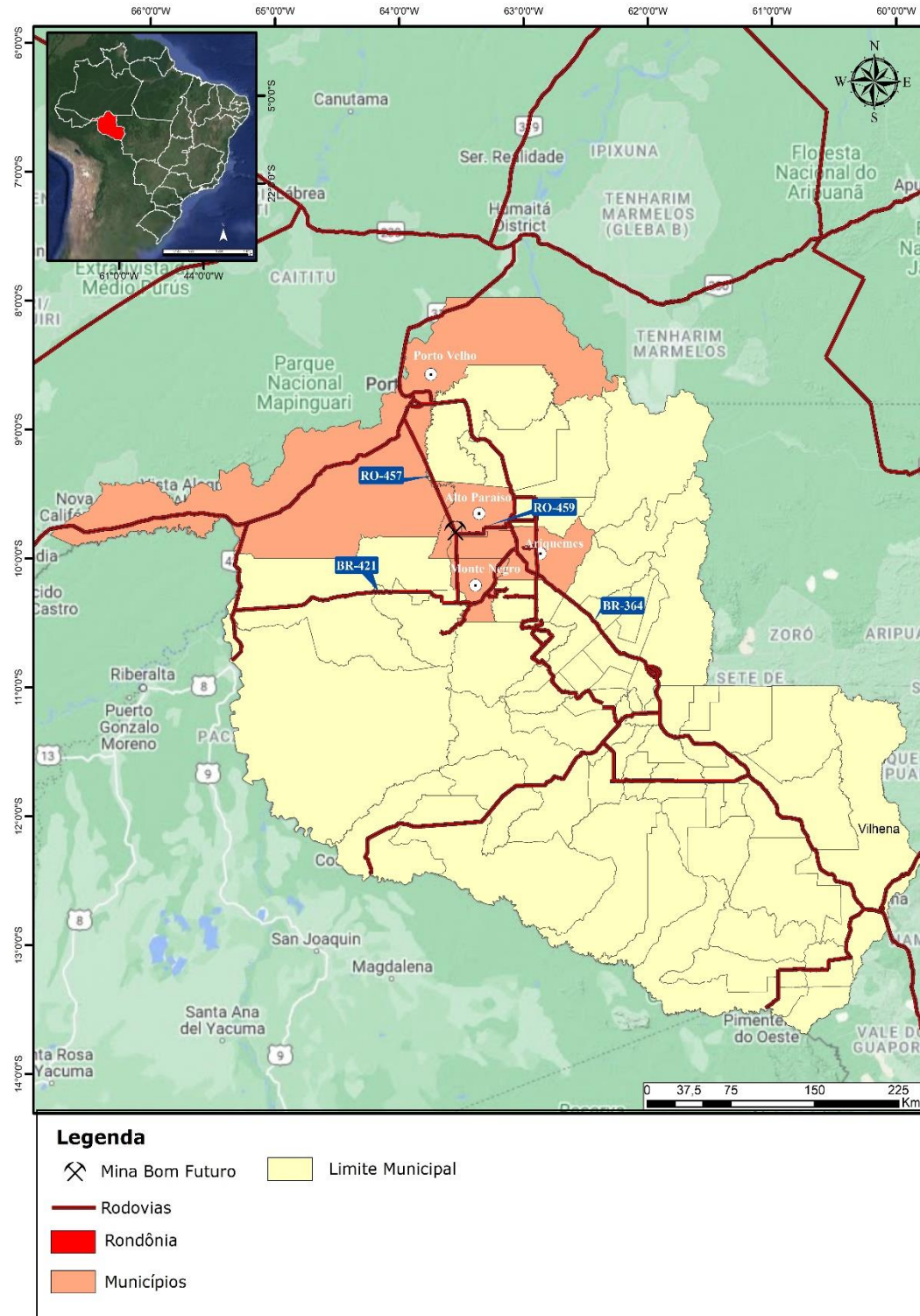
O objetivo deste trabalho tem como alvo a caracterização mineralógica do rejeito magnético (pilha 2) da frente de lavra Gilberto Kubotani, localizada no distrito mineiro de Bom Futuro (RO), que durante o processo de beneficiamento produz grande quantidade de minerais que são armazenados em pilhas de minerais magnéticos descartados no processo de enriquecimento do concentrado de cassiterita. O propósito da caracterização é aumentar a sobrevida da mina e mitigar o impacto ambiental através do melhor aproveitamento dos minerais contido no rejeito, seja das jazidas primárias ou secundárias, podendo ser tanto a cassiterita quanto outros minerais de ilmenita, zirconita, wolframita e monazita (terras raras).

1.2 Localização e Acesso

A área de estudo localiza na porção centro – norte do estado de Rondônia (**Figura 1**), está contido na folha de Ariquemes SC – 20 – V -D, mapeada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na escala 1:250.000 (PALMEIRA & CARVALHO 2018). Seu Acesso é feito através da capital Porto Velho pela BR-364 no sentido sul por cerca de 165 km, até o trevo de acesso para a cidade de Alto Paraíso. Percorre-se 26 km por estrada pavimentada RO-459 até Alto Paraíso, em seguida, por mais 30 km por estrada de terra de tráfego permanente até a Vila de Bom Futuro.

Partindo de Ariquemes, o acesso é feito via BR-421 sentido Monte Negro até à rodovia RO – 457, seguindo para norte até RO – 459 até chegar na Vila Bom Futuro (**Figura 1**).

Figura 1: Localização e vias de acesso para a mina Bom Futuro.



Fonte: Elaborada pela autora

1.3 Estado da Arte

A preocupação com a conservação ambiental e com o aumento da vida útil das minas tem levado cada vez mais ao aproveitamento do rejeito de mineração através de novas tecnologias de beneficiamento de minério ou pela utilização dos mesmos para outras aplicações (GOMES,

2011). Esse autor destaca que para saber a possibilidade de aproveitamento desses minerais é necessário a caracterização mineralógica, parte dos estudos geometalúrgicos de uma jazida.

Segundo Gomes (1984), a caracterização mineralógica de minérios (estudo dos aspectos específicos da mineralogia dos minérios) é um ramo especializado de estudo associado aos processos de beneficiamento de minério, sendo fundamental para se obter o máximo de aproveitamento de um recurso mineral.

A caracterização mineralógica de minérios está associada a várias etapas do planejamento de mina, envolvendo desde a avaliação inicial de explotabilidade, o planejamento da planta de processamento, a montagem da planta piloto, a operação eficiente em escala industrial de beneficiamento, entre outras.

Até bem pouco tempo, métodos de caracterização mineralógica eram pouco aplicadas a rejeitos de usinas de beneficiamento de minérios, que eram descartados sem maiores conhecimentos de suas características físicas, químicas e mineralógicas. Nos últimos anos o cenário vem mudando, não só pela maior preocupação com questões ambientais, como também buscando o reaproveitamento de minério em razão da depleção de reservas, com consequente diminuição de teores das minas.

O conhecimento dos rejeitos favoreceu o aproveitamento como subproduto na própria usina ou em outro segmento industrial, viabilizou seu reuso, minimizou o impacto ambiental através de novas receitas onde antes havia despesas (BORGES, 2008).

Trabalhos importantes como COOPERSANTA (2012) utilizaram de ensaios tecnológicos para caracterização mineralógica em rejeitos de minério de estanho de Rondônia, onde foram verificados a forma de ocorrência da cassiterita e sulfetos presentes, suas associações com a ganga continham estanho, enxofre e zinco associados em concentrados de minerais pesados. Além disso, esse trabalho permitiu determinar a composição mineralógica das amostras por fração granulométrica.

Os trabalhos realizados pela COOPERSANTA (2012), concluíram que, no sentido de minimizar custos de cominuição, esta pode ser feita em duas etapas para a concentração da cassiterita, onde a primeira compreenderia cominuição abaixo de 1,6 a 2,0 mm seguido da concentração gravítica por jiques e espirais de forma a gerar um pré-concentrado de minerais pesados e um rejeito final rico em minerais de baixa densidade: quartzo, minerais micáceos e feldspatos. Por outro lado, os finos gerados na moagem, particularmente no pré-concentrado de

minerais pesados, poderiam ser objeto de concentração gravítica por equipamentos centrífugos, visando a recuperação do zinco, estanho, monazita, zirconita, rutilo e ilmenita titanífera.

Apesar da caracterização mineralógica ter sido aplicada em trabalhos como COOPERSANTA (2012), o depósito da mina Bom Futuro na frente de lavra Gilberto Kubotani que processa minério secundário em sedimentos de paleovale, ainda carece desse tipo de abordagem, salvo o trabalho de conclusão de curso de (NOGUEIRA, 2016).

Desta forma, este trabalho pretende contribuir com a caracterização mineralógica do rejeito magnético da frente de lavra Gilberto Kubotani, que objetiva aumentar a vida útil da mina, determinar os minerais magnéticos com valor econômicos, levando em conta a preocupação com a conservação ambiental.

1.4 Aspectos Fisiográficos e Socioeconômicos

A mina Bom Futuro está localizada no município de Ariquemes que, de acordo com o IBGE, a população estimada do município em 2021 era de 111.148 pessoas (IBGE, 2010).

Assim como Ariquemes, o estado de Rondônia, situada na região norte do país, fazendo divisa com os estados da Amazônia, Mato Grosso do Sul, Acre e Bolívia, e se insere na área de abrangência da Amazônia Legal, com uma área de aproximadamente 240.000 km². Apresenta significativo potencial de crescimento urbano caracterizado pela mineração (lavras de cassiterita) com incremento de atividades agropecuárias dado pelo cultivo do café, cacau, frutas cítricas e cupuaçu; mas conta também com participação dos setores metalúrgico e moveleiro.

O potencial turístico da região também se destaca, principalmente no interior do estado com as feiras agropecuárias e outros eventos do gênero que lotam hotéis, restaurantes, favorecem a economia local.

Para a realização da etapa de levantamento socioeconômico utilizou-se dados secundários disponibilizados no Portal Cidades no IBGE e Censos do IBGE 2000 e 2010, sendo estes indicadores apresentados a seguir na **Tabela 1**.

Quadro 1: Dados secundários de levantamento socioeconômico do município interceptado.

Indicadores	Un.	Ariquemes
População (2010)	Pessoas	90.353
População Estimada (2021)	Pessoas	111.148
Densidade Demográfica	Hab/km ²	20,41

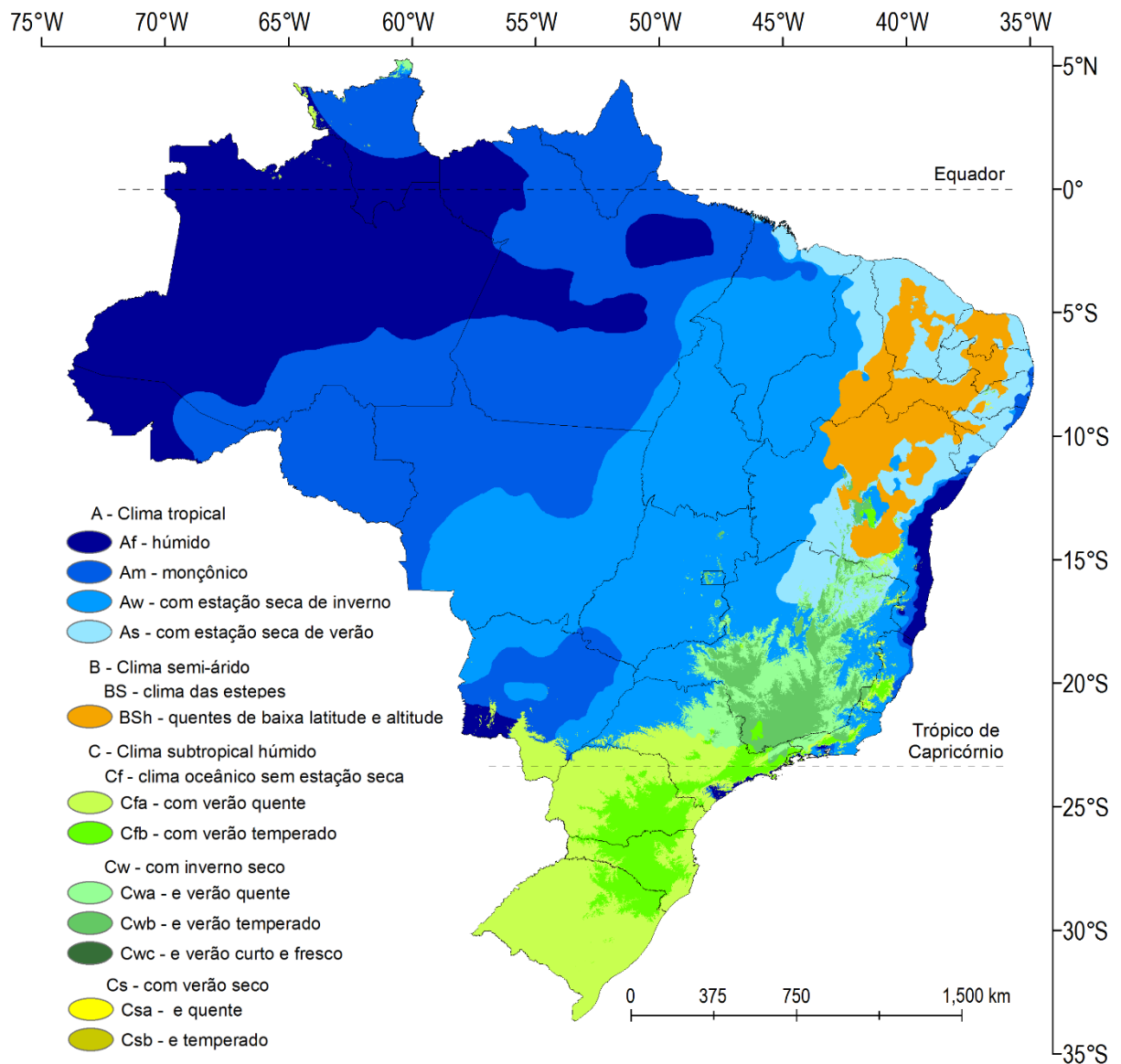
Indicadores	Un.	Ariquemes
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2020)	Salários Min.	2,0
Pessoal Ocupado (2020)	Pessoas	20.139
População Ocupada (2020)	%	18,4
Percentual de População com rendimento mensal per capita de até ½ salários mínimos (2010)	%	35
Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (2010)	%	97,2
PIB per capita (2019)	R\$	23.908,38
Percentual de receitas oriundas de fontes externas (2015)	%	66,2
Índice de Des. Humano Municipal (IDHM) (2010)	-	0,702
Mortalidade Infantil (2020)	Óbitos/mil nascidos vivos	7,3
Estabelecimentos de saúde SUS (2009)	Un.	16
Área de Unidade Territorial (2020)	Km ²	4.426,571
Esgotamento sanitário adequado (2010)	%	8,6
Arborização de vias públicas (2010)	%	33,8
Urbanização de vias públicas (2010)	%	5,1

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Clima

A grande influência de altitude não interfere no clima de Rondônia. É predominantemente tropical, úmido e quente durante todo o ano, com significant amplitude termal anual e notável amplitude diurna, especialmente no inverno. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Tropical Chuvoso (Aw) (**Figura 2**) com temperaturas máximas entre 30 e 34°C, e mínima entre 17 e 23°C e média anual variando entre 24 e 26°C.

Em questão do regime pluviométrico, possui um período bem chuvoso (verão) entre outubro a abril, com precipitação com média de 220 mm/mês, e um período de seca (inverno) entre junho a agosto, caracterizado por índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês. (Rondônia, 2002).

Figura 2: Mapa climático segundo a classificação de Koppen.

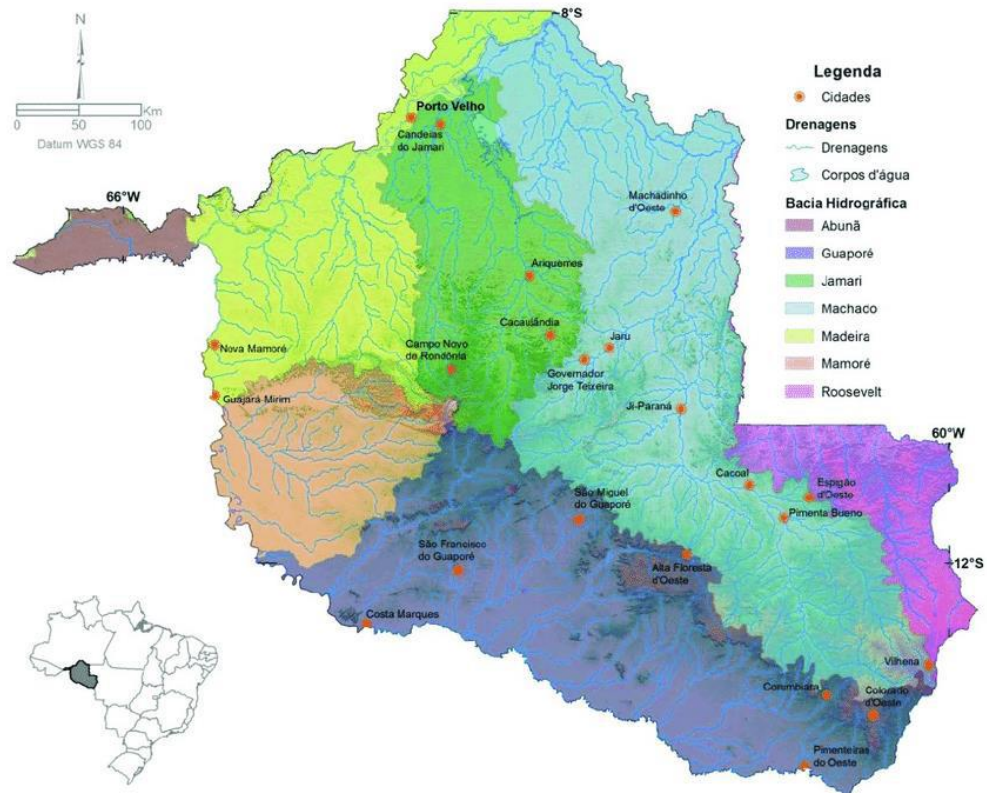
Fonte: https://www.reddit.com/r/brasil/comments/7chxqd/mapa_clim%C3%A1tico_do_brasil_segundo_a_classifica%C3%A7%C3%A3o/

Hidrografia

A rede hidrográfica do estado de Rondônia está inserida na bacia hidrográfica do rio Madeira, um dos principais afluentes da margem direita do rio Amazonas. A mina Bom Futuro, situa-se na bacia do rio Jamari (**Figura 3**), mais especificamente na sub-bacia do Alto Rio Candeia.

