



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

CASSIANE GOMES BEVILAQUA

**COMPARAÇÃO DOS TEORES DE ESTANHO
PRESENTES NA CASSITERITA DE MINAS DA
REGIÃO DO VALE DO JAMARI - RONDÔNIA**

ARIQUEMES – RO

2011

Cassiane Gomes Bevilaqua

**Comparação dos teores de estanho presentes na
cassiterita de minas da região do Vale do Jamari -
Rondônia**

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Química da Faculdade de
Educação e Meio Ambiente – FAEMA,
como requisito parcial a obtenção do grau
de Licenciada em Química.

Profa. Orientadora: Ms. Filomena Maria
Minetto Brondani

Ariquemes – RO

2011

Cassiane Gomes Bevilaqua

**COMPARAÇÃO DOS TEORES DE ESTANHO PRESENTES
NA CASSITERITA DE MINAS DA REGIÃO DO VALE DO
JAMARI - RONDÔNIA**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Química da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do grau de licenciada em Química.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a Orientadora: Ms. Filomena Maria Minetto
Brondani

Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof. Ms. Renato André Zan

Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof. Ms. Gustavo José Farias

Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes, _____ de _____ de 2011

Dedico a Deus que me deu forças para prosseguir.
Aos meus pais Ademir e Marlene por todo amor e dedicação.
Aos meus irmãos Fernanda, Daniel e Maria Luiza pelas várias formas de incentivo.
in memoriam, aqueles que guardarei sempre em meu coração:
Meu amigo Oséias Ferreira de Oliveira, Tio Bilim, Tio Ivair e a minha Avó Eva.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por mais essa conquista em minha vida. A meu pai Ademir e minha mãe Marlene que me ensinaram que o amor e compreensão da família é o que a mantém unida, e que em todas as horas estiveram me apoiando, orientando meu caminho e incentivando meus anseios.

A minha irmã Fernanda por ter sido a primeira a ter me mostrado a melhor forma de colocar no papel tudo o que em meu pensamento antes estivera aprisionado. Meus irmãos Daniel e Maria Luiza que mesmo pequenos, me incentivaram com sua vontade e curiosidade de sempre aprender mais.

Aos meus avós Generino e Maria por toda alegria e companheirismo que a mim dedicaram.

Ao meu colega de trabalho e Técnico em Química Willian Geraldo Neves, por ter me ajudado imensamente nas análises e pela atenção dedicada ao meu trabalho.

Ao Geólogo Paulo S. M. Júnior pelas valiosas dicas e pelo auxílio generoso.

Meus amigos de faculdade que estiveram sempre presentes e dispostos a compartilhar as dificuldades e alegrias que um curso superior pode trazer, em especial agradeço a minha amiga Fernanda por compartilhar e cultivar essa amizade muito antes de iniciarmos nossa jornada acadêmica, as minhas amigas Rosecleia, Irizádina e Franciele por sempre estarem por perto para me ouvir.

Meu agradecimento aos professores Renato André Zan, Rosani Aparecida Alves Ribeiro de Souza, Marcos Yuri Camparoto da Silva, Nathália Vieira Barbosa, Cristina Adriana Rodrigues Kern, Vera Geron, Lucy Pazzini, Gustavo José Farias, Humberto Hirome Takeda, Célia Alencar da Silva Bueno, Osvino Shimidt, Fernando Villas, Lilian Macedo, Adir Faccin, Deiver Alessandro, que não mediram esforços para me auxiliar e sanar minhas dúvidas, e especialmente ao Wanderley Vital que foi de fundamental importância para a escolha e desenvolvimento desse trabalho, ao professor Ricardo Kind que foi o grande responsável por despertar em mim a vontade de cursar Química, e a professora Ms. Filomena Maria Minetto Brondani que além de orientadora do meu trabalho de conclusão de curso, acompanhou meus passos no caminho da educação desde muito tempo com muito amor e dedicação.

“Se os senhores da guerra mateassem ao pé do fogo deixando o ódio pra trás, antes de lavar a erva o mundo estaria em paz”.

Silvio Aymone Genro

RESUMO

O Brasil figura entre os países com maior potencial estanífero a nível mundial, com destaque para a região norte, a qual Rondônia destaca-se por possuir o maior garimpo a céu aberto do mundo, o de Bom Futuro, além de outros como o de Massangana, o de Campo Novo de Rondônia, o de Itapuã do Oeste os quais colaboram para a economia local e regional. A exploração da cassiterita é capaz de transformar o local de exploração, deixando-o impróprio para cultivo, porém, o monitoramento realizado pelos órgãos governamentais através da fiscalização tem sido fundamental para a minimização do impacto ambiental. O presente trabalho teve como meta quantificar e comparar os dados referentes a porcentagem de estanho contido no minério de cassiterita advindos de sete minas localizadas no Vale do Jamari, região de Ariquemes-RO. As amostras coletadas tiveram porcentagens variando entre 58,5% e 74,5%, indicando uma cassiterita de boa qualidade. Os dados indicaram que o teor de estanho obtido em cada mina é diferente, porém muito próximos, além disso o teste ANOVA - Tukey mostra que estatisticamente essas diferenças não são significativas, exceto para as amostras da mina Campo Novo (02) comparadas com a mina Minerais e Metais (06) que apresentaram diferença significativa de ($p < 0,05$).

Palavras-chave: Vale do Jamari - RO, Estanho, Cassiterita, Garimpo.

ABSTRACT

Brazil is among the countries with the greatest potential tinny worldwide, especially in the northern region, which Rondonia stands out for having the largest open pit gold mine in the world, of Bom Future, and other like Massangana the New Field of Rondonia, Western Itapuã which collaborate to local and regional economy. The exploitation of cassiterite is able to turn the site of operation, making it unfit for cultivation, however, the monitoring conducted by government agencies through the monitoring has been instrumental in minimizing the environmental impact. This study aimed to quantify and compare the data on the percentage of tin contained in the ore cassiterite samples had percentages ranging between 58.5% and 74, 15%, indicating a tin of good quality. The data indicated that the tin content obtained at each mine is different, but very close, yet the ANOVA-Tukey test shows that these differences are not statistically significant, except for samples from the mine Campo Novo (02) compared with the mine minerals and Metals (06) that showed significant difference of <0.05 the level of significance $\alpha = 0,05$.

