

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Geologia

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA CASSITERITA DA PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE RONDÔNIA

Eduardo Hansen Nogueira

Orientador: Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Júnior

Rio Claro
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

EDUARDO HANSEN NOGUEIRA

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA CASSITERITA
DA PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE 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 Bacharel em Geologia.

Rio Claro - SP

2016

RESUMO

A cassiterita é o principal mineral de minério de estanho explorado no mundo. As características dos cristais de cassiterita podem indicar o tipo genético de seus depósitos primários associados a granitos. Este trabalho tem como principal objetivo a caracterização mineralógica da cassiterita e a correlação com os diferentes tipos de depósitos aos quais ela ocorre associada. As amostras analisadas são derivadas de pegmatito, veio de quartzo e greisen, provenientes dos distritos mineiros de São Lourenço, Bom Futuro, Santa Bárbara e Potosi, localizados na Província Estanífera de Rondônia. A cassiterita de pegmatito ocorre na forma de cristais (bi)piramidais, de tamanho médio e apresentam coloração cinza/preta e inclusões de columbita-tantalita. A cassiterita de veios de quartzo ocorre sob a forma de cristais (bi)piramidais e prismático curtos, de tamanho médio, com coloração cinza/castanho escura e possui inclusões de óxido de ferro. A cassiterita de greisen apresenta hábito (bi)piramidal, pequena dimensão, coloração cinza/marrom e inclusões de wolframita.

Palavras-chave: cassiterita, Província Estanífera de Rondônia, mineralogia, greisen.

ABSTRACT

Cassiterite is the most important ore-tin explored in the world. The characteristics of cassiterite crystals may indicate the genetic type of primary deposits associated to granites. This project goals are the mineralogical characterization of cassiterite and its correlation with distinct types of deposits in which it occurs associated. The samples analyzed were derived from pegmatite, quartz-rich veins and greisen from mining districts from São Lourenço, Bom Futuro, Santa Bárbara and Potosi, situated within the Rondonian Tin Province. The cassiterite pegmatite occurs as bipyramdal, medium-size crystals and shows gray/black colour and columbite-tantalite inclusions. The quartz-rich veins cassiterite occurs as bipyramidal-short prismatic medium-size crystals, with gray/brown colour and Fe-oxide inclusions. The greisen cassiterite shows bipyramidal form, short size, gray/brown colour and wolframite inclusions.

Key-words: cassiterite, Rondonian Tin Province, mineralogy, greisen.

EDUARDO HANSEN NOGUEIRA

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA CASSITERITA DA PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE 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 Bacharel ou Licenciado em
Geologia.

Comissão Examinadora

Washington Barbosa Leite Júnior (orientador)

Antonio José Ranalli Nardy

Rafael Rodrigues de Assis

Rio Claro, 28 de novembro de 2016.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos distritos mineiros da Província Estanífera de Rondônia a serem estudados.....	3
Figura 2: Seção esquemática de modelo genético de depósitos associados aos granitos tipo S.....	4
Figura 3: a) forma prismática e bipiramidal, comum na cassiterita. b) geminação segundo o plano da bipirâmide de segunda ordem.....	4
Figura 4: Estruturação geocronológica do Cráton Amazônico, com a localização da Província Estanífera de Rondônia (PER). Mapa interno: CA – Cráton Amazônico (CA ₁ – Escudo das Guianas, CA ₂ – Escudo do Brasil Central).....	11
Figura 5: As unidades da Província Estanífera de Rondônia e região adjacente.....	13
Figura 6: Mapa Geológico da região do distrito mineiro São Lourenço com a localização das serras Isaac e Irene.....	18
Figura 7: Mapa geológico com a localização do morro Potosi.....	24
Figura 8: Mapa geológico simplificado do depósito de estanho de Bom Futuro.....	29
Figura 9: Mapa Geológico do Maciço Granítico Santa Bárbara.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Material selecionado de cada distrito mineiro.....	7
Tabela 2: Características físicas e químicas de cassiteritas formadas em diferentes tipos de depósitos.....	8
Tabela 3: Características da cassiterita de veio de quartzo de São Lourenço.....	19
Tabela 4: Características da cassiterita de greisen de São Lourenço.....	21
Tabela 5: Características da cassiterita de greisen de Potosi.....	25
Tabela 6: Características da cassiterita de pegmatito de Bom Futuro.....	30
Tabela 7: Características da cassiterita de greisen de Palanqueta.....	33
Tabela 8: Características da cassiterita de veio de quartzo de Santa Bárbara.....	37
Tabela 9: Características da cassiterita de greisen de Santa Bárbara.....	39

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 - a) amostra de veio de quartzo com cassiterita de São Lourenço. Amostra W-SL-2; b) agregados de cristais de cassiterita, com zoneamento irregular definido pela coloração marrom em tons claros e escuros. Nicóis paralelos. Lâmina W-SL-2; c) cristais de cassiterita com alta birrefringência definida pelas cores de interferência. Nicóis cruzados. Lâmina W-SL-2.....	20
Prancha 2 - a) Amostra de greisen proveniente de São Lourenço. Amostra SLV-42; b) cristal incomum com 1,5 mm de diâmetro, zonado irregularmente, com cores que variam entre bege, marrom, marrom claro, marrom escuro e marrom avermelhado. Nicóis paralelos. Lâmina SLV-42; c) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), mostrando cristais de cassiterita, quartzo, calcopirita, pirita e óxido de ferro. Lâmina SLV-42.....	22
Prancha 3 - a) amostra de greisen proveniente do morro Potosi. Amostra POTOSI; b) agregados de cristais anédricos de cassiterita de greisen. Nicóis paralelos. Seção POTOSI-s; c) cristais de cassiterita geminados, com reflexão interna amarela, marrom e castanho escura. Nicóis cruzados. Seção POTOSI-c; d) cristais subeuédricos de cassiterita, com cores marrom, marrom escuro e marrom amarelado distribuídas em manchas. Nicóis paralelos. Lâmina PO-1; e) cristais de cassiterita geminados, associados a topázio e muscovita. Nicóis cruzados. Lâmina PO-1; f) Imagem de microscópio eletrônico de varredura - inclusão de óxido de Ti. Seção POTOSI-c.....	26
Prancha 4 - a) e b) Cassiterita de pegmatito, de hábito (bi)piramidal e brilho submetálico. Amostra BF-37; c) Fotomicrografia de cristal de cassiterita, moderadamente fraturado, com inclusões de óxido de bismuto. Luz refletida, nicóis paralelos. Seção BF-37f; d) Fotomicrografia de cristal de cassiterita, com reflexão interna moderada. Luz refletida, nicóis cruzados. Seção BF-37f; e) Fotomicrografia de cristal de cassiterita com zoneamento intenso. Luz transmitida, nicóis paralelos. Lâmina BF-37d; f) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura - inclusões de columbita-tantalita em cassiterita de pegmatito. Seção BF-37f.....	31
Prancha 5 - a) pequenos cristais de cassiterita provenientes de greisen. Amostra BF-39; b) cristal subeuédrico de cassiterita. Nicóis paralelos. Seção BF-39a; c) cristal	

subeuédrico de cassiterita. Nicóis cruzados. Seção BF-39a; d) cristal subeuédrico de cassiterita com reflexão interna abundante. Nicóis cruzados. Seção BF-39b; e) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura – inclusão de wolframita. Cst = cassiterita, wfm = wolframita. Seção BF-39a.....34

Prancha 6 - a) cristal de cassiterita subeuédrico, geminado, com faces estriadas. Amostra SB-a; b) cristal de cassiterita subeuédrico, com faces que configuram hábito prismático. Amostra SB-b; c) fotomicrografia de cassiterita de veio de quartzo com microfraturas preenchidas por óxido de ferro. Nicóis paralelos. Seção SB-5; d) fotomicrografia de cassiterita de veio de quartzo com manchas de cor vermelho escuro, marrom avermelhado e amarelo. Nicóis cruzados. Seção SB-5; e) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura – inclusão de wolframita. Wfm = wolframita. Seção SB-5.....38

Prancha 7 - a) greisen proveniente do Maciço Granítico Santa Bárbara. Amostra SB-1; b) greisen proveniente do Maciço Granítico Santa Bárbara. Amostra SB-3; c) Fotomicrografia de cristal de cassiterita castanho claro e castanho avermelhado. Nicóis paralelos. Lâmina SB-3; d) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura – cassiterita associada a quartzo, mica, fluorita e feldspato. Cst = cassiterita, qtz = quartzo, fk = feldspato, mic = mica, flt = fluorita. Lâmina SB-1.....40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	2
1.3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO.....	2
1.4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.4.1. Sobre os depósitos primários de estanho mineralizados a granitos	2
1.4.2. Sobre as características químicas e mineralógicas da cassiterita.....	4
2. MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO	6
2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.2. ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL DISPONÍVEL	6
2.3. ANÁLISE MACROSCÓPICA	8
2.4. ANÁLISE PETROGRÁFICA.....	8
2.5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	9
2.6. CONFEÇÃO DO RELATÓRIO FINAL	9
3. GEOLOGIA REGIONAL	10
3.1. INTRODUÇÃO	10
3.2. PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE RONDÔNIA	12
3.2.1. Complexo Jamari.....	12
3.2.2. Suítes Intrusivas.....	13
a) Suíte Intrusiva Serra da Província	14
b) Suíte Intrusiva Santo Antônio	14
c) Suíte Intrusiva Teotônio	14
d) Suíte Intrusiva Alto Candeias	14
e) Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas	15
f) Suíte Intrusiva Santa Clara	15
g) Suíte Granitos Últimos de Rondônia	15
3.2.3. Formação Nova Floresta	16
3.2.4. Formação Palmeiral	16
4. RESULTADOS	17
4.1. DISTRITO MINEIRO SÃO LOURENÇO	17

4.1.1. <i>Cassiterita de Veio de Quartzo</i>	18
4.1.2. <i>Cassiterita de Greisen</i>	21
4.2. DISTRITO MINEIRO POTOSI.....	23
4.2.1. <i>Cassiterita de Greisen</i>	25
4.3. DISTRITO MINEIRO BOM FUTURO	27
4.3.1. <i>Cassiterita de Pegmatito</i>	28
4.3.2. <i>Cassiterita de Greisen</i>	32
4.4. DISTRITO MINEIRO SANTA BÁRBARA	35
4.4.1. <i>Cassiterita de Veio de Quartzo</i>	35
4.4.2. <i>Cassiterita de Greisen</i>	39
5. DISCUSSÕES	41
6. CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

O estanho (Sn) foi descoberto há cerca de 5000 anos, durante a Idade dos Metais, época em que o homem começava a dominar técnicas de fundição e molde de metais. Sua principal finalidade era a produção do bronze, liga metálica formada por cobre (Cu) e estanho, que à época trouxe grandes avanços para a qualidade de vida do homem pré-histórico, empregado na fabricação de utensílios domésticos, armas e ferramentas.

O uso do estanho se intensificou ao longo do tempo, uma vez que suas propriedades características o tornam um metal propício a diversos usos. É fácil de ser trabalhado, maleável, não tóxico, pouco dúctil, resistente à corrosão de agentes naturais (água e ar) e com temperatura de fusão relativamente baixa (232 °C). Atualmente, suas principais aplicações estão na indústria siderúrgica, de solda e química, empregado na forma de ligas metálicas de bronze e latão, em fusíveis e resistências elétricas, em galvanoplastia, como componente de pequenos aparelhos tecnológicos e em produtos químicos como fungicidas e preservantes de madeira, têxteis e papel.

A cassiterita é o principal mineral de minério de estanho explorado no mundo, cuja fórmula é SnO_2 , sendo 78,7% de estanho e 21,3% de oxigênio em peso. Dentre suas características principais destacam-se sua elevada densidade relativa (6,8 - 7,1 g/cm³), hábito bipiramidal e prismático, coloração geralmente marrom, preta ou castanha e dureza entre 6 e 7 na Escala de Mohs. É geralmente translúcida e possui elevada resistência química e física.

As características dos cristais de cassiterita podem indicar o tipo genético de seus depósitos primários associados a granitos. O hábito, por exemplo, pode variar em conformidade com ambientes específicos onde ela ocorre (TAYLOR, 1979). Smirnov (1982) correlaciona diferentes características associadas ao hábito dos cristais, tamanho dos cristais, densidade, pleocroísmo, brilho, cor, quantidade de elementos traços, entre outras, com diferentes depósitos destes minerais, de origem associada a pegmatito, veio de quartzo e de sulfeto (Tabela 2). Pereira et al. (2008) caracteriza geneticamente a cassiterita proveniente das regiões sul e sudeste brasileiro com base na composição química e nas inclusões minerais contidas.

Sob esta perspectiva, este trabalho trata da cassiterita dos distritos mineiros de Bom Futuro, Santa Bárbara, Potosi e São Lourenço, da Província Estanífera de Rondônia.

1.2. Objetivos e justificativa

Este trabalho tem como alvo o estudo de cassiteritas dos distritos mineiros de Bom Futuro, Santa Bárbara, Potosi e São Lourenço, e seu principal objetivo consiste na caracterização mineralógica destes minerais, além da correlação de suas respectivas características com a gênese de diferentes tipos de depósitos aos quais estão associados. Para tal foram utilizados e comparados dados e informações de outros estudos realizados no âmbito deste trabalho.

O estudo contribuirá para melhor entendimento das características dos minerais de minério dos depósitos estudados.

1.3. Localização e acesso à área de estudo

A área de estudo está localizada na região Norte do território brasileiro, no Estado de Rondônia. Os distritos mineiros de Bom Futuro, Santa Bárbara, Potosi e São Lourenço (Figura 1) estão inseridos na Província Estanífera de Rondônia, que se estende por aproximadamente 87000 km² no Estado de Rondônia e abrange parte dos estados do Amazonas, Acre e Mato Grosso.

O distrito mineiro de São Lourenço localiza-se a 200 km a SW de Porto Velho, capital de Rondônia, nas coordenadas geográficas 9° 30' S e 65° 05' W.

O distrito mineiro de Bom Futuro está situado na zona rural do município de Ariquemes, a cerca de 200 km a SSE de Porto Velho, nas coordenadas 9° 47' S e 63° 33' W.

O distrito mineiro de Santa Bárbara situa-se a 116 km a SE de Porto Velho, nas coordenadas aproximadas 9° 13' S e 63° 15' W.

O distrito mineiro de Potosi está localizado a cerca de 125 km a SE da cidade de Porto Velho. As coordenadas geográficas aproximadas são 9° 17' S e 62° 52' W.

O acesso principal é feito a partir de Porto Velho, pela BR-364, da qual segue-se por estradas de caráter secundário e/ou vias rurais em direção aos distritos.