A principal drenagem é o igarapé Santa Cruz, tributário da margem direita do rio Candeias. Apresenta uma direção geral N-S e extensão de cerca de 10 km, com os igarapés dos Velhos e Jacaré como principais afluentes (RONDÔNIA, 2002).

Figura 3: Bacias hidrográficas de Rondônia, com destaque para a localização da mina Bom Futuro.



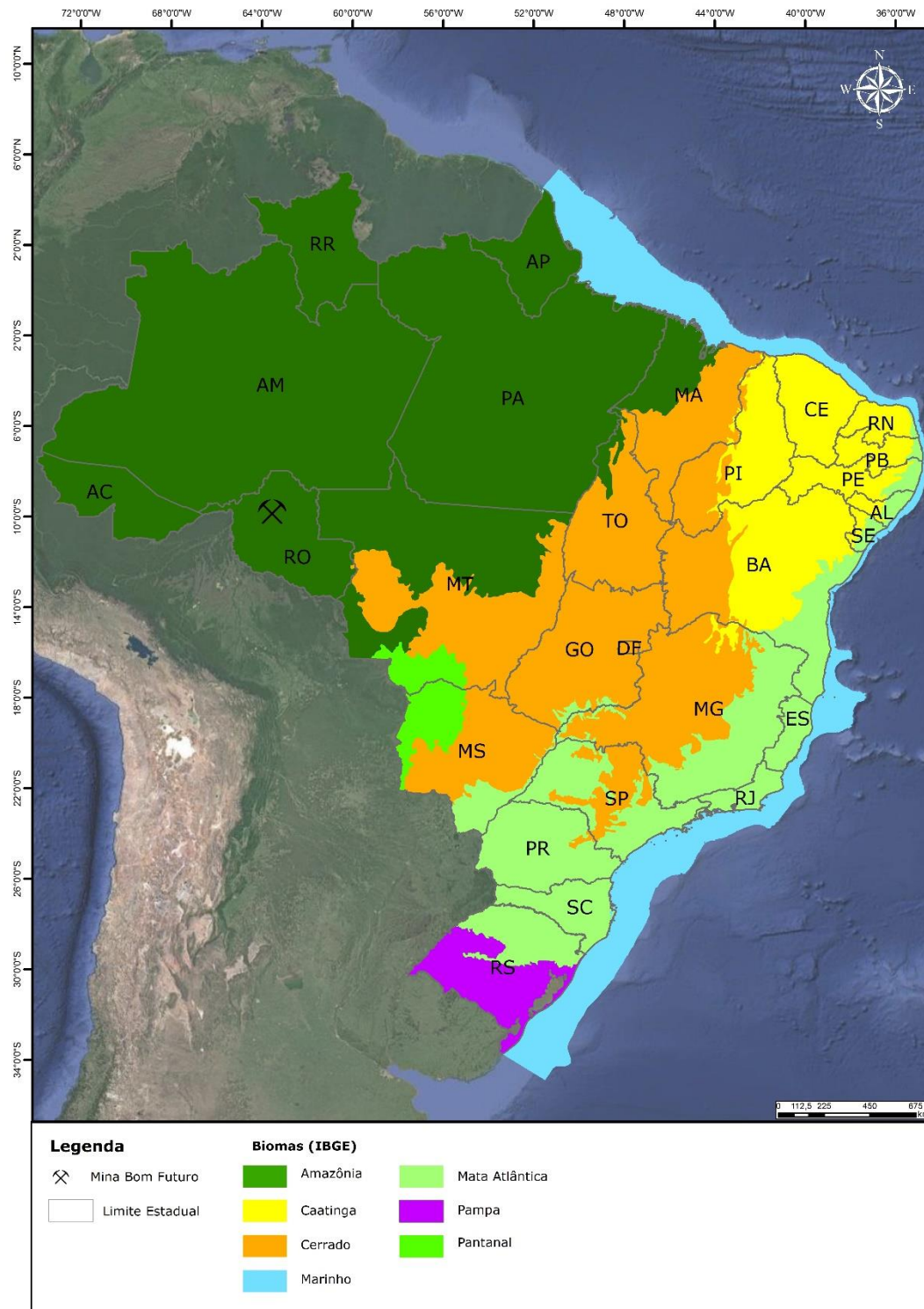
Fonte: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2017).

Bioma

O Brasil é formado por sete biomas diferentes: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Marinho, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. O estado de Rondônia está inserido na Amazônia como pode ser visto na **Figura 4**. Entretanto, a composição vegetal foi agrupada em oito tipologias: a) Floresta Ombrófila Aberta; b) Floresta Ombrófila Densa; c) Floresta Semidecidual ou Subcaducifólia; d) Floresta de Transição ou Contato; e) Cerrado; f) Formação Pioneira; g) Campinarama; h) Umirizal. A mina Bom Futuro encontra-se no domínio da Floresta Ombrófila Aberta, que ocupa cerca de 50% da cobertura vegetal do Estado (RONDÔNIA, 2002).

Entretanto, a vegetação original local foi quase que totalmente consumida pela atividade madeireira, minerais e pecuárias (RONDÔNIA, 2002).

Figura 4: Mapa de Biomas do Brasil, com destaque para a Mina Bom Futuro.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pedologia

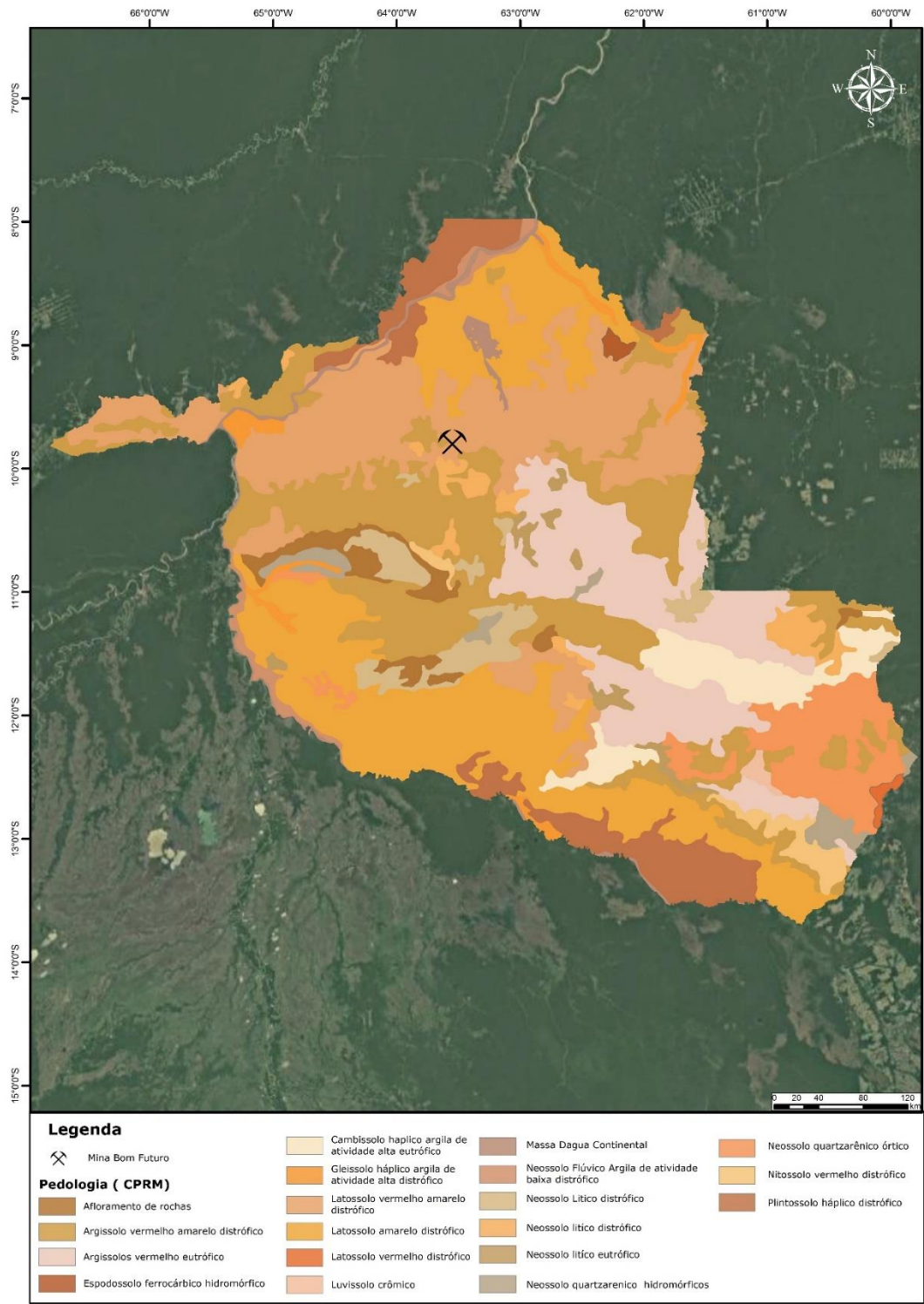
Em Rondônia (2002), os principais solos encontrados no estado de Rondônia são Latossolos, Argissolos, Neossolos, Gleissolos e Cambissolos, sendo predominante a ocorrência de solos em condições de terras firmes e relevo suave ondulado, como os latossolos, argissolos,

e grande parte dos neossolos e cambissolos. A mina Bom Futuro está inserida em solo do tipo latossolo, mais precisamente Latossolo vermelho – amarelo (**Figura 5**).

Os Latossolos vermelho – amarelo são identificados em extensas áreas dispersas em todo território nacional e estão associados aos relevos plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade (EMBRAPA, 2021).

Devido ao relevo ser plano ou suavemente ondulado permite a mecanização agrícola. Por serem profundos e porosos ou muito porosos apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento reticular em profundidade (EMBRAPA, 2021).

Figura 5: Mapa Pedológico do Estado de Rondônia, com destaque para a Mina Bom Futuro



Fonte: Elaborado pela autora.

Geomorfologia

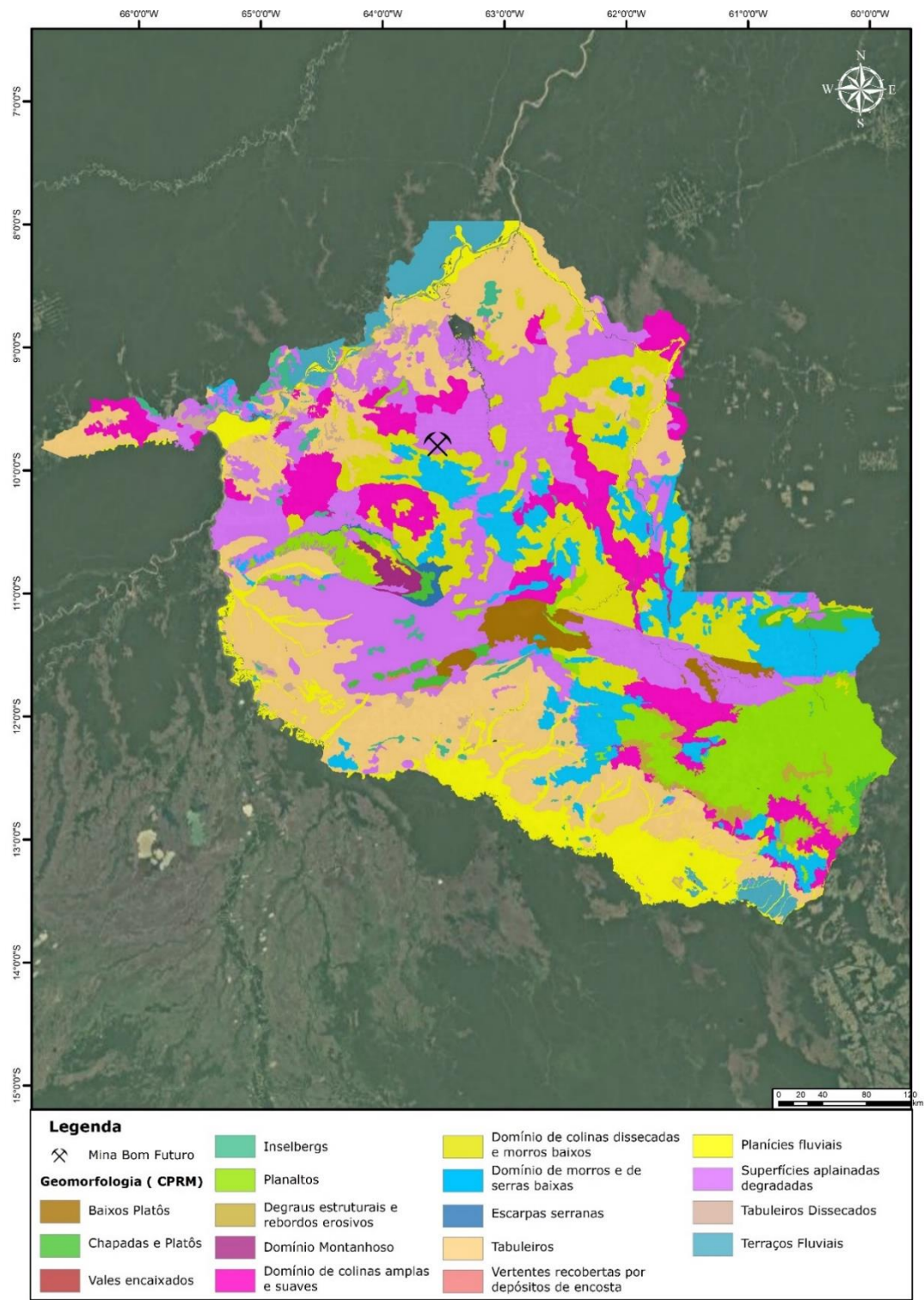
O estado de Rondônia é dividido em dezessete tipos de relevo, sendo eles: baixos platôs; chapadas e platôs; degraus estruturais e rebordos erosivos; domínio montanhoso; domínio de colinas amplas e suaves; domínio de colinas dissecadas e morros baixos; domínio de morros e

serras baixas; escarpas serranas; *inselbergs*; planaltos; planícies fluviais ou flúvio-lacustres; superfícies aplainadas degradadas; tabuleiros; tabuleiros dissecados; terraços fluviais; vales encaixados; e vertentes recobertas por depósitos de encosta, segundo dados vetoriais disponibilizados pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM).

Todos esses ambientes são influenciados pelo regime climático quente e úmido, com formação de solos profundos e quimicamente pobres, o que favorece a formação de paisagens monótonas recobertas em quase sempre por vegetação florestal. (CPRM, 2010).

A área estudada situa-se no Domínio de Superfícies de aplainamento (**Figura 6**), constituído por áreas de arrasamento em rochas antigas e cobertas parcialmente por coberturas sedimentares indiferenciadas (Teciário-Quaternário). Sobre essas superfícies correm quantidades variáveis de *inselbergs e tors* (elevações isoladas sobre um planalto). Feições comuns a essas superfícies. Como forte intemperismo químico, formação de lateritas, depósitos sedimentares e *inselbergs e tors*, indicam um relevo poligenético complexo, formado após um tempo geológico considerável (DIAS, 2012).

Figura 6: Mapa Geomorfológico do Estado de Rondônia, com destaque para a Mina Bom Futuro



Fonte: Elaborado pela autora.

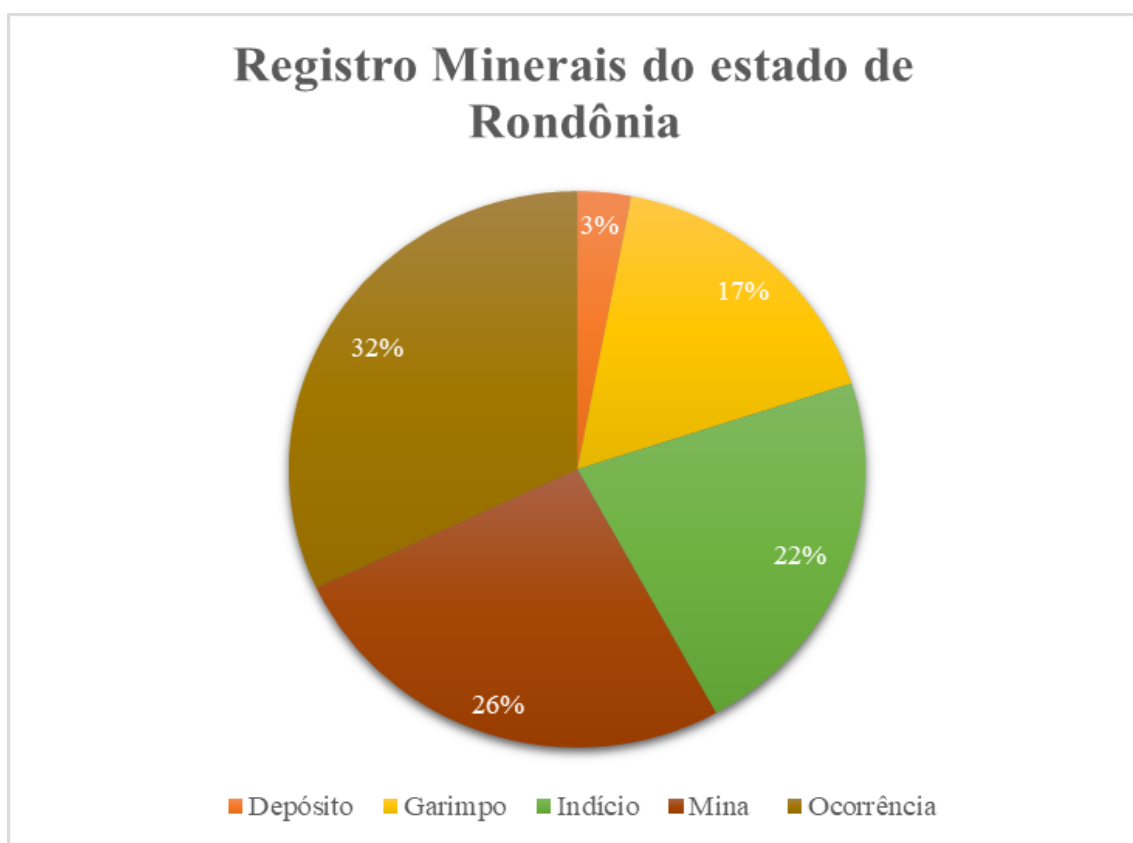
Potenciais Minerais

Segundo Scandolara (1999), o estado de Rondônia detém um substrato geológico que demonstra potencialidade para uma vasta gama de recursos minerais de grande interesse

econômico. O estanho e o ouro são destaques na produção mineral, com expressiva participação da atividade garimpeira. Além destes, são produzidos também calcário, brita, topázio, ametista, diamante, rochas ornamentais e agregados de uso imediato na construção civil (**Figura 8**).

