



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**KARINA BIANCHINI**

**ANÁLISE DA ÁGUA GERADA DA LAVAGEM DOS  
GASES DO PROCESSO DE REDUÇÃO DE  
CASSITERITA EM ESTANHO. ARIQUEMES.  
RONDÔNIA. BRASIL.**

ARIQUEMES – RO

2011

**Karina Bianchini**

**ANÁLISE DA ÁGUA GERADA DA LAVAGEM DOS  
GASES DO PROCESSO DE REDUÇÃO DE  
CASSITERITA EM ESTANHO. ARIQUEMES.  
RONDÔNIA. BRASIL.**

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

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Ms. Filomena Maria Minetto Brondani.

Ariquemes – RO

2011

**Karina Bianchini**

**ANÁLISE DA ÁGUA GERADA DA LAVAGEM DOS  
GASES DO PROCESSO DE REDUÇÃO DE  
CASSITERITA EM ESTANHO. ARIQUEMES.  
RONDÔNIA. BRASIL.**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Licenciatura em Química da Faculdade de Educação e Meio Ambiente como requisito parcial à obtenção do grau de licenciada.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Orientadora Prof<sup>a</sup>. Ms. Filomena Maria Minetto  
Brondani.  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosani Aparecida Alves Ribeiro de Souza.  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Prof. Ms. Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti.  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011

A Deus, pelo seu amor incondicional.

A minha mãe por me dar todo amor e carinho.

Aos meus irmãos, pela confiança.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois Ele é, e sempre será a minha rocha e a minha fortaleza. Filipenses Cap. 4 versículo 13 da Bíblia está escrito: “Tudo posso Naquele que me fortalece”.

A minha mãe Ideliria Bianchini do Nascimento, que incansavelmente me ajudou me dando forças e não me deixando desistir. Aos meus irmãos Lucas Bianchini e Rodrigo Bianchini pelo amor, pelo carinho e o apoio familiar durante essa jornada de estudo.

Aos meus familiares que estando perto ou longe me incentivaram muito nesse trabalho.

A minha orientadora Ms. Filomena Maria Minetto Brondani, pela amizade, acompanhamento, confiança em mim depositada e a orientação para que esse trabalho fosse realizado da melhor forma possível.

Aos meus professores pelo apoio e incentivo e em especial a Coordenadora Ms. Filomena Maria Minetto Brondani, pela paciência e confiança.

Aos meus colegas conquistados ao longo desta caminhada.

Com certeza devo não ter citado alguns nomes de muitos que me ajudaram de maneira direta ou mesmo indiretamente neste trabalho, mas agradeço sinceramente a todos.

*“É nosso dever proteger o maior patrimônio nacional, pois a nação que destrói o seu solo destrói a si mesmo”.*

**Theodoro Roosevelt**

## RESUMO

A importância na preservação do meio ambiente tem por definição garantir uma melhor qualidade de vida para o ambiente que nos cerca e das futuras gerações, importância essa que leva a estudos que minimizem o impacto ambiental causado por indústrias que utilizam água em seu processo produtivo. O presente estudo envolveu uma empresa de fundição de minério de cassiterita Estanho de Rondônia do município de Ariquemes-RO, tendo seu objetivo centrado na avaliação da qualidade da água residual gerada do processo da lavagem de gases oriundos dos fornos elétricos, estes destinados à redução do minério de cassiterita. As amostras foram coletadas em duas etapas, sendo na segunda etapa adicionado o reagente hidróxido de sódio para um processo neutralização e precipitação e processo de agitação por ar comprimido. O laboratório responsável pela análise foi a Bioagri Ambiental com parâmetros do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/05 art. 34. Os resultados da primeira etapa apresentaram quatro parâmetros fora do Conama 357/05 a exemplo fluoreto 710 mg/L, estanho total 6,4 mg/L, ferro dissolvido 34,8 mg/L, e pH 2,74 mg/L. Observa-se que na segunda etapa com o uso do reagente hidróxido de sódio o resultado analítico apresentou somente um parâmetro fora da resolução Conama, o fluoreto 810 mg/L, com valor máximo permitido de 10,0 mg/L. Embora havendo uma redução significativa dos contaminantes conclui-se que somente o hidróxido de sódio não satisfaz o esperado processo de tratamento, exigindo assim, um estudo mais aprofundado no tratamento da água residual para que a mesma possa ser descartada ou reutilizada no processo de produção da empresa.