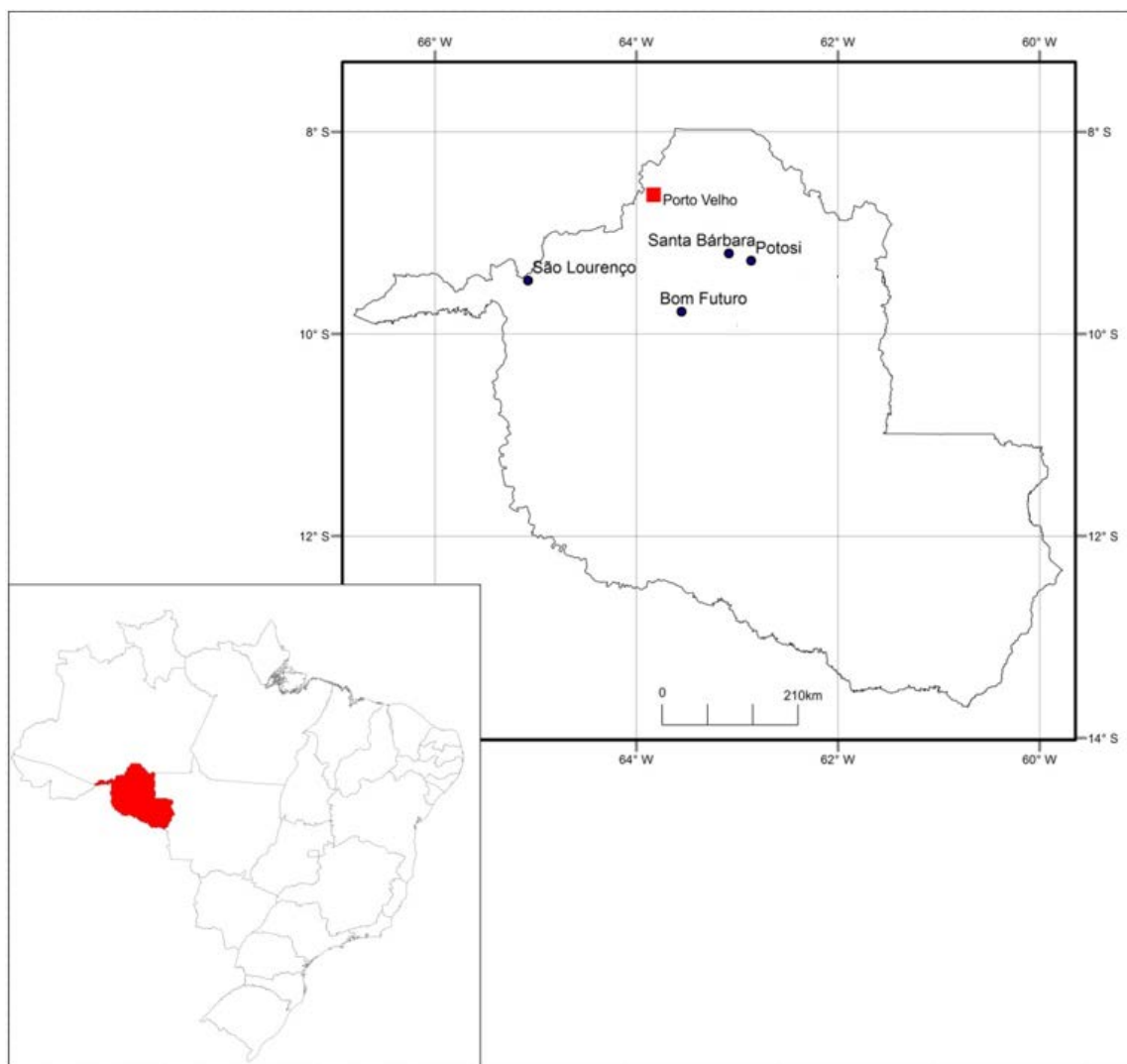
1.4. Revisão Bibliográfica

1.4.1. Sobre os depósitos primários de estanho mineralizados a granitos

Os depósitos primários de estanho mais comuns são encontrados em rochas graníticas afetadas por processos hidrotermais. Neste cenário (Figura 2), tem-se o alojamento de um corpo ígneo na litosfera que formará um fluido magmático-hidrotermal constituído por gases, água, metais e sais, expelidos pela intrusão e misturados à água e ao vapor das rochas encaixantes. À medida que a intrusão se resfria, forma-se um sistema de convecção que recicla e desloca os

fluidos existentes (que contêm metais em solução) em direção à superfície. Posteriormente, os metais precipitam e formam os minérios e os corpos mineralizados associados às zonas de alteração hidrotermal, que correspondem às zonas de rochas alteradas pelos fluidos quentes (BIONDI, 2003).

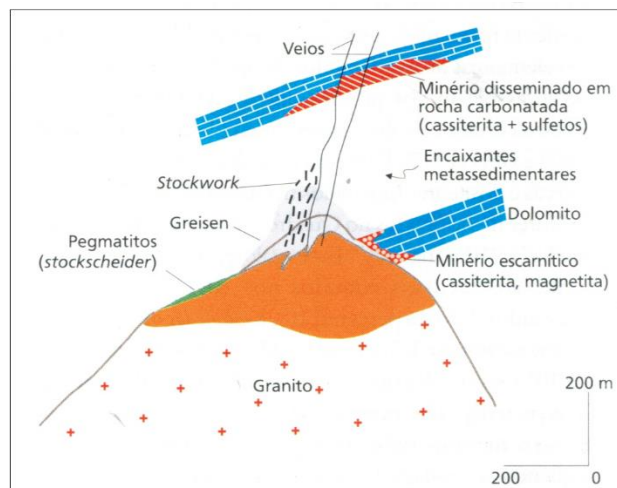
Figura 1: Localização dos distritos mineiros da Província Estanífera de Rondônia a serem estudados.



O minério é formado a temperaturas elevadas ($> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) e o corpo ígneo se aloja a grande profundidade. Este último consiste em granitos do tipo S, derivados da fusão de metassedimentos (CHAPPELL; WHITE, 1974), que dará origem aos greisens, que poderão hospedar depósitos com minérios oxidados de Sn, W, B, F, Be, TR, Nb, Ta e U. A formação dos greisens ocorre a partir de processos metassomáticos que levam à substituição de minerais primários, como biotita e feldspatos, por micas (muscovita e zin- waldita), quartzo, topázio,

albita, fluorita e turmalina. Pegmatitos geralmente associam-se zonas greisenizadas (BIONDI, 2003).

Figura 2: Seção esquemática de modelo genético de depósitos associados aos granitos tipo S.



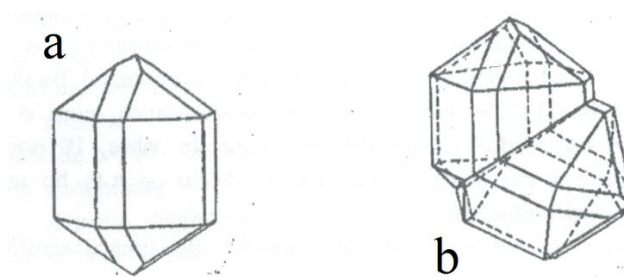
Fonte: Biondi (2003).

1.4.2. Sobre as características químicas e mineralógicas da cassiterita

A cassiterita é um óxido de estanho pertencente ao grupo do rutilo, de fórmula SnO_2 . Os minerais pertencentes ao grupo do rutilo são diferenciados pelo arranjo dos átomos em seus cristais, que costumam ter cátions menores e com número de coordenação 6. Isto significa que existem 6 oxigênios agrupados em torno de cada cátion, o que caracteriza uma simetria mais baixa. A cassiterita, por conseguinte, cristaliza-se no sistema tetragonal.

As formas mais comuns dos cristais de cassiterita são as bipirâmides e os prismas (Figura 3a). Também pode ocorrer sob a forma de grânulos rolados, em configurações reniformes ou com aparência fibrosa radiada. A geminação dos cristais é muito comum e paralela ao plano da bipirâmide de segunda ordem (Figura 3b), geralmente denominada geminação “em cotovelo”, “em joelho” ou “bico de estanho” (HURLBUT, 1969; TAYLOR, 1979).

Figura 3: a) forma prismática e bipiramidal, comum na cassiterita. b) geminação segundo o plano da bipirâmide de segunda ordem.



Fonte: Hurlbut (1969).

A dureza da cassiterita está entre 6 e 7 na Escala de Mohs e sua densidade relativa é elevada (6,8 – 7,1 g/cm³). Apresenta coloração em tons variáveis de marrom, castanho ou preto. O traço possui cor branca ou castanho clara.

Os cristais são raramente transparentes, sendo em geral opacos ou translúcidos. Consequentemente, o brilho da cassiterita pode variar entre fosco, submetálico, oleoso e adamantino (www.minerals.net. Acesso em 02/08/2016).

Associa-se comumente a wolframita, topázio, fluorita, turmalina, quartzo, muscovita e zinnwaldita (HURLBURT, 1969).

Em luz transmitida, a cassiterita possui alto relevo e suas cores variam em tons de marrom e castanho. O zoneamento dos cristais é comum e pode ser regular ou irregular, em bandas alternadas de cores diferentes ou em manchas sem nenhuma ordenação.

Em luz refletida a cassiterita apresenta cor bege ou cinza. Seu pleocroísmo é geralmente distinto, com cores cinza claro a cinza amarronzado. A anisotropia é muito distinta, mas pode ser camuflada pela reflexão interna, que pode ser abundante com cores amarelo claro, branco ou marrom (UYTENBOGAARDT; BURKE, 1971).

2. MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

Para a realização deste trabalho foram utilizadas amostras de campo provenientes de afloramentos, seções polidas e lâminas delgadas de cassiterita e de rochas nas quais estes minerais estão contidos. Todo o material foi fornecido pelo orientador.

Os métodos de trabalho empregados consistiram em pesquisa bibliográfica, organização do material disponível de estudo, análise macroscópica e análises petrográficas a partir de microscópio convencional e microscópio eletrônico de varredura (MEV).

2.1. Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada entre os meses de fevereiro e outubro de 2016 e envolveu o inventário de diversos trabalhos e estudos que estivessem associados ao mineral cassiterita. Esta etapa concentrou-se na seleção de trabalhos publicados sobre o mineral e sobre a Província Estanífera de Rondônia, dos mais antigos aos recentemente publicados, que contivessem informações a nível da geologia regional e local dos depósitos estudados. Posteriormente, a pesquisa congregou trabalhos mais específicos e detalhados relacionados ao tema de estudo.

2.2. Organização do Material Disponível

A princípio cogitou-se analisar o material proveniente de sete distritos mineiros da Província Estanífera de Rondônia. No entanto, tendo como fatores limitantes a diferença na quantidade de material disponível de cada distrito e o curto período de tempo para a realização do trabalho, optou-se pelo foco nos distritos que possuíam maior quantidade de material para análise, além de informação proveniente de pesquisa bibliográfica mais farta e acessível.

O material selecionado é indicado na tabela abaixo (Tabela 1). Foram selecionadas 3 amostras e 4 lâminas do distrito de São Lourenço. O material disponível do distrito mineiro de Potosi consistiu em 1 amostra, 1 lâmina e 2 seções polidas. Foram separadas 2 amostras pertencentes ao distrito mineiro de Bom Futuro, bem como 1 lâmina e 3 seções polidas. Foram selecionadas 6 amostras de Santa Bárbara, 3 lâminas e 1 seção polida.

Tabela 1: Material selecionado de cada distrito mineiro.

Distrito Mineiro	Tipo de Depósito	Amostra	Lâmina Polida	Seção Polida
São Lourenço	Veio de Quartzo	1	1	-
	Greisen	2	3	-
Potosi	Greisen	1	1	2
Bom Futuro	Pegmatito	1	1	1
	Greisen	1	-	2
Santa Bárbara	Veio de Quartzo	3	-	1
	Greisen	3	3	-

2.3. Análise Macroscópica

As análises macroscópicas foram realizadas entre os meses de julho e outubro de 2016. Para este procedimento foi utilizada lupa de bolso com aumento 30X e lente com 21 mm de diâmetro e ímã.

As principais características da cassiterita consideradas em análise macroscópica tiveram como base a tabela de Smirnov (1987) (Tabela 2), como hábito dos cristais, tamanho, cor, geminação e brilho. As amostras incluíam cristais de cassiterita com a presença ou não de suas respectivas rochas hospedeiras.

Tabela 2: Características físicas e químicas de cassiteritas formadas em diferentes tipos de depósitos.

Propiedades	Tipo de yacimiento		
	pegmatítico	de cuarzo	de sulfuro
Hábito	Bipiramidal isométrico 	Prismático de columnas cortas 	Prismático acicular
Tamaño de los granos, en mm	Medio (8-10)	Muy grandes (> 10)	Muy pequeños (2-3)
Densidad, en g/cm ³			
Transparencia	Opaco	Semitransparente	
Pleocroísmo	Fuerte	Débil	
Color	Negro, pardo	Más claro, pintado	
Maclas	Raras	Comunes	Raras
Zonalidad	Débil	Frecuente y óptima	Débil
Elementos-impurezas			

Fonte: Smirnov (1982).

2.4. Análise Petrográfica

Foram analisadas lâminas e seções polidas entre os meses de julho e outubro de 2016. As análises foram realizadas com o auxílio de microscópio petrográfico convencional, em luz transmitida e refletida marca Zeiss Axioskop 40 e microscópio eletrônico de varredura (MEV)

marca JEOL, modelo JSM 6010 LA, este último utilizado para a identificação de inclusões minerais e da cassiterita quando ocorreu sob a forma de cristais muito pequenos em lâmina e não foi possível sua identificação ao microscópio óptico. As análises foram realizadas nos laboratórios de Microscopia Óptica e de Microscopia Eletrônica de Varredura do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da UNESP, campus de Rio Claro.

Os principais critérios nos quais a análise petrográfica foi baseada foram as características microscópicas de minérios, algumas delas contidas na tabela de Smirnov (1987) (Tabela 2), tais como pleocroísmo, anisotropia, reflexão interna, inclusões minerais, geminação e zoneamento.

2.5. Interpretação dos Resultados Obtidos

Nesta etapa, realizada durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2016, os resultados obtidos foram interpretados, comparados e correlacionados com informações de outros trabalhos realizados anteriormente, cujo tema envolve direta e indiretamente o estudo da cassiterita.

2.6. Confecção do Relatório Final

Esta etapa teve início em meados de julho e seguiu até novembro de 2016. Envolveu a montagem do relatório final, com a reunião de toda bibliografia, dados, resultados e interpretações obtidos. Para isto foi utilizado o software aplicativo Microsoft Office 2010.

3. GEOLOGIA REGIONAL

3.1. Introdução

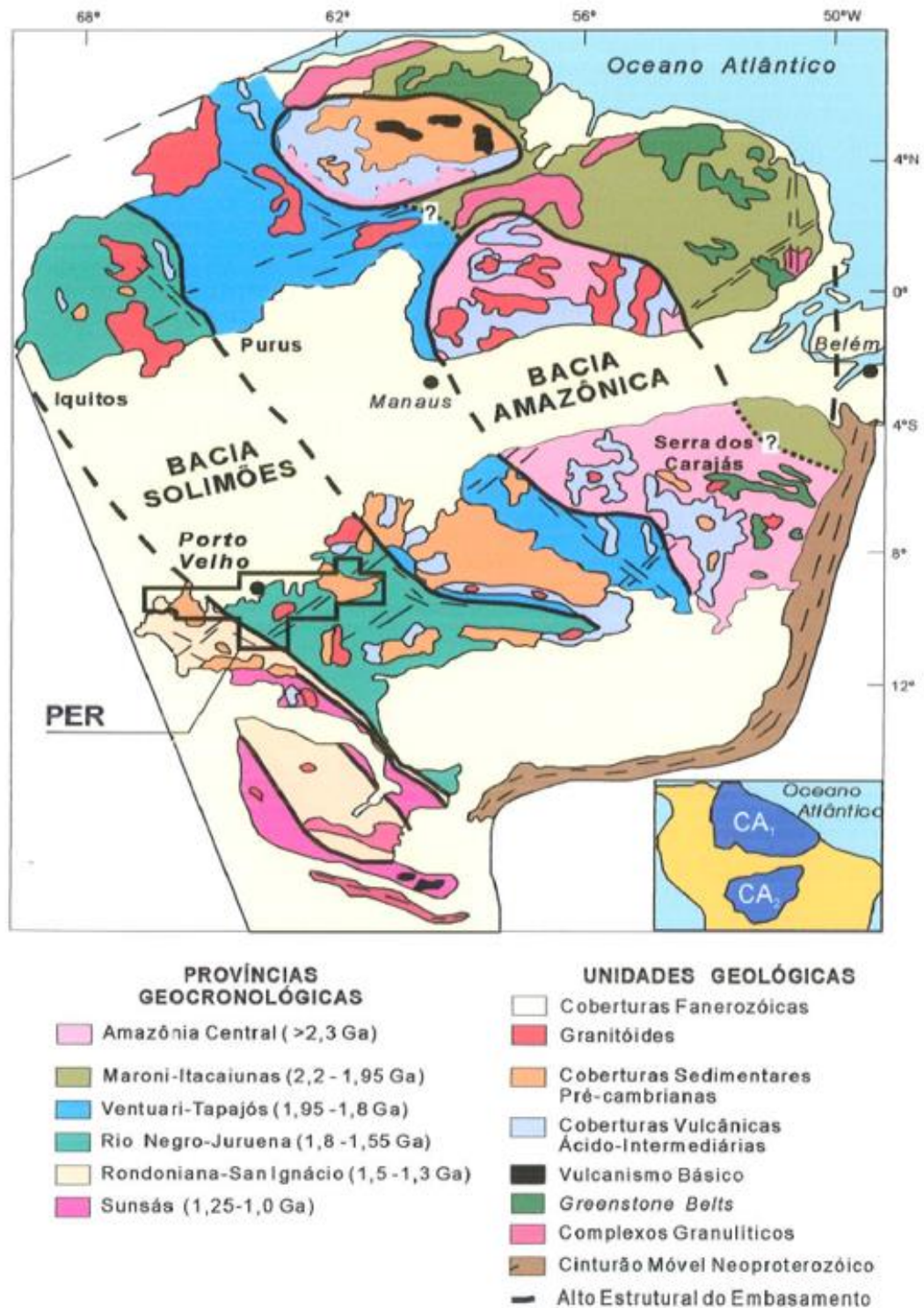
A Província Estanífera de Rondônia (PER) está localizada na margem sudoeste do Cráton Amazônico. O cráton apresenta-se dividido geograficamente em duas partes: a porção norte corresponde à Província Rio Branco, que envolve área desde o leste do Pará até Rondônia e Mato Grosso do Sul; a porção sul é denominada Província Tapajós, e se estende do Amapá ao extremo noroeste do Amazonas. Ambas são separadas pelas bacias sedimentares paleozóicas do Solimões e Amazonas que juntas formam a Província do Amazonas. Dados de sondagens e semelhanças geológicas entre as porções norte e sul do cráton indicam que há continuidade dele sob estas coberturas fanerozóicas (HASUI, 2012).