De acordo com o GEOBANK (sistema de banco de dados geológicos corporativos da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB)) atualmente há 810 registros de lavras, 214 correspondentes a minas ativas e paralisadas, 138 associados a garimpos ativos e paralisados, 24 depósitos, 255 ocorrências e 179 indícios (**Figura 7**). Conforme distribuição geográfica, o município de Porto Velho possui 142 registros, Costa Marques 71 registros, Ji-Paraná, 64 registros, Alta Floresta d'Oeste 59 registros, Colorado do Oeste 57 registros e Pimenta Bueno com 40 registros, todos os demais municípios totalizam 377 registros (CPRM, 2010)

Figura 7: Registro minerais do estado de Rondônia.



Fonte: Companhia de Pesquisa e Recursos Naturais (CPRM, 2019).

Figura 8: Valor percentual por substância mineral responsável pela maior representatividade de registros n GEOBANK.



Fonte: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – Serviço Geológico Brasileiro (CPRM/SGB, 2009).

Em 1952 o Engenheiro Frederico Hoepken descobriu a cassiterita, minério de estanho, no seringal de Joaquim Pereira da Rocha, com os preços atrativos da época incentivaram outros seringalistas e proprietários de terras a pesquisar novas áreas de ocorrências, que culminaram com uma sucessão de descobertas entre os anos de 1957 a 1961 (DALL'IGNA, 1996).

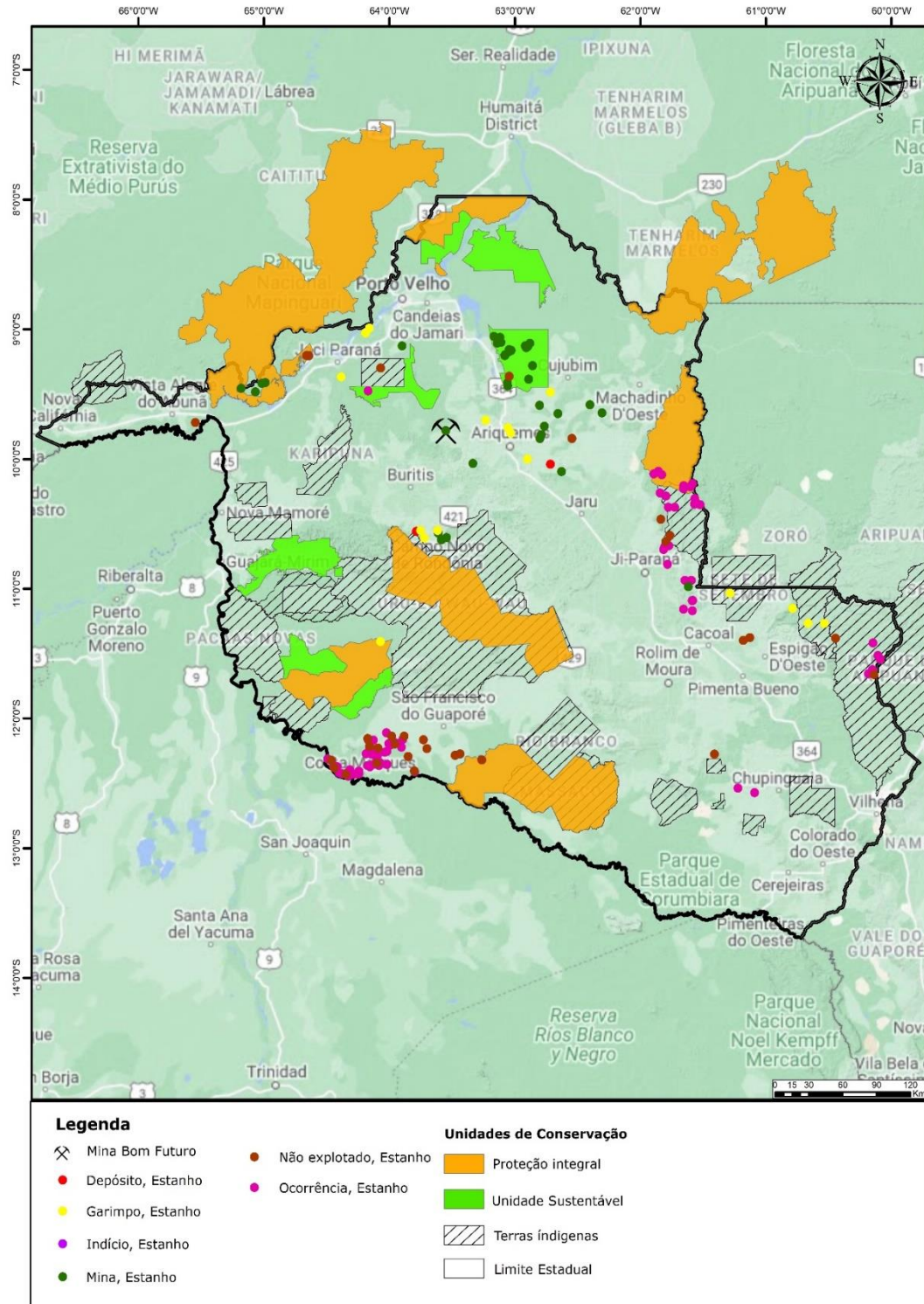
Entretanto, em 1985, a superprodução de estanho causou a dissolução do *International Tin Council* (ITC), que manteve até essa data os preços do estanho artificialmente elevados, até que em outubro o ITC não conseguiu mais absorver o excesso de produção, ocasionando uma forte e imediata depressão nos estoques ocasionando uma forte queda no preço do estanho. (DALL'IGNA, 1994, 1996).

Algumas empresas como a mina de Bom Futuro, foram paralisando gradativamente as suas operações e mantiveram algumas áreas com atividades reduzidas. Até que em 1985 os preços retornaram a patamares altos no mercado internacional, o que permitiu a manutenção da produção de estanho em Rondônia por grupos tradicionais de mineração e cooperativas de garimpeiros.

As principais ocorrências de estanho estão relacionadas às coberturas sedimentares terció-quaternárias e aos sedimentos aluvionares recentes. Todavia, as pesquisas e lavra concentram-se preferencialmente em depósitos de cassiterita detrítica, alojados em *placers* e *paleoplacers*, mais raramente em depósitos primários, (CPRM, 2010).

Através de dados vetoriais disponibilizados pela CPRM, Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Fundação Nacional do Índio (FUNAI), pode se observar as principais distribuições de registros de estanho no estado de Rondônia, classificados como mina, depósito, garimpo, ocorrência, indício ou não explorado (**Figura 9**). Importante destacar que a área de estudo não se encontra em área de terras indígenas ou em unidades de conservação.

Figura 9: Distribuição dos principais registros de estanho no estado de Rondônia, classificados como mina, depósito, garimpo, ocorrência, não explotados e indício.



Fonte: Modificado de CPRM, (2010).

Beneficiamento em depósitos secundários

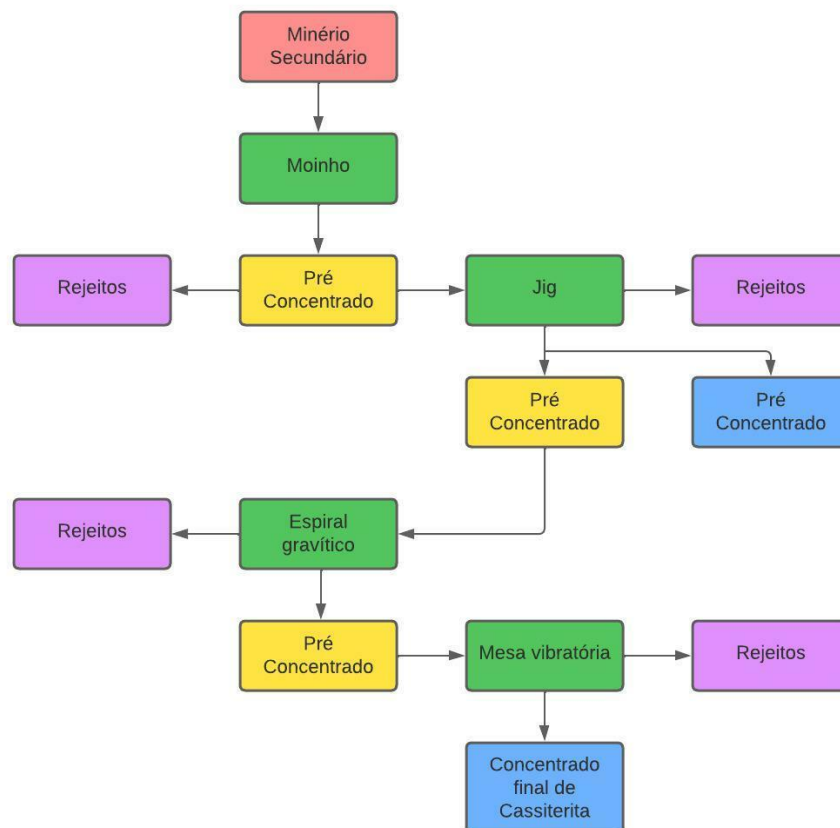
O beneficiamento da mina de Bom Futuro atualmente tem foco, apenas na cassiterita. Devido à densidade alta ($6,98 - 7,01 \text{ g/cm}^3$) e características diamagnéticas, é empregado um processo relativamente simples e eficiente para o beneficiamento do minério secundário.

O beneficiamento do minério secundário inicia-se com a moagem e é seguido para o peneiramento e jigagem. A jigagem resulta em dois concentrados iniciais, um é de granulação grossa e o outro de granulação fina (BUCH, T. et al. 2018).

Os pré-concentrados obtidos através da jigagem são encaminhados para o espiral gravítico e posteriormente para a mesa vibratória. Esta última etapa do processamento mineral conta também com dois produtos, o concentrado final e o rejeito (BUCH, T. et al. 2018).

A **Figura 10** representa o fluxo simplificado para o beneficiamento do minério secundário da mina de Bom Futuro.

Figura 10: Fluxograma de processamento de minério de aluvião da usina de Bom Futuro.



Fonte: Adaptado de Buch, T. et al. 2018.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo contribuir com o máximo de otimização dos recursos minerais da frente de lavra Gilberto Kubotani, da mina Bom Futuro (RO). Aumentando o valor econômico da produção das áreas já exploradas, através da caracterização mineralógica de concentrados minerais do rejeito magnético (pilha 2), provenientes da exploração da cassiterita, tendo como foco a ilmenita (minério de titânio), cassiterita (minério de estanho) e a wolframita (minério de tungstênio). Para isso, serão utilizados métodos de identificação mineral como microscópio ótico sob luz refletida e microscópio eletrônico de varredura com energia dispersiva (MEV – EDS).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Geologia Regional

3.1.1 Cráton Amazônico

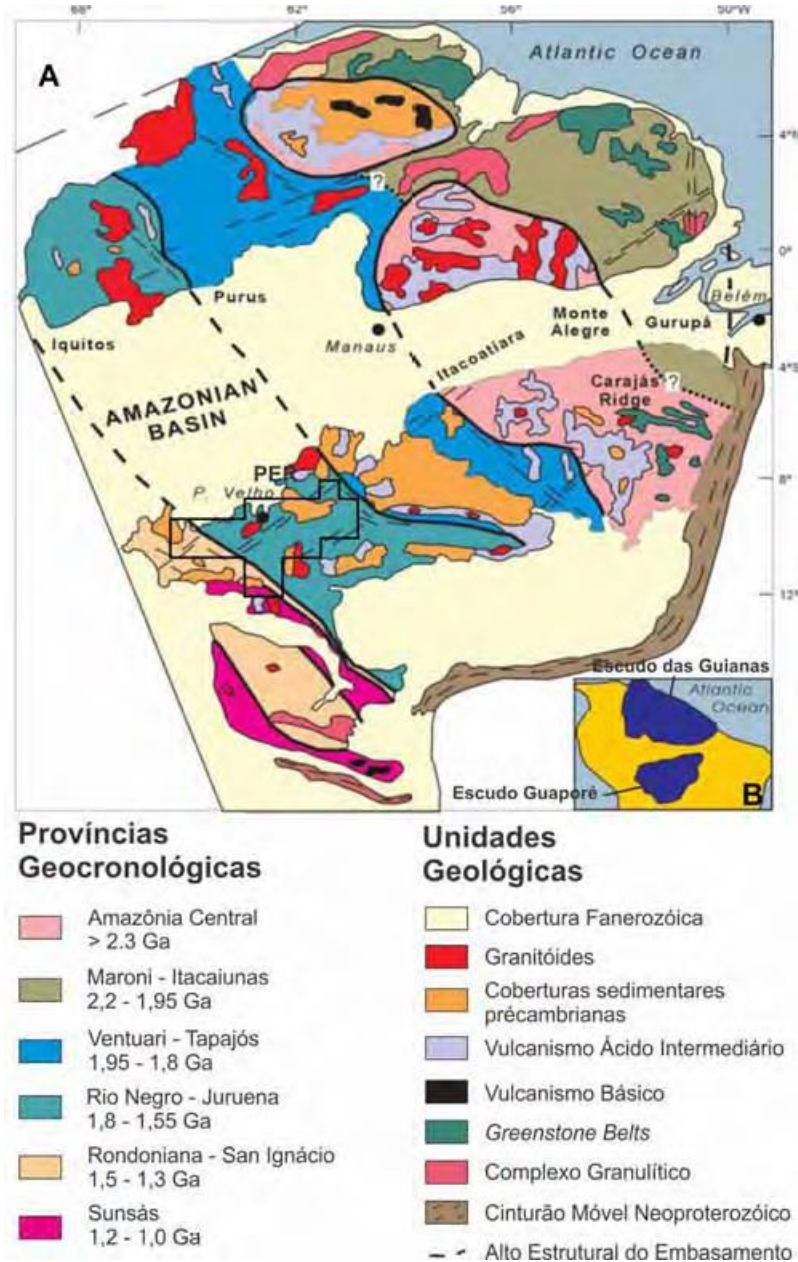
O Cráton Amazônico como uma das maiores áreas cratônicas do mundo, com cerca de 4,5 milhões km² distribuídos entre o Brasil, Bolívia, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. O cráton é coberto pela Bacia Sedimentar do Amazonas, que divide em dois núcleos cristalinos: escudos das Guianas (ao Norte) e Guaporé/Brasil Central (ao Sul). Sua extensão é limitada a leste pelo Sistema Orogênico Tocantins, a nordeste pela Província Margem Continental Equatorial e é encoberta nos demais limites pelos sedimentos fanerozóicos.

A porção leste do Cráton, porção mais antiga, se desenvolveu a partir de colagens orogênicas de núcleos Arqueanos durante o ciclo Transamazônico (2,2 a 2,0 Ga), seguidas por sucessivos eventos acrescionários mesoproterozoicos a leste (TASSINARI & MACAMBIRA, 1999, 2004; SANTOS 2000, 2006).

Cada província geocronológica pode conter rochas ígneas anorôgenicas e coberturas vulcânicas e sedimentares de idades distintas, desde que mais jovem do que o padrão geocronológico de seu respectivo embasamento metamórfico, e em concordância com a evolução tectônica das áreas vizinhas.

Os modelos de províncias geocronológicas mais aceitos para o Cráton Amazônico foram elaborados por Tassinari & Macambira (1999, 2004) e por Santos *et al.* (2006), cuja subdivisão foi inicialmente proposta por Cordani *et al.* (1979) a partir de estudos geocronológicos. Tassinari & Macambira (2004) subdivide o Cráton em seis províncias geocronológicas que são: Amazônia Central (2,5 Ga), Maroni-Itacaunas (2,2 – 1,95 Ga), Ventuari-Tapajós (1,95 – 1,8 Ga), Rio Negro-Juruena (1,8 – 1,55 Ga), Rondoniana -San Ignácio (1,55 – 1,3 G) e Sunsás (1,3 – 1,0 Ga). A província estanífera de Rondônia, região que inclui a área de estudo, encontra-se na porção sudoeste do Cráton, a qual é composta pelas províncias Rio Negro-Juruena, Rondoniana-San Ignácio e Sunsás (**Figura 11**).

Figura 11: Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico de Tassinari & Macambira (2004), com destaque para a Província Estanífera de Rondônia.



Fonte: Extraído e modificado de Tassinari & Macambira (2004).

Segundo Tassinari e Macambira (2004), a província Rio Negro-Juruena é composta por dois segmentos tectônicos distintos denominados de *greenstone belt* do Alto Jaurú (1,79 – 1,75 Ga) e orógeno Cachoeirinha (1,58 – 1,52 Ga), em Mato Grosso. O primeiro inclui granitos tonalíticos, granodioríticos e graníticos e três sequências metavulcanossedimentares (Cabaçal, Araputanga e Jauru), cujos protólitos são interpretados como gerados em ambiente tectônico tipo arco de ilha, ou em cadeia meso-oceânica e arco magmático oceânico (PINHO *et al*, 1997). O segundo compreende principalmente granitóides deformados ou não, de composições

tonalíticas, granodioríticas e graníticas que foram geradas provavelmente em ambiente tectônico de margem continental ativa (GERALDES *et al.* 2001).

Bettencourt *et al.* (2010) recentemente incluiu as rochas do orógeno Cachoeirinha na província Rondônia-San Ignacio. Em Rondônia, gnaisses granodioríticos e tonalitos, assim como granulitos enderbíticos, com idades variando de 1,75 a 1,73 Ga e pertencentes ao Complexo Jamari (Quadros e Rizzotto, 2007) são relacionados com o desenvolvimento da província Rio Negro-Juruena, cujos protólitos são interpretados como gerados em ambiente de arco magmático oceânico (Tassinari *et al.*, 1996), ou em margem continental ativa (PAYOLLA *et al.* 2002).

O evento metamórfico de alto grau em Rondônia denominado de Ouro Preto ou Quatro – Cachoeira (1,67 – 1,63 Ga), afeta tanto as rochas do Complexo Jamari como as sequências sedimentares e vulcanossedimentares paleoproterozóicas (SCANDOLARA, 2006; SANTOS *et al.* 2008). O Granito do Tipo – A e pertencente a Suíte Intrusiva Serra da Providência são interpretados como granitos pós colisionais (SCANDOLARA, 2006).