**Palavras-chave:** Processamento de cassiterita, Meio Ambiente, Água Residual.

## ABSTRACT

The importance of the environment is by definition to ensure a better quality of life for the environment around us and future generations, which leads to the important studies that minimize the environmental impact caused by industries that use water in its production process. This study about a foundry cassiterite (tin ore) from the city of Ariquemes Rondônia - RO, and focused on your objective assessment of the quality of wastewater generated from washing of the process gases from the electric furnaces for the reduction of these ore cassiterite. Samples were collected in two stages, the second step reagent added sodium hydroxide to a neutralization and precipitation process and stirring by compressed air. The laboratory responsible for analysis was Bioagro Ambiental parameters with CONAMA 357/05 art. 34. The results showed the first step out of the four parameters example fluoride National Council of Environment (CONAMA) 357/05 710 mg / L, total tin 6.4 mg / L, dissolved iron 34.8 mg / L, pH 2.74 mg / L. It is observed that in the second stage using sodium hydroxide reagent analytical results showed only one parameter out of CONAMA resolution, 810 mg fluoride / L, with a maximum allowed of 10.0 mg / L. Although there was a significant reduction in contaminants is concluded that only the sodium hydroxide does not only treatment process thus requiring. Further study in the treatment of wastewater so that it can be discarded and reused in the production process of the company.

**Keywords:** Processing of cassiterite, Middle environment, Water residuary.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SISTEMA DE EXAUSTÃO .....	23
FIGURA 2 - SISTEMA DE LAVAGEM DE GASES .....	23
FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES NO ESTADO DE RONDÔNIA - BRASIL .....	25
FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS AMOSTRAS E LIMITES DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005. ....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
LQ	Limite de Quantificação
NaOH	Hidróxido de Sódio
OD	Demanda de Oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMA	Portal do Meio Ambiente
RBC	Rede Brasileira de Calibração
SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental
SEDES	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Social
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
UV	Ultra Violeta
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1 CARACTERÍSTICA DA CASSITERITA.....	13
2.2 MINERAÇÃO DE CASSITERITA NA AMAZÔNIA.....	13
<b>2.2.1 Estanho na região Amazônica (Produção de Estanho)</b> .....	<b>14</b>
2.3 MEIO AMBIENTE .....	14
<b>2.3.1 Água</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3.2 Gases x Poluição</b> .....	<b>16</b>
2.4 ATIVIDADE INDUSTRIAL EM RONDÔNIA.....	16
2.5 PROCESSOS DE TRATAMENTOS DE ÁGUAS RESIDUAL GERADAS POR ATIVIDADES INDUSTRIAIS .....	18
<b>2.5.1 Impactos Ambientais</b> .....	<b>19</b>
2.6 PROCESSOS DE REDUÇÃO DA CASSITERITA A ESTANHO NA EMPRESA ESTANHO DE RONDÔNIA S/A -ARIQUEMES – RO .....	20
<b>2.6.1- Determinação da Umidade e do Teor de Estanho e Outros</b> .....	<b>20</b>
<b>2.6.2 Processo Fusão Redutora</b> .....	<b>21</b>
<b>2.6.3 Representação Química da Fusão Redutora</b> .....	<b>21</b>
<b>2.6.4. Descrição do Sistema de Lavagem dos Gases Oriundos da Fusão do Minério de Cassiterita na Empresa Estanho de Rondônia S/A</b> .....	<b>22</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 GERAL .....	24
3.2 ESPECÍFICOS .....	24
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
4.1 LOCALIDADE DE ESTUDO.....	25
4.2 COLETA E PROCESSAMENTO DA AMOSTRA .....	25
4.3 PARÂMETROS UTILIZADOS NA ANÁLISE DA ÁGUA RESIDUAL .....	26
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUAL GERADA PELO PROCESSO DE REDUÇÃO DA CASSETERITA A ESTANHO.....	30
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>34</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>39</b>

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e o desordenado crescimento urbano foram acompanhados de um aumento da poluição ambiental fazendo com que, nas últimas décadas, a sociedade viesse a se preocupar de forma mais efetiva em avaliar e gerenciar os riscos para seres humanos e para o meio ambiente (MELAMED; PEDRO; LUIZ, 2002).

A contaminação por resíduos líquidos gerados por processos industriais vem chamando muito a atenção de ambientalistas por serem facilmente liberados ou transportados em ambientes aquáticos ou terrestres (TOREM; CUNHA; CASQUEIRA, 2005).

A presença de poluentes já foi identificada em regiões remotas do planeta como na Antártica onde se observou partículas contendo metais pesados. A maioria dos metais que ocorrem naturalmente na crosta terrestre não causa danos ao meio ambiente e/ou ao homem. No entanto, quando concentrados por processos antropogênicos ou naturais esses resíduos podem causar danos a fauna, à flora e aos seres humanos (PEREIRA, 2002).