A formação desta região data do Arqueano, atingindo condições de plataforma estável no Neoproterozóico. A evolução geológica do cráton ainda é cercada de dúvidas e controvérsias, e há mais de 30 anos tem sido alvo de diversas propostas de modelos evolutivos.

O modelo mais recente e mais aceito, de concepção mobilista, após passar por sucessivas versões até ser aperfeiçoado por Tassinari e Macambira (2004), sugere que a evolução se deu com a formação de sucessivos arcos magmáticos que envolveram acréscimos de material mais jovem a um núcleo arqueano durante o Proterozóico, além de processos subordinados de retrabalhamento de crosta continental. A partir de estudos isotópicos e datações foi possível compartimentar o cráton em províncias geocronológicas que ocorrem como faixas paralelas de direção NW-SE, denominadas como Amazônia Central ($>2,3$ Ga), Maroni-Itacaiunas (2,2 a 1,95 Ga), Ventuari-Tapajós (1,95 a 1,8 Ga), Rio Negro-Juruena (1,8 a 1,55 Ga), Rondoniana-San Ignácio (1,5 a 1,3 Ga) e Sunsás (1,25 a 1,0 Ga) (Figura 4). Estas províncias desenvolveram-se em diferentes ambientes geotectônicos e tiveram evoluções geológicas distintas (TASSINARI, 1996).

Rio Negro-Juruena é a principal província à qual as unidades que recobrem a Província Estanífera de Rondônia e seus arredores estão associadas, estendendo-se desde o estado do Mato Grosso até regiões do sudeste da Colômbia e sul da Venezuela (TASSINARI, 1996). As unidades são denominadas Orógeno Alto Jauru (1,79 a 1,74 Ga), Terreno Roosevelt (ca. 1,75 Ga), Terreno Jamari (ca. 1,75 Ga) e Orógeno Cachoeirinha (1,58 a 1,52 Ga). Os Terrenos Roosevelt e Jamari são as principais unidades da PER, enquanto os Orógenos Alto Jauru e Cachoeirinha estão situados a sudeste desta província (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999).

Figura 4: Estruturação geocronológica do Cráton Amazônico, com a localização da Província Estanífera de Rondônia (PER). Mapa interno: CA – Cráton Amazônico (CA₁ – Escudo das Guianas, CA₂ – Escudo do Brasil Central).



Fonte: Tassinari e Macambira (1999).

O Terreno Roosevelt ocupa pequena porção do setor nordeste da PER e engloba, na região da PER, megalignitos e megaxenólitos do Complexo Jamari, a Suíte Intrusiva Serra da Providência e coberturas sedimentares da Formação Palmeiral.

No Terreno Jamari estão incluídas as formações Mutum-Paraná e Palmeiral, as suítes intrusivas Santo Antônio, Teotônio, Alto Candeias, São Lourenço-Caripunas, Santa Clara, Granitos Últimos de Rondônia e o Complexo Jamari. A Formação Mutum-Paraná, de idade paleoproterozóica, ocupa pequena porção a noroeste da PER e é composta por uma unidade inferior de filitos, ardósias, metarenitos, metargilitos e quartzitos e uma unidade superior de metarenitos e metassilitos. Os litotipos foram depositados em ambiente marinho raso, epicontinental, com episódios restritos de deposição continental e afetados por metamorfismo de grau muito baixo (QUADROS; RIZZOTTO, 2007). A Formação Palmeiral, as suítes intrusivas e o Complexo Jamari são descritos no item seguinte (Figura 5).

3.2. Província Estanífera de Rondônia

3.2.1. Complexo Jamari

O Complexo Jamari corresponde ao embasamento da PER, localizando-se entre as províncias Rio Negro-Juruena e Rondoniana-San Ignacio, e foi proposto primeiramente por Isotta et al. (1978), que assim o denominaram em referência ao rio Jamari, onde à época afloravam praticamente todos os litotipos que o caracterizam.

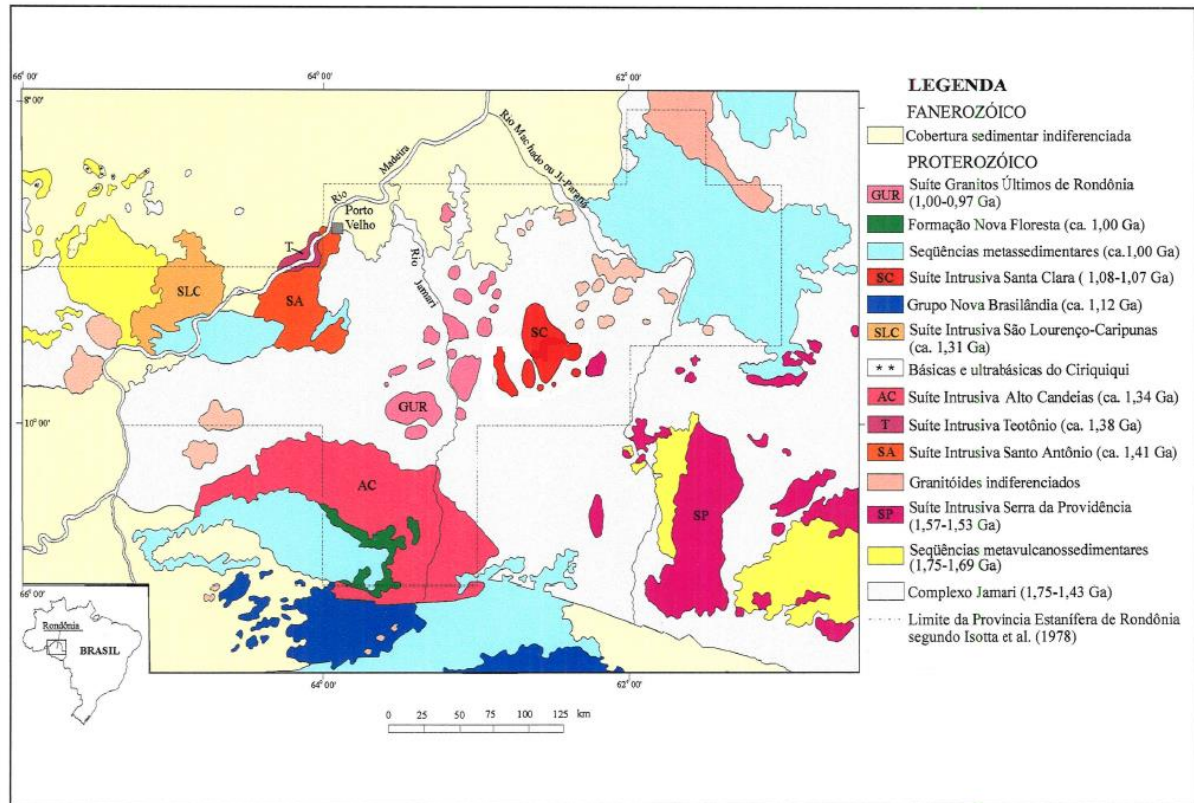
A princípio, esta unidade foi caracterizada como sendo constituída por uma associação de granitos, gnaisses, anfibolitos e granulitos, metamorfizados de médio a alto grau. Scandolara et al. (1999) redefiniu-a, limitando-a a rochas ortoderivadas de composição granítica, granodiorítica, tonalítica e diorítica, separadas de gnaisses predominantemente paraderivados, xistos e migmatitos, que vieram a constituir uma nova unidade, o Complexo Gnássico-migmatítico Jarú.

Estudos mais recentes caracterizam o Complexo Jamari como composto por ortognaisses tonalíticos e quartzo-dioríticos, afetados por metamorfismo de fácies anfibolito a granulito e migmatização e milonitização variável, associados a rochas básicas e a algumas paraderivadas que ainda carecem de estudos detalhados (RIZZOTTO; QUADROS, 2005).

As rochas do Complexo Jamari estão dispostas em faixas e lentes alternadas e apresentam como estruturas mais comuns falhas de empurrão, falhas transcorrentes, dobras isoclinais, em bainha e ptigmáticas. Os ortognaisses exibem bandamento composicional centimétrico e textura milonítica predominante (QUADROS; RIZZOTTO, 2007). As rochas mais antigas da PER são ortognaisses tonalíticos (1750-1730 Ma) que estão associados à

evolução de arcos magmáticos mais antigos da Província Rio Negro-Juruena (PAYOLLA et al., 2002).

Figura 5: As unidades da Província Estanífera de Rondônia e região adjacente.



Fonte: Leite Júnior (2002) (adaptado de Bettencourt et al, 1999; Rizzotto, 2001 e Santos et al., 2001).

3.2.2. Suítes Intrusivas

Intrudidas no Complexo Jamari e no Grupo Roosevelt estão sete suítes de granitos rapakivi, de caráter monzo a sienogranítico, anorogênicos, com geoquímica compatível aos granitos tipo A. Em algumas delas estão localizados os distritos mineiros estudados neste trabalho.

A princípio Kloosterman (1968) descreveu uma série de corpos graníticos intrusivos aos quais a mineralização de cassiteritas encontrava-se associada, denominados à época de Granitos Últimos de Rondônia, em referência aos granitos da Província Estanífera da Nigéria. Posteriormente Bettencourt et al. (1999) determinaram, a partir de datações U-Pb em zircão e dados petrográficos e geoquímicos de elementos maiores e traços, estes granitos como sendo os mais jovens dentre uma série de sete suítes intrusivas graníticas e episódicas formadas entre aproximadamente 1600 e 970 Ma: Suíte Intrusiva Serra da Providência (1606 a 1532 Ma), Suíte

Intrusiva Santo Antônio (1406 Ma), Suíte Intrusiva Teotônio (1387 Ma), Suíte Intrusiva Alto Candeias (1346 a 1338 Ma), Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas (1314 a 1309 Ma), Suíte Intrusiva Santa Clara (1082 a 1074 Ma) e Granitos Últimos de Rondônia (998 a 974 Ma). Os principais depósitos estaníferos estão associados às três suítes mais jovens.

a) *Suíte Intrusiva Serra da Providência*

A Suíte Intrusiva Serra da Providência envolve o batólito homônimo e diversos corpos adjacentes localizados a sudeste da PER. As rochas da suíte correspondem a granitos, gabros, charnockitos e mangeritos, são subalcalinas e de caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso (RIZZOTTO et al., 1996). Datações U-Pb sugerem que o magmatismo que deu origem à suíte foi episódico e ocorreu durante um período superior a 50 Ma (Bettencourt et al., 1999).

b) *Suíte Intrusiva Santo Antônio*

A Suíte Intrusiva Santo Antônio constitui a maior parte do batólito Santo Antônio. Está inserida na porção noroeste da PER e parte dela está recoberta por sedimentos da Bacia do Amazonas. As rochas que compõem a suíte são divididas em duas unidades graníticas principais (PAYOLLA, 1994): biotita-monzogranito e sienogranito, seriados a localmente porfiríticos, e biotita-monzogranito equigranular. São subalcalinas e metaluminosas a peraluminosas.

c) *Suíte Intrusiva Teotônio*

A Suíte Intrusiva Teotônio constitui a porção restante do batólito Santo Antônio. Apesar de ser circunvizinha à Suíte Intrusiva Santo Antônio, as duas suítes se diferem petrologicamente e geoquimicamente e não há evidências que as relacionem magmaticamente (BETTENCOURT et al., 1999). Payolla (1994) subdivide as rochas em três grupos: microclínio-granito grosso, microclínio granito médio bandado, e microclínio-quartzo-sienito e sienogranito médio a grosso. São alcalinos e metaluminosos.

d) *Suíte Intrusiva Alto Candeias*

A Suíte Intrusiva Alto Candeias está na porção sul-sudoeste da PER, formando o grande batólito homônimo. É constituída por granitos porfiríticos e piterlitos, com menores ocorrências de granitos equigranulares, aplitos, charnockitos e sienitos, de caráter subalcalino. O minério estanífero ocorre nos granitos equigranulares na forma de veios de quartzo com cassiterita,

wolframita e sulfetos (SPARRENBARGER, 2003). Segundo Bettencourt et al. (1999), o período de tempo durante o qual a intrusão da suíte ocorreu pode ter sido relativamente curto.

e) Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas

As rochas das Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas estão situadas a noroeste da PER e compõem o batólito São Lourenço. Consistem em sienogranitos e granitos rapakivi em geral, como piterlitos e viborgitos, estes últimos menos frequentes, associados a granitos porfiríticos e equigranulares. Rochas fêlsicas vulcânicas e subvulcânicas também podem ocorrer. O minério ocorre em greisens com cassiterita e veios de quartzo com cassiterita, wolframita e sulfetos de Cu-Pb-Zn-Fe (SPARRENBARGER, 2003).

f) Suíte Intrusiva Santa Clara

As rochas da Suíte Intrusiva Santa Clara eram inicialmente consideradas como pertencentes aos Granitos Últimos de Rondônia (KLOOSTERMAN, 1968). No entanto, Bettencourt et al. (1999) as definiram como pertencentes a uma suíte distinta ao constatar diferenças petrológicas, geoquímicas de elementos maiores e traços e em idades Rb-Sr e U-Pb de rochas da região.

A suíte está inserida na porção centro-leste da PER e inclui os maciços Santa Clara, Oriente Novo, Oriente Velho e Manteiga. Pode ser dividida em duas subsuítas diferentes segundo características petrográficas, geoquímicas de elementos maiores e traços e idades U-Pb (Bettencourt et al., 1999): uma subalcalina, composta predominantemente por quartzo-monzonito porfirítico, monzogranito e sienogranito; e uma alcalina, que intrude porções da subsuíte subalcalina em áreas restritas dos maciços Oriente Novo e Santa Clara e é composta majoritariamente por álcali-feldspato-sienito e microsienito, álcali-feldspato-microgranito e microgranito peralcalino. As rochas possuem caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso. As mineralizações de cassiterita ocorrem nos granitos como *stockwork* em greisens, veios de quartzo-topázio-fluorita e pegmatitos com albita, microclínio, berilo, topázio, molibdenita e cassiterita (QUADROS; RIZZOTTO, 2007).

g) Suíte Granitos Últimos de Rondônia

Os Granitos Últimos de Rondônia foram primeiramente descritos por Kloosterman (1968), que detalhou uma série de corpos graníticos localizados no centro da PER e os denominou *Younger Granites of Rondônia*. Posteriormente, Bettencourt et al. (1999)

mantiveram a nomenclatura original mas excluíram diversos maciços que anteriormente pertenciam à suíte, mantendo apenas os mais jovens com idades U-Pb abaixo de 998 Ma: Ariquemes, Massangana, Caritianas, São Carlos, Pedra Branca, Jacundá e Santa Bárbara.