Keywords: Jamari Valley – RO, Tin, Cassiterite, Gold mining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico 1- Média Da Produção Brasileira De Cassiterita	16
Figura 2 - Mapa 1- Localização Das Minas No Estado De Rondonia.....	22
Figura 3 - Amostra De Cassiterita Antes Da Pulverização	23
Figura 4 - Amostra De Cassiterita Depois Da Pulverização	23
Figura 5 - Cadinho De Ferro Com Amostra Em Fundição.....	24
Figura 6 - Erlenmeyer Na Canaleta Para Resfriamento	25
Figura 7 - Amostra Antes Da Titulação	26
Figura 8 - Amostra Depois Da Tirulação	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
ABNT-NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ERSA	Empresa Mineradora – Estanho de Rondônia S.A.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
SnO ₂	Óxido estanoso (Cassiterita)
WO ₃	Óxido de tungstênio
Ta	Tântalo
Pb	Chumbo
Bi	Bismuto
Si	Silício
Ti	Titânio
NaOH	Hidróxido de sódio
HCl	Ácido clorídrico
NaHCO ₃	Bicarbonato de sódio
KIO ₃	Iodato de potássio
KI	Iodeto de potássio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 HISTÓRICO: SURGIMENTO DA CASSITERITA E DO ESTANHO	13
2.2 CASSITERITA NO ESTADO DE RONDÔNIA.....	14
2.3 BENEFICIAMENTO DA CASSITERITA	15
2.4 IMPORTÂNCIA INDUSTRIAL DO ESTANHO.....	15
2.5 LIGAS DE ESTANHO.....	17
2.6 ASPECTOS AMBIENTAIS	18
3 OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4 METODOLOGIA	21
4.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	21
4.2 ANÁLISE DO TEOR DE ESTANHO ATRAVÉS DE VIA ÚMIDA.....	24
4.3 TITULAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ESTANHO	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

INTRODUÇÃO

A influência dos minerais sobre a vida e desenvolvimento de um país é relevante, uma vez que o crescimento da população ocasiona o aumento da demanda de matéria prima para atender às crescentes necessidades oriundas de diversos meios produtivos. Não se imagina o avanço econômico e ou industrial sem a exploração de recursos minerais, assim, o consumo per capita de minerais em forma de matéria prima e industrializados nos países desenvolvidos é superior aos países em desenvolvimento, como o Brasil. (LUZ ; LINS, 2004).

Desde a antiguidade os minerais e rochas estiveram presentes no avanço das civilizações, a exemplo do sílex (rocha muito dura composta de calcedônia e opala, de cor ruiva, parda ou negra.), valioso no Paleolítico, e o domínio da metalurgia do cobre, estanho e ferro no Neolítico. Os bens minerais foram motivos de guerras e vetores de povoamento e colonização ao longo da história. A grande arrancada ao consumo de bens minerais ocorreu a partir da Revolução Industrial, na Inglaterra. De 1750-1860, o desenvolvimento apoiou-se no trinômio carvão-ferro-vapor, afetando, sobretudo, o setor têxtil, e a partir de 1860, no trinômio petróleo-eletricidade-aço, beneficiando todos os setores industriais. Neste período foi notável o aprimoramento da metalurgia e da petroquímica. Mais recentemente utiliza-se urânio na indústria nuclear e silício na informática, demonstrando que os bens minerais são indispensáveis ao desenvolvimento humano. (REBELO; GUIMARÃES; REIS NETO, 2003).

“Os minerais fazem parte dos recursos naturais de um país, ao lado das terras para agricultura, das águas (de superfície e subterrânea), biodiversidade etc.” (LUZ ; LINS, 2004, p. 10).

Dentre muitos minerais existentes, alguns ganham destaque devido a grande importância comercial, segundo o informe mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em relação a 2002, a produção de minério de ferro e Silvinita/Carnalita (rochas potássicas) registrou aumento. Para o ferro o aumento foi de 10,1%, sendo que esse resultado provém de uma maior demanda mundial desse minério (13,5%), principalmente por ter ocorrido um acréscimo na produção de aço da China. Para as rochas potássicas, o aumento em 2003 foi de 15,3%, alcançando

2,3 milhões de toneladas. No que se refere ao alumínio (bauxita) a produção brasileira foi de 17 milhões de toneladas, registrando um crescimento de

28,9%, reflexo do aumento da demanda mundial pelos mercados chineses, americanos e russos. (BRASIL, 2004).

Ainda com base no informe mineral do DNPM, a oferta brasileira de crisotila (silicato natural de ferro e magnésio) provém de uma única mina em operação no país, situada no município de Minaçu, norte do estado de Goiás. A produção em 2003 foi da ordem de 231 mil toneladas, 18,7% superior ao ano anterior, as exportações de fibra tiveram um incremento de 36,1% em virtude de uma maior participação nos mercados do Irã, Indonésia, Índia, China, Malásia, Emirados Árabes e abertura de novos mercados como Moçambique e Coréia do Sul. (BRASIL, 2004).

O minério de cassiterita é importante para a economia a nível nacional, em especial para os estados que a exploram para obtenção de estanho, muito utilizado na formação de ligas juntamente com outros metais, empregado principalmente na fabricação de soldas e em revestimentos de placas metálicas, o que acarreta em uma propriedade antioxidante à essas placas. (RODRIGUES, 2001).

A cassiterita é quimicamente considerada como um óxido estanoso (SnO_2) e, por ser constituída principalmente de estanho, ela apresenta um teor elevado desse metal que pode variar de 60% a 78,9%, e tem como principais características físicas a dureza entre 6 e 7, a densidade que pode variar de 6,8 - 7,1 g/cm^3 , e o brilho adamantino a submetálico. (RODRIGUES, 2001).