Dentre as fontes de poluição antropogênicas se destacam os processos industriais, o uso de fungicidas e pesticidas, os rejeitos industriais e a queima de combustíveis fósseis. Diversos setores da indústria, dentre eles as mineradoras, podem gerar efluentes líquidos ou gasosos contribuindo para o aumento da poluição ambiental. Os processos de extração e beneficiamento dos minérios e estocagem de rejeitos produzem efluentes que podem ser dispersos para o meio ambiente e quando inalados e/ou ingeridos por trabalhadores e/ou pela população podem causar sérios danos à saúde (APOSTOLLI, 1992).

No Brasil, metais pesados como As, Cu, Zn, Ni, Pb, entre outros podem ocorrer associados a diversos minérios, tais como a tantalita, columbita, niobato-tantalato, cassiterita, pirocloro, zirconita, ilmenita, rutilo, fosfatos, silicatos, carvão e monazita (CASTANHO; CRUZ, 1973).

Sabemos que a preocupação com o meio ambiente é tímida no Brasil, diferentes dos países desenvolvidos. A sociedade ainda não se conscientizou da importância de preservar os recursos naturais para a sua sobrevivência e que a forma de exploração ambiental vigente pode ameaçar a estabilidade dos seu

sistemas de sustentação. No tocante a água não podemos esquecer que a mesma é, o principal constituinte de todos os organismos vivos (MORAES; JORDÃO, 2002).

Marcus (2011) comparando o homem à degradação ambiental diz que os interesses econômicos imediatos, continuam a estimular agressões ao ambiente, muitas vezes com a conivência dos órgãos públicos e dos meios de comunicação. É necessário aumentar os investimentos na preservação em acidentes ambientais e em tecnologias que favoreçam a minimização dos descartes de resíduos líquidos. Formas de evitar problemas futuros de maior proporção é através de legislações rígidas e da consciência ecológica, pois o meio ambiente não se refere somente em áreas de preservação, e sim, tudo que nos cerca, água, ar, solo, flora, fauna, homem.

Considerando que no município de Ariquemes – Rondônia atuam várias empresas mineradoras que processam cassiterita, esse estudo originou-se pelo interesse por essa atividade minero-metalurgia na empresa Estanho de Rondônia S/A (ERSA) e pela problemática ambiental gerada pelos resíduos oriundos desse processo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERÍSTICA DA CASSITERITA

A cassiterita (dióxido de estanho/ $\text{SnO}_2$ ), apresenta uma dureza entre 6-7, densidade de 6,8 - 7,1 e brilho adamantino a submetálico, com coloração castanha ou preta, é formada em veios de alta temperatura, normalmente relacionada com rochas ígneas, como granitos e riólitos, é o mais importante mineral-minério de estanho. O estanho metálico é resultante do processo de fundição e refino da cassiterita que é o minério de estanho ( $\text{SnO}_2$ ). Por suas características físicas e químicas, baixo ponto de fusão (232 °C), facilidade de difusão no ferro, cobre e outros metais, resistência à oxidação e ação de ácidos comuns e pela não toxicidade (não contamina o meio-ambiente), tornou-se um metal de grande importância industrial. O estanho na forma metálica é quimicamente inerte, não sendo, portanto tóxico, sendo utilizado no revestimento de chapa de aço (estanhagem) destinadas a produção de embalagens para bebidas e alimentos (RAMOS, 2003).

### 2.2 MINERAÇÃO DE CASSITERITA NA AMAZÔNIA

Segundo Santos (2002), as questões minerais na Amazônia devem ser analisadas como parte de um contexto, ou seja, a mineração em geral é um dos agentes de ocupação, por ser a região inserida em um país periférico da economia mundial, e é uma das últimas fronteiras para a expansão da exploração mineral, salienta-se também que a Amazônia corresponde a uma das maiores regiões da terra com potencialidade de bens minerais.

No estado de Rondônia, a cassiterita foi descoberta por volta de 1952 e em 1960, mais de 10.000 garimpeiros estiveram envolvidos na produção de cassiterita. Entretanto, no final da década a extração tornou-se proibida, passando a produção para mineração empresarial (LOWELL; AHL, 2000).

Na década de 80 foram descobertos os mais expressivos depósitos de cassiterita na Amazônia, a jazida do Pitinga no estado do Amazonas e a jazida do

Bom Futuro, no estado de Rondônia. Destaca-se que na mina de Pitinga a extração está associada à columbita-tantalita, zirconita e criolita (RAMOS, 2003).

Para Santos (2002) a atividade garimpeira não se exime de suas responsabilidades pelos danos ambientais gerados pela extração de minério na Amazônia, no entanto, torna-se necessário maior controle e fiscalização pelas autoridades governamentais. Quanto à atividade empresarial, os principais projetos implantados na Amazônia têm apresentados controles ambientais bastante satisfatórios aos órgãos competentes. Dentro dos quais temos reflorestamento, construção de barragem de rejeitos que impedem que os resíduos sólidos advindos da mineração sejam lançados na drenagem regional.