As rochas da Suíte Granitos Últimos de Rondônia podem ser subdivididas em duas subsuítas (Bettencourt et al., 1999): uma subalcalina, predominante na área, mais velha e composta principalmente por sienogranitos porfiríticos e equigranulares e álcali-feldspato-granitos; e uma subsuíte alcalina, mais jovem e composta por álcali-feldspato-sienitos, microssienitos e álcali-feldspato-microgranitos. São metaluminosos a fracamente peraluminosos (SCANDOLARA, 2006). As mineralizações foram identificadas por Kloosterman (1968) em filões de quartzo e cassiterita associados a greisens. Na jazida Morro do Potosi, Korperschoek et al. (1980) sugerem um sistema de sobreposição de fases de mineralizações para justificar a ocorrência de sulfetos associados a greisens com cassiterita, hipótese ainda não confirmada. Datações K-Ar realizadas em micas das minas Bom Futuro e Santa Bárbara em 969 ± 27 Ma e 961 ± 19 Ma, respectivamente, indicam que a mineralização ocorreu logo após a cristalização dos granitos pertencentes à subsuíte mais jovem (LEITE JÚNIOR; PAYOLLA; BETTENCOURT, 2001b).

3.2.3. Formação Nova Floresta

A Formação Nova Floresta data do Neoproterozóico e recobre pequena porção a sul da PER (SPARRENBURGER, 2003). Segundo Leal et al. (1978), a formação é composta predominantemente por basaltos, com intercalações de arcóseos em sua parte inferior. Ocorrem também, subordinadamente, diabásio e gabro.

3.2.4. Formação Palmeiral

A Formação Palmeiral, de idade neoproterozóica, ocupa pequenas porções a sul e nordeste e porção expressiva a noroeste da PER. É constituída por ortoconglomerados, quartzo-arenitos e arenitos arcoseanos (QUADROS; RIZZOTTO, 2007). Bahia (1997) sugere que as rochas foram depositadas em ambiente dominado por sistema fluvial entrelaçado ou leque fluvial.

4. RESULTADOS

A cassiterita é o mineral de minério dos depósitos de estanho de São Lourenço, Bom Futuro, Potosi e Santa Bárbara. Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises macroscópicas e microscópicas da cassiterita proveniente destes depósitos.

O depósito de estanho de São Lourenço teve amostras analisadas de veio de quartzo e greisen, enquanto que do morro Potosi foram analisadas amostras de greisen. O distrito mineiro de Bom Futuro teve amostras analisadas de cassiterita proveniente de pegmatito do morro Bom Futuro e de greisen do morro Palanqueta, e do Maciço Granítico Santa Bárbara, amostras de cassiterita proveniente de veio de quartzo e greisen.

4.1. Distrito Mineiro São Lourenço

O distrito mineiro de São Lourenço está inserido na Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas (1314 a 1309 Ma) (BETTENCOURT et al., 1999), situada a noroeste da Província Estanífera de Rondônia.

O depósito estanífero primário está localizado em duas elevações graníticas denominadas Serra Isaac e Serra Irene (Figura 6), que têm como encaixantes as rochas metassedimentares e metavulcânicas da Formação Mutum-Paraná (QUADROS; RIZZOTTO, 2007) a norte e a leste, e granitos e sienitos da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas a sul e a oeste. Estas elevações são separadas por drenagens que são historicamente exploradas por seus depósitos aluvionares de cassiterita tipo *placer*.

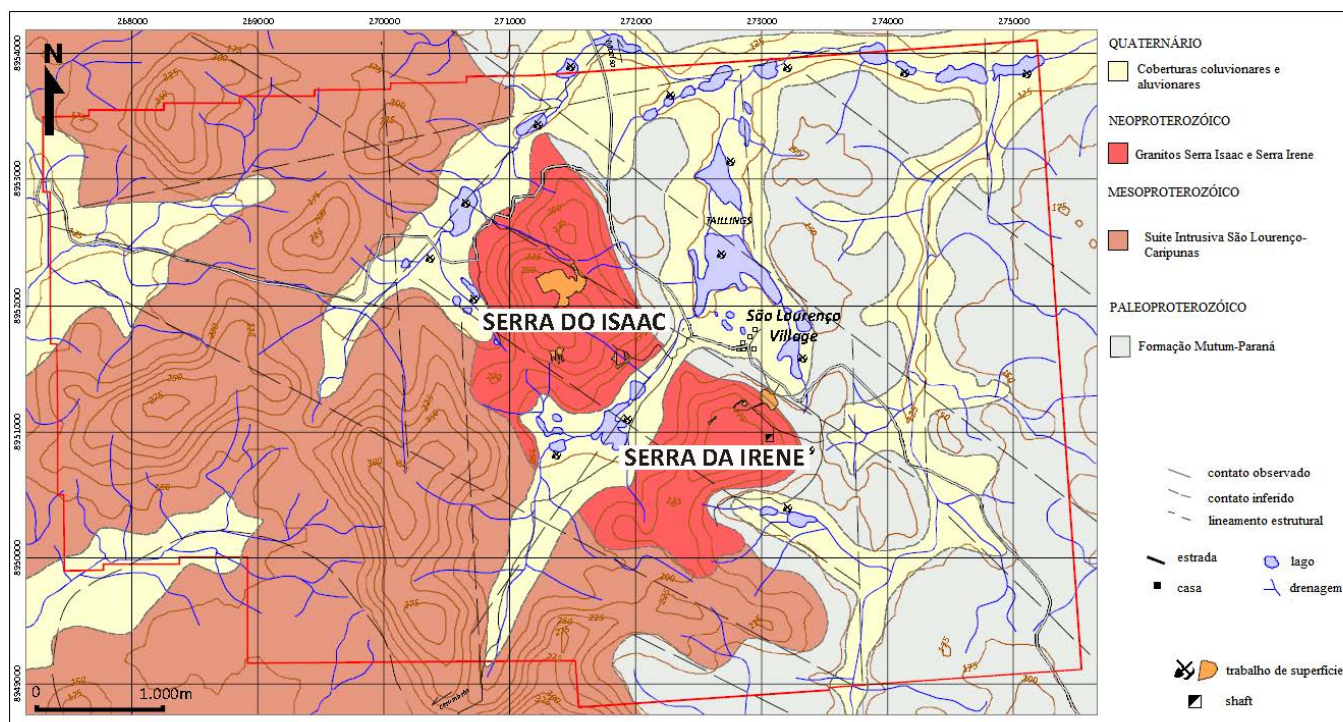
A geologia das serras Isaac e Irene é semelhante, caracterizada por álcali-feldspato granito equigranular, de cor rosa a cinza, granulação média e composto por microclínio, plagioclásio, biotita e quartzo. Foram originadas a partir do mesmo evento intrusivo, separadas por um vale onde percorre uma drenagem controlada por falhas.

A Serra Irene é uma elevação com dimensões aproximadas de 1,8 km por 1,3 km. A mineralização ocorre em duas famílias principais de veios e vênulas que caracterizam um sistema *stockwork*, desenvolvido nas porções superiores da intrusão granítica. Uma é mais antiga, caracterizada por veios de quartzo e greisen de 1 mm a 2 m de espessura, que mergulham na direção norte e são compostos por quartzo, cassiterita, zinnwaldita e topázio, por vezes associados a sulfetos como arsenopirita, pirita, calcopirita, esfalerita e galena. Outra é mais jovem e consiste em veios de quartzo, em geral com 2 mm a 30 mm de espessura, que mergulham na direção sudeste e são menos mineralizados que a primeira.

A Serra Isaac têm dimensões aproximadas de 2,8 km por 1,3 km. A mineralização é muito semelhante à que ocorre na Serra Irene, diferenciada principalmente pela assembleia

mineralógica dos veios que inclui cassiterita, topázio, zinnwaldita e fluorita, e tem arsenopirita como sulfeto predominante.

Figura 6: Mapa geológico da região do distrito mineiro São Lourenço com a localização das serras Isaac e Irene.



Fonte: Relatório Interno - Anglo Latina Consultores S.A.C.

4.1.1. Cassiterita de Veio de Quartzo

As principais propriedades mineralógicas da cassiterita de veio de quartzo do distrito mineiro de São Lourenço estão inseridas na Tabela 3.

A cassiterita foi analisada a partir da amostra W-SL-2 (Prancha 1a). A amostra possui 13 cm x 11 cm de dimensão e a cassiterita ocorre de forma disseminada. Macroscopicamente os cristais são subeuédricos de hábito (bi)piramidal, com aproximadamente 1 mm de diâmetro em média. Apresentam cor cinza escuro e marrom escuro, são opacos/translúcidos com brilho predominantemente submetálico. O tamanho dos cristais dificulta a identificação de geminação. Ao microscópio os cristais de cassiterita são anédricos e subeuédricos sob a forma de agregados granulares, inequidimensionais, moderadamente fraturados, de alto relevo, com dimensões entre 0,1 mm e 0,6 mm (Prancha 1b). São geminados e perfazem quase 40% da lâmina. Os cristais são parcialmente pleocróicos, anisotrópicos e apresentam zoneamento.

O pleocroísmo varia entre fraco e distinto e manifesta-se nas cores marrom claro, marrom escuro e marrom avermelhado, distribuídos em manchas que definem zoneamento

irregular moderado. A anisotropia é moderada e representada pelas cores de interferência de 4ª ordem (verde claro, rosa, marrom), que definem birrefringência alta (Prancha 1c). Não foram encontradas inclusões minerais.

A reflexão interna não foi caracterizada porque não foram confeccionadas seções polidas do material.

Tabela 3: Características da cassiterita de veio de quartzo de São Lourenço.

Características	Cassiterita de veio de quartzo
Hábito	(bi)piramidal
Tamanho	< 1mm
Cor	cinza escuro/marrom escuro
Diafaneidade	opaco/translúcido
Pleocroísmo	fraco a distinto (marrom claro/escuro/avermelhado)
Zoneamento	moderado, irregular em manchas
Anisotropia	moderada (verde claro, rosa, marrom)
Reflexão Interna	não observado
Inclusões	não observado



Prancha 1 – a) amostra de veio de quartzo com cassiterita de São Lourenço. Amostra W-SL-2; b) agregados de cristais de cassiterita, com zoneamento irregular definido pela coloração marrom em tons claros e escuros. Nicóis paralelos. Lâmina W-SL-2; c) cristais de cassiterita com alta birrefringência definida pelas cores de interferência. Nicóis cruzados. Lâmina W-SL-2.

4.1.2. Cassiterita de Greisen

Na Tabela 4 estão as principais propriedades mineralógicas da cassiterita de greisen de São Lourenço.

A cassiterita foi analisada com base na amostra SLV-42 (Prancha 2a), de dimensões 10,5 cm x 11cm. Devido ao tamanho e quantidade dos cristais, o mineral foi caracterizado apenas em microscópio óptico em luz transmitida.

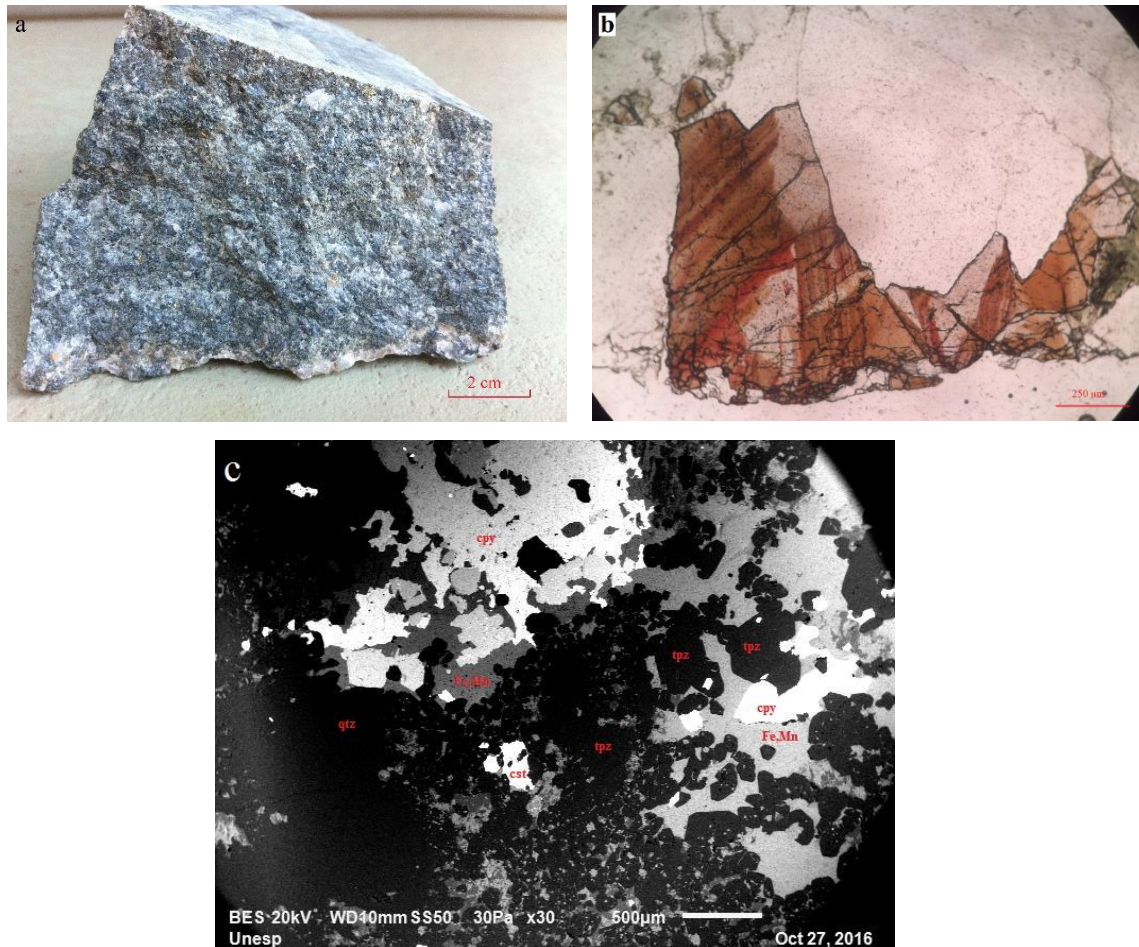
A cassiterita ocorre como mineral acessório, em geral com diâmetro entre 0,1 mm e 0,2 mm, podendo raramente atingir até 2 mm. Os cristais são anédricos e subeuédricos de hábito granular e alto relevo, geminados e fraturados. Apresentam pleocroísmo, anisotropia e zoneamento.

O pleocroísmo não ocorre em todo o cristal, varia entre fraco e distinto e manifesta-se nas cores marrom, marrom claro, marrom avermelhado e bege claro. O zoneamento é irregular e definido pelas mesmas cores. Ocorre em manchas nos cristais de tamanho menor, ou em faixas desiguais que variam entre 0,05 mm e 0,3 mm de espessura nos cristais maiores (Prancha 2b). A anisotropia é moderada e ocorre nas cores rosa claro, verde claro e marrom que caracterizam alta birrefringência. A reflexão interna não foi caracterizada e não foram encontradas inclusões minerais.

A cassiterita está associada principalmente a quartzo, topázio e biotita alterando-se para zinnwaldita. Cristais de zircão, pirita, calcopirita e óxido de ferro ocorrem como minerais acessórios e estão presentes em pequena quantidade (Prancha 2c).

Tabela 4: Características da cassiterita de greisen de São Lourenço.

Características	Cassiterita de greisen
Hábito	granular
Tamanho	0,1 mm a 2 mm
Cor	marrom claro, avermelhado, bege
Diafaneidade	não observado
Pleocroísmo	fraco a distinto (tons de marrom e bege claro)
Zoneamento	moderado, irregular em manchas
Anisotropia	moderada
Reflexão Interna	não observado
Inclusões	não observado



Prancha 2 – a) Amostra de greisen proveniente de São Lourenço. Amostra SLV-42; b) cristal incomum com 1,5 mm de diâmetro, zonado irregularmente, com cores que variam entre bege, marrom, marrom claro, marrom escuro e marrom avermelhado. Nicóis paralelos. Lâmina SLV-42; c) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), mostrando cristais de cassiterita, quartzo, calcopirita, pirita e óxido de ferro. Lâmina SLV-42.