Limitada a nordeste pela província Rio Negro-Juruena e a sudoeste pela província Sunsás está a província Rondônia San-Ignácio, interpretada por Bettencourt *et al.*, (2010) como sendo um sistema orogênico, compreendendo uma fase formada por orógenos acrescionários (1,55 a 1,34 Ga) e uma fase orogênica final (1,34 a 1,32 Ga) envolvendo a colisão de microcontinente e continente (orogenia Rondoniana-San Ignacio). A província inclui os orógenos Cachoeirinha (1,56 a 1,52 Ga), Santa Helena (1,48 a 1,42 Ga) e o complexo granitóide Pensamiento (1,37 a 1,34 Ga), sendo que todos são interpretados como desenvolvidos em ambientes de margem continental ativa (GERALDES *et al.*, 2001; RUIZ, 2005; MATTOS *et al.* 2009).

Abrange também o terreno Rio Alegre (1,51 a 1,38 Ga) com unidades litológicas geradas provavelmente em ambientes de cadeia meso-oceânica e de arco magmático oceânico (Mattos *et al.* 2004; Ruiz, 2005) e o cinturão Alto Guaporé desenvolvidos em ambientes de margem continental passiva e de arco magmático oceânico (QUADROS e RIZZOTTO, 2007; GIRARDI *et al.* 2008). Inclui ainda granitos anorogênicos deformados da Suíte intrusiva Rio Crespo (1,5 Ga) e isotrópicos das suítes intrusivas Santo Antônio (1,4 a 1,36 Ga) e Teotônio (1,38 Ga), bem como granitos tardi a pós tectônicos das suítes intrusivas Alto Candeias (1,34 a 1,33 Ga) e São Lourenço-Caripunas (1,31 a 1,30 Ga).

A província Sunsás ou Sunsás – Aguapeí (1,25 a 1,00 Ga) é a mais nova e ocorre no extremo sudoeste do Cráton. As unidades tectônicas associadas são as faixas dobradas Sunsás, Aguapeí

e Nova Brasilândia, as sequências sedimentares Huanchaca-Aguapeí, Pacaás Novos-Uopiane e Palmeiral e as rochas ácidas e básicas pós tectônicas a anorogênicas (TEIXEIRA *et al.* 2010). É interpretada como sendo um orógeno colisional, entretanto com vários pontos ainda em debate (ver e.g. TOHVER *et al.*, 2004; BOGER *et al.* 2005; TEIXEIRA *et al.* 2010).

Em Rondônia, as rochas ácidas relacionadas com o desenvolvimento da província Sunsás são representadas pela suíte intrusiva Santa Clara (1,08 a 1,07 Ga) e suíte Granitos Últimos de Rondônia (0,99 a 0,97 Ga), ambas com importantes depósitos primários de estanho associados (BETTENCOURT, *et al.* 1999).

3.1.2 Província Estanífera de Rondônia (PER)

Na margem sudoeste do Cráton Amazônico está localizada a Província Estanífera de Rondônia, delimitada em 1952. O Cráton ocorre dividido geograficamente em duas partes: a porção norte corresponde a Província Rio Branco, que envolve a área desde o leste do Pará até Rondônia e Mato Grosso do Sul, a porção sul e denominada Província Tapajós, e se estende do Amapá ao extremo noroeste do Amazonas. Ambas são separadas pelas bacias sedimentares paleozoicas do Solimões e Amazonas, que juntas formam a Província do Amazonas (HASSUI, 2012). A formação desta região data do Arqueano, atingindo condições de plataforma estável no neoproterozoico (**Figura 12**).

As unidades litoestratigráficas mais antigas e relacionadas com a província Rio Negro-Juruena são: Complexo Jamari (1,76 a 1,73 Ga) composto principalmente por gnaisseseatonalíticos e granodioríticos, sequências metavulcanossedimentares Mutum-Paraná e Igarapé Lourdes (1,73 Ga), sequência metassedimentar Quatro Cachoeiras (1,67 a 1,57 Ga) e granitos rapakivi, charnoquitos, gabros e respectivos gnaisses da suíte intrusiva Serra da Providência (1,57 a 1,53 Ga). (TASSINARI *et al.*, 1996; SCANDOLARA, 2006; QUADROS e RIZZOTTO, 2007).

As unidades litoestratigráficas relacionadas com a província Rondônia San Ignácio são gnaisses graníticos e granulitos charnoquíticos da suíte intrusiva Rio Crespo (1,5 Ga) (Bettencourt, *et al.*, 2006), granitos do tipo-A não deformados e rochas associadas das suítes intrusivas Teotônio (1,38 – 1,37 Ga), Santo Antônio (1,37 Ga), Alto Candeias (1,34 – 1,33 Ga) e São Lourenço – Caripunas (1,31 – 1,30 Ga) (BETTENCOURT *et al.* 1999, 2010 b).

Bettencourt *et al.* (2010 b) interpreta as três primeiras suítes como sendo formadas em ambientes intraplaca no início do desenvolvimento da província, enquanto as duas últimas em ambiente pós colisional.

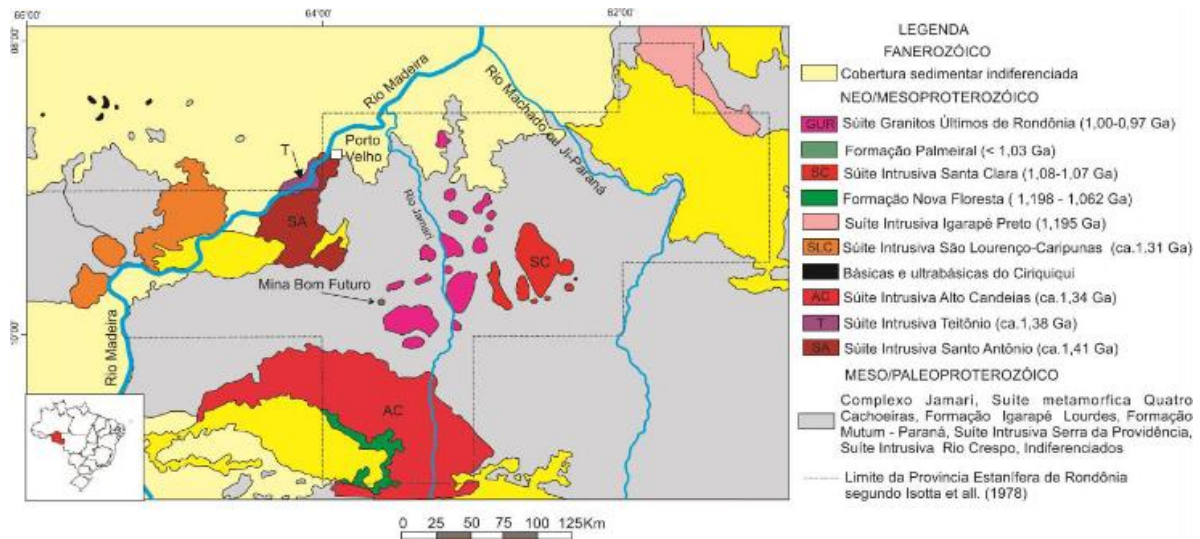
As unidades litoestratigráficas relacionadas com o desenvolvimento da província Sunsás-Aguapeí são: Formação Nova Floresta (1,19 a 1,06 Ga), suíte intrusiva Santa Clara (1,08 a 1,07 Ga), Formação Palmeiral (< 1,03 Ga) e suíte intrusiva Granitos Últimos de Rondônia (0,99 a 0,97 Ga) (BETTEM COURT *et al*, 1999; QUADROS e RIZZOTTO, 2007; TEIXEIRA *et al*, 2010). São interpretadas como formadas em domínio cratônico, em regime de extensão continental, durante as fases de construção de margem continental passiva (formações Nova Floresta e Palmeiral), orogenética - orogênese colisinoal Sunsás (suíte intrusiva Santa Clara) e pós colisional (suíte Granitos Últimos de Rondônia) (TEIXEIRA *et al*, 2010).

Os depósitos de Sn e metais associados (W, Sn, Ta, Cu, Zn, Nb) estão especialmente ligados às últimas fases graníticas das suítes intrusivas São Lourenço – Caripunas (SILC) e Younger Granites of Rondônia (YGR) (DARDENNI & SCHOBBEHAUS, 2001). As rochas graníticas estaníferas da PER foram submetidas a processos magmáticos e pós magmáticos de alteração hidrotermal em resposta ao alto fluxo termal que acompanhou as intrusões graníticas e culminou nas mineralizações de Sn, W, Nb e Ta (BETTENCOURT, 1992).

As suítes intrusivas Santa Clara e Granitos Últimos de Rondônia detêm os principais depósitos primários e secundários da Província Estanífera de Rondônia. Apresentam características litológicas semelhantes, com as presenças de subsuítes precoces e dominantes em área, constituídas por biotita e/ou hornblenda granitos porfiríticos e equigranulares metaluminosos, seguidos por subsuítes tardias e pouco expressivas em área, uma de natureza alcalina e outra peraluminosa (BETTENCOURT *et al*. 1999; LEITE JUNIOR *et al*. 2000).

Segundo Leite Jr *et al*. (2000) os depósitos primários de estanho do tipo *greisen* e veios de quartzo ocorrem espacial e temporalmente associados com a subsuíte peraluminosa em ambas as suítes. A mina Bom Futuro ocorre no domínio da Suíte Intrusiva Granitos Últimos de Rondônia e contém representantes litológicos das subsuítes peralcalina e peraluminosa no atual nível de erosão. Os tipos litológicos reconhecidos da subsuíte peralcalina são biotita – hornblenda microssienito, sienito pórfiro, e traquito, enquanto da suíte peraluminosa são biotita granitos equigranulares, li-mica, topázio granitos e riólitos, cujos depósitos primários de estanho associados são *greisens*, pegmatitos e veios de quartzo (LEITE JUNIOR *et al*. 2003, 2005, 2008 SOUZA, 2003; SOUZA E BOTELHO 2002).

Figura 12: Mapa geológico simplificado da Província Estanífera de Rondônia e áreas adjacentes.



Fonte: Extraído de Bettencourt (1999).

3.2 Geologia Local

3.2.1 Complexo Jamari

Definido por Isotta *et al.* (1978), na região central de Rondônia, como embasamento polimetamórfico paleoproterozóico, formado principalmente por rochas ortoderivadas, tais como gnaisses, migmatitos, granulitos e anfibolitos. Entretanto, reconhecimentos geológicos posteriores, demonstraram que, nessa região, o Complexo Jamari é formado por uma associação de rochas orto e paraderivadas, tais como gnaisses graníticos a granodioríticos, biotita-granada gnaiss, silimanita-granada gnaiss, granada-cordierita gnaiss, biotititos, kinzigitos, rochas calcissilicáticas, orto-anfibolitos, para-anfibolitos, granada-biotita xistos e granulitos. (SCANDOLARA *et al.* 1996 e 2001; AMORIM *et al.* 1999a e 1999b; SILVA *et al.* 2002; SOUZA *et al.* 2005). Estas rochas seriam produtos dos sucessivos episódios de magmatismo, metamorfismo e deformação que ocorreram entre 1,75 e 0,97 Ga, com sedimentação entre 1,67 e 1,57 Ga. PAYOLLA *et al.* 2002).

No âmbito do depósito Bom Futuro, o Complexo Jamari é constituído por gnaisses, anfibolitos e xistos, dispostos na forma de corpos lenticulares de dimensões métricas a decamétricas, com orientação paralela a subparalela à direção NNW-SSE e mergulho de 50° para NEE. Apresentam diferentes estágios deformacionais que variam de milonitos até ultramilonitos, reflexo da heterogeneidade deformacional à qual foram submetidas. Essas rochas são cortadas por diques de albita granito, corpos pegmatíticos e veios de quartzo-topázio, gerando ao longo das áreas de contatos, principalmente com os diques de albita granito e corpos

pegmatitos, discretas e descontínuas zonas de alteração metassomática dos tipos greizenização, silicificação e potassificação. (SOUZA e BOTELHO, 2002).

Os gnaisses são os litotipos predominantes e são formados pela intercalação de rochas orto e paraderivadas. Os ortognaisses afloram na área oriental do depósito de estanho de Bom Futuro. No geral, essas rochas apresentam bandamento composicional irregular e descontínuo, definido pela alternância de lentes quartzo-feldspáticas contornadas por níveis micáceos, apresentando espessura milimétrica a centimétrica e orientação que oscilam de N15°W/70°SW e N20°E/50°SE. (SOUZA e BOTELHO, 2002).

3.2.2 Sistema Vulcânico Bom Futuro

A mina Bom Futuro compreende os morros Bom Futuro e Palanqueta, sendo a primeira formado por topázio granito porfiríticos anorogênicos *greenvilianos* e diques porfiríticos de topázio – riolito associado a dois *pipes* de brechas, além de diques de traquitos porfiríticos e sinenitos (BETTENCOURT *et al.* 2016).

Os litotipos predominantes são as brechas polimíticas, representadas por dois corpos mais ou menos cilíndricos que recobrem grande parte da área e podem ser divididos em três tipos distintos: brecha vulcânica, brecha plutônica e brecha hidrotermal. São compostos majoritariamente por fragmentos de diques de albita granito, riolito e traquito. (BETTENCOURT *et al.* 1995).

Para Leite Júnior *et al.* (2001) o evento hidrotermal responsável pela concentração de estanho nos sistemas de veios e *greisens* deste depósito apresenta idade de 965 +/- 20 Ma, datado pelo método geocronológico de K – Ar em micas, sugerindo que o hidrotermalismo ocorreu logo após a cristalização dos granitos.

No morro Bom Futuro há duas fases de mineralização estanífera que originaram os diques, lentes, veios e vênulas de pegmatito e de quartzo aos quais a cassiterita ocorre associada. As fases de mineralização apresentam idades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ em zinnwaldita de 994 +/- 3 Ma e 993 +/- 3 Ma (LEITE JUNIOR *et al.* 2003, BETTENCOURT *et al.* 2005).

A primeira fase é a mais antiga e de maior importância econômica e envolve os corpos pegmatíticos de maior dimensão, entre eles o pegmatito Cascavel que ocorre encaixado em brechas e topázio-riolito. Foi descrito por Dias *et al.* (2013) como um corpo lenticular principal e enxame de diques, veios e vênulas subordinado. A segunda fase consiste em diques, veios e vênulas de pegmatito que recortam o pegmatito Cascavel.

As lentes, diques, veios e vênulas de pegmatitos apresentam um zoneamento bem distinto (LEITE JÚNIOR *et al.* 2008, DIAS, 2012) e aparentemente bem mais variado nos corpos menores. Uma zona externa de alteração hidrotermal de coloração cinza escura e de espessura de até 20 cm é notada na maioria dos corpos de pegmatito (DIAS 2012; FOSTER, 2012).

A cassiterita ocorre frequentemente associada à zona do quartzo e topázio ou ainda em lentes maciças (<10,0 cm) nas paredes dos corpos maiores (BARRETO, 2010; DIAS 2012).

Para Souza *et al.* (2003), a temperatura mínima de cristalização da cassiterita nos veios do morro Bom Futuro é, com base em estudos de inclusões fluidas e de isótopos estáveis de aproximadamente 400°C.

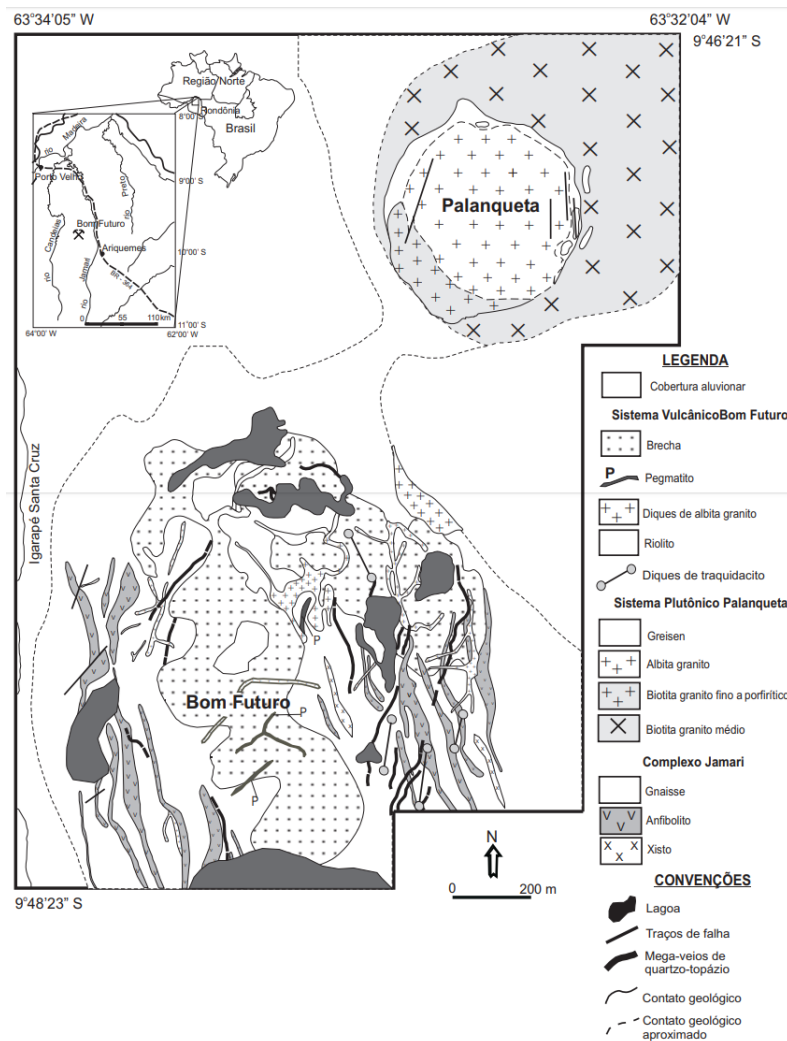
Diques, veios e vênulas de pegmatito e de quartzo da fase mais jovem de mineralização estanífera (fase II) formam também sistema de veios anelares e subparalelos com atitude aparentemente semelhante ao sistema anterior, assim como estruturas do tipo *stockwork* e corpos quartzosos maciços, que são bem mais evidentes nas partes norte e central do morro Bom Futuro (LEITE JÚNIOR *et al.* 2008; DIAS 2012). Esse último autor considera que os pegmatitos representam a última fase magmática reconhecida do morro Bom Futuro.