### **2.2.1 Estanho na região Amazônica (Produção de Estanho)**

No final da década de 90, o Brasil projetava-se como o quarto maior produtor de estanho em concentrado, após a China, Indonésia e Peru. Em 1996, o grupo Paranapanema era líder na produção de estanho no Brasil, tendo Pitinga (AM) como principal mina de estanho, a qual deu prioridade à industrialização e comércio de estanho (RAMOS, 2003).

Segundo as informações obtidas por Porsani et al. (2004) no estado de Rondônia indústrias extrativas processam a cassiterita extraída de minerações lavradas a céu aberto localizadas em municípios como Itapoã do Oeste, Campo Novo e Bom Futuro, onde são fornecidas para indústrias de fundição para se obter a liga de estanho. Os minérios extraídos passam por um processo metalúrgico, via redução, nos fornos elétricos, para transformar a cassiterita em estanho metálico.

## **2.3 MEIO AMBIENTE**

Meio ambiente é a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações (CONAMA, 1997). No tocante à preservação do meio ambiente o planejamento e gestão são formas fundamentais para diminuir o desenvolvimento desenfreado das grandes cidades, evitando um acréscimo da poluição doméstica e

industrial, o aumento da temperatura, contaminação dos lençóis freáticos, o que leva ao desenvolvimento de doenças como dores de cabeça, náuseas, irritações na pele e pulmões, a sérias reduções das funções neurológicas e hepáticas, evidências dos efeitos genotóxicos à saúde como câncer, defeitos congênitos e anomalias reprodutivas (MORAES; JORDÃO, 2002).

A sociedade e os órgãos responsáveis pela preservação do meio ambiente têm por obrigação priorizar a qualidade de vida. Como meio dessa priorização entende-se que um dos fatores é o desenvolvimento sustentável por que não se reduz a um simples crescimento quantitativo; pelo contrário, faz intervir na qualidade das relações humanas com o ambiente natural (TOMIELLO, 2009). A maneira prática de refletir sobre essa importância é analisar os recursos ambientais que, podem ser classificados como recursos renováveis, quando são repostos por processos naturais tão rápido quanto é utilizado, e não-renováveis quando são extraídos mais rapidamente do que são reabastecidos (SAQUETO; MACHADO; SALVADOR, 2006).

### **2.3.1 Água**

Segundo Medeiros, Salomão de S. pag. 35 (2005) a água é um recurso natural de relevante importância para a vida na terra, para economia e para o bem estar social, embora encontrada em abundância no território nacional, já apresenta comprometimento da sua quantidade e qualidade, principalmente nas regiões próximas aos grandes centros. Tundisi (2008) afirma que a física, a química e a biologia das águas estão envolvidas de forma permanente e complexa, água de baixa qualidade compromete a saúde humana e o desenvolvimento econômico e social. Dessa forma, é necessário planejamento e gestão dos recursos hídricos disponíveis em nosso país, pois todas as formas de vida existentes dependem da água, ela mantém a biodiversidade, impulsiona e regula os ciclos biogeoquímicos e é fundamental para o desenvolvimento e crescimento sustentável das atividades humanas, mesmo que o Brasil seja rico em recursos hídricos, com 12% da água doce do planeta, mas a disponibilidade varia de forma acentuada ao longo do tempo.



### 2.3.2 Gases x Poluição

Segundo o Portal do Meio Ambiente – (PMA), gases poluentes são pequenas partículas produzidas pela queima de combustíveis fósseis, resíduos orgânicos, vegetação florestal e minérios como ferro, cassiterita, columbita, tântalo e carvão mineral responsáveis por toneladas de poluentes (AMARAL; PIUBELI, 2003). Os mesmos autores apresentam que os poluentes podem ser divididos em duas categorias, poluentes primários que são emitidos diretamente pela fonte de poluição e os poluentes secundários formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera.

No que se pode dizer a queima pode gerar concentrações de certos componentes gasosos como: monóxido de carbono, dióxido de hidrogênio, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, amônia e metano. Temos ainda os compostos orgânicos fluorados, que em alta concentração podem prejudicar o meio ambiente, bem como equipamentos, ferramentas e em principal a saúde humana e a saúde dos animais (SOUZA; LIBÂNIA, 2009).

Atualmente, as grandes cidades vêm sofrendo com a poluição do ar, afetando a saúde do ser humano com doenças respiratórias como bronquite, rinite, alergias e asma prejudicando também o ecossistema através de chuva ácida (MORAES; JORDÃO, 2002).