4.2. Distrito Mineiro Potosi

O Morro Potosi (Figura 7) foi definido por Korpershoek et al. (1980) como uma elevação de 40 m com forma cônica e topo arredondado, de dimensões 220 x 280 m, que corresponde a um corpo de exogreisen que atinge pelo menos 178 m de profundidade, resultante da ação de fluidos que ascenderam ao longo de fraturas e diáclases até entrarem em contato com biotita-hornblenda-gnaiss do Complexo Jamari. Yokoi et al. (1987) o caracteriza como um corpo que contém mineralizações de estanho e tungstênio, na forma de um *pipe* brechado, subvertical, que intrude o biotita-hornblenda-gnaiss ao longo do Lineamento Figueroa, este último de direção NE-SW.

Segundo Korpershoek et al. (1980), as rochas do Morro Potosi consistem em greisen quartzo-topázio-muscovítico intercalado com biotita-hornblenda-gnaiss muito alterado. As intercalações aumentam com a profundidade e a alteração tende a enfraquecer abaixo da zona de intemperismo. As rochas encaixantes também consistem em gnaiss, no qual encontra-se veios de greisen muscovítico ou quartzo-muscovítico, concordantes ou discordantes, de espessura centi a decimétrica, formando *stockworks*, que possuem cristais de cassiterita bem formados.

Yokoi et al. (1987) identificaram quatro tipos de greisen, diferenciados segundo a intensidade da alteração metassomática que afetou os gnaisses:

Cassiterita-Greisen (> 1% Sn): topazito brechado com cassiterita que substitui os minerais máficos em fragmentos de gnaisses, indicando que processos de greisenização ocorreram antes da formação da brecha.

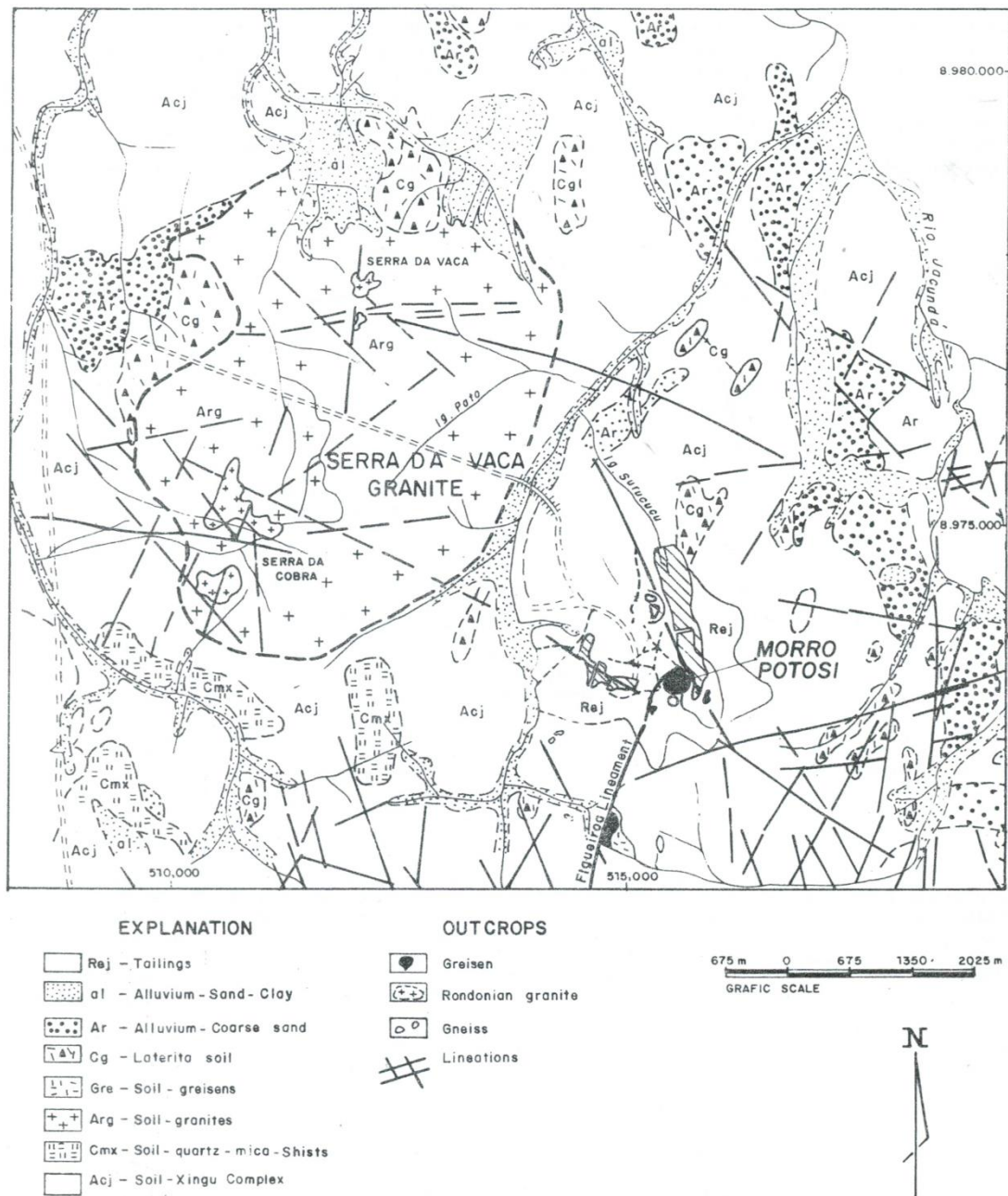
Muscovita-Greisen (0,5% Sn - 1% Sn): topazito brechado formado por quartzo e muita muscovita;

Quartzo-Mica-Greisen (0,3% Sn - 0,5% Sn): brecha com núcleos de gnaisses alterados, com menos topazito e fragmentos de quartzo e mica.

Quartzo-Greisen (0,005% Sn - 0,3% Sn): brecha cinza com pouco topazito e núcleos de gnaisses não alterados, representando o grau de alteração mais baixo.

Ocorrem ainda sulfetos na parte não intemperizada da jazida, abaixo da mineralização principal, como manchas irregulares dispersas no greisen.

Figura 7: Mapa geológico com a localização do morro Potosi.



Fonte: Yokoi et al. (1987).

4.2.1. Cassiterita de Greisen

As características da cassiterita proveniente do morro Potosi estão expostas na Tabela 5.

A cassiterita foi analisada em lâmina e seção polida a partir da amostra POTOSI (Prancha 3a), de dimensões 4 cm e 3 cm, de coloração branca e cinza. Ao microscópio, a cassiterita está presente como constituinte importante nas lâminas e seções analisadas, compondo entre 30% e 40% da rocha. Os cristais são anédricos e subeuédricos, inequidimensionais, de tamanho variável entre 0,1 mm e 0,6 mm, pouco ou moderadamente fraturados, geminados e ocorrem sob a forma de agregados granulares (Prancha 3b).

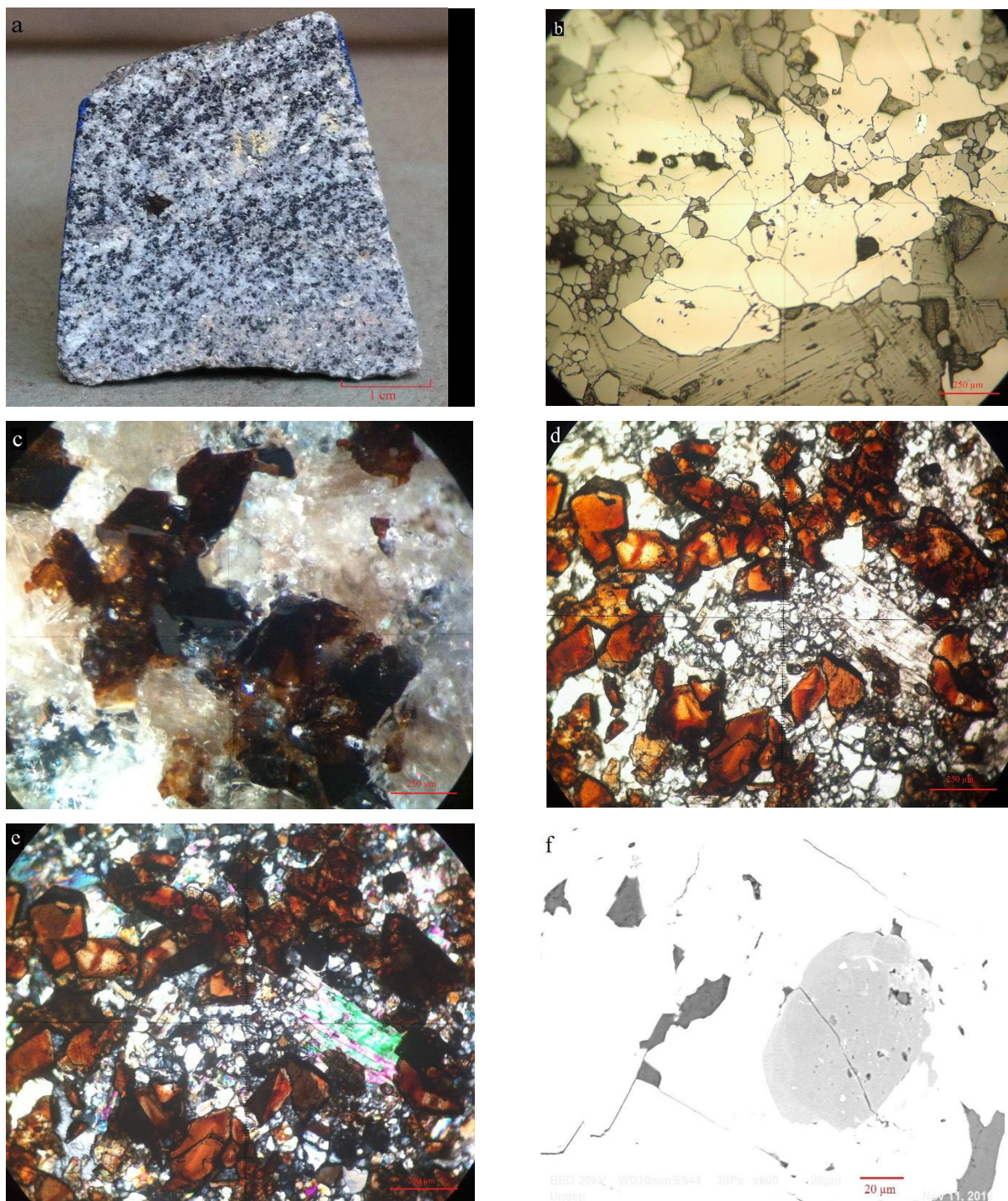
Apresentam pleocroísmo, anisotropia, reflexão interna, zoneamento e inclusões minerais.

O pleocroísmo é distinto e as cores variam entre marrom, marrom claro amarelado e castanho avermelhado, definindo zoneamento interno irregular, em manchas (Prancha 3d,e). A anisotropia é fraca com cores marrom e cinza escuro, tendo consequentemente birrefringência baixa. A reflexão interna é comum e manifesta-se nas cores marrom, castanho escuro, amarelo e vermelho (Prancha 3c).

Os cristais são frequentemente geminados e estão associados a topázio, quartzo e muscovita. Foram encontradas muitas inclusões de óxido de titânio, geralmente de formato arredondado ou em gotículas de coloração branca, que contrasta com a coloração bege da cassiterita em seção polida (Prancha 3f).

Tabela 5: Características da cassiterita de greisen de Potosi.

Características	Cassiterita de greisen
Hábito	granular
Tamanho	0,1 mm -0,6 mm
Cor	cinza escuro/preto
Diafaneidade	não observado
Pleocroísmo	distinto (tons de marrom e castanho)
Zoneamento	fraco, irregular em manchas
Anisotropia	fraca (cinza escuro, marrom)
Reflexão Interna	comum (marrom, amarelo, vermelho, castanho)
Inclusões	óxido de Ti



Prancha 3 – a) amostra de greisen proveniente do morro Potosi. Amostra POTOSI; b) agregados de cristais anédricos de cassiterita de greisen. Nicóis paralelos. Seção POTOSI-s; c) cristais de cassiterita geminados, com reflexão interna amarela, marrom e castanho escura. Nicóis cruzados. Seção POTOSI-c; d) cristais subeuédricos de cassiterita, com cores marrom, marrom escuro e marrom amarelado distribuídas em manchas. Nicóis paralelos. Lâmina PO-1; e) cristais de cassiterita geminados, associados a topázio e muscovita. Nicóis cruzados. Lâmina PO-1; f) Imagem de microscópio eletrônico de varredura - inclusão de óxido de Ti. Seção POTOSI-c.

4.3. Distrito Mineiro Bom Futuro

Os depósitos primários de estanho da Mina Bom Futuro ocorrem como pegmatitos no morro Bom Futuro e como greisen no morro Palanqueta (Figura 8). Esses depósitos foram formados em ambientes subvulcânicos associados aos granitos peraluminosos da Suíte Intrusiva Granitos Últimos de Rondônia (998 a 974 Ma) (BETTENCOURT et al., 1999; LEITE JÚNIOR et al. 2000). Os granitos e os corpos mineralizados estão hospedados em rochas do Complexo Jamari (1,76 a 1,65 Ga) e são parcialmente cobertos por sedimentos colúvio-aluvionares cenozóicos com importantes placeres estaníferos associados (DIAS, 2013).

O Complexo Jamari é constituído, na área do depósito, por orto e paragneisses, orto e para-anfibolitos e xistos. A litologia predominante é representada pelos gnaisses, que afloram em quase toda porção central e em partes das áreas sul, norte, sudeste e noroeste do depósito.

Os tipos orto e paraderivados ocorrem intercalados entre si e exibem, em geral, forte bandamento composicional, definido por bandas alternadas de composição fêlsica, constituídas por quartzo e feldspato, e máficas, constituídas por micas. Os anfibolitos ocorrem como corpos lenticulares de dimensões variadas, presentes em todo o morro Bom Futuro. Os xistos são menos comuns, ocorrem sob a forma de corpos lenticulares intercalados aos paragneisses e para-anfibolitos, na porção sudeste do morro Bom Futuro (SOUZA, 2003).

O morro Bom Futuro foi caracterizado por Bettencourt et al. (1995), que identificaram brechas polimíticas, diques de albita granito, riolito, sienito, traquito e sistemas de veios de quartzo e pegmatito. Os litotipos predominantes são as brechas polimíticas, representadas por dois corpos mais ou menos cilíndricos que recobrem grande parte da área e podem ser divididas em 3 tipos distintos: brecha vulcânica, brecha plutônica e brecha hidrotermal. São compostas majoritariamente por fragmentos de rochas do Complexo Jamari, além de fragmentos de diques de albita granito, riolito e traquito.

Os diques de riolito, traquito e albita granito ocorrem como corpos tabulares, de espessura centimétrica a métrica, que afloram nas porções centro-norte, sudeste e centro-leste da área, respectivamente (DIAS, 2013). Os corpos pegmatíticos são encontrados na porção central do sistema vulcânico Bom Futuro, têm espessura centimétrica a métrica e composição granítica, constituídos por microclínio, quartzo, albita e mica, bem como topázio, fluorita, cassiterita e zircão como principais acessórios (SOUZA, 2003).

Há duas fases de mineralização estanífera no morro Bom Futuro, que vieram a originar diques, lentes, veios e vênulas de pegmatito e de quartzo aos quais a cassiterita ocorre associada, com idades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ em zinnwaldita de 994 ± 3 Ma e 993 ± 3 Ma (LEITE JÚNIOR et al., 2003;

BETTENCOURT et al., 2005). A primeira fase, mais antiga, é a de maior importância econômica e envolve os corpos pegmatíticos de maior dimensão, dentre eles o pegmatito Cascavel, encaixado em brechas e topázio-riolito, 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.

O sistema subvulcânico Palanqueta está exposto de forma restrita devido a presença de coberturas elúvio-coluvionares, portanto seus limites ainda são desconhecidos. Possui formato ovalado e é constituído por biotita granito, albita granito e greisen. O biotita granito é o litotipo predominante e apresenta 2 fácies principais: uma equigranular de granulação média, dominante na área, de composição sieno a monzogranítica; e outra de granulação fina a porfírica, que ocorre como uma faixa irregular na porção sudoeste do sistema plutônico Palanqueta, e que pode apresentar estrutura miarolítica na fácies mais fina.