É pelo fato de ser econômica e historicamente importante para o estado de Rondônia, que o presente trabalho tem por objetivo analisar o teor de estanho proveniente de sete minas localizadas na região do Vale do Jamari – RO.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO: SURGIMENTO DA CASSITERITA E DO ESTANHO

O surgimento do estanho se deu na idade do bronze, na antiga Mesopotâmia, o qual era misturado ao cobre formando uma liga, dando origem ao bronze, e acredita-se que esse procedimento vem desde o ano 3.500 a.C.. O estanho por proporcionar maior dureza e resistência à corrosão, foi muito utilizado na produção de armas e ferramentas. (RODRIGUES, 2001; CUTER, 2005).

De acordo com Medeiros (1973), historicamente o minério de cassiterita recebeu este nome dos mercantes que percorriam as rotas comerciais em busca de novas reservas de estanho da Espanha, da Britânia e das “Cassiterides”, fato ocorrido por volta de 2.500 a.C.

Filgueiras (2002) relata que o referido metal já recebeu vários nomes por ser de uso antigo, sendo que pelos gregos era chamado de *cassiteron*, *plumbum album*, pelos romanos e *stannum* pelos modernos. Apesar de ser encontrado em vários pontos da Europa, como na Alemanha, na Boêmia e na Hungria, o fornecedor primordial fora sempre a Inglaterra, desde o tempo dos fenícios.

No Brasil, segundo Ramos (2003), a cassiterita é encontrada em diversos estados, mas a referência histórica de seu aparecimento e direito de pesquisa pertence a Domingos Ferreira, segundo uma Carta Régia de 28 de Fevereiro de 1765, na Comarca de São Paulo. No início do século XX admite-se a descoberta de aluviões estaníferas com atividades garimpeiras, na cidade de Encruzilhada do Sul (RS).

A descoberta do minério de cassiterita a partir daí, ocorreu por todo o Brasil, no entanto alguns estados mereceram destaque. Em Mato Grosso a cassiterita foi descoberta no município de Aripuanã e na localidade de São Francisco, no ano de 1968; em Goiás os depósitos de Cassiterita concentram-se nos municípios de Cavalcante, Minaçu, Nova Roma, Monte Alegre de Goiás e São Domingos, no estado de Tocantins um decreto de lavra, em uma área de 671 ha, está no domínio da Serra Dourada. (RODRIGUES, 1997).

Na Região Amazônica, existem minas importantes de cassiterita, sendo a mais importante a de Pitinga, localizada a 300 km ao norte de Manaus (AM), a qual

dispõe de reservas de columbita-tantalita, criolita e zirconita, cuja viabilidade econômica ainda está sendo estudada. Há ainda veios mineralizados no estado de Rondônia, incluindo a mina de Bom Futuro, no município de Ariquemes, onde operam os mineradores de pequeno porte. (RAMOS, 2003).

2.2 CASSITERITA NO ESTADO DE RONDÔNIA

A Região Norte do país passou a ser reconhecida por suas minas de cassiterita a partir da década de 40 e 50 juntamente com a cidade de São João Del Rei – MG, mas é na década de 80 que Amazonas e Rondônia fazem do Brasil o maior produtor de estanho do mundo, realidade essa que durou pelo triênio de 1988-1990. (RODRIGUES, 2001).

Vale observar que a grande maioria das minas de Rondônia, inclusive a mina de Bom Futuro, foram descobertas por acaso, por seringueiros e madeireiros. (BRASIL, 2009). “A primeira mina de cassiterita no estado de Rondônia que se tem conhecimento veio ser descoberta no ano de 1955 e ficava situada no rio Machadinho, no seringal Augustura pertencente ao Sr. Joaquim Pereira Rocha”¹.

Para avaliar o potencial estanífero de Rondônia, a União estabeleceu em 1971, um programa de produção mineral criando a Província Estanífera de Rondônia, com uma área em torno de 87.000 km² compreendendo os Estados de Rondônia, Amazonas, Acre e Mato Grosso do Sul. Vale salientar que da década de 60 até a década de 90, a Província Estanífera de Rondônia participou com 78,5% da produção nacional de estanho. (PORSANI et al., 2004).

Somente após a exploração na região Amazônica, a partir de 1950, e com o início da exploração de estanho em Rondônia, o país apresentou uma nova perspectiva a nível interno, não mudando, entretanto, sua expressão internacional, continuando modesta. (CUTER, 2008).

O garimpo Bom Futuro, descoberto em 1987, localizado na cidade de Ariquemes - Rondônia, explorado por garimpeiros, destacou-se por conter uma área com significativa quantidade de cassiterita com alto teor de estanho. Neste período, até 1989, houve um acréscimo em mais de 49% na produção, e outros 29% em

¹ Informação verbal do Geólogo e Analista Ambiental Vital J. R. Wanderley

1989, totalizando em torno de 54.700 toneladas, tornando o Brasil o maior produtor mundial de estanho. Vale salientar que, no final da década de oitenta, a produção em Bom Futuro, diminuiu significativamente em função do esgotamento da cassiterita com alto teor de estanho e de fácil extração. (BRASIL, 2009).

2.3 BENEFICIAMENTO DA CASSITERITA

Grande parte dos minerais não é encontrada na natureza na forma em que são utilizados pela indústria por suas granulometrias ou por se apresentarem agregados a outros minerais indesejáveis que dificultam o processo industrial. A adequação desses minerais aos processos industriais é feita através do processo de beneficiamento. (BRASIL, [2004?]).

Para que a exploração mineral seja economicamente viável é necessário que seja considerado os rejeitos agregados, o minério deve passar por um processamento o qual descarta a massa indesejada. O minério de cassiterita segue o exemplo do minério de scheelita, (Tungstato de cálcio nativo, mineral tetragonal, fonte de tungstênio e de seus compostos), que possui um teor de 0,35% óxido de tungstênio (WO_3) antes do beneficiamento e após tratamento realizado através de equipamentos e técnicas adequadas como concentração gravítica (jigüe, mesa) ou por flotação, o teor resultante do minério chega a cerca de 70% WO_3 . (LUIZ; LINS, 2004).