## 2.4 ATIVIDADE INDUSTRIAL EM RONDÔNIA

Com o forte aumento da população no Estado de Rondônia, conforme contagem realizada em 2011 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (IBGE), totaliza 1.562.409 habitantes, elevou-se de forma quantitativa o número das atividades industriais (IBGE, 2011). Só no ano de 2007 a atividade industrial em Rondônia aumentou 4% estimativa dada pela Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral - (SEPLAN), que a partir de então se tornou preocupante devido ao grande aumento de produção de resíduos que começaram a impactar fortemente o ecossistema principalmente se tratando da geração desse contaminante em águas (CERQUEIRA, 2011; SEPLAN, 2007).

As atividades industriais de Rondônia que mais se destacam são extração de minerais e madeiras, micro empresas, associações e cooperativas conforme a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Social - (SEDES). No setor industrial as indústrias que mais geram emissão de contaminantes metálicos (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Sn, Zn) são a indústria de papel, petroquímica, indústria de cloro, fertilizantes, refinaria de petróleo, indústria de metais não ferrosos, veículos automotores e aviões, vidro, cimento, cerâmica, indústria têxtil, indústria de couro, usinas siderúrgicas e usinas termoelétricas (TOREM; CASQUEIRA, 2003).

No município de Ariquemes as atividades que mais se destacam são as empresas de mineração, metalurgia, madeireira além dos comércios.

Indústrias de redução de minério de cassiterita que no processo de produção fazem o uso da água têm contribuído muito para o aumento significativo de metais pesados representando uma importante fonte de contaminação caso não procedam ao tratamento prévio e ao descarte junto aos corpos receptores (JIMENEZ et al., 2004). Mais de 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais com teor de toxicidade são lançados anualmente no Brasil, dos quais apenas 850 mil toneladas recebem tratamento adequado, e os que sobram são depositados de maneira errônea no meio ambiente sem que ocorra qualquer tipo de tratamento conforme a estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais - (ABETRE) (JIMENEZ et al., 2004).

Em qualquer atividade industrial sempre haverá a probabilidade de riscos ambientais, que são óbvios, tanto pela natureza do processo, quanto pelos produtos envolvidos. Segundo o inciso III do artigo terceiro da resolução CONAMA 237/97 diz que,

[...] aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento”, deverá ser apresentado com subsídio da licença, “relatório ambiental, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação da área degradada e análise preliminar de riscos (CONAMA, 1997, p.237).

A identificação de riscos inerentes as atividades da empresa e a avaliação de suas possíveis conseqüências constituem os passos iniciais para a implantação do Sistema de Gestão Ambiental - (SGA) (MORAES; JORDÃO, 2002).

## 2.5 PROCESSOS DE TRATAMENTOS DE ÁGUAS RESIDUAIS GERADAS POR ATIVIDADES INDUSTRIAIS

Segundo Giordano (2004), a utilização de água pelas indústrias pode ocorrer de diversas formas como lavagens de máquinas, tubulações, pisos e aspersão sobre pilhas de minério, água de sistema de resfriamento e geradores de vapor; águas oriundas das etapas do processo industrial ou misturadas aos produtos; esgoto sanitário dos funcionários, originando assim os efluentes líquidos.

Segundo Jimenez et al. (2004), em relação as indústrias que produzem resíduo líquido no processo industrial é necessário que exista uma alternativa de tratamento, pois este não deve ser acumulado em um determinado local e não deve ser descartado de qualquer maneira, seja na atmosfera, nas águas ou no solo, que direta ou indiretamente podem prejudicar o ecossistema caracterizando assim poluição ambiental.

Ainda é tímida a quantidade de indústrias que buscam técnicas de tratamento da água utilizada no processo industrial, tendo como o objetivo a diminuição de impactos ambientais e a preservação do ecossistema para presente e futuras gerações (JIMENEZ et al., 2004). Salienta-se que um dos fatores importantes na reutilização das águas residuárias de uma empresa, é a conscientização ambiental que a cada dia atinge diversos setores da sociedade contemporânea, com uma cobrança bem maior da sociedade civil organizada e pelas autoridades competentes.

De acordo com Julio et al. (2009) resíduos líquidos provenientes dos processos indústrias deverão ser separados conforme suas características químicas. Resíduos líquidos provenientes dos descartes de banhos químicos e águas de lavagens, são geralmente coloridos, alguns com temperatura superior à ambiente e liberam vapores, com pH geralmente extremos, ácidos ou alcalinos.