O albita granito possui formato circular, está localizado na porção central da área e pode ser correlacionado petrograficamente aos diques de albita granito do morro Bom Futuro. Possuem textura porfírica e matriz granítica de granulação fina a média. Os greisens ocorrem nas bordas oeste, norte e leste do albita granito, sob a forma de uma faixa estreita contínua, e são divididos em quatro tipos faciológicos: mica quartzo topázio greisen; quartzo topázio greisen; mica topázio quartzo greisen; e quartzo topázio mica greisen (SOUZA, 2003).

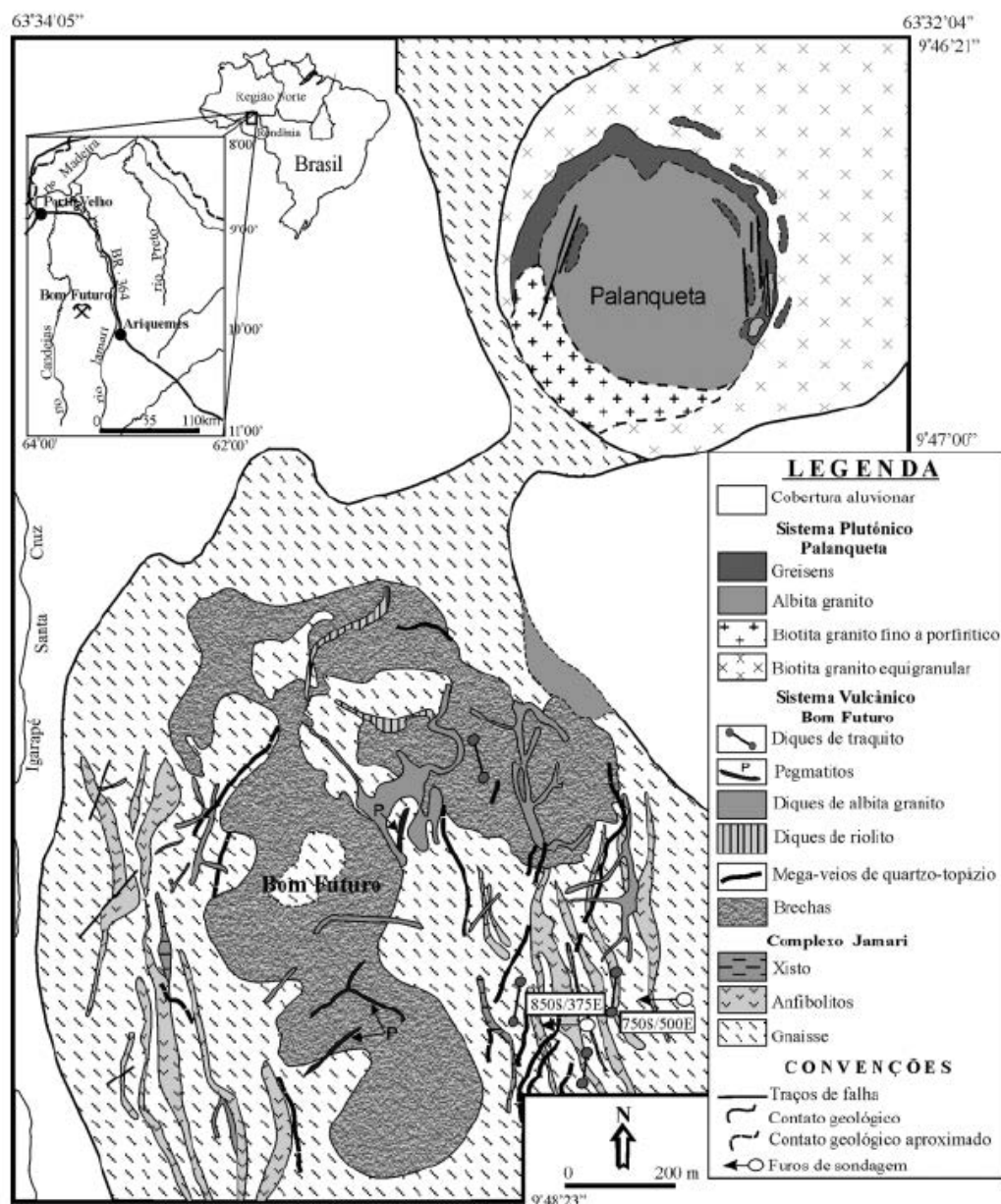
A mineralização no morro Palanqueta é do tipo disseminada nos greisens, que se formaram a partir de processos metassomáticos associados ao alojamento do albita granito no biotita granito. Consequentemente, houve greisenização ao longo de falhas e fraturas que se formaram na zona de contato litológico (SOUZA, 2003).

4.3.1. Cassiterita de Pegmatito

As principais propriedades mineralógicas da cassiterita em pegmatito do morro Bom Futuro são apresentadas na Tabela 6.

A cassiterita foi analisada com base na amostra BF-37 (Prancha 4a,b). A amostra tem 8 cm x 6 cm de dimensão e é formada por agregados de cristais de cassiterita. Macroscopicamente os cristais são subeuédricos de hábito (bi)piramidal e geminados, apresentam coloração preta e cinza escura, opacidade, brilho submetálico e tamanho variando de 1 cm a 3 cm. A geminação é simples do tipo “em cotovelo” ou “bico de estanho”.

Figura 8: Mapa geológico simplificado do depósito de estanho de Bom Futuro.



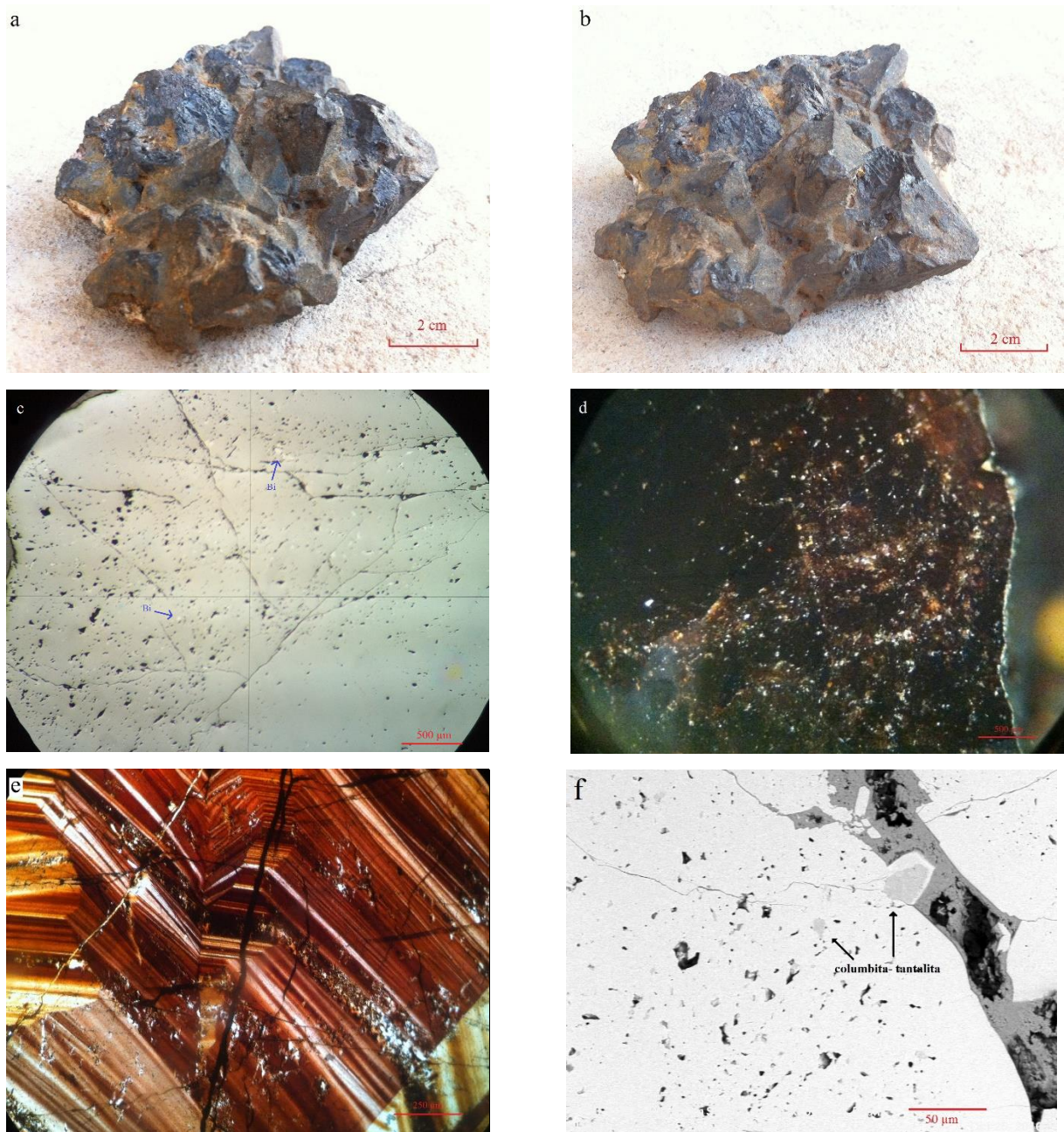
Fonte: Souza (2003).

Ao microscópio os cristais possuem alto relevo e estão moderadamente fraturados. Apresentam pleocroísmo, anisotropia, reflexão interna, zoneamento e inclusões minerais. O pleocroísmo e zoneamento são fortes, ambos definidos por bandas de diferentes cores que se alternam entre bege, preto, e tons de marrom claro, escuro, avermelhado e amarelado (Prancha 4c,d,e). A espessura das bandas é variável, com menos de 0,1 mm até 0,6 mm. A anisotropia é moderada de cores cinza e cinza escuro. A reflexão interna é comum nas porções da seção polida onde a cor adquire tons mais claros, de cores amarela, branca e laranja. Nas porções mais escuras ou pretas a reflexão interna não ocorre.

As principais inclusões encontradas foram de columbita-tantalita (Prancha 4f) e óxido de bismuto. Este último ocorre sempre na forma de pequenas gotículas brancas, dispersas na seção polida, enquanto a primeira é geralmente maior e possui coloração cinza clara.

Tabela 6: Características da cassiterita de pegmatito de Bom Futuro.

Características	Cassiterita de pegmatito
Hábito	(bi)piramidal
Tamanho	1 cm a 3 cm
Cor	cinza escuro/preto
Diafaneidade	opaco
Pleocroísmo	forte (bege, preto, marrom)
Zoneamento	forte, regular
Anisotropia	moderada (cinza/cinza escuro)
Reflexão Interna	comum em partes (amarelo, laranja, branco)
Inclusões	columbita-tantalita, óxido de Bi



Prancha 4 – a) e b) Cassiterita de pegmatito, de hábito (bi)piramidal e brilho submetálico. Amostra BF-37; c) Fotomicrografia de cristal de cassiterita, moderadamente fraturado, com inclusões de óxido de bismuto. Luz refletida, nicóis paralelos. Seção BF-37f; d) Fotomicrografia de cristal de cassiterita, com reflexão interna moderada. Luz refletida, nicóis cruzados. Seção BF-37f; e) Fotomicrografia de cristal de cassiterita com zoneamento intenso. Luz transmitida, nicóis paralelos. Lâmina BF-37d; f) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura - inclusões de columbita-tantalita em cassiterita de pegmatito. Seção BF-37f.

4.3.2. Cassiterita de Greisen

As propriedades físicas da cassiterita de greisen do morro Palanqueta são apresentadas na Tabela 7.

A cassiterita de greisen foi analisada com base nas amostras BF-39 (Prancha 5a), que consistem em pequenos cristais de cassiterita subeuédricos de hábito (bi)piramidal. Apresentam coloração que varia entre cinza, marrom e castanho escuro, brilho submetálico ou subadamantino, e alguns cristais são translúcidos e outros opacos. O tamanho dos cristais varia entre 1 mm a 2 mm, com predomínio dos cristais menores que 1,5 mm. Cabe ressaltar que a pequena dimensão dos cristais dificulta a identificação da geminação e de faces que poderiam caracterizar hábito prismático do mineral.

Ao microscópio os cristais têm aproximadamente 2 mm de dimensão, são subeuédricos e euédricos e pouco fraturados (Prancha 5b,c). O pleocroísmo não foi observado, uma vez que apenas seções polidas foram analisadas. Apresentam anisotropia, reflexão interna e inclusões minerais.

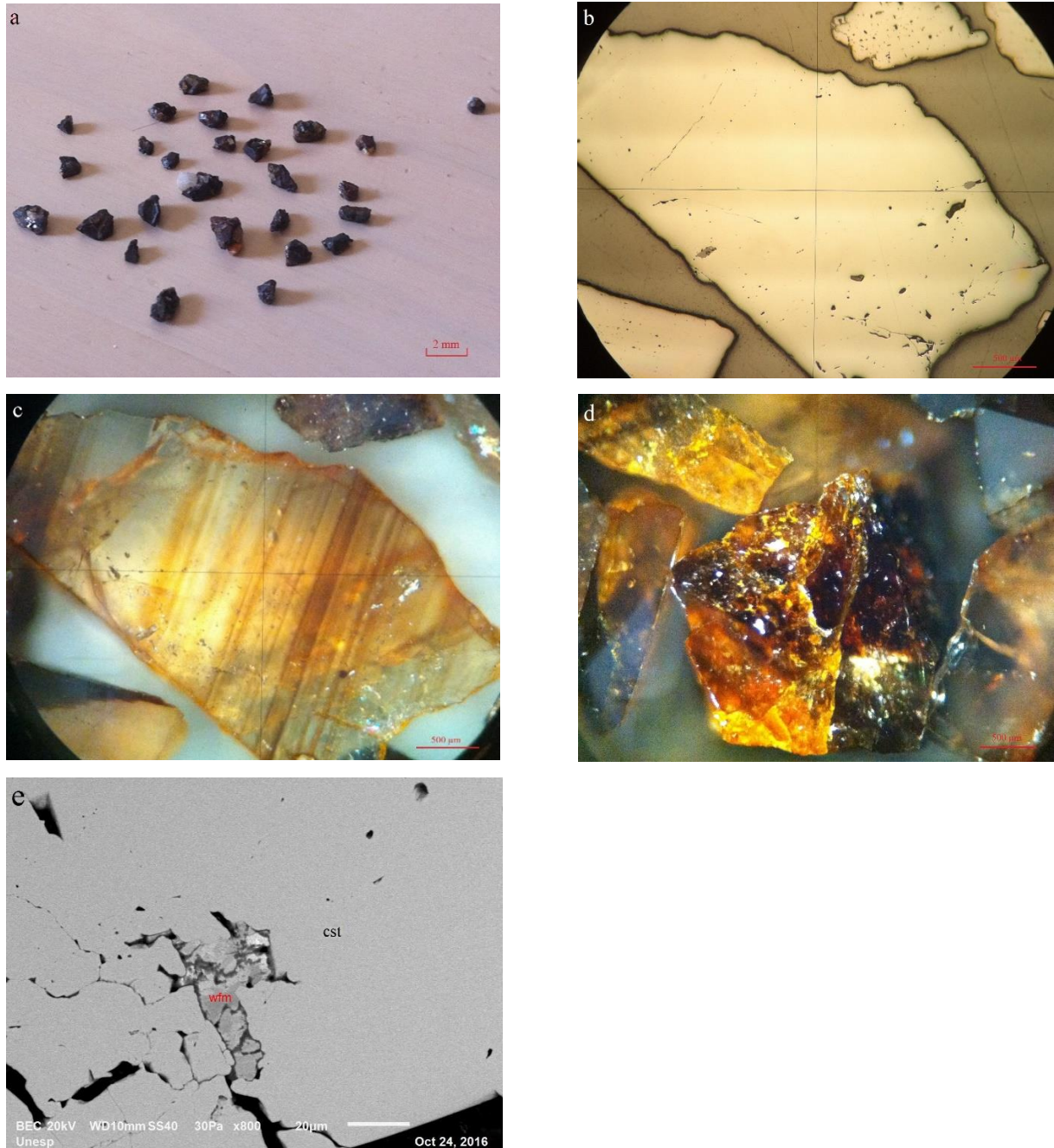
A maioria dos cristais não apresenta zoneamento. Quando presente, o zoneamento é moderado e ocorre de forma restrita em alguns cristais, definido por faixas regulares que se alternam entre as cores amarelo, castanho claro e preto. As faixas possuem aproximadamente 0,3 mm de espessura.