3.2.3 Sistema Plutônico Palanqueta

O morro Palanqueta se encontra há 500 m a nordeste do morro Bom Futuro (**Figura 13**) Está exposto de forma restrita devido a presença de coberturas elúvio – colúvionares, portanto seus limites ainda são desconhecidos. Possui formato ovalado e é constituído por biotita granito de granulação média ao qual varia localmente para um biotita granito de granulação fina a porfirítica. O outro tipo petrográfico é o albita granito, o qual apresenta formato aproximadamente circular e seus contatos são, em geral, ocultados em uma faixa de *greisen* e por planos de falhas normais (SOUZA, 2003).

A mineralização do morro Palanqueta é do tipo disseminado nos *greisens*, que se formaram a partir de processos metassomáticos associados ao alojamento de albita granito e biotita granito. Consequentemente houve *greisenização* ao longo de falhas e fraturas que se formaram na zona de contato litológico (SOUZA, 2003).

Figura 13: Mapa geológico da mina Bom Futuro, com destaque para o Morro Bom Futuro ao Sul e Palanqueta, ao norte



Fonte: Extraído de Souza (2003).

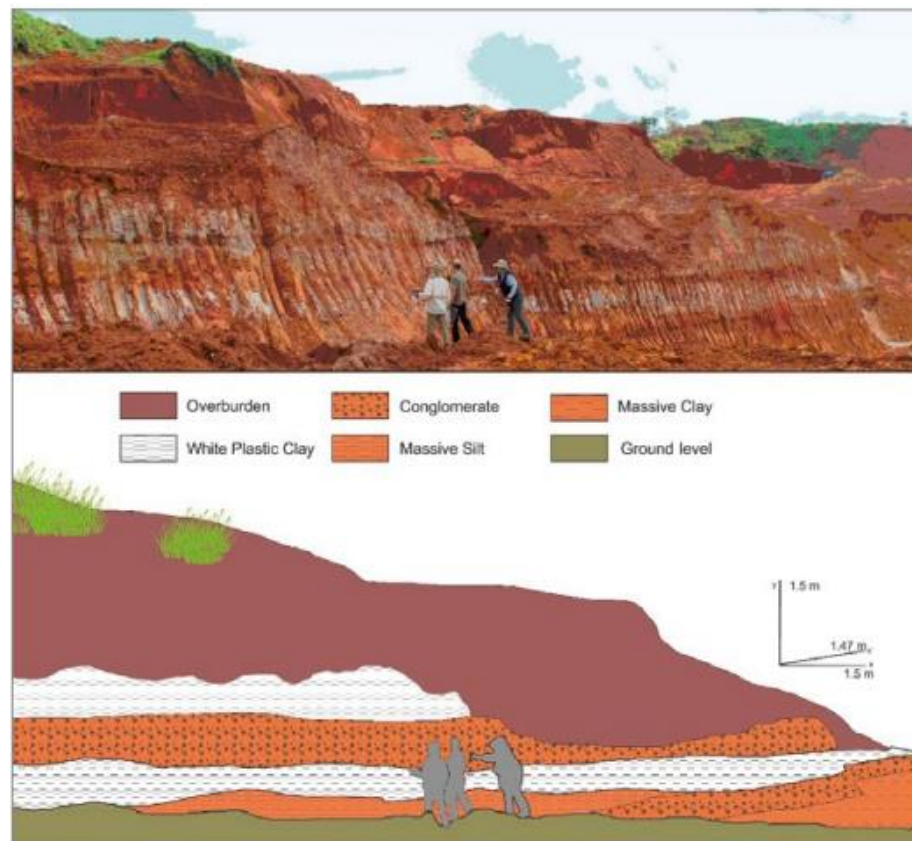
3.2.4 Coberturas Sedimentares

As áreas noroeste e sudeste do depósito de estanho Bom Futuro são recobertas por sedimentos aluviais e coluviais, estão depositados sobre o Complexo Jamari e em parte do sistema plutônico Palanqueta.

No depósito do tipo coluvionar, as rochas depositam-se nas encostas e planícies próximas ao afloramento do depósito primário, enquanto nos depósitos do tipo aluvionar, as rochas depositam-se nas planícies e vales de inundação rasos ou profundos, também denominados de paleovale. A cassiterita, proveniente das áreas fonte primárias, acumula-se devido as suas propriedades mineralógicas e aos processos de intemperismo, erosão e sedimentação, esses depósitos também são conhecidos como depósitos de *placers*. (PORSANI *et al.* 2004).

Segundo Souza e Botelho (2002), na área noroeste da mina Bom Futuro predomina os sedimentos aluviais, com espessura de 5 a 10 m, formados por um complexo sistema entrelaçado de pequenos leques caracterizado pela intercalação de níveis arenosos, argilosos e conglomeráticos (**Figura 14**). Nesta área a cassiterita é concentrada e ocorre associada aos níveis conglomeráticos de base dos canais.

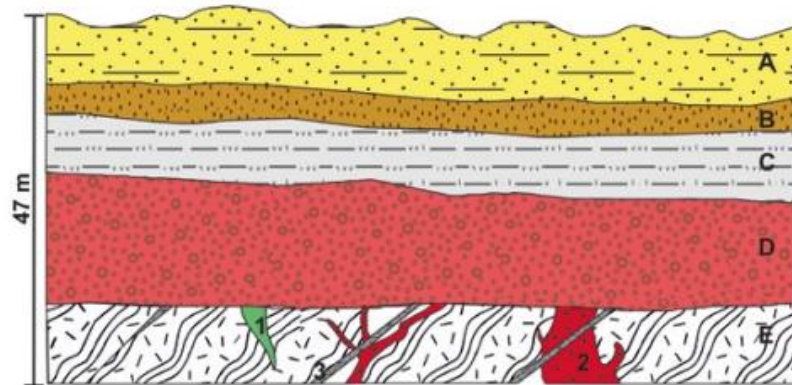
Figura 14: Afloramento de camadas sedimentares da sequência deposicional nordeste no depósito de Bom Futuro. Observa-se uma repetição regular de camadas intercaladas entre conglomeráticas e silte-argilosas



Fonte: Extraído de Buch, T. *et al.* 2018).

Já na área sudeste, a pilha de sedimento chega a 47 m de espessura de paleovales, onde os sedimentos aluviais e coluviais estão interdigitados entre si, ou com bancos maciços de argila caulínica mosqueada e sedimentos, arenosos e argilo-arenosos (**Figura 15**). A cassiterita também é encontrada associada aos sedimentos aluvionares. (SOUZA E BOTELHO, 2002).

Figura 15: Seção transversal na região sudeste de Bom Futuro. As camadas B são sedimentos coluvionar mineralizados com cassiterita disseminada; C são os sedimentos argilosos mosqueados de coloração avermelhada/amarelada; D são os sedimentos arenosos/conglomeráticos aluvionares, estratificados, de coloração avermelhada/amarelada, contendo mineralizações de cassiterita disseminadas; E formada por paragneisse saprolitizado com lentes de anfibolito (1) seccionado por albíta-granito, (2) veios de quartzo, (3) com mineralização primária de cassiterita.



Legenda / Legend

A - Sedimento areno-argilosos de coloração amarelada / *Yellow sand-argillaceous sediments*

B - Material coluvionar mineralizada com cassiterita disseminada / *Colluvionar material with disseminated cassiterite*

C - Sedimentos argilosos mosqueados e de coloração avermelhada a amarelada / *Argillaceous mottled sediments with color ranging from reddish to yellow.*

D - Sedimentos arenosos/conglomeráticos aluvionares, estratificados, de coloração avermelhada/amarelada, contendo mineralizações disseminadas de cassiterita / *Sand/pebblish alluvionar stratified sediments, reddish to yellow, containing disseminated cassiterite*

E - Paragneisse saprolitizado com lentes de anfibolito (1), seccionado por albíta-granito (2) e veios de quartzo (3) com mineralização primária de cassiterita / *Paragneiss saprolized, with amphibolite lenses (1), seccionated by albite-granite (2) and quartz veins (3) with primary cassiterite mineralization*

Fonte: Adaptado de Quadros *et al.* 2003.

4 MÉTODO DE TRABALHO

Este trabalho foi desenvolvido a partir dos seguintes métodos: 1) pesquisa bibliográfica; 2) coleta de amostra e preparação do material de estudo; 3) estudo petrográfico com microscópio ótico sob luz refletida e com microscópio eletrônico de varredura com energia dispersiva (MEV – EDS); 4) redação e arte final da monografia.

4.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica vem sendo feita sistematicamente desde setembro de 2020 e tem como base todo o material da Mina Bom Futuro proveniente de estudos das mineralizações primárias e secundárias de cassiterita. Tanto a parte teórica quanto os materiais disponíveis sobre caracterização mineralógica estão disponíveis no Centro de Tecnologia Mineral – CETEM e foram utilizados no presente trabalho.

4.2 Coleta de Amostras e Preparação do Material de Estudo

A amostra de rejeito utilizada nesta pesquisa é produto de trabalhos anteriores realizados por alunos do curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Unesp – campus de Rio Claro (SP). A coleta da amostra foi realizada pelos alunos Matheus Ciotta e Renan Ferraz durante os dias 23 e 24 de julho de 2018 com auxílio de funcionários da COOPERSANTA. Foram coletadas amostras de 19 pilhas de rejeito magnético em áreas de 10 produtores. Dessas pilhas foi selecionado para análise o material proveniente (pilha 2) do produtor Gilberto Kubotani (BF-RG-2: Bom Futuro, Rejeito Gilberto, Pilha 2), que é composto por material derivado de *placers* coluvionares e *paleoplacers* aluvionares.

Tem-se uma amostra composta, constituída por várias amostras coletadas em vários pontos da pilha a fim de obter uma amostra homogênea da pilha. Gerando uma única amostra de aproximadamente 6 kg (**Figura 16**). No laboratório da COOPERSANTA todas as amostras foram quarteadas com o quarteador Jones (**Figura 17**) e reduzidas em 500g. Posteriormente, foram enviadas para a Unesp, campus de Rio Claro (SP) para continuidade dos trabalhos em laboratório.

Figura 16: Amostras retiradas das pilhas de rejeito magnético, com cerca de 6 kg.



Fonte: Fotografado pelo aluno do curso de geologia da UNESP de Rio Claro, Matheus Ciotta.

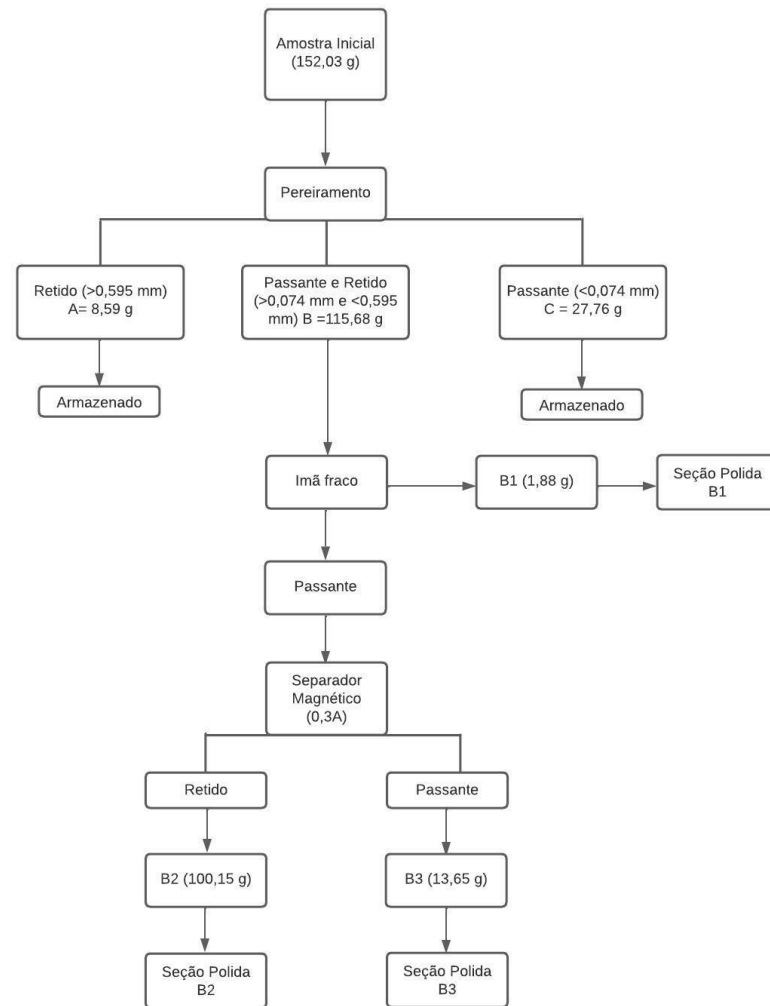
Figura 17: Quarteador Jones, utilizados para redução das amostras na COOPERSANTA.



Fonte: Foto tirada pelo aluno do curso de geologia da UNESP de Rio Claro, Matheus Ciotta.

A **(Figura 18)** ilustra o processo de preparação da amostra ao chegar no Departamento de Geologia da Unesp de Rio Claro.

Figura 18: Fluxograma do processo de preparação das amostras B1, B2 e B3.



Fonte: Elaborada pela autora.

No Departamento de Geologia da Unesp, as amostras foram novamente fracionadas por um quarteador Jones até atingirem o peso de 152,03g. Em seguida, foram peneiradas nas malhas #30 ASTM (0,595 mm) e #200 (0,074 mm) (**Figura 19**). Esse processo gerou três frações granulométricas denominadas de (BF-RG-2-A (>0,595 mm), BF-RG-2-B (0,074 mm < B < 0,595 mm) e BF-RG-2-C (< 0,074 mm), que doravante serão denominados de A. B e C. Posteriormente as frações A (8,59g) e C (27,76g) foram pesadas e armazenadas, enquanto a fração B (115,68 g) foi submetida a separação magnética.

Figura 19: Peneiras nas malhas: 0,595 mm, 0,074 mm



Fonte: Foto tirada pela autora.

O restante da fração B foi pesado e submetido a separação eletromagnética sob corrente elétrica de 0.3 A (ROSENBLUM & BROWNFIELD, 2000), com o uso do separador magnético tipo Frantz da marca Isodynamic, Modelo L (**Figura 20**). Os minerais podem ser separados quando submetidos a campos magnéticos de alta intensidade, por apresentarem uma ampla sucessão de valores para susceptibilidade magnética.

Segundo Moskowitz (1991), a susceptibilidade magnética é a medida do nível de magnetização que uma determinada substância pode apresentar na presença de um campo magnético, e pode ser usada para descrever as várias classes de minerais magnéticos. Dessa forma, os minerais classificados como diamagnéticos apresentam valores negativos para a susceptibilidade magnética, enquanto que os minerais classificados como paramagnéticos apresentam valores positivos para a susceptibilidade magnética.

Figura 20: Separador Magnético tipo Frantz da marca Isodynamic, Modelo L.

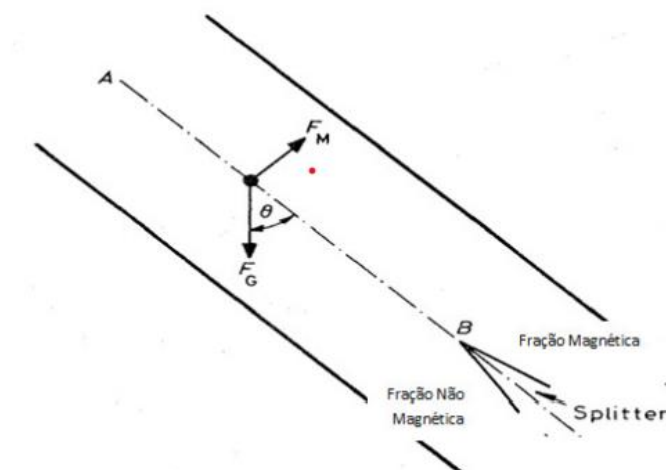


Fonte: Foto tirada pela autora

Segundo Nasset e Finch (1980), a determinação da susceptibilidade magnética dos minerais é essencial para a definição do potencial de aplicação da separação magnética, uma vez que a aplicação desta etapa unitária no processamento de minerais requer uma diferença significativa da susceptibilidade magnética entre os minerais que serão separados.

Ainda segundo Nasset e Finch (1980), no separador isodinâmico Frantz, a separação ocorre em uma bandeja posicionada entre dois polos magnéticos que mantêm a intensidade do campo magnético constante ao longo do seu comprimento. A **figura 21** apresenta as forças atuantes em uma partícula que está na bandeja do separador.

Figura 21: Representação das forças que atuam em uma partícula quando esta está na bandeja do separador isodinâmico Frantz. F_G representa o peso da partícula e F_M representa a força exercida pelo campo magnético



Fonte: Extraído de NESSET e FINCH, (1980)

No estudo a susceptibilidade magnética da ilmenita de 0,3 A foi determinada a partir da tabela de susceptibilidade magnética (**Figura 22**) elaborada por (ROSENBLUM & BROWNFIELD, 2000).

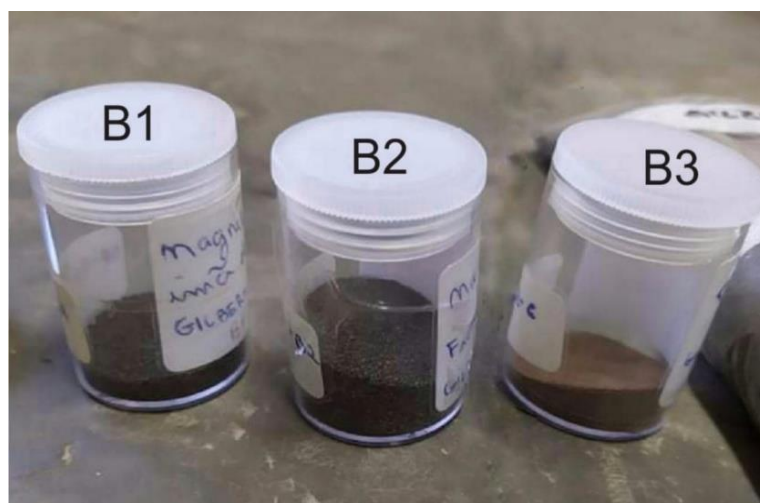
Figura 22: Tabela de susceptibilidade magnética dos minerais elaborada por Rosenblum & Brownfield (2000).