Segundo Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – (CPRH, 2001) se tratando de indústrias que fazem o tratamento de resíduo líquido, parâmetros como metais pesados, Demanda Bioquímica de Oxigênio – (DBO), Demanda Química de Oxigênio - (DQO), Demanda de Oxigênio – (OD), pH, cor, turbidez, Sólidos Sedimentáveis – (SS) e óleos e graxas, são os mais importantes e são específicos a descarte de resíduos líquidos, isto significa que são merecedores de um constante monitoramento. Os tratamentos dos resíduos líquidos que contém

metais pesados são, em muitos casos, um problema econômico e/ou técnico, devido à composição e pela severidade dos padrões reguladores do descarte (CPRH, 2001). Ao se tratar de métodos indicados para resíduos que contem metais pesados pode ser citada a precipitação química e a troca iônica, que, e independente do método ocorre à geração de lodo. O lodo gerado nesse processo de precipitação é classificado como resíduo perigoso e representa um grande problema ambiental, possivelmente por falta de espaços físicos nas instalações industriais para o seu correto armazenamento (TOREM; CASQUEIRA, 2003).

Em processos físico-químicos no tratamento de resíduo líquido é comum indústrias (metalurgia, produção de circuitos eletrônicos, processamento de aço, química fina e produção farmacêutica) utilizarem substâncias alcalinas, pois são caracterizadas principalmente pelas precipitações dos metais pesados nos respectivos hidróxidos insolúveis (TOREM; CASQUEIRA, 2003).

Em se tratando da fundição do minério cassiterita, os resíduos podem possuir alto teor de metais, em especial o estanho, que é o elemento principal desse tipo de atividade industrial e o ferro que faz parte da planície subterrânea. Em análise do material (minério de cassiterita) foi possível observar altas concentrações de estanho, ferro, chumbo, arsênio, flúor, e cobre. Salientando-se que alguns metais pesados são substâncias altamente tóxicas e a contaminação por estes pode provocar um conjunto de consequências, tanto para seres vivos e como para o meio ambiente (MORAES; JORDÃO, 2002).

### **2.5.1 Impactos Ambientais**

Impacto ambiental tem por definição “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

A preocupação com a água tem atendido uma alta complexidade de medida, assumindo de forma clara os aspectos ambientais, econômicos, políticos e sociais. A

degradação ambiental que afeta a qualidade das águas de rios e lagos, por consequência do grande aumento da desorganização do desenvolvimento industrial, são fatores que fornecem um quadro dramático da situação em que o país se encontra hoje, com uma maior possibilidade de colapso ambiental, afetando não só o homem, mas toda a vida na terra. A dois tipos de impactos que podem ser causados pelo homem um deles é o consumo de recursos naturais em ritmo mais acelerado do que aquele no qual eles podem ser renovados pelo sistema ecológico o outro é pela geração de produtos residuais em quantidades maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural de nutrientes (MORAES; JORDÃO, 2002).

O CONAMA, em 1986 no Art. 1º menciona: o lançamento indevido de efluentes industriais de diferentes fontes pode levar a forte mudança na característica do solo e da água, contribuindo assim na contaminação e poluição do meio ambiente. A contaminação ambiental ocorre quando de maneira inadequada é lançado estes efluentes, que modificam o aspecto estético, a composição e o meio físico, ameaçando a saúde do homem, das plantas e animais (CONAMA, 1986).

## 2.6 PROCESSOS DE REDUÇÃO DA CASSITERITA A ESTANHO NA EMPRESA ESTANHO DE RONDÔNIA S/A -ARIQUEMES – RO

### 2.6.1- Determinação da Umidade e do Teor de Estanho e Outros

“Inicialmente a cassiterita oriunda da mina é classificada a partir de uma amostra de 1000 kg, da qual são retiradas pequenas quantidades de diversos pontos até perfazer um total de quatro quilogramas para determinar a umidade da amostra. Paralelo ao processo anterior, após sucessivas divisões, chega-se a uma amostragem de 100 kg que passa por um processo de secagem e peneiramento. O peneirado superior a seis milímetros de diâmetro sofre sucessivas divisões até alcançar uma amostra menor, em torno de 150g, que será enviada para o laboratório para determinação do teor de estanho e outros”<sup>1</sup>.

---

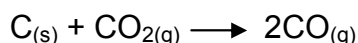
<sup>1</sup> Metodologia adotada pela Empresa Estanho de Rondônia S/A (ERSA) para redução de cassiterita a estanho.

### 2.6.2 Processo Fusão Redutora

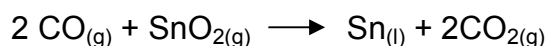
“Com a utilização de fornos elétricos a arco (FEA) submerso, 500 kva de potência e ou de 800 kva. O estanho é obtido do concentrado de cassiterita pela ação redutora do carvão vegetal e calcário, que é usado para escorificar outros minerais, como sílica e alumina. O processo de fusão ocorre em dois estágios: primeiro o concentrado de cassiterita é reduzido para dar um estanho bruto com 1% de Fe, e uma escória (resíduos gerados no processo) rica em torno de 15% de Sn. Na segunda etapa a escória rica em estanho sofre uma nova redução em outra fase para dar uma liga de FeSn com 4% de estanho, com processos sucessivos até alcançar uma escória final de 0,5 a 1%, com razões Fe:Sn de 10:1 sendo obtidas, e um estanho bruto com 1,5% de Fe. Durante estas fases de redução, devido à alta temperatura do forno elétrico, grande quantidade de estanho é volatilizado como estanho metálico que se oxida na atmosfera acima do forno ou diretamente como óxido de estanho. Este material é captado por um sistema de exaustão e recuperado como óxido de estanho em pó (pó do filtro) em filtros de mangas. Este pó do filtro é pelletizado (sólido) e colocado ao forno novamente.”<sup>2</sup>