2.4 IMPORTÂNCIA INDUSTRIAL DO ESTANHO

A produção brasileira de cassiterita, em suas diferentes regiões produtoras de acordo com Cuter (2005), destaca-se por possuir características como a origem de aluvião, exploração por grupos nacionais, elevado grau de concentração do setor, caracterizando-se por várias minas em uma micro-região. Quanto ao beneficiamento, a simplicidade do mesmo é determinante para a competitividade e viabilidade desse setor. Destaca-se que as reservas de cassiterita serão suficientes por mais de 20 anos para manter o consumo mundial nos patamares atuais, ainda

assim, em poucos países há a possibilidade de serem descobertas novas jazidas, o Brasil está entre esses países.

A retomada por garimpeiros das minas desativadas em Rondônia e o aumento do preço do estanho metálico no mercado internacional resultou a nível nacional, no aumento de 1,6% de cassiterita (12.217 t em 2003) em comparação a 2002 (11.675 t). (BRASIL, 2004).

O Brasil está entre os seis países de maior importância mineral do mundo, pois possui grandes reservas de diversificados minerais metálicos e não metálicos (FARIAS, 2002). Em relação à cassiterita, a região com as mais significativas concentrações é a Amazônia, onde os recursos estimativos atendem a ordem de 1,1 bilhões de toneladas (Bt). A nível mundial, os maiores produtores de cassiterita são: 1º China (30,4%), 2º Indonésia (14,3%), 3º Peru (12,7%), 4º Brasil (9,4%), 5º Malásia (8,4%), 6º Bolívia (8,0%), 7º Rússia (5,4%) e 8º Austrália (2,7%). (RODRIGUES, [2004?]).

A figura 1 mostra a produção nacional de cassiterita dos anos de 1970 a 2008 (divulgações recentes sobre os anos de 2009 e 2010 não se encontram disponíveis).

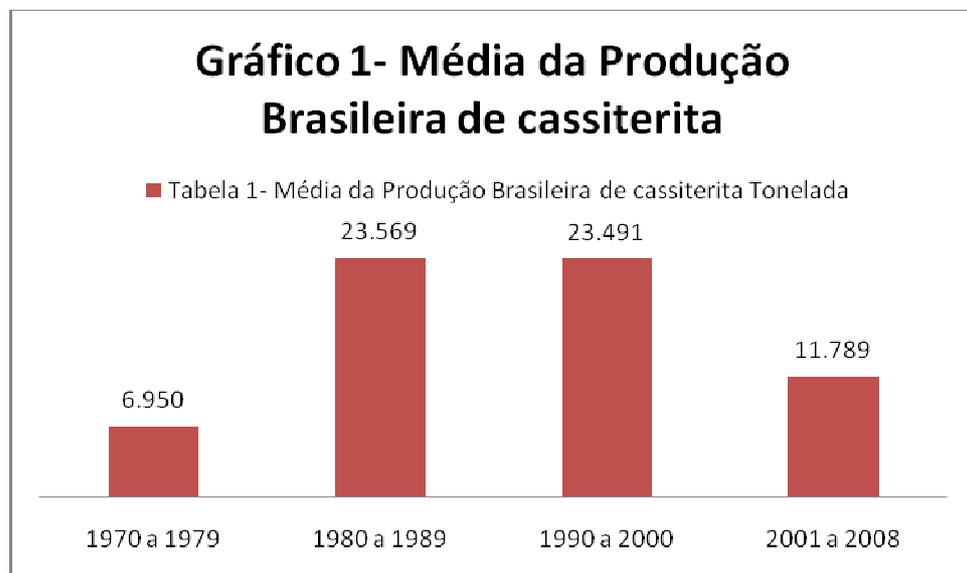


Figura 1- Gráfico Média em toneladas da produção de cassiterita

Fonte: BRASIL, (2009) – Adaptado pela autora.

A matéria prima básica para a produção do estanho, de acordo com Silveira, (1999) é o minério de cassiterita (óxido estanoso - SnO_2), com a possibilidade de

conter ferro, diminuindo, assim, a quantidade de estanho após seu beneficiamento. Além do ferro, conta com a presença de outros óxidos tais como os de Tântalo (Ta), Nióbio (Nb), Chumbo (Pb), Bismuto (Bi), Silício (Si), Titânio (Ti), entre outros.

O beneficiamento dos metais encontrados na cassiterita, além do estanho é pouco explorado pelas mineradoras, pode-se citar neste sentido, a mina do Pitinga, por fazer o aproveitamento do resíduo para produzir a liga de Nb e Ta. (BRASIL, 2009).

Nos últimos anos, duas aplicações do estanho tornaram-se bastante relevantes: as ligas de estanho e folhas de flandres. Que representam respectivamente 32% e 27% do consumo aparente, que é resultado da soma da produção com as importações, menos as exportações. (CUTER, 2005). O estanho ainda oferece disponibilidade para ser usado para outros fins, como na produção de tintas, plásticos e fungicidas. (RAMOS, 2003). As Folhas de *flandres* são o principal campo de aplicação do estanho. A folha de flandres resulta do revestimento do aço laminado por uma camada muito fina de estanho, o que agrega ao produto propriedades anticorrosivas, maior afinidade à soldagem e boa aparência. Estima-se que 90% desse material seja destinado para as indústrias de embalagens como latas de cerveja, refrigerantes, óleos comestíveis e de tintas. (RODRIGUES, 2001).

2.5 LIGAS DE ESTANHO

De acordo com Rodrigues (2001) e Medeiros, (1973), a liga conhecida como Babbit ou white metal é uma invenção de Isac Babbit (1839) e que ganhou importante destaque na indústria de estanho. Essa liga consiste em uma 'liga branca' formada por estanho e outros metais, utilizada na fabricação de soldas, mancais, ligas fusíveis, peças ornamentais etc.

Outra liga bastante utilizada é a do cobre com o estanho, formando assim o bronze, na proporção de 9:1, que é de grande aplicabilidade na indústria naval e química. (CUTER, 2005).

A importância do estanho surgiu desde o momento em que o homem passou a fazer uso do mesmo para obter objetos duráveis de bronze, tornando-se parte indispensável da moderna civilização. (MEDEIROS, 1973).

2.6 ASPECTOS AMBIENTAIS

A exploração do minério de cassiterita na parte superficial do solo provoca degradação no meio de forma significativa, modificando a superfície com a remoção do solo, da vegetação ou até mesmo de camadas mais profundas do solo até atingir o minério. (FONTES, 1991).