A anisotropia é fraca e definida pela alternância entre partes de cor mais clara (marrom claro/cinza) e partes de cor escura (preto/cinza escuro). A reflexão interna manifesta-se de forma abundante, de cor que varia entre marrom, marrom clara alaranjada, branca e amarela (Prancha 5d).

Inclusões de wolframita (ferberita) são frequentes, de cor cinza (Prancha 5e). Em algumas delas há partes onde foram identificados altos teores de Nb. Inclusões de óxido de ferro também são comuns, na forma arredondada e maiores que as inclusões de wolframita.

Tabela 7: Características da cassiterita de greisen de Palanqueta.

Características	Cassiterita de greisen
Hábito	(bi)piramidal
Tamanho	1 mm a 2 mm
Cor	cinza, marrom, castanho escuro
Diafaneidade	translúcido/opaco
Pleocroísmo	não observado
Zoneamento	restrito, moderado
Anisotropia	moderada (cinza/marrom)
Reflexão Interna	abundante (marrom, branca, amarela)
Inclusões	óxido de Fe, wolframita



Prancha 5 – a) pequenos cristais de cassiterita provenientes de greisen. Amostra BF-39; b) cristal subeuédrico de cassiterita. Nicóis paralelos. Seção BF-39a; c) cristal subeuédrico de cassiterita. Nicóis cruzados. Seção BF-39a; d) cristal subeuédrico de cassiterita com reflexão interna abundante. Nicóis cruzados. Seção BF-39b; e) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura – inclusão de wolframita. Cst = cassiterita, wfm = wolframita. Seção BF-39a.

4.4. Distrito Mineiro Santa Bárbara

O Maciço Granítico Santa Bárbara (Figura 9) pertence à Suíte Granitos Últimos de Rondônia e está localizado no norte da região centro-leste da PER, no Distrito Mineiro de Santa Bárbara. Ao seu redor estão rochas charnockíticas e *augen*-gnaisses graníticos pertencentes à Suíte Intrusiva Serra da Providência, a leste, e coberturas cenozóicas continentais que recobrem toda sua porção norte, oeste e sul (PAYOLLA et al., 2002; SPARRENBARGER, 2003).

A origem das rochas se deu a partir de processos magmáticos até hidrotermais, em três estágios de formação: Estágio Magmático, Estágio Transicional e Estágio Pós-Magmático. As unidades litológicas formadas durante o Estágio Magmático são denominadas Fácies Serra do Cícero, Fácies Serra Azul e Fácies Santa Bárbara. A Fácies Serra do Cícero é formada por granito rosa, maciço, porfirítico de matriz fina a média. A Fácies Serra Azul é formada por granito rosa, maciço, equi a inequigranular, médio a grosso. A Fácies Santa Bárbara é subdividida em duas fácies graníticas transicionais: fácies Santa Bárbara média, rosa porfirítica de matriz média; e fácies Santa Bárbara fina, equigranular ou porfirítico, rosa-esbranquiçado a branco, de matriz fina (SPARRENBARGER, 2003).

Os dois estágios seguintes atuaram principalmente no domínio da Fácies Santa Bárbara, onde ocorre a mineralização de estanho. São caracterizados por processos de alteração hidrotermal pervasiva e pervasiva fissural, que deram origem a hidrotermalitos. A mineralização estanífera ocorre nas formas disseminada, acamadada, em sistemas de *stockwork*/veios subparalelos e sistemas de veios (SPARRENBARGER, 2003).

4.4.1. Cassiterita de Veio de Quartzo

As propriedades mineralógicas da cassiterita de veio de quartzo do Maciço Granítico Santa Bárbara são apresentadas na Tabela 8.

A cassiterita proveniente de veio de quartzo foi descrita a partir das amostras SB-a e SB-b (Prancha 6a,b), de tamanho 3 cm e 1,7 cm, respectivamente. Os cristais são subeuédricos de hábito bipiramidal e prismático curto, geminados e suas faces são estriadas. São translúcidos, com brilho subadamantino e possuem coloração cinza e castanho escura.

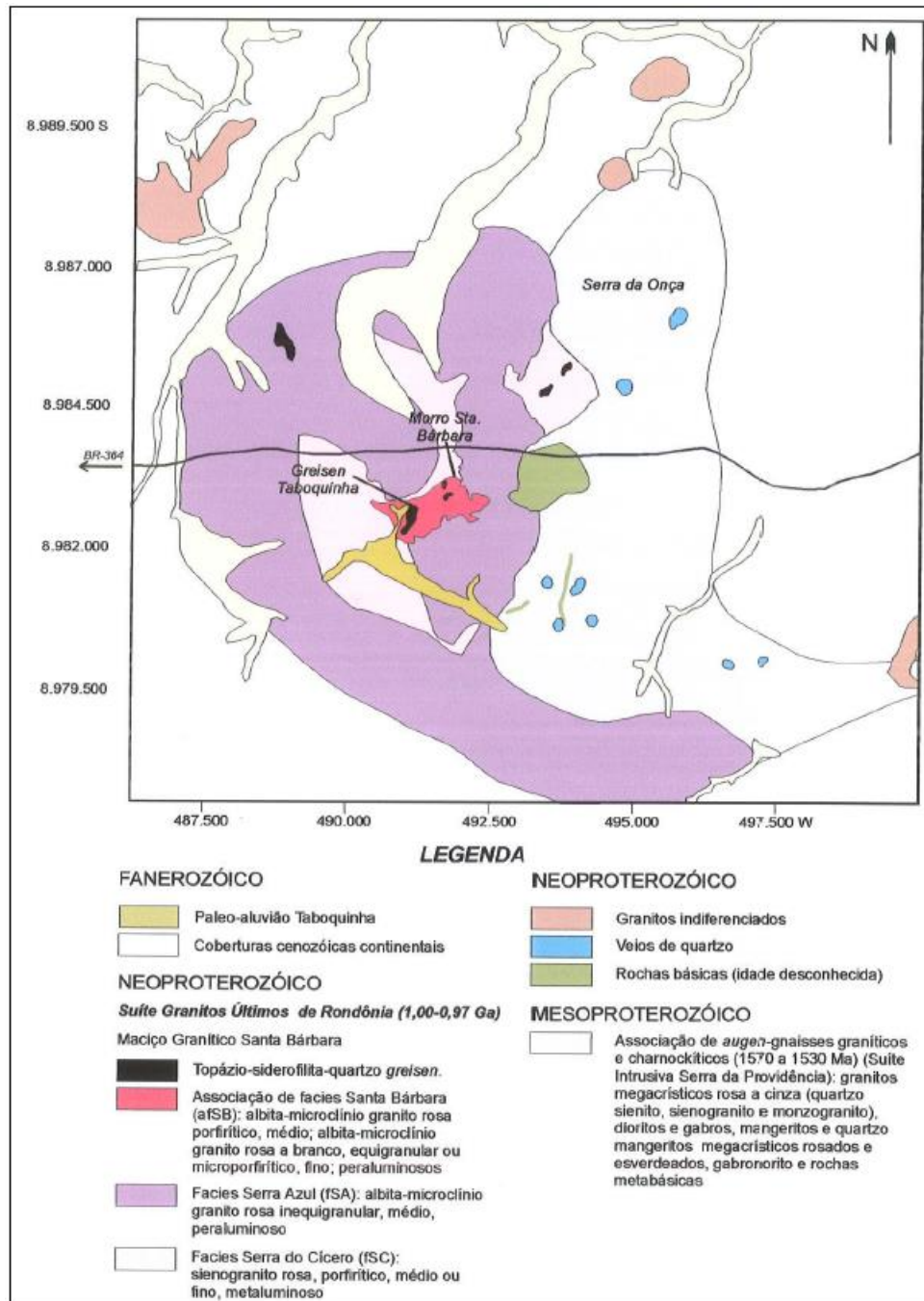
O hábito é caracterizado pela ocorrência de faces prismáticas curtas (Prancha 6b) e pelas formas de bipirâmides. A geminação é simples do tipo “em cotovelo” ou “bico de estanho” (Prancha 6a), e forma-se segundo o plano da bipirâmide de segunda ordem.

Ao microscópio óptico de luz refletida a cassiterita é pouco fraturada, subeuédrica, não pleocróica e possui anisotropia fraca, com cor que varia entre cinza escuro e manchas vermelhas

e marrom avermelhadas em porções restritas do cristal. A reflexão interna é comum de cores amarelo claro, branco, vermelho e laranja.

Óxido de ferro é frequentemente encontrado na forma de inclusões, dispersas pelo cristal e de cor mais escura. Também foram identificadas inclusões de wolframita, porém mais raras e muito pequenas (Prancha 6e).

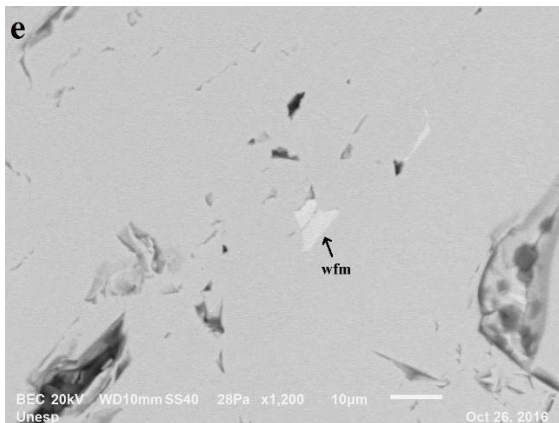
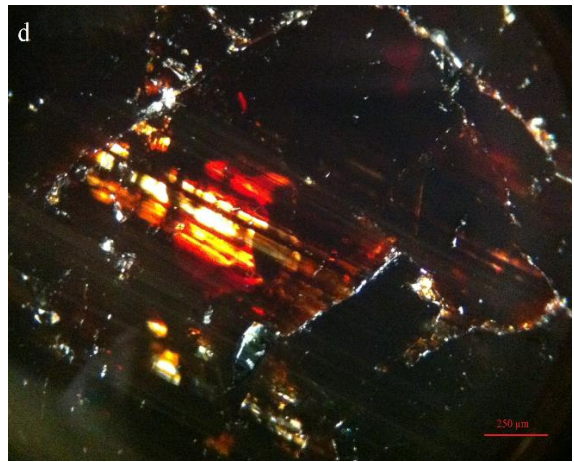
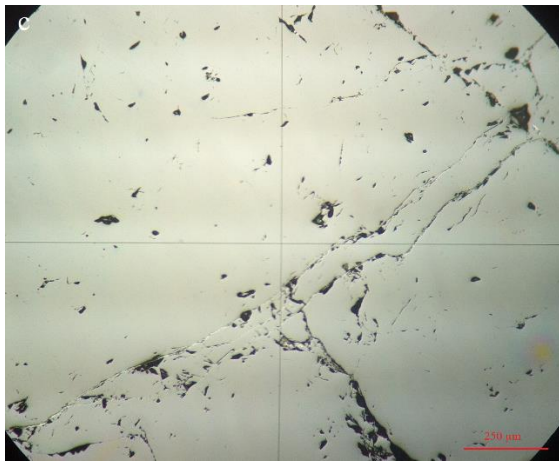
Figura 9: Mapa geológico do Maciço Granítico Santa Bárbara.



Fonte: Sparrenberger (2003), compilado e modificado de Frank (1990), CESBRA (1994) e Payolla et al. (2002).

Tabela 8: Características da cassiterita de veio de quartzo de Santa Bárbara.

Características	Cassiterita de veio de quartzo
Hábito	(bi)piramidal prismático curto
Tamanho	1,7 cm a 3 cm
Cor	cinza/castanho escuro
Diafaneidade	translúcido
Pleocroísmo	não observado
Anisotropia	fraca (cinza/cinza escuro)
Reflexão Interna	comum (amarelo, laranja, vermelho, branco)
Inclusões	Óxido de ferro, wolframita



Prancha 6 – a) cristal de cassiterita subeuédrico, geminado, com faces estriadas. Amostra SB-a; b) cristal de cassiterita subeuédrico, com faces que configuram hábito prismático. Amostra SB-b; c) fotomicrografia de cassiterita de veio de quartzo com microfraturas preenchidas por óxido de ferro. Nicóis paralelos. Seção SB-5; d) fotomicrografia de cassiterita de veio de quartzo com manchas de cor vermelho escuro, marrom avermelhado e amarelo. Nicóis cruzados. Seção SB-5; e) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura – inclusão de wolframita. Wfm = wolframita. Seção SB-5.

4.4.2. Cassiterita de Greisen

As propriedades da cassiterita de greisen do Maciço Granítico Santa Bárbara são apresentadas na Tabela 9.

A cassiterita foi analisada a partir das amostras SB-1 e SB-3 (Prancha 7a,b). As amostras apresentam coloração branca e cinza clara, têm respectivamente 8 cm x 10 cm e 10 cm x 9 cm de dimensão e apresentam quartzo, mica e feldspato potássico como constituintes principais.

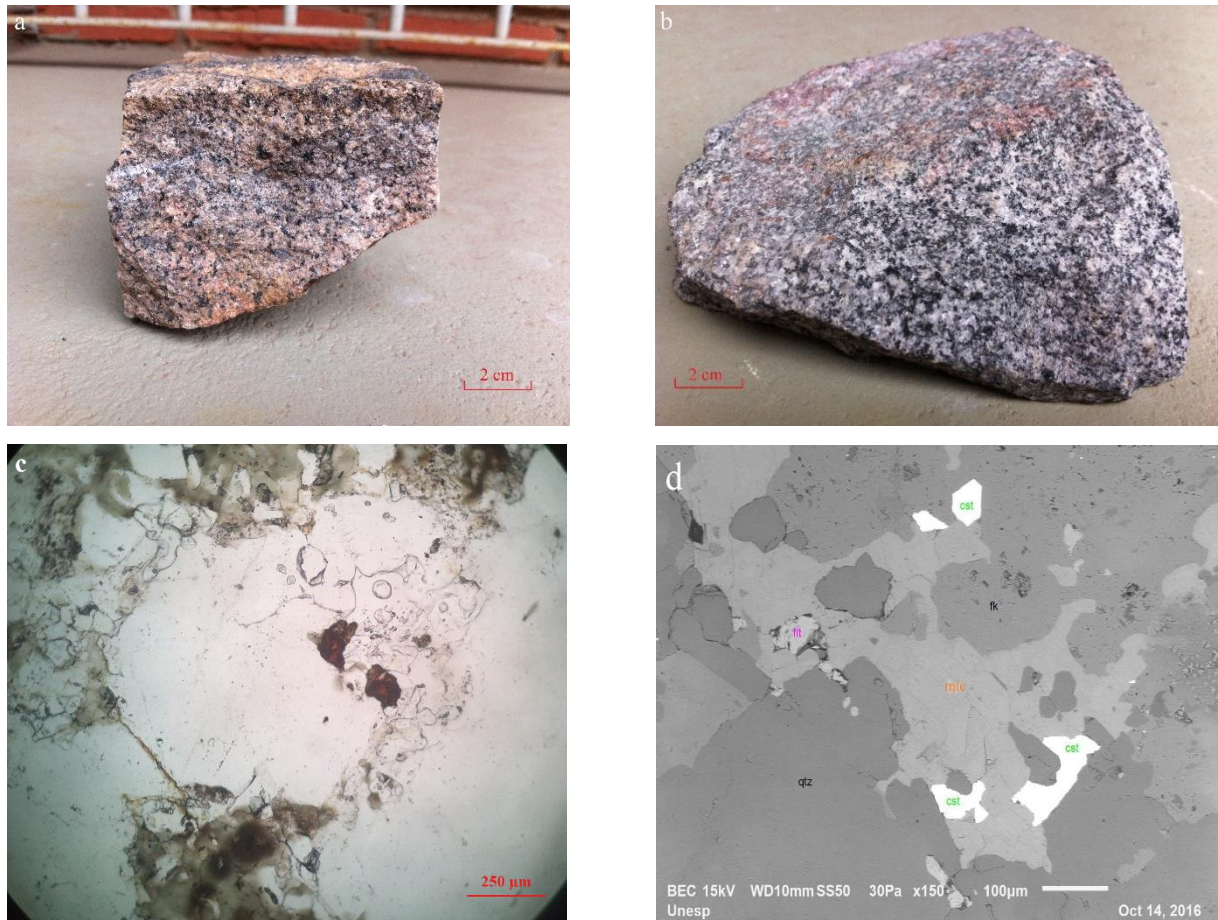
Os cristais de cassiterita não foram caracterizados macroscopicamente, uma vez que só puderam ser observados ao microscópio óptico em luz transmitida.