MINERAL	TOTAL RANGE (AMPS)	BEST RANGE (AMPS)	NO.
Greenockite	>1.70	>1.70	1
Grphite	.20-.50	.30	1
Grossularite	.30-1.20	.60-.90	3
Grunerite	.20-.70	.30-.60	2
Gunningite	.90->1.70	1.10-1.20	1
Gypsum	>1.70	>1.70	4
Halite	>1.70	>1.70	2
Halloysite	>1.70	>1.70	2
Halotrichite	>1.70	>1.70	1
Hanksite	>1.70	>1.70	1
Hardystonite	.20-.50	.30	2
Harmotome	>1.70	>1.70	1
Hausmannite	.10-.60	.30-.40	2
Hauyne	1.00->1.70	>1.70	1
Hectorite	>1.70	>1.70	1
Hedenbergite	.10-.50	.20-.40	6
Helvite	.10-.50	.30-.40	3
Hematite *	.025-.50	.10-.30	11
Hemimorphite	>1.70	>1.70	4
Hercynite	.10-.50	.30-.40	2
Heterosite	.20-.80	.30-.40	3
Heulandite	>1.70	>1.70	2
Hewittite	.40->1.70	>1.70	1
Hexagonite	1.20->1.70	>1.70	1
Hexahydrite	.50->1.70	1.20	1
Hornblende	.10-.90	.30-.60	12
Howlite	>1.70	>1.70	1
Huanghoite	.50-1.00	.70-.80	1
Huebnerite	.20-.60	.30-.40	5
Humite	.50-.90	.60-.70	1
Hydrohetaerolite	.20-.60	.40	1
Hydrozincite	>1.70	>1.70	1
Hypersthene	.20-.60	.40	3
Illite	.60-1.10	.80-.90	1
Ilmenite	.025-.40	.20-.30	8
Ilmenorutile	.30-.80	.50-.60	1
Ilsemanite	.40-.90	.50-.70	1
Ilvaite	.10-.50	.30	5
Inesite	.10-.60	.30	1
Jamesonite	.60-1.30	.90-1.00	1
Jarosite	.20-.60	.40-.50	3
Jeffersonite	.10-.50	.30-.40	3
Jenkinsite	.20-.70	.50	1
Johannite	.50->1.70	1.10-1.40	2
Johannsenite	.20-.50	.30-.40	7
Jordisite	.30->1.70	.50-1.00 dc	2
Kaolinite	>1.70	>1.70	1
Kentrolite	.30-.70	.50	1
Kimzeyite	.10-.90	.40-.50	1
Kleinite	>1.70	>1.70	1

Fonte: Extraído de Rosenblum & Brownfield (2000)

Por fim, os subprodutos, foram pesados nas frações B1 sendo o material separado por imã fraco de mão pesando 1,88g; B2 – material retido (paramagnético) no separador eletromagnético a 0.3 A pesando 100,15 g e B3 – material passante (diamagnético) em separador eletromagnético a 0,3 A pesando 13,65 g (**figura 23**), a amostra inicial B possui um peso total de 115,68 g (**Figura 18**).

Figura 23: Frações magnéticas geradas por imã de mão (B1) e separador magnético Frantz, retido (B2) e passante (B3).



Fonte: Foto tirada pela autora.

Essa separação permite uma análise mais detalhada das amostras, além de uma noção prévia de quais minerais podem ser encontrados em cada amperagem num possível beneficiamento. Foram confeccionadas seções polidas com subprodutos B1, B2 e B3 (**Figura 24**).

Figura 24: Seções Polidas relativas as frações B1, B2 e B3.



Fonte: Foto tirada pela autora.

4.3 Descrição das seções polidas e cálculo das porcentagens de volume e peso.

Iniciou-se as descrições das seções polidas com o auxílio de um microscópio óptico de luz refletida Carl Zeiss Axiokop 40, no Laboratório de Microscopia do Departamento de Geologia da UNESP. Após a análise, as seções foram novamente polidas a fim de remover a película de oxidação, para então ser aplicado uma fina camada de carbono, preparando-as para análise no microscópio eletrônico de varredura com energia dispersiva (MEV – EDS), que também foi realizado no Departamento de Geologia da UNESP, no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura.

O método utilizado para contagem dos grãos e cálculo do percentual de volume de cada mineral é baseado no modelo apresentando em CETEM (2010). Os principais métodos de semiquantificação dos minerais são: contagem de pontos no grão mineral, contagem dos grãos individualizados e contagem no campo visual do microscópio dos diferentes aglomerados de grãos de minerais de minério, sendo o último método o escolhido para o desenvolvimento desse trabalho.

A partir dessa contagem é possível fazer o cálculo de porcentagem de volume de cada mineral nas diferentes seções polidas B1, B2 e B3. O resultado final corresponde à porcentagem em massa e o peso de cada mineral e com a densidade média de cada mineral calculou-se a porcentagem em peso em cada uma das amostras.

5 RESULTADOS

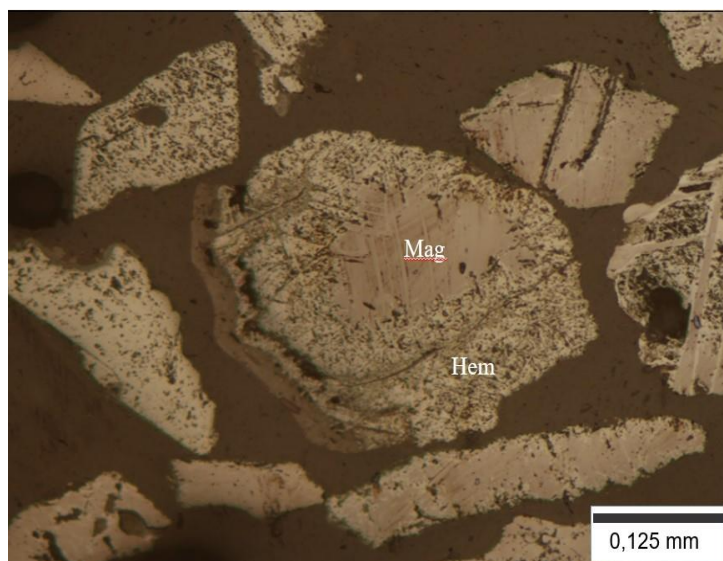
Com o auxílio do microscópio óptico sob luz refletida foi feita a descrição e caracterização dos minerais nas seções BF-RG-2-B1, BF-RG-2-B2 e BF-RG-2-B3, esses minerais foram analisados sob o microscópio de luz refletida e MEV – EDS. Como resultado obteve-se os seguintes minerais: magnetita, ilmenita, topázio, quartzo, rutilo, cassiterita, zircão, titanita, monazita e wolframita.

5.1 Descrição dos Minerais

Magnetita ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2\text{O}_4$)

Ao microscópio, a magnetita ocorre como cristais subédricos e eugédricos com cores variando de cinza rosado a cinza amarronzado. Tem baixa reflectância, é isotrópica e aparece quase sempre substituída parcial ou totalmente por hematita (**Figura 25**).

Figura 25: Cristal de magnetita euhédrico parcialmente substituído por hematita (fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B1).

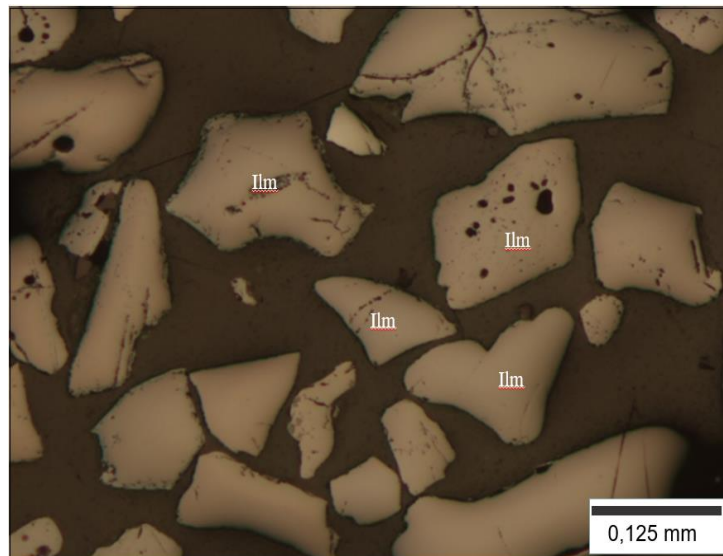


Fonte: Foto tirada pela autora.

Ilmenita ($\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$).

Ao microscópio, a ilmenita se apresenta como cristais subédricos e anédricos de cor cinza acastanhado e baixa reflectância. É anisotrópica, com cores variando de cinza acastanhado a cinza amarronzado. (Figura 26).

Figura 26: Cristais de ilmenita subédricos e anédricos (fotomicrografia a nicóis descruzados na seção polida B2).

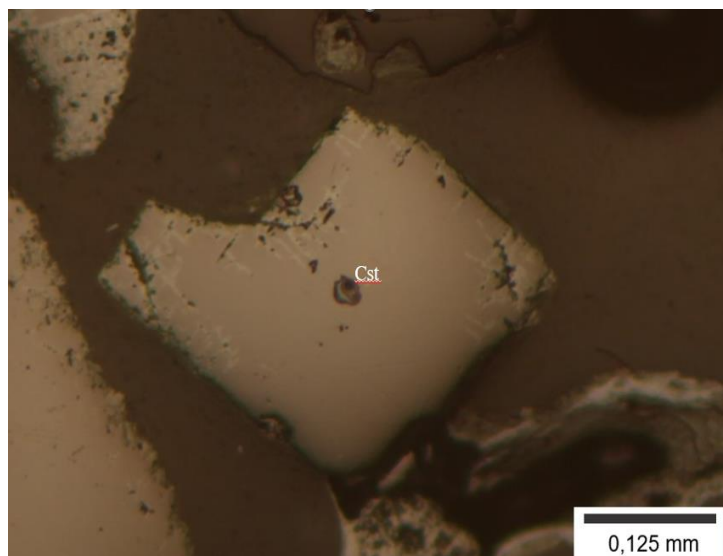


Fonte: Foto tirada pela autora.

Cassiterita (SnO_2)

Ao microscópio, a cassiterita ocorre como cristais subédricos e anédricos com cores variando de cinza claro a cinza médio. A reflectância é baixa, o pleocroísmo é distinto e cristais geminados são frequentes. É mais comum na seção B3 (**Figura 27**).

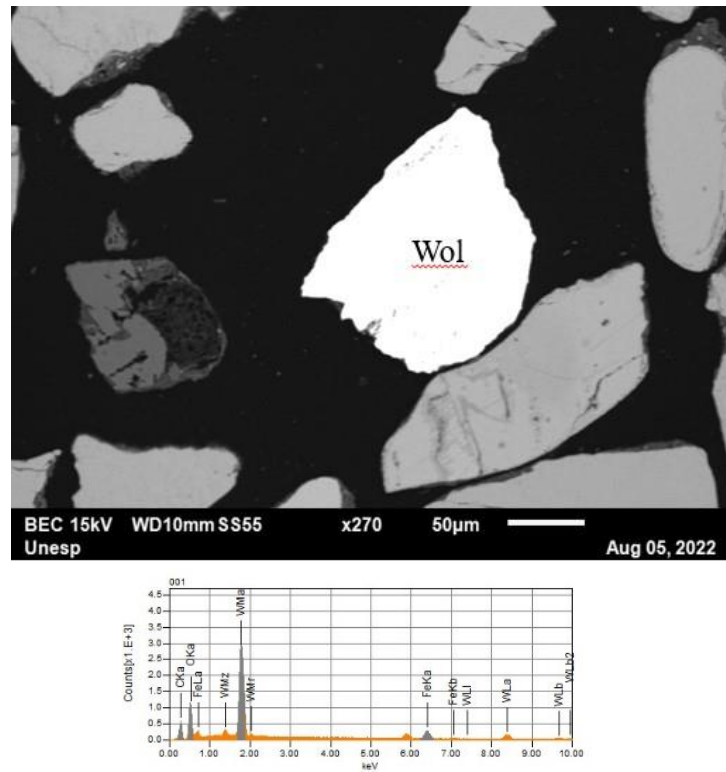
Figura 27: Cristal *de* cassiterita subédrico (fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B3).



Fonte: Foto tirada pela autora.

Wolframita (Fe, Mn)WO₄

Figura 28: Wolframita se destacando por seu brilho ao ser comparada com os grãos de quartzo ao redor.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Rutilo (TiO₂)

Figura 29: Cristal anédrico de rutilo. (Fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B3).

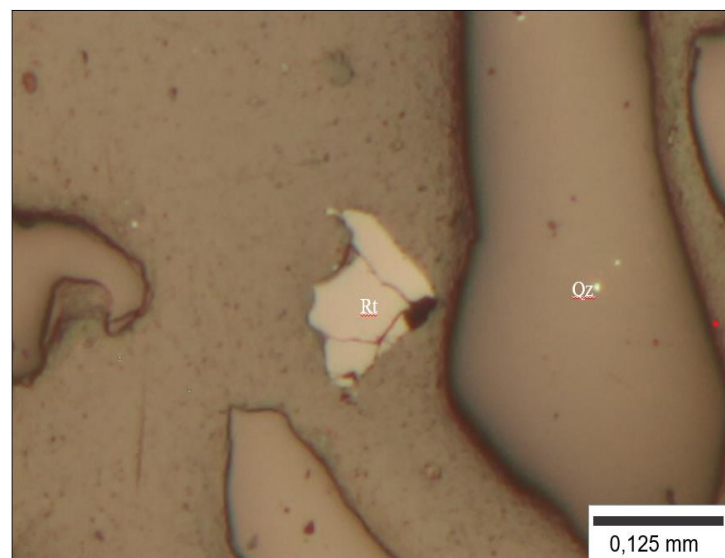
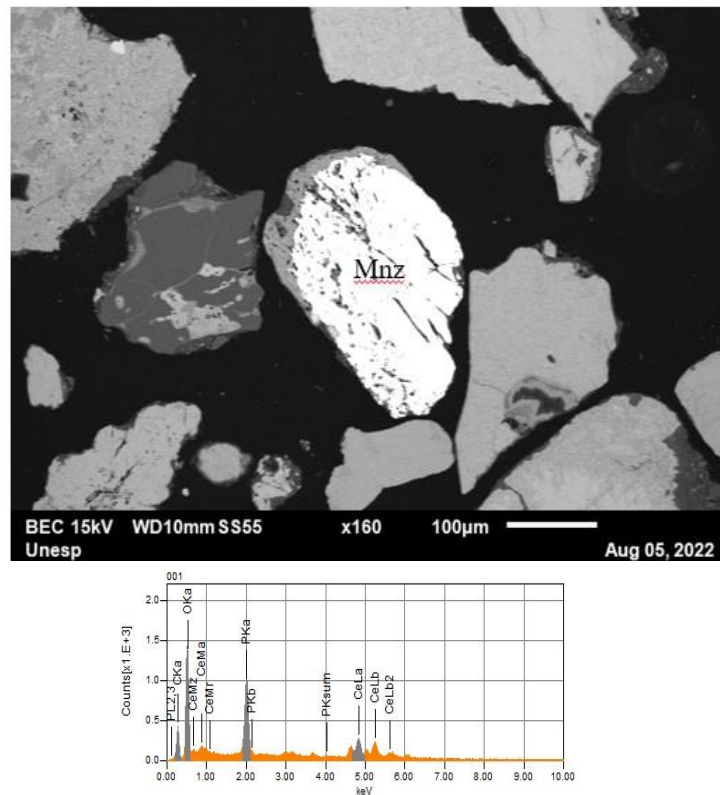


Foto tirada pela autora.

Monazita (Ce, La, Nd, Th)PO₄

Figura 30: Monazita com o brilho bem mais intenso comparado com os grãos de topázio e quartzo ao redor, que por sua vez é o que predomina na seção polida B3.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Zircão (ZrSiO₄)

Figura 31: Zircão com seu hábito prismático característico, encontrado na seção polida B3 (fotomicrografia com nicóis descruzados).

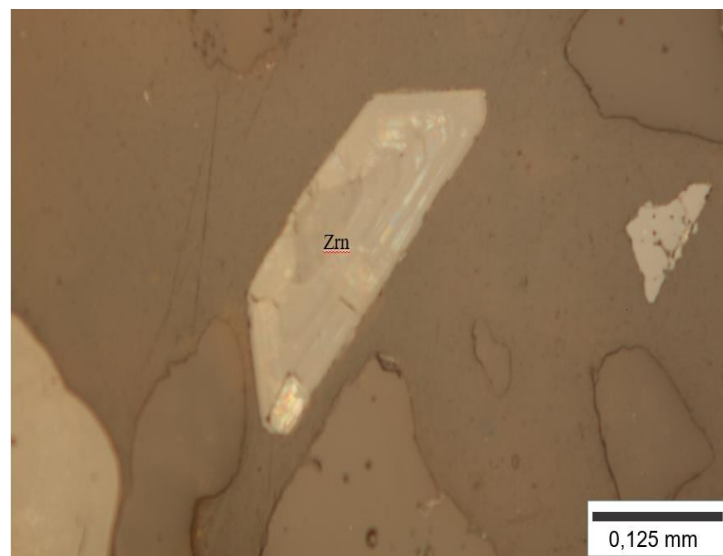
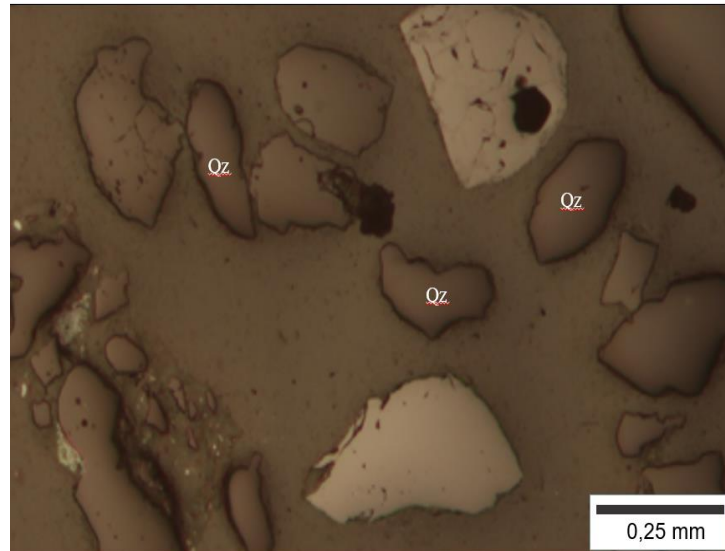


Foto: Tirada pela autora.