O processo de exploração da lavra da cassiterita ocorre por extração a céu aberto, cujo meio de retirada do minério é quase que exclusivamente mecânico, observando-se assim, que a degradação não ocorre somente pelo desmatamento, mas também pela utilização de equipamentos e recursos que afetam o solo tanto pelo tráfego das máquinas, quanto pelas operações realizadas antes e depois da retirada do minério. (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2005).

Outro aspecto que influencia no meio ambiente é o rejeito gerado pelo beneficiamento do minério. Quando os rejeitos contém muitos minerais de interesse econômico significa que os procedimentos utilizados no beneficiamento foram de baixa recuperação, isso implica em perdas financeiras e leva a um aumento do impacto ambiental da atividade. Assim, quando mal utilizadas, as técnicas de beneficiamento podem contribuir para a degradação ambiental favorecendo a poluição do ar, solo e rios. (BRASIL, [2004?]).

A degradação do meio ambiente atinge áreas de garimpos de todas as regiões. Os impactos ambientais na região do Bom Futuro em Rondônia, devido ao garimpo foram gigantescos: mais de 800 mil metros cúbicos de resíduos da exploração da cassiterita foram lançados por mês nos igarapés e rios adjacentes, o assoreamento dos rios impede a penetração da luz solar nas águas, dificultando a fotossíntese e gerando uma série de desequilíbrios na vida aquática, houve também uma mudança na flora e na fauna da região, muitas espécies de árvores como o Breu Branco e o Açari foram completamente extintas dessa região. (SILVA et al., 2010).

Outras minas são encontradas na região, como a mina de Santa Bárbara, da ERSA, (Estanho de Rondônia S.A) localizada em área de reserva florestal, a Floresta Nacional do Jamari, em Rondônia, sujeita a controle dos órgãos de gestão ambiental, assim como a mina do Pitinga no Amazonas onde essa fiscalização é realizada devido ao fato de as florestas estarem sendo repostas, cumprindo o programa de recuperação das áreas lavradas. (BRASIL, 2009).

De um modo geral, cada país tem suas peculiaridades no tratamento das concessões minerais e no gerenciamento ambiental dessa atividade. No Brasil e na África do Sul, o Governo Central possui órgãos federais concedentes, enquanto nos demais países os Estados, Províncias e Territórios têm o controle da atividade mineral. Ainda no Brasil, o Governo Federal, através do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece normas gerais, cabendo aos Estados e Municípios fixarem procedimentos de seu interesse, bem como licenciar, controlar e fiscalizar. (FARIAS, 2002).

Pela natureza de suas operações, a exploração mineral Segundo Barreto, (2001) tornou-se uma atividade que provoca fortes impactos ambientais, podendo, se não controlada, provocar alteração no lençol de água subterrâneo, poluição sonora, da água, do ar, do solo, na fauna, na flora, o assoreamento dos rios, erosão de encostas e terrenos e lançamento de fragmentos. O dano ecológico provocado é pontual, lembrando que a agricultura, a pecuária, a petroquímica, a siderurgia, as grandes barragens e a própria urbanização promovam maiores danos ambientais. Diante do controle rigoroso das autoridades em nível federal, estadual e municipal, nenhum empreendimento mineiro se instala e prospera sem o atendimento às exigências impostas pela legislação ambiental do país. (BRASIL, 2009). A maioria das empresas mineradoras em atividade dispõe de Estudos de Impacto Ambiental e Planos de Controle Ambiental que têm permitido uma minimização desses impactos. (FERNANDES et al., 2007).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar o teor de estanho presente em minérios de cassiterita em algumas minas do Vale do Jamari.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Descrever aspectos importantes da extração da cassiterita para o estado de Rondônia, avaliando aspectos como os impactos ambientais;
- ✓ Quantificar o teor de estanho em amostras de cassiteritas oriundas de diferentes minas da região do Vale do Jamari;
- ✓ Comparar estatisticamente os teores de estanho obtidos nas minas analisadas;

4 METODOLOGIA

4.1 COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras utilizadas neste trabalho foram coletadas em sete minas de localidades diferentes da região do vale do Jamari no período entre os meses de Junho a Outubro do ano de 2011, num total de 50 amostras. As análises foram realizadas em laboratório nas dependências da empresa mineradora Melt Metais e Ligas S.A.

Tabela 1 – Coordenadas da Localização das Minas do Vale do Jamari, estado de Rondônia

Minas	Latitude	Longitude	Altitude (metros)
Nova Era (Mina 01)	-09 39' 18,78922"	-62 43' 08,63506"	182,775
Campo Novo (Mina 02)	-10 38' 18,93541"	-63 40' 18,60506"	317,599
Oriente Novo (Mina 03)	-09 34' 24,22651"	-62 22' 34,08143"	181,333
Massangana (Mina 04)	-09 57' 57,25150"	-63 22' 49,48855"	133,508
Bom Futuro (Mina 05)	-09 47' 26,40632"	-63 33' 33,45786"	123,654
Minerais e Metais (Mina 06)	-09 46' 13,34451"	-62 44' 21,80773"	150,571
Cachoerinha (Mina 07)	-09 23' 32,45225"	-63 07' 27,43084"	106,110

Fonte: Arquivo pessoal da autora

A figura 2 a seguir ilustra a localização das minas selecionadas no Vale do Jamari estado de Rondônia, assim como suas proximidades com os municípios da região.