### 2.6.3 Representação Química da Fusão Redutora

De acordo com Kotz ; Treichel Jr, (2006) no forno, quando a cassiterita é aquecida o carbono, agente redutor, reage com o dióxido de carbono da atmosfera do forno, para formar monóxido de carbono.



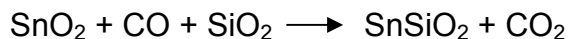
Este monóxido de carbono reage com a superfície sólida do óxido de estanho para a produção de dióxido de carbono e estanho (KOTZ ; TREICHEL JR, 2006).



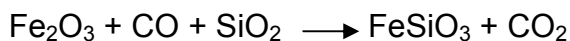

---

<sup>2</sup> Metodologia adotada pela Empresa Estanho de Rondônia S/A (ERSA) para redução de cassiterita a estanho.

Com o aumento da temperatura, a sílica que é um constituinte da cassiterita reage sob condições redutoras para formar silicato estenoso e dióxido de carbono (KOTZ ; TREICHEL JR, 2006).

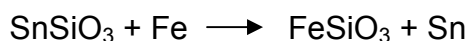


Outro constituinte, o ferro, é reduzido de férrico para ferroso, quando este também reage com sílica para formar silicato ferroso e dióxido de carbono ( KOTZ ; TREICHEL JR, 2006).



Uma vez que silicatos de estanho e ferroso tenham fundido formando uma escória líquida, o monóxido de carbono passa a ser um agente redutor eficaz.

O carbono em condições sólidas torna-se então, o redutor predominante e é capaz de reduzir ambos, silicato estanoso para estanho e silicato ferroso para ferro. Este ferro metálico introduzido na carga pode reduzir o estanho do silicato estanoso conforme a reação reversível. (KOTZ ; TREICHEL Jr, 2006)



#### **2.6 4. Descrição do Sistema de Lavagem dos Gases Oriundos da Fusão do Minério de Cassiterita na Empresa Estanho de Rondônia S/A**

“Durante a fundição do minério nos fornos ocorre à emissão de gases, que são captados através de um sistema de exaustão, esse sistema é interligado a um multi-ciclone, onde proporciona a separação entre os particulados mais pesados e os mais leves. As partículas passam pelo coletor, na parte superior do equipamento, sendo dirigido para os ciclones, onde o particulado mais pesado é coletado. As partículas menores são conduzidas ao filtro de mangas, onde o particulado aspirado é coletado em sua parte inferior, através de transportadores helicoidais e válvulas rotativas, que proporcionam a descarga contínua do pó coletado, mantendo a pressão interna do filtro. As mangas possuem sistema de limpeza automático, através da injeção de ar comprimido no sentido inverso. Após a passagem do particulado pelo filtro de mangas, o fluído é direcionado ao lavador de gases através

de ventilador centrífugo. O lavador tem dois estágios de lavagem, um em forma de jato de água e o outro por anéis de separação. Após a passagem do fluido pelo lavador de gases, torre de lavagem, o ar limpo é direcionado a uma chaminé de descarga e o resíduo líquido é depositado em um tanque fechado.”<sup>3</sup>



Figura 1 – Sistema de exaustão  
Fonte: Arquivo pessoal do autor



Figura 2 – Sistema de lavagem de gases  
Fonte: Arquivo pessoal do autor

---

<sup>3</sup> Metodologia adotada pela Empresa Estanho de Rondônia S/A (ERSA) para redução de cassiterita a estanho.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Identificar os resíduos presentes na água gerada da lavagem dos gases oriundos do processo de redução da cassiterita a estanho em alto-fornos ( fornos elétrico).

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Apresentar o resultado analítico da água residual gerada do processo de fundição de minério de cassiterita;
- ✓ Apresentar o resultado analítico da água residual gerada após a adição do reagente neutralizante para efeito de comparação de resultado;
- ✓ Sugerir alternativas para tratamento da água residual gerada do processo de redução da cassiterita a estanho;

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCALIDADE DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na empresa de redução de minério de cassiterita “Estanho de Rondônia” localizada no município de Ariquemes (Lei de criação 6448 de 11 de outubro de 1977), cidade que se encontra localizada no estado de Rondônia, a 199 km da capital “Porto Velho”, região norte do Brasil, sua área geográfica é de 4.426,56 km<sup>2</sup> (2.002), com uma população de aproximadamente 90.353 habitantes (BRASIL, 2010). E o estado de Rondônia se encontra com uma população de 1.562.409 habitantes (IBGE, 2010).