Quartzo SiO_2

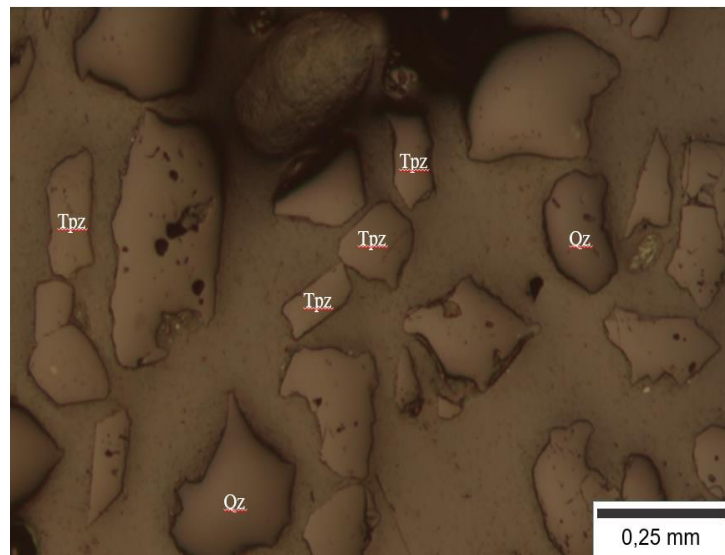
Figura 32: Grãos de quartzo anédricos, com relevo alto (fotomicrografia com nicóis descruzados na seção polida B3).



Fonte: Foto tirada pela autora.

Topázio $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F,OH})_2$

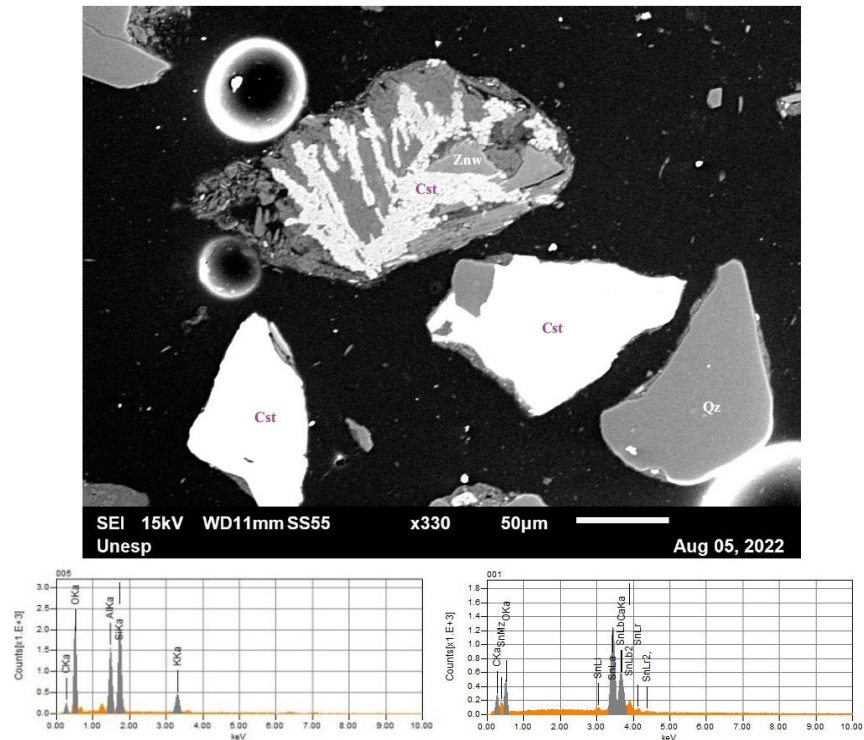
Figura 33: Cristais subédricos de topázio na seção polida B3, grãos com hábito prismático curtos ou longos (fotomicrografia com nicóis descruzados).



Fonte: Foto tirada pela autora.

Zinnwaldita $\text{KLiFe}_2 + \text{Al}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})$

Figura 34: Agregado de cristais de cassiterita e zinnwaldita (?) presente na seção polida B3.



Fonte: Foto tirada pela autora.

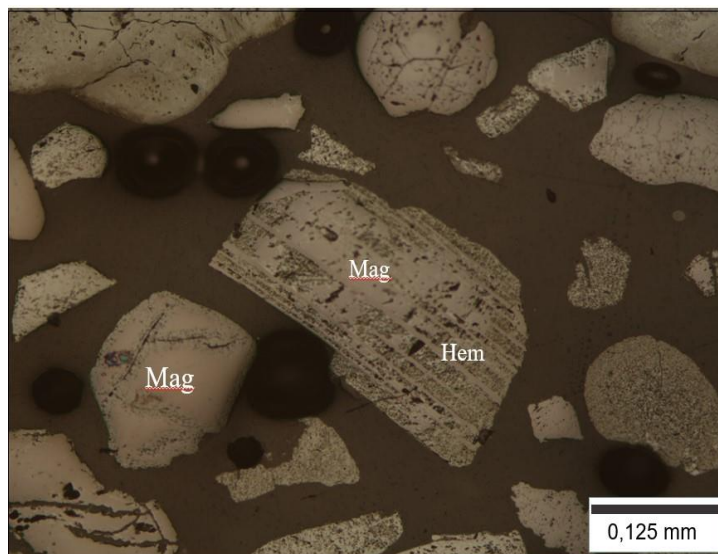
5.2 Cálculo dos volumes e dos pesos

O cálculo dos volumes foi feito por meio da contagem dos grãos em cada uma das seções polidas (B1, B2 e B3). Assim, foi possível também calcular a porcentagem em massa e o peso de cada mineral, contido em cada uma das frações.

5.2.1 BF-RG-2-B1

A seção polida BF-RG-2-B1 é composta pelos minerais, que foram separados por um imã de mão. Como já se esperava, a grande maioria dos grãos encontrados são de magnetita, principal mineral magnético (**Tabela 1**), em pequena quantidade, tem-se agregados de quartzo e rutilo com a magnetita (**Figura 35**).

Figura 35: Cristais de magnetita parcialmente substituídos por hematita. (Fotomicrografia da seção polida B1 composta predominantemente por grãos de magnetita).



Fonte: Foto tirada pela autora.

Tabela 1: Porcentagem de minerais presente na seção polida B1.

Minerais	Contagem	%
Magnetita	2740	99,70
Quartzo	5	0,18
Rutilo	3	0,12
Total	2748	100

Fonte: Elaborada pela autora.

Para obter uma porcentagem de massa na amostra e a massa de cada mineral, a **Tabela 2** a seguir, mostra a normalização dos resultados, calculado conforme CETEM (2010). Esse cálculo se baseia em assumir o volume total como sendo 100% dos grãos identificados, e então multiplicar a porcentagem de cada mineral pela sua densidade média, e depois de cada mineral em relação ao peso da fração B1.

Tabela 2: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral na seção polida B1.

Minerais	Volume (%)	Densidade (g/cm)	Peso (g)	% Peso na fração	Peso em B1 (g)
Magnetita	99,70	5,17	515,45	99,81	1,876
Quartzo	0,18	2,65	0,47	0,09	0,002
Rutilo	0,12	4,2	0,50	0,10	0,002
Total	100		516,42	100	1,88

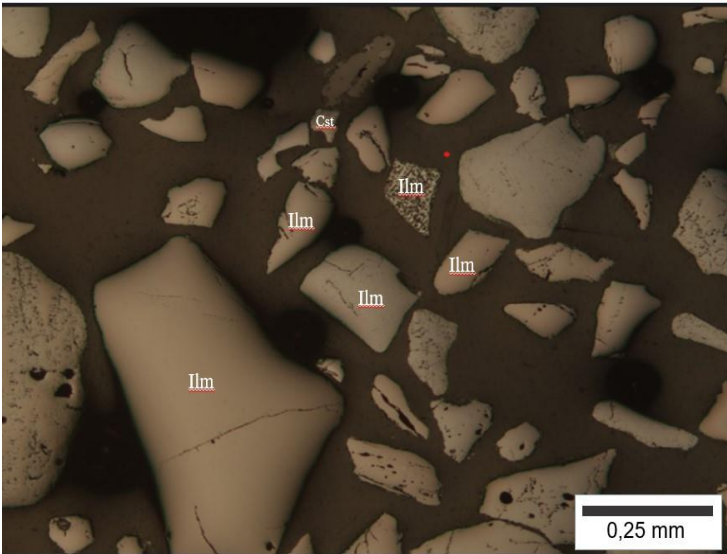
Fonte: Elaborada pela autora.

5.2.2 BFRG-2-B2

A seção polida B2 é constituída pelos minerais separados através do separador magnético Frantz e que ficaram retidos, com isso temos um material magnético suscetível a 0,3 A.

Tem a predominância da ilmenita, como pode ser visto na **Tabela 3**, também foi identificado poucos grãos de cassiterita (**Figura 34**) e agregados de rutilo e ilmenita.

Figura 36: Grão de ilmenita subédricos e anédricos predominante na seção polida B2. (Fotomicrografia com nicóis descruzados).



Fonte: Foto tirada pela autora

Tabela 3: Porcentagem de minerais presente na seção polida B2.

Minerais	Contagem	%
Ilmenita	2.548	99,57
Rutilo	8	0,31
Cassiterita	3	0,12
Total	2.559	100

Fonte: Elaborada pela autora.

A **Tabela 5** a seguir mostra a normalização dos resultados, calculado.

Tabela 4: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral na fração B2.

Minerais	Volume (%)	Densidade (g/cm)	Peso (g)	% Peso na fração	Peso em B2 (g)
Ilmenita	99,57	4,7	467,98	99,55	99,69
Rutilo	0,31	4,2	1,30	0,27	0,27
Cassiterita	0,12	6,98	0,84	0,18	0,19
Total	100		470,12	100	100,15

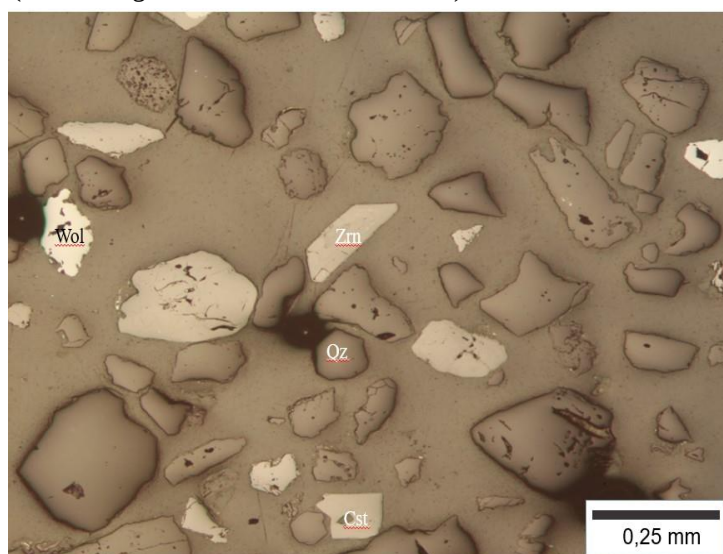
Fonte: Elaborada pela autora.

5.2.3 BF-RG-2-B3

A seção polida B3 é composta pelos minerais diamagnéticos revelados pelo separador magnético do tipo Frantz em 0,3 A.

Observa-se uma maior variação mineralógica (**Figura 37**), formada por grãos de quartzo, rutilo, zircão, topázio, monazita, wolframita e cassiterita (**Tabela 5**). Ocorrem predominantemente como grãos livres, mas raros agregados são também observados (**Figura 33**).

Figura 37: Seção polida B3 composta predominantemente por: topázio, quartzo, zircão, cassiterita, rutilo, wolframita e monazita (Fotomicrografia com nicóis descruzados).



Fonte: Foto tirada pela autora.

Tabela 5: Porcentagem de minerais presente na seção polida B3.

Minerais	Contagem	%
Topázio	1168	39,12
Quartzo	880	29,47
Rutilo	457	15,31
Cassiterita	270	9,04
Zircão	202	6,76
Monazita	5	0,17
Wolframita	4	0,13
Total	2.986	100

Fonte: Elaborada pela autora.

A **Tabela 6** a seguir mostra a normalização dos resultados, calculado.

Tabela 6: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral na seção polida B3.

Minerais	Volume (%)	Densidade (g/cm)	Peso (g)	% Peso na fração	Peso em B3 (g)
Topázio	39,12	3,55	138,87	36,81	5,03
Quartzo	29,47	2,65	78,09	20,70	2,83
Rutilo	15,31	4,2	64,30	17,04	2,32

Minerais	Volume (%)	Densidade (g/cm)	Peso (g)	% Peso na fração	Peso em B3 (g)
Cassiterita	9,04	6,98	63,09	16,72	2,29
Zircão	6,76	4,6	31,09	8,24	1,12
Monazita	0,17	5,2	0,88	0,23	0,03
Wolframita	0,13	7,25	0,94	0,25	0,03
Total	100		377,26	100	13,65

Fonte: Elaborada pela autora.

6 DISCUSSÃO

Com o intuito de obter uma porcentagem de massa de cada mineral na amostra B total foi criada uma tabela que quantifica todos os minerais encontrados nas seções polidas B1, B2, B3 (**Tabela 7**), assim como para a amostra inicial (A+B+C), foi criada a (**Tabela 8**) que mostra a normalização dos resultados.

Tabela 7: Porcentagem de minerais presentes na fração B.

Minerais	Contagem	Volume (%)
Magnetita	2740	33,04
Ilmenita	2548	30,72
Topázio	1168	14,08
Quartzo	885	10,67
Rutilo	468	5,64
Cassiterita	273	3,29
Zircão	202	2,44
Monazita	5	0,06
Wolframita	4	0,05
Total	8293	100

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 8: Tabela com a normalização dos resultados, afim de se obter a porcentagem em massa de cada mineral na amostra total B e na pilha (A+B+C).

Minerais	Volume (%)	Densidade (g/cm)	Peso (g)	% Peso na fração	Peso em B (g)	Peso inicial (A+B+C) (%)
Magnetita	33,04	5,17	170,81	38,06	44,03	28,96
Ilmenita	30,72	4,7	144,38	32,17	37,21	24,48
Topázio	14,08	3,55	49,98	11,14	12,89	8,48
Quartzo	10,67	2,35	25,07	5,59	6,47	4,25
Rutilo	5,64	4,2	23,68	5,28	6,11	4,02
Cassiterita	3,29	6,98	22,96	5,12	5,92	3,90
Zircão	2,44	4,6	11,22	2,50	2,89	1,90
Monazita	0,06	5,2	0,31	0,07	0,08	0,05
Wolframita	0,05	7,25	0,36	0,08	0,08	0,05
Total	100		448,77	100	115,68	76,09

Fonte: Elaborada pela autora.

Todos os minerais encontrados nesse trabalho (**Tabela 7**) estão de acordo com a bibliografia descrito por Bettencourt *et al.* (1987) em que a assembleia de minerais aluvionares depende da natureza das rochas fontes, graníticas ou metamórficas, mineralizadas ou não, e sobretudo, dos tipos de depósitos minerais denudados.

Segundo Bettencourt *et al.* (2010) os principais minerais observados são quartzo, topázio, cassiterita, zircão, monazita, ilmenita e ilmeno – magnetita. Pequenas quantidades de rutilo, tantalita-columbita, berilo, feldspatos, limonita, turmalina, anatásio, amazonita, xenotima,

granada, leucoxênio, por vezes silimanita estão também presentes, além de wolframita de ocorrência restrita em alguns distritos.

Ao analisar o rejeito (pilha 2) da frente de lavra Gilberto Kubotani, foram encontrados apenas minerais resistatos (monazita, wolframita, zircão, rutilo, ilmenita, topázio) os quais são derivados da extração da cassiterita em depósitos coluvionares e paleocolúvios, o que nos leva a ter um rejeito relacionado unicamente com as jazidas secundárias.

O método aplicado no trabalho mostrou-se eficiente, pois em B1 tem a predominância de minerais fortemente magnéticos (magnetita) que foram atraídos pelo imã fraco de mão, em B2 apenas minerais retidos no separador magnético em 0,3 A, que separou toda ilmenita contida no rejeito, e em B3 os minerais não magnéticos passantes em 0,3 A.

Através da análise feita, mostrou-se que o processo de beneficiamento da frene de lavra Gilberto, em depósito secundário, está tendo uma perda de 3,90% de cassiterita na forma livre na pilha de rejeito magnético.

A seção polida B1 não apresenta grãos de cassiterita como pode ser visto na (**Tabela 1**). Em B2 é possível observar grãos de cassiterita que estão agregados nos cristais de ilmenitas, o que causa uma baixa porcentagem de cassiterita na amostra (**Tabela 3**). Por outro lado, pode-se tratar também de cassiterita com teor relativamente alto em ferro. Por último, em B3 é onde ocorre a maior quantidade de cassiterita 2,29 g (**Tabela 6**) e com um bom grau de liberação, sendo grãos livres (> 90% da área do grão). Entretanto, alguns cristais estão associados às micas (Zinnwaldita (?)) devido ao contexto geológico da mina Bom Futuro (**Figura 34**).

A porcentagem mineralógica da pilha inicial (A+B+C) apresenta valores subestimados (**Tabela 8**), pois os cálculos foram feitos a partir da porcentagem mineralógica encontrada na fração B, devido à falta de análise das frações A e C.

Entretanto, pode-se concluir que na pilha inicial, tem uma predominância de 28,96% de magnetita, 24,48% de ilmenita, 8,48% de topázio, 4,25% de quartzo, 4,02% de rutilo, 3,90% de cassiterita, 1,90% de zircão, 0,05% de monazita e 0,05% de wolframita.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho permitiu avaliar possíveis minerais de minérios com valor econômico agregado (ilmenita e cassiterita) contido no rejeito (pilha 2) da frente de lavra Gilberto Kubotani, mina Bom Futuro (RO). A partir da análise semiquantitativa que permitiu estimar a porcentagem dos minerais tanto nas frações (B1, B2 e B3) como na pilha inicial (A+B+C).

Esse trabalho proporcionou ampliar o conhecimento da composição mineralógica do rejeito, afim de obter um possível aproveitamento econômico do mesmo.

Observou-se que, dentre os minerais, o mais importante e de interesse econômico é a ilmenita, responsável por 24,48% da pilha de rejeito magnético, em seguida, a cassiterita aparece com 3,90% do total da pilha, o que indica que o método de beneficiamento de minério usado em Bom Futuro na frente de lavra Gilberto Kubotani, recupera a maior parte da cassiterita.