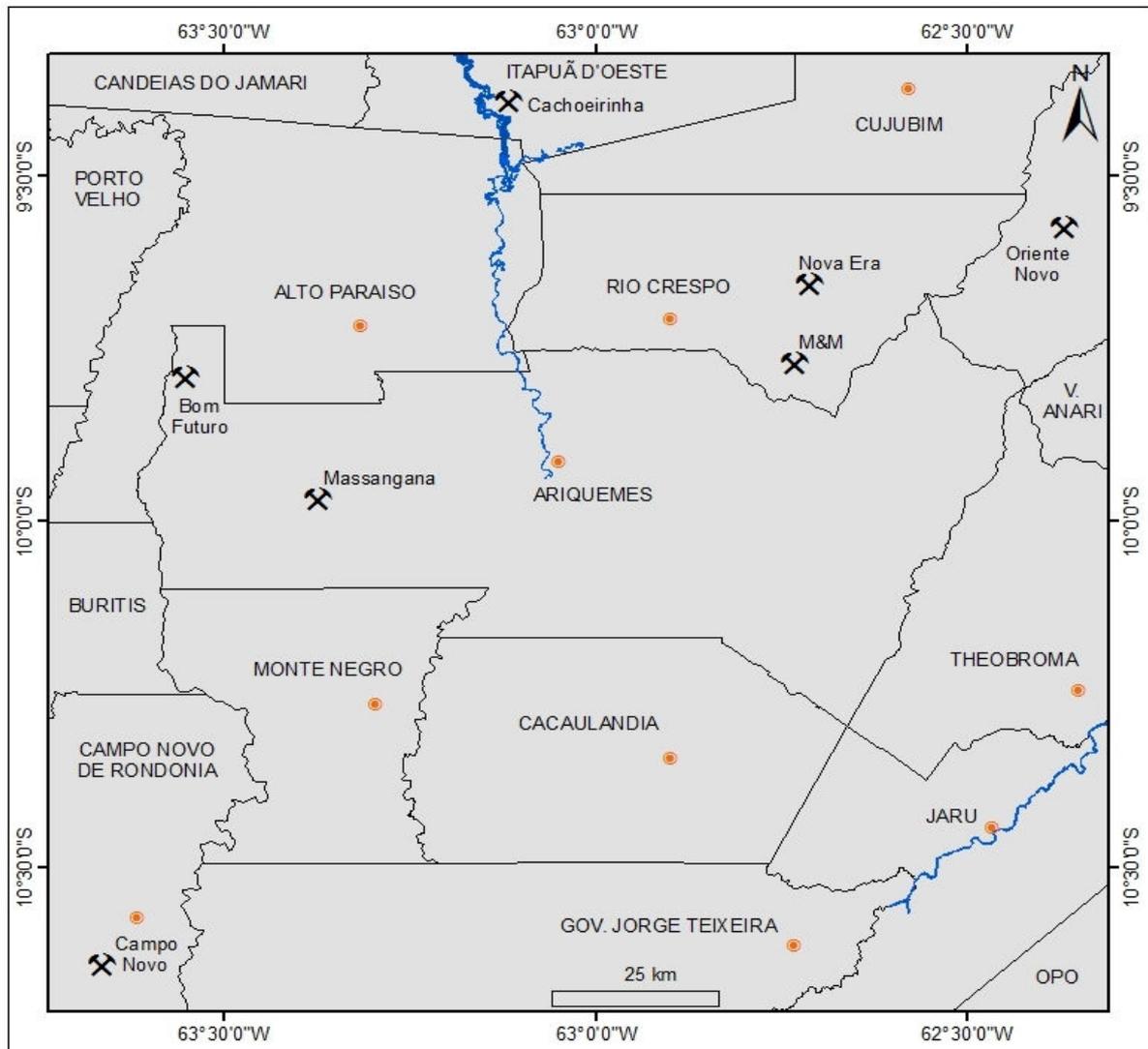


Figura 2- Mapa Localização das Minas no estado de Rondônia

Fonte: Geólogo Paulo Sérgio Mendes Júnior

A preparação da amostra iniciou-se pela qualificação feita a partir da cor, densidade e ou textura, determinando assim o tipo de separação: por jigge no caso de separação de areia e demais impurezas não metálicas ou pela separação magnética quando for ferro ou outros metais. Posterior a esse processo e com auxílio do Amostrador (uma espécie de coletor oco), é feita uma amostra representativa onde a cassiterita é separada em pequenas quantidades para formar uma única amostra, sendo quarteada até atingir um peso de aproximadamente 500

gramas. Em seguida a mesma foi pulverizada e peneirada (peneira de malha 140 mesh) e aproximadamente 200 gramas da amostra foi colocada em um saquinho e rotulada para posterior análise (via úmida).

As figuras 3 e 4 representam a amostra antes e depois de pulverizadas



Figura 3 - Amostra de cassiterita antes da pulverização

Fonte: Arquivo pessoal da autora



Figura 4 - Amostra de cassiterita depois da pulverização

Fonte: Arquivo pessoal da autora

4.2 ANÁLISE DO TEOR DE ESTANHO ATRAVÉS DE VIA ÚMIDA

A análise do teor de estanho na cassiterita baseou-se na determinação do teor do mesmo através de via úmida, baseado na Normativa Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - NBR 11567/2003, que determina o procedimento de análise que deve ser seguido.

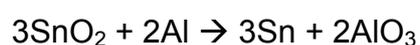
Uma pequena quantidade da amostra pulverizada (0,3 g) foi separada e pesada em balança analítica (Gehaka BG 440), colocada em um cadinho de ferro, adicionado hidróxido de sódio (NaOH) em lentilhas e colocada para fundir no bico de Bunsen até fusão completa (como mostra a figura 5). Após a fundição, o cadinho com a massa solidificada foi mergulhado em 100 mililitros de água deionizada em ebulição, foi adicionado 100 ml de ácido clorídrico (HCl) na solução, ocorrendo uma reação exotérmica. O Cadinho vazio foi retirado com a ajuda de uma pinça e lavado com água deionizada. A solução foi despejada em um Erlenmeyer contendo 4,5 g de alumínio, para viabilizar a reação de redução do estanho.



Figura 5 - Cadinho de ferro com amostra em fundição

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Abaixo segue a reação de redução de estanho com alumínio:



Os Erlenmeyer foram vedados com rolha de borracha conectada a uma mangueira de borracha imersa em solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) concentrada, o mesmo foi posto em uma chapa quente (150°C) para ferver e depois colocado em uma canaleta com água corrente para facilitar o resfriamento necessário para à titulação, conforme figura 6.