A cassiterita ocorre ocasionalmente, como mineral acessório, na forma de pequenos cristais anédricos, de hábito granular e tamanho que atinge no máximo 0,1 mm de diâmetro (Prancha 7c). Possuem alto relevo e pleocroísmo. Não apresentam zoneamento e não foram encontradas inclusões minerais.

O pleocroísmo é fraco e definido por cores que variam entre castanho claro, escuro e avermelhado. A cassiterita ocorre associada a quartzo, feldspato potássico e mica (biotita). Topázio, fluorita e zircão ocorrem como minerais acessórios (Prancha 7d).

Tabela 9: Características da cassiterita de greisen de Santa Bárbara.

Características	Cassiterita de greisen
Hábito	granular
Tamanho	< 0,1 mm
Cor	castanho claro, escuro, avermelhado
Diafaneidade	não observado
Pleocroísmo	fraco (castanho claro, escuro e avermelhado)
Anisotropia	não observado
Reflexão Interna	não observado
Inclusões	não observado



Prancha 7 – a) greisen proveniente do Maciço Granítico Santa Bárbara. Amostra SB-1; b) greisen proveniente do Maciço Granítico Santa Bárbara. Amostra SB-3; c) Fotomicrografia de cristal de cassiterita castanho claro e castanho avermelhado. Nicóis paralelos. Lâmina SB-3; d) Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura – cassiterita associada a quartzo, mica, fluorita e feldspato. Cst = cassiterita, qtz = quartzo, fk = feldspato, mic = mica, flt = fluorita. Lâmina SB-1.

5. DISCUSSÕES

A partir das análises macroscópicas e microscópicas da cassiterita proveniente dos distritos mineiros de São Lourenço, Potosi, Bom Futuro e Santa Bárbara foi possível identificar similaridades e diferenças entre a cassiterita derivada de pegmatito, veio de quartzo e greisen.

Dentre as propriedades físicas observadas, o hábito, as cores, a diafaneidade e o brilho são as que mais se modificam segundo a origem da cassiterita. Dois grupos podem ser distinguidos com base no hábito dos cristais. O hábito (bi)piramidal, sem faces prismáticas, é comum na cassiterita de pegmatito e greisen, apesar de que nestes últimos a identificação do hábito foi dificultada pelo tamanho muito pequeno dos cristais ($\geq 1,5$ mm). A cassiterita de veio de quartzo apresentou hábito bipiramidal e primástico curto, com faces prismáticas notáveis.

Para Smirnov (1987), o hábito bipiramidal pode ser indicativo de cassiterita de origem pegmatítica, enquanto o hábito bipiramidal e prismático curto pode indicar proveniência de veio de quartzo. Esta afirmação é corroborada por outros trabalhos nos quais a cassiterita dessas origens teve seu hábito descrito (LEITE JÚNIOR, 1992; BARBOSA, 2004; PEREIRA et al, 2008; DIAS et al, 2013). O desenvolvimento de prismas curtos pode estar associado a alta temperatura de formação dos cristais de cassiterita (TAYLOR, 1979).

A cor em tons mais escuros representada por cinza escuro ou preto, bem como a opacidade dos cristais também podem caracterizar origem pegmatítica da cassiterita, enquanto cores em tons mais claros, entre castanho e marrom, e translucidez caracterizam cassiterita proveniente de veios de quartzo (SMIRNOV, 1987). Neste trabalho, dois grupos podem ser distinguidos em relação a cor e diafaneidade dos cristais. A cassiterita de pegmatito possui coloração cinza escura/preta, é opaca e possui brilho submetálico, enquanto a cassiterita proveniente de veios de quartzo e greisen apresenta coloração cinza, marrom escura ou castanha, é mais translúcida e não possui brilho submetálico.

A cassiterita do morro Bom Futuro de origem pegmatítica foi descrita por Dias et al. (2013) como apresentando coloração preta. A coloração caramelo, castanho, marrom avermelhado e vermelho escuro foi identificada em cassiterita de greisen por diversos autores (LEITE JÚNIOR, 1992; BORGES et al., 2003; PEREIRA et al., 2008; FEIO et al. 2011).

O tamanho dos cristais da cassiterita de pegmatito e veios de quartzo é similar. Apenas um cristal de cassiterita de veios de quartzo é ligeiramente maior que os outros. Por outro lado, a cassiterita de origem associada a greisen apresenta diferenças significativas, sob a forma de cristais muito menores em relação aos outros.

O tamanho relativamente pequeno de cristais de cassiterita de greisen também foi descrito por Leite Júnior (1992), Borges (2003) e Souza (2003). Smirnov (1987) observou pequena diferença entre o tamanho dos cristais de cassiterita de pegmatito e de veios de quartzo, sendo estes últimos, em média, maiores.

Em relação às propriedades ópticas, as cassiteritas de greisen, veios de quartzo e pegmatito se diferem muito pouco e não apresentam muitas características próprias que possam ser diferenciadas segundo os tipos de depósitos aos quais associam-se. O pleocroísmo em cassiterita de pegmatito é mais forte em relação à cassiterita de greisen e de veios de quartzo. Isto está de acordo com o que Taylor (1979) relata em seu trabalho. Taylor (1979) aponta que a cassiterita de greisen é frequentemente parcialmente pleocróica, o que é evidenciado na cassiterita analisada de São Lourenço.

Smirnov (1987) descreve o zoneamento da cassiterita de veios de quartzo como mais forte e frequente do que o zoneamento da cassiterita de pegmatito. Neste trabalho, em oposição ao que aponta Smirnov (1987), o zoneamento da cassiterita de pegmatito é mais forte e regular em relação aos demais, que se manifestam em manchas irregulares e em menor frequência.

A reflexão interna é comum e manifesta-se de maneira similar em todas as amostras analisadas, sendo mais frequente apenas na cassiterita de greisen de Bom Futuro. Segundo Uytenbogaardt e Burke (1971) as reflexões internas tendem a aumentar com maiores teores de Ta.

As inclusões mais comuns encontradas foram de columbita-tantalita e bismuto metálico na cassiterita de pegmatito, wolframita e óxido de titânio na cassiterita de greisen e óxido de ferro na cassiterita dos veios de quartzo.

As inclusões de columbita-tantalita são comuns em cassiterita de pegmatito e foram identificadas por alguns autores (PEREIRA et al, 2008; DIAS, 2012). Sua ocorrência frequente pode estar relacionada ao teor relativamente alto de Ta e Ta_2O_5 encontrado em cassiterita de pegmatito (SMIRNOV, 1987), em consequência do enriquecimento natural destes elementos em virtude de ficarem disponibilizados nas fases finais de cristalização e serem carregados pelo líquido gerador dos pegmatitos (BELSKAMI et al, 2000).

Inclusões abundantes de óxido de titânio foram frequentemente encontradas na cassiterita de greisen de Potosi, enquanto inclusões de wolframita foram identificadas no greisen de Bom Futuro. Pereira et al. (2008) correlaciona a presença de inclusões de ilmenorutilo associada ou não a wolframita à cassiterita com gênese relacionada a greisen e/ou filões greisenizados. Em contrapartida, neste trabalho foram encontradas muitas inclusões de

óxido de bismuto na cassiterita de pegmatitos, ao passo que Pereira et al. (2008) identifica o predomínio de inclusões de minerais de bismuto na cassiterita de greisen e filões greisenizados.

As inclusões de óxido de ferro foram identificadas por Pereira et al. (2008) em cassiterita derivada de greisen. No presente trabalho, elas são frequentemente encontradas na cassiterita de veios de quartzo de Santa Bárbara.

Leite Júnior (1992) aponta para a ocorrência de cassiterita magnética em Oriente Novo. Neste trabalho não foi identificado magnetismo na cassiterita analisada.

6. CONCLUSÃO

A cassiterita de pegmatito e de greisen apresenta hábito (bi) piramidal, apesar de o tamanho muito pequeno dos cristais oriundos de greisen ter dificultado a identificação do hábito. A cassiterita de veios de quartzo apresenta hábito bipiramidal e prismático curto.

A coloração da cassiterita de pegmatito varia entre cinza escuro e preto, enquanto a cassiterita de greisen e veio de quartzo é predominantemente marrom/castanho escura. A cassiterita de pegmatito é opaca e possui brilho submetálico. A cassiterita de greisen e veio de quartzo é geralmente translúcida e seu brilho varia entre adamantino e subadamantino.

A dimensão dos cristais de cassiterita de pegmatito e veio de quartzo é semelhante, geralmente maiores que 1 cm, enquanto os cristais de cassiterita de greisen são muito menores, com aproximadamente 1 mm.

O zoneamento da cassiterita de pegmatito é forte e regular, ocorrendo em faixas. Na cassiterita de veio de quartzo e greisen o zoneamento é relativamente mais fraco e irregular, em manchas.

A cassiterita de pegmatito apresenta inclusões abundantes de columbita-tantalita e óxido de bismuto. Na cassiterita de greisen, predominam inclusões de wolframita e óxido de titânio. A cassiterita de veio de quartzo possui inclusões de óxido de ferro.

Não foram encontradas variações significativas de pleocroísmo, anisotropia, reflexão interna e nas geminações que pudessem diferenciar a cassiterita segundo o tipo de depósito ao qual ela ocorre associada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA, R. B. C. A Formação Palmeiral (Proterozóico Superior) na Serra dos Pacaás Novos, Oeste de Rondônia. 1997. 90 p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.
- BARBOSA, B. Z. A. Geologia e petrografia dos greisens e veios de quartzo mineralizados em estanho e metais associados (W, Zn, Cu, Pb) do morro Potosi, Rondônia. 2004. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- BELSKAMI M., et al. Chemistry of Ta-Nb-Sn-W oxide minerals from the Yichun rare metal granite (SE China): genetic implications and comparison with Moroccan and French Hercynian examples. Min. Mag., 64(3), p. 507-523, 2000.
- BETTENCOURT, J. S. et al. Tectonic interpretation of $^{40}\text{Ar}/^{35}\text{Ar}$ ages on country rocks from the central sector of the Rio Negro-Juruena Province, SW Amazon Craton. In: SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS, 6., 1995, Belém. Abstracts. Belém: UFPA, 1995, p. 14.
- BETTENCOURT, J. S. et al. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rodônia 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. et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Step heating laser system dating of zinnwaldite and muscovite from tin deposits of the Rondônia Tin Province, Brazil: evidence for multiple mineralization episodes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METALOGENIA, 1., 2005, Gramado. Resumos Expandidos. Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- BIONDI, J. C. Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros. São Paulo: Oficina de Textos, 2003, 528 p.
- BORGES, R. M. K. et al. Geologia, petrografia e química mineral das micas dos greisens estaníferos associados ao Plúton Água Boa, Pitinga (AM). Revista Brasileira de Geociências, v. 33, p. 51-62, 2003.
- 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. et al. Geologia e mineralogia do pegmatito estanífero Cascavel, Mina Bom Futuro, Rondônia. Geociências, v. 32, n. 4, 2013. p. 731-745.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Sumário mineral 2015. Brasília, 2015, v. 35. 135 p.
- FEIO, G. R. L. et al. Mineralogia dos greisens da área Grota Rica, Plúton Água Boa, Pitinga, Amazonas. Revista Brasileira de Geociências. v. 41, p.436-446, 2011.

FOSTER, P. L. L. et al. Granitos subvulcânicos do Maciço Palanqueta, Mina Bom Futuro, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 7., 2015, São Paulo. Anais. São Paulo: USP, 2015. p. 35.

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.

HURLBUT, D. Mineralogia descritiva: Óxidos. In: HURLBUT, D. Manual de Mineralogia. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1969. v. 2, p. 303-342

ISOTTA, C. A. L. et al. Projeto Província Estanífera de Rondônia. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1978. v. 2.

KLOOSTERMAN, J. B. Uma província do tipo nigeriano no sul da Amazônia. Engenharia Mineração Metalurgia, v. 47, n. 278, p. 59-64, 1968.

KORPERSHOEK, H. R. et al. Nota Preliminar sobre a jazida estanífera do Morro do Potosi (Jacundá, Rondônia, Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. Anais. Balneário Camboriú, SBG, 1980, v. 3, p. 1574-1588.

LEAL, J. W. L. et al. Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20 Porto Velho. Rio de Janeiro, DNPM/MME, 1978. p. 19-184.

LEITE JÚNIOR, W. B. O Maciço Oriente Novo (RO) e a mineralização estano-tungstenífera associada. 1992. 173 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

LEITE JÚNIOR, W. B. A Suíte Intrusiva Santa Clara (RO) e a mineralização primária polimetálica (Sn, W, Nb, Ta, Zn, Cu, e Pb) associada. 2002. 305 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S. New K-Ar ages of the primary tin mineralization in the Rondônia Tin Province, Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 5., 2001, Pucon, Chile. Extended Abstracts, CD-ROM.

LIMA, J. M. G. Perfil da mineração de estanho. Relatório Técnico 27, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 30 p.

PAYOLLA, B.L. As rochas graníticas e sieníticas das cachoeiras Teotônio e Santo Antônio, Rio Madeira, Porto Velho, Rondônia: geologia, petrografia e geoquímica. 1994. 145p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

PEREIRA, R. M. et al. Determinação da gênese da cassiterita com base na sua composição química e inclusões minerais: ocorrências no sul e sudeste brasileiro. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 246-252, jun. 2008.

QUADROS, M. L. E. S.; RIZZOTTO, G. J. 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, 2007. 153 p.

RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E.; QUADROS, M.L.E.S. Aspectos gerais da associação mangerito-charnockito-granito na porção oriental do Estado de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. Anais. Salvador: SBG, 1996. v.1, p. 35-37.

RIZZOTTO, G. J.; QUADROS, M. L. E. S. Geologia do sudoeste do Cráton Amazônico. Contribuições à Geologia da Amazônia, Porto Velho, v.4, p. 69-84, 2005.

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. Geologia e evolução do Terreno Jamari, embasamento da Faixa Sunsás/Aguapeí, centro-leste de Rondônia, sudoeste do Cráton Amazônico. 2006. 384 p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SMIRNOV, V. I. Geología de yacimientos minerales. Moscou: Mir Ed., 1976, 654 p.

SOUZA, V. S. Evolução magmática e modelo metalogenético do sistema vulcano-plutônico estanífero Bom Futuro (RO). 2003. 240 p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SPARREMBERGER, I. Evolução da mineralização primária estanífera associada ao Maciço Granítico Santa Bárbara, Rondônia. 2003. 252 p. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TASSINARI, C. C. G. O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos. 1996. 139 p. (Livre-Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. Episodes, v. 22, n. 3, p. 174-182, 1999.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. A evolução tectônica do cráton amazônico. In: MANTESSO NETO, V. (Org.) et al. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Ed. Beca. 2004. p. 471-486.

TAYLOR, R. G. Geology of Tin Deposits. In: Developments of Economic Geology 11. Townsville: Elsevier Scientific Publishing Company, 1979. p. 410-439.

UYTENBOGAARDT, W.; BURKE, E. A. J. Tables for microscopic identification of ore minerals. New York: Dover Publications, INC., 1971, 429 p.

YOKOI, O. Y. et al. Potosi, a primary tin deposit in Rondônia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, 1., 1987, Salvador. Extended Abstracts. Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1987. p. 241-243.