Através do melhor aproveitamento dos minerais de ilmenita e rutilo que pode ser um subproduto de titânio na mina Bom Futuro, e cassiterita contido no rejeito, seja primário ou secundário, proporciona o aumento da sobrevida da mina e mitiga os impactos ambientais causados pela mineração.

Além da cassiterita e a ilmenita que são diamagnéticos e para enriquecimento seria necessário remover o topázio e a monazita por separação eletrostática, também foram encontrados cristais de wolframita, embora seja mineral de interesse econômico, a quantidade baixa quando comparada ao montante, o que os torna pouco atrativos para fins comerciais.

Com isso, conclui-se que o método utilizado nesse trabalho para analisar e caracterizar os minerais presentes na pilha de rejeito, seus percentuais, volume e peso mostrou-se eficiente para separar os minerais em termos de propriedades magnéticas, facilitando a identificação e quantificação. A amperagem de 0,3 A no separador magnético Frantz foi adequada, como pode ser visto na seção polida B2 onde está todo o concentrado de ilmenita.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, J.L.; RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E. **Complexo Jamari, sudoeste do Cráton Amazônico: reavaliação do contexto geotectônico.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999, Lençóis. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECTÔNICA DA SBG, 1. Anais. Lençóis: SBG/SBGP, 1999a. Pag. irreg. Sessão 1, p.28-30.
- AMORIM, J.L.; RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E. 1999b. **Terreno Jamari, região central de Rondônia: evidências de processos tafrogenéticos que procedem a convergência do início do mesoproterozóico no segmento sudeste do Cráton Amazônico.** In: SBG (NO), Sim. Geol. Amazônia, 7, Bol. Res. Exp., p. 270-273.
- BARRETO, J. **Geologia do alvo Zé Gordo, Mina Bom Futuro, Rondônia.** Rio Claro, 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2010.
- BETTENCOURT, J.S., MUZZOLON, R., PAYOLLA, B.L., DALL'IGNA, L.G., PINHO, O.G. **Principais Depósitos Minerais do Brasil.** DNPM. (1987). V. 3. Cap. XIX.
- BETTENCOURT, J. S. 1992. **Pesquisa geológica, metalogenética e mineral do Cráton Amazônico (sistematização crítica de parte da obra no período compreendido entre 1980 e 1992.** PhD Thesis, Instituto de Geociências da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 163p.
- BETTENCOURT, J.S.; DALL'AGNOL, R.; 1995 **Symposium on rapakivi granites and related rocks. Excursion Guide: The rapakivi granites of the Rondonia Tin Province and associated mineralization.** IGCP/Project 315, Belém, Brazil. 48p.
- BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; **Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil: I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications.** Precambrian Research, v. 95, p. 41-67, 1999.
- BETTENCOURT, J.S.; SPARRENBARGER, I.; LEITE JUNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; ONOE, A.T.; TOSDAL, R.M. 2005. **$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Heating Laser System Dating of Zinnwaldite and Muscovite from Tin Deposits of the Rondônia Tin Province, Brazil: Evidence for Multiple Mineralization Episodes.** FAPESP. São Paulo – SP.
- BETTENCOURT, J.S.; PAYOLLA, B.L.; TOSDAL, R.M.; WOODEN, J.L.; LEITE JUNIOR, W.B.; SPARRENBARGER, I. **SHRIMP-RG U-Pb zircon geochronology of gneiss from the**

Rio Crespo Intrusive Suite, SW Amazonian Craton, Rondônia, Brazil: New insight about protolith crystallization and metamorphic ages. In: South American Symposium on Isotope Geology, v. 5, p. 49-52, 2006.

BETTENCOURT, J.S.; LEITE JÚNIOR, W.B.; RUIZ, A.S.; MATOS, R.; PAYOLLA, B.L.; TOSDAL, R.M.; 2010. **The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: An overview.** Journal of South American Earth Sciences, 29:28-46.

BETTENCOURT, J.S.; PAYOLLA, B.L.; LEITE JÚNIOR, W.B.; FUCK, R.A.; DANTAS, E.L. **LA-MC-ICP-MS U-Pb zircon geochronology and Sm-Nd isotopes for granites of the Teotônio and Santo Antônio intrusive suites, SW Amazonian craton, Rondônia, Brazil: new insights about crystallization ages and tectonic implications.** In: South America Symposium on Isotope Geology, 2010, Brasília, Extended Abstract, p. 215-218, 2010b.

BETTENCOURT, J.S., JULIANI, C., XAVIER, R.P., MONTEIRO, L.V.S., BASTOS NETO, A.C., KLEIN, E.L., ASSIS, R., LEITE JUNIOR, W.B., MORETO, C.P.N., FERNANDES, C.M.D., PEREIRA, V.P. **Metallogenic systems associated with granitoid magmatism in the Amazonian Craton: an overview of the present level of understanding and exploration significance.** Journal of South America Earth Science, v. 68, p. 22–49, 2016.

BOGER, S.D., BOGER, S.D., RAETZ, M., GILES, D., ETCHART, E., FANNING, C.M., 2005. **U-Pb age data from the Sunsas region of Eastern Bolivia, evidence for the allochthonous origin of the Paragua Block.** Precambrian Research, 139: 121-146.

BORGES, A.A. **Caracterização da parcela magnética de minério fosfático de Carbonatito Ouro Preto.** REM – Revista Escola de Minas. V. 61, n 1, 29-34 p, 2008.

BUCH, T., MARBLER, H., GOLDMANN, S., HAUBRICH, F., TRINKLER, M. (2018): **Investigation of tin and tantalum ores from de Rondônia Tin Province, northern Brazil, to develop optimized processing technologies** DERA Rohstoffinformationen 37: 160 pp.; Berlin.

Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). **Caracterização Mineralógica de Minérios: Parte I.** In: PORPHÍRIO, Ney Hamilton; BARBOSA, Marília Inês M.; BERTOLINO, Luiz Carlos. **Tratamento de Minérios.** 5. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 2010. cap. 3, p. 57-84.

COOPERSANTA – COOPERATIVA DE GARIMPEIROS DE SANTA CRUZ, LTDA. **Caracterização tecnológica em Amostras de minério de estanho de Rondônia – RO.** LCT–FUNDESPA – 023/12.

CORDANI, U. G. et al. **Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos.** In: CONGRESO GEOLÓGICO CHILENO, 2, 1979, Árica, Chile. **Actas. Árica, Chile:** Instituto de Investigaciones Geologicas, 1979. p. 137-138.

CPRM, **Geodiversidade do estado de Rondônia; Organização** AMILCAR ADAMY. – Porto Velho: CPRM. 337 p., 2010.

DALL'IGNA, L. F., **A mineração e o garimpo de cassiterita em Rondônia – Política & Economia Mineral.** A Terra em Revista, CPRM, v. 1. p. 56-61. 1996.

DIAS, C. A. T. **Geologia e mineralogia de pegmatito mineralizado em estanho e metais associados (Nb, Ta, Zn, Cu, Pb), Mina Bom Futuro, Rondônia.** 2012. 88 p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

DIAS, C. A. T., LEITE JUNIOR, W.B., MUZZOLON, R., BETTENCOURT, J.S. **Geologia e mineralogia do pegmatito estanífero Cascavel, Mina Bom Futuro, Rondônia.** Geociências, v. 32, n. 4, 2013. p. 731-745.

EMBRAPA. **Solos Tropicais.** 2021. < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos>> Acessado em: 08/12/2022.

FOSTER, P.L.L. **Caracterização petrográfica das zonas de alteração hidrotermal associadas aos pegmatitos da Mina Bom Futuro, Rondônia.** Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, p. 95, 2012.

GERALDES, M.C.; VAN SCHMUS, W.R.; CONDIE, K.C.; BELL, S.; TEIXEIRA, W.; BABINSKI, M., 2001. **Proterozoic geologic evolution of the SW part of the Amazonian Craton in Mato Grosso state, Brazil.** Precambrian Research, 111:91-128.

GIRARDI, V. A. V.; TEIXEIRA, W.; BETTENCOURT, J. S.; ANDRADE, S.; NAVARRO, M. S.; SATO, K., 2008. **Trace element geochemistry and Sr-Nd characteristics of mesoproterozoic mafic intrusive rocks from Rondônia, Brazil, SW Amazonian Craton: petrogenetic and tectonic inferences.** Episodes, v. 31, n. 4, p. 392-400.

GOMES, C.B. **Técnicas analíticas experimentais aplicadas à geologia**. São Paulo. Editora: Edgard Blucher Ltda 1984, 251p

GOMES, M. A; PEREIRA, C. A.; PERES, A. E. C. **Caracterização tecnológica de rejeito de minério de ferro**. Rem: Revista Escola de Minas, v. 64, n. 2, p. 233-236, 2011.

HASUI, Y. **Cráton Amazônico: províncias Rio Branco e Tapajós**. In: HASUI, Y. et al. (Org.). Geologia do Brasil. São Paulo: Beca, 2012. p. 138-175.

IBGE **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Censo Demográfico**, 2010.

ISOTTA, C. A. L. et al. **Projeto Província Estanífera de Rondônia: relatório final**. Porto Velho: CPRM, 1978. 16 v., il.

LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S. **Petrogenesis, of two Grenvillian tin-bearing rapakivi granite suites, southwestern Amazonian craton, Rondonia, Brazil**. In: IUGS/SBG, International Geologic Congress. Brazil, 2000.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S., 2001. **New K-Ar ages of the primary tin mineralization in the Rondônia Tin Province, Brazil**. In: South America Symposium Isotope Geology, Pucón. Extended Abstract.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; OLIVEIRA, L. R.; MUZZOLON, R.; BETTENCOURT, J. S. 2003. **Geoquímica dos pórfiros graníticos com topázio do morro Bom Futuro, mina Bom Futuro, Rondônia**. In: SBGq, Congresso Brasileiro de Geoquímica, IX, Belém, Livro de Resumos, p.734-736.

LEITE JÚNIOR, W. B.; OLIVEIRA, R. C. B.; TAMBORIM, D. A. R.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S., 2005. **Geoquímica dos topázios granitos do stock Palanqueta, mina Bom Futuro, Rondônia: considerações preliminares**. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, X, Porto de Galinhas, SBGq, 1 CD-ROM.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S., 2008. **Tin mineralization related to pegmatite, quartz vein and greisen in anorogenic subvulcanic environment**. In: 33rd International Geological Congress, 2008, Oslo. Abstract. Oslo: International Union of Geological Sciences; 33rd IGC Foundation, 2008, v. 1.

LOWELL, G.R; AHL, M., 1997. **Chemical and physical properties of zinnwaldite from Bom Futuro tin mine. Rondônia, north Brazil**. In: FERREIRA, V.P. and SIAL. A.N. ed.

Second International Symposium on Granites and Associated Mineralization. Salvador, Brazil, Extend Abstract and Program, pp. 62-63.

MATOS, R.; TEIXEIRA W.; GERALDES, M. C.; BETTENCOURT, J. S. 2009. **Geochemistry and Nd-Sr Isotopic Signatures of the Pensamiento Granitoid Complex, Rondonian-San Ignacio Province, Eastern Precambrian Shield of Bolivia: Petrogenetic Constraints for a Mesoproterozoic Magmatic Arc Setting**. Revista do Instituto de Geociências USP. Geol. USP, Sér. cient., 9(2):89-117.

MOSKOWITZ, B. M. **Hitchhiker's Guide to Magnetism, Environmental Magnetism Workshop at the Institute for Rock Magnetism**. June 5-8, 1991.

NESSET, J.E. and FINCH, J.A. **Determination of Magnetic Parameters for Fielddependent Susceptibility Minerals by Frantz Isodynamic Magnetic Separator**. Mineral Processing Extr. Metall., Volume 89, p. 161-166, Dec. 1980.

NOGUEIRA, E.H. **Caracterização mineralógica de cassiterita da província estanífera de Rondônia**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro – SP, 2016.

PALMEIRA, L.C.M & CARVALHO, J.M.A.R; CASTRO, C.C; SCANDOLARA, J.E. **Geologia e Recursos minerais da Folha Ariquemes SD.20-V-D**. Programa Geologia do Brasil. CPRM, 2018.

PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S.; KOZUCH, M.; LEITE JUNIOR, W. B.; FETTER, A. H.; VAN SCHMUS, W. R. 2002. **Geological evolution of the basement rocks in the east-central part of the Rondônia Tin Province, SW Amazonian craton, Brazil: U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints**. Precambrian Research, 199:141-169.

PINHO, F. E. C.; FYFE, W. S.; PINHO, M. A. S. B.; 1997. **Early Proterozoic evolution of the Alto Jaru Greenstone Belt, Southern Amazon Craton, Brazil**. International Geology Review, 39:220-229.

PONTES, E.P., Departamento de Nacional de Produção Mineral (DNPM) / Agência Nacional de Mineração (ANM). Sumário Mineral. 2018.

PORSANI, J.L.; MENDONÇA C.A.; BETTENCOURT J.S.; HIODO F.Y.; VIAN J.A.J.; SILVA J.E.S. 2004. **Investigações GPR nos distritos minerais de Santa Barbara e Bom Futuro: Província Estanífera de Rondônia**. Revista Brasileira de Geofísica, 22: 57-68.

QUADROS N. L. E. S.; RIZZOTTO G. J., 2007. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia – Sistema de Informações Geográficas**. Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia. Programa Geologia do Brasil, CPRM, Porto Velho, 153 p.

QUADROS, M.L.E.S & PALMEIRA L.C.M.; CASTRO C.C. 2011. **Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia**. Porto Velho. CPRM. 153p.

ROSENBLUM, S; BROWNFIELD, I.K. **Magnetic susceptibilities of minerals**. Open- File report. Reston: U. S. Geological Survey. 2000. 37 p. (Publications of U.S. Geological Survey, n. 99-529)

RONDÔNIA, 2002. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. SEDAM, v2, 141p. Porto Velho – RO.

RUIZ, A. S. 2005. **Evolução Geológica do Sudoeste do Cráton Amazônico Região Limítrofe Brasil-Bolívia-Mato Grosso**. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, SP, 260p.

SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. **A new understanding of the Amazon Craton Provinces based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology**. Gondwana Research, Japão, v. 3, n.4, p. 453-488, 2000.

SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; FARIA, M.S.G.; RIKER, S.R.; SOUZA, M.M.; ALMEIDA, M.E.; & MCNAUGHTON, N.J. **A compartimentação do Cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000–2006**, in Sociedade Brasileira de Geociências, Núcleo Norte (SBG-NO), Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém, CD-Rom, 2006.

SANTOS, J. O. S.; RIZZOTO, G. J.; POTTER, P. E.; MCNAUGHTON, N. J.; MATOS, R. S.; HARTMANN, L. A.; CHEMALE Jr., F.; QUADROS, M. E. S. 2008. **Age and autochthonous evolution of the Sunsás Orogen in the West Amazon Craton based on mapping and U-Pb geochronology**. Precambrian Research, 165(3-4):120-152.

SCANDOLARA, L.E.; RIZZOTTO, G.J.; SILVA, C.R.; BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S.; 1996. **Revisão da Geologia do Estado de Rondônia e áreas adjacentes**. In: SBG Congro. Brás. Geol. 39 Anais, 1:47-50.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L. **Evolução proterozóica de Rondônia: cronologia dos eventos tectônicos.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7., 1999, Lençóis. Anais. Lençóis: SBG/SBGP, 1999. Sessão 1, p. 24-27.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L.; QUADROS, M.L.E.S.; BAHIA, R.B.C.: 2001. **Evolução Geológica do segmento sudoeste do Cráton Amazônico – Estado de Rondônia e adjacências.** In: N.I Reis & MAS. Monteiro (Coord.). Contribuições à Geologia da Amazônia, 2, SBG-NO, p.251-340

SCANDOLARA, J. E., 2006. **Geologia e evolução do terreno Jamari, embasamento da faixa Sunsás/Aguapeí, centro-leste de Rondônia, sudoeste do Cráton Amazônico.** 2006. 383p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.

SCIENCE FOR A CHANGING WORLD. **Sumário Mineral.** (USGS), 2018.

SILVA, L.C.; ARMOSTRONG, R.; PIMENTEL, M.M.; SCANDOLARA, L.; RAMGRAB, G.; WINDLER, W.M.; ANGELIM, L.A.; VASCONCELOS, A.M.; RIZZOTO, G.; QUADROS, M.L.; SANDER, A.; ROSA, A.L.Z.: 2022 **Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb, SHRIMP, parte III. Províncias Borborema, Mantiqueira meridional e Rio Negro-Juruena.** Rev.Brás. Geoc.,32:529-544.

SOUZA, V.S. & BOTELHO, N.F. 2002. **Geologia do depósito de estanho do Bom Futuro (Rondônia) e composição dos fluidos nos sistemas de veios e greisens.** In: KLEIN, E.L, VASQUEZ, M.L., ROSA-COSTA, L.T. ed. Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém, SBG-NN, pp. 199-214.

SOUZA, V.S. **Evolução Magmática e Modelo Metalogenético do Sistema Vulcano-Plutônico Estanífero Bom Futuro.** Tese de doutorado. Instituto de Geociências, UnB. Brasília, 2003.

SOUZA, V.S.; BOTELHO, N.F.; DANTAS, E.L.; GIOIA, S.M.C.: 2005. **Geoquímica e isótopos de Nd das rochas do Complexo Jamari na área do depósito de estanho do Bom Futuro (RO).** In: V.S. Souza & A.M.C. Horbe (Coord.). Contribuições à Geologia da Amazônia, 4, SBG-NO, p. (em editoração).

TASSINARI, C.C.G. **O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos.** IGC USP, São Paulo, Tese de Livre Docência, p. 139, 1996.

TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. **Geochronological provinces of the Amazonian Craton**. Episodes, 22(3):174-182, 1999.

TASSINARI C.C.G. & MACAMBIRA M.J.B. **A evolução tectônica do Cráton Amazônico**. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C., BRITO-NEVES, B.B. (eds.). **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Beca, São Paulo. p. 471-485, 2004.

TEIXEIRA, W.; GERALDES, M. C.; MATOS, R.; RUIZ, A. S.; SAES, G.; VARGASMATTOS, G. A., 2010. **review of the tectonic evolution of the Sunsás belt, SW Amazonian Craton**. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p. 47-60.

TOHVER, E.; VAN DER PLUIJM, B. A.; MZGER, K., SCANDOLARA, J. E.; ESSENE, E. J., 2004, **Significance of the Nova Brasilândia Metasedimentary Belt in western Brazil: Redefining the Mesoproterozoic boundary of the Amazon craton: Tectonics**, v. 23, p. TC6004.