Figura 6 - Erlenmeyer na canaleta para resfriamento

Fonte: Arquivo pessoal da autora

4.3 TITULAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ESTANHO

Para titulação da amostra foi necessário o preparo da solução de Iodeto de Potássio (KI) e de Amido. A solução de KI a 0,06 M (30g para três litros) e de Iodato de potássio (KIO_3) a 0,0176 M (11,5 g para três litros) e NaOH a 0,0166 M (3g para três litros). Esses componentes foram adicionados a 2 L de água fervente, após homogeneização, a solução foi retirada da chapa quente e colocada para esfriar, sendo avolumada posteriormente para 3 L.

Para a solução de amido, foi pesado em um béquer 10 g de amido, transferindo-o para um béquer de 1000 ml com água deionizada e fervida, em seguida, acrescentado 2 g de NaOH, após fervura deixado esfriar para então homogeneizar e fazer a utilização.

A titulação foi realizada usando-se como titulante a solução de KI com KIO_3 , e como indicador de viragem a solução de amido (5 ml).

A técnica foi realizada em duplicata, utilizando a média do titulante gasto. O resultado obtido é multiplicado por 2,119 (valor padrão para o estanho) chegando-se assim ao teor de estanho. As figuras 7 e 8 ilustram o antes e depois da titulação.



Figura 7- Amostra antes da titulação

Fonte: Arquivo pessoal da autora



Figura 8 - Amostra depois da titulação

Fonte: Arquivo pessoal da autora

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras foram separadas de acordo com sua origem (minas a que pertencem). Percebeu-se que o teor de estanho obtido em cada mina foi diferente, porém muito próximos. Aplicando-se o teste estatístico ANOVA – Tukey, com auxílio do software BioEstat 5.0., que tem por objetivo comparar todas as amostras entre si, percebeu-se que as diferenças não foram significativas, exceto para a amostra da mina Campo Novo (02) comparada com a mina Minerais e Metais (06), que apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), a um nível de significância $\alpha = 0,05$.

Os teores de estanho encontrados na cassiterita indicam que podem variar de acordo com a localização das minas e/ou com os interferentes encontrados agregados ao minério que mesmo passando pelo beneficiamento não foram separados.

Em Rondônia, sondagens executadas em certos locais apresentam descontinuidade de reservas numa mesma ocorrência, não havendo homogeneidade nos teores de minério, onde alguns furos (local de retirada da cassiterita na mina) oferecem teores altíssimos, enquanto outros, próximos, a esses apresentam baixos teores ou até mesmo apenas traços de cassiterita. (MEDEIROS, 1973 p. 19).

“Um fator importante que afeta e explica essa característica das minas Nova Era, Oriente Novo, Massangana, Bom Futuro, Minerais e Metais e Cachoeirinha apresentarem teores parecidos com diferenças não significativas, é referente às suas formações geológicas, considerando também a época de suas formações.”²

Informações sobre a idade dos eventos hidrotermais responsáveis pela concentração de estanho nos complexos graníticos em Rondônia ainda são discretas. Até o momento a maioria dos trabalhos de datação esteve voltada para a investigação das idades de cristalização das suítes graníticas hospedeiras e os poucos dados existentes sobre rochas hidrotermais referem-se a idades K-Ar e Ar-Ar em micas litíferas de greisens e de veios. (SOUZA; TEIXEIRA; BOTELHO, 2005).

² Informação verbal do Geólogo da Metalmig Mineração Ind. E Com. Ltda., Paulo Sérgio Mendes Júnior.

Tabela 2 - Resultado das amostras referente ao teor de estanho

Nova Era (1)	Campo Novo (2)	Oriente Novo (3)	Massangana (4)	Bom Futuro (5)	Min. Metais (6)	Cachoeirinha (7)
72,05	71,45	66,75	62,2	69,2	73,5	68,45
69,5	73,95	66	69,2	58,9	58,5	66,65
62,2	74,05	73,1	68	61,7	66,65	66,65
70,5	74,35	71,75	63,5	63,25	61,75	67
74,15	74,5	70	67,8	69,5	70,05	68,15
70,5	68,45	59,25	66,25	69,4	72,4	71,1
	68,45	59,25	64,55	70,15		
	74,15	60,5				
	74,15	73,45				
	74					
	73,25					

Fonte: Arquivo Pessoal da autora

Tabela 3 - Resultado da comparação das minas de acordo com o teste ANOVA-Tukey

Modo de Avaliação das Amostras	
Comparação entre Minas	Diferença
(01) e (02)	não significativa
(01) e (03)	não significativa
(01) e (04)	não significativa
(01) e (05)	não significativa
(01) e (06)	não significativa
(01) e (07)	não significativa
(02) e (03)	não significativa
(02) e (04)	não significativa
(02) e (05)	não significativa
(02) e (06)	p < 0,05
(02) e (07)	não significativa
(03) e (04)	não significativa
(03) e (05)	não significativa
(03) e (06)	não significativa
(03) e (07)	não significativa
(04) e (05)	não significativa
(04) e (06)	não significativa
(04) e (07)	não significativa
(05) e (06)	não significativa
(05) e (07)	não significativa
(06) e (07)	não significativa

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Tabela 4 – Resultados das médias e desvios padrões referente ao teor de estanho das minas analisadas.

Minas	Média	Desvio Padrão
<i>Nova Era (01)</i>	69.5	4.0866
<i>Campo Novo (02)</i>	72.4545	2.3817
<i>Oriente Novo (03)</i>	66.3333	5.831
<i>Massangana (04)</i>	65.5714	2.6367
<i>Bom Futuro (05)</i>	65.5714	4.8255
<i>Min. Metais (06)</i>	66.6667	6.121
<i>Cachoeirinha (07)</i>	67.6667	1.8619

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Uma explicação plausível para o fato da diferença no teor de estanho entre as minas 02 e 06 foi dada pelo geólogo Paulo S. M. Júnior: “As mineralizações das minas mencionadas foram formadas a milhões de anos devido a eventos magmáticos. Esses eventos geraram fluidos hidrotermais a partir do magmatismo da Suíte Intrusiva Rondônia que foi responsável pela mineralização. Na mina de Campo Novo, a qual apresentou diferença na comparação do teor principalmente com a mina da Minerais & Metais, o evento magmático responsável pela mineralização está relacionado com a Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas, o qual forneceu fluidos hidrotermais ricos em estanho.”³

³ Informação verbal do Geólogo da Metalmig Mineração Ind. E Com. Ltda. Paulo Sérgio Mendes Júnior

CONCLUSÃO

A exploração de cassiterita em grandes proporções em áreas de floresta pode causar danos ecológicos definitivos, como a eliminação da flora e fauna, degradação do solo, dentre outros. No tocante a exploração da cassiterita, o Brasil, na qualidade de país em desenvolvimento, é de fundamental importância usufruir desta riqueza, porém de forma sustentável, sendo capaz de promover o desenvolvimento econômico sem prejudicar o meio ambiente, através da implantação de políticas voltadas para o controle e recuperação de áreas afetadas pela exploração de recursos naturais.

A cassiterita oriunda do vale do Jamari, região de Ariquemes-RO, apresenta valores percentuais entre 58,5% e 74,5%, os quais indicam elevado teor de estanho. As análises realizadas revelam que os teores de estanho das sete minas analisadas podem divergir ou não significativamente, isso devido o fato de que os teores de estanho encontrados na cassiterita podem variar de acordo com a localização das minas e ou com os interferentes encontrados agregados ao minério. Concluiu-se, através de da aplicação do teste estatístico ANOVA – Tukey, que a diferença dos teores de estanho entre as minas não é estatisticamente significativa, exceto para as amostras da mina Campo Novo (02) comparadas com a mina Minerais Metais (06) que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), a um nível de significância de $\alpha = 0,05$.

REFERÊNCIAS

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Departamento Nacional de Produção Mineral, Informe Mineral Desenvolvimento e Economia Mineral**, 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Mineração e Transformação Mineral-Sgm, Produto 18 Minério de Estanho, Relatório Técnico 27: perfil da mineração do Estanho**. Secretaria de Geologia, 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Beneficiamento de Minério**. [2004?]. Disponível em: <http://www.pormin.gov.br/biblioteca/arquivo/beneficiamento_de_minerio.pdf> Acesso em: 27 nov. 2011.

CUTER, J. C. **Formação e Evolução da Indústria de Estanho n Brasil**. 2005.f.130, Monografia (Pós – Graduados em Economia Política) – PUC SP, São Paulo, Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.sapientia.pucsp.br/tde_arquivos/10/TDE-2005-09-09T06:03:20Z1172/Publico/Dissertacao.pdf> Acesso em: 27 nov. 2011.

CUTER, Julio Cesar; KON, Anita. Cartel internacional do estanho: a importância da indústria brasileira na quebra do conluio. **Econ. soc.**, v.17, n.1, p. 157-1712, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ecos/v17n1/a07v17n1.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2011.

DA SILVA, Irizadina. Maria et al. **O Garimpo Bom Futuro Sobre um Olhar do Ensino de Química.**, 2009. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2010/trabalhos/6/6-433-8359.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2011.

FARIAS, Carlos E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil: Relatório Preparado para o CGEE PNUD – Contrato 2002/001604**, 2002.

FERNANDES, Francisco R. C. et. al., **Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral/Eds**. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

FILGUEIRAS, Carlos A. L. A Química do estanho no século 18, ou como uma consulta se transformou num projeto de pesquisa. **Quim. Nova**, v. 25, n. 6B, p.1211-1219, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n6b/13140.pdf>> Acesso em: 27 nov. 2011.

FONTES, M.P.F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. **Revista CETESB de Tecnologia**, São Paulo, v.5, n.1, p. 58-62, 1991.

LONGO, Regina Márcia; RIBEIRO, Admilson Írio ; MELO, Wanderley José de. Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita. **Rev. Bragantia**, v. 64, n.1, p. 101-107, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n1/23857.pdf>> Acesso em: 27 nov. 2011.

LUZ, A. B; LINS, F.A.F. **Introdução ao tratamento de minérios: Centro de Tecnologia Mineral** - Comunicação Técnica elaborada para a 4ª edição do Livro de Tratamento de Minérios, p. 3 a 16. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2004-179-00.pdf>> Acesso em: 27 nov. 2011.

MEDEIROS, Noé. Perfil Analítico do Estanho: Brasil, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Bol.** 13, Rio de Janeiro: DNPM, 1973.

PORSANI, Jorge Luís et al. Investigações GPR nos distritos mineiros de Santa Bárbara e Bom Futuro: Província Estanífera de Rondônia. **Rev. Bras. Geof.** , v. 22, n.1, p. 57-68, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v22n1/a05v22n1.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2011.

RAMOS, Carlos Romano. Estanho na Amazônia: o apogeu e o caso da produção. **Novos Cadernos NAEA**, v. 6, n. 2, p. 39-60, dez., 2003. Disponível em<<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/87/138>>. Acesso em: 27 nov. 2011.

REBELO, Antonio M. A; GUIMARÃES, Sandra Boeira; REIS NETO, José Manoel dos. Exploração mineral e o desenvolvimento paranaense: o setor de calcário na região metropolitana de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 53, p. 13-26, 2003.

RODRIGUES, Antonio F. da S. **O Boom Estanífero Brasileiro: fatores determinandes, efeitos e perspectivas**, Campinas, SP, 1997. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3983>. Acesso em: 21 nov. 2011.

RODRIGUES, A. F. S. **Estanho, Bem Mineral, Balanço Mineral Brasileiro**, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/portal/assets/galeriaDocumento/BalancoMineral2001/estanho.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2011.

RODRIGUES, Antônio F. da S. **Tecnologia da fabricação do estanho**. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), [2005?].

SILVEIRA, Rubens C. da., **Técnoologia da Fabricação do Estanho Bruto Líquido em Fornos Elétricos de Redução**, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola de Engenharia da UFMG, 1999.

SOUZA, Valmir da S., TEIXEIRA, Luciana M., BOTELHO, Nilson F. Datação u-th-pb de monazita hidrotermal e sua aplicação na Geocronologia da mineralização de estanho em zonas de Greisen do sistema granítico Palanqueta, depósito do Bom Futuro (RO). **Revista Brasileira de Geociência**, v. 35, 2005. Disponível em: <http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol35_down/3501/1471.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2011.