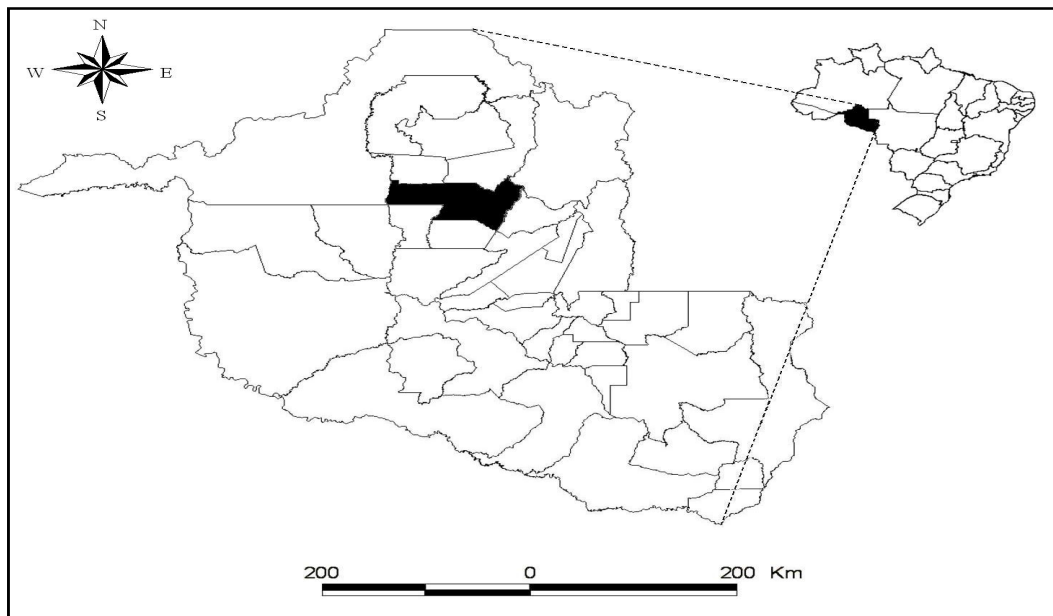


Figura 3 - Mapa de localização do Município de Ariquemes no Estado de Rondônia - Brasil

Fonte: Adaptado de Lilian Cristina Macedo

### 4.2 COLETA E PROCESSAMENTO DA AMOSTRA

As amostras foram coletadas no tanque de depósito de água residual, oriunda da lavagem dos gases gerados no processo de redução de cassiterita a estanho, posteriormente acondicionada em frascos padronizados e indicados pelo laboratório responsável pela análise Bioagri Ambiental com acreditação na Rede Brasileira de

Calibração (RBC), localizado no Estado de São Paulo. Após a coleta a mostra foi acondicionada em uma caixa térmica, refrigerada e enviada para análise.

As análises das amostras foram realizadas em triplicata, feitas por equipamentos como balança analítica para os parâmetros de óleos e graxas, cromatografia gasosa para o parâmetro para os Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), analisador de cianeto para o parâmetro de cianeto, potenciômetro íon seletivo para o parâmetro de nitrogênio amoniacal, espectrofotômetro de emissão por plasma para os parâmetros de metais, espectrofotômetro Ultra Violeta (UV) para os parâmetros de índices de fenóis; cromo hexavalente, cromatógrafo de íons para parâmetros de ânions e medidor para análise do Potencial Hidrogeniônico (pH).

A retirada das amostras da segunda etapa foi após a neutralização com hidróxido de sódio, na qual foram adicionados 75 kg de hidróxido de sódio no tanque contendo 16.800 litros de água residual, concomitantemente com a homogeneização da solução através da injeção de ar comprimido, durante quatro horas de agitação e mais 24 horas de decantação. A adição do reagente na água residual foram a cada duas horas em quantidades de 25 kg por adição, com medição de pH constante até estabelecer um pH neutro. O processo de coleta foi o mesmo utilizado na primeira etapa.

A comparação das amostras da primeira etapa com a da segunda foi realizada através de gráficos feitos pelo programa Excel 2007.

#### 4.3 PARÂMETROS UTILIZADOS NA ANÁLISE DA ÁGUA RESIDUAL

Os parâmetros utilizados para a realização da análise e comparação de resultados foram os parâmetros da resolução CONAMA 357/2005 Art. 34. Visto que o Estado de Rondônia adota a Lei federal CONAMA como parâmetros para descarte de água residual ao meio ambiente (CONAMA, 2005).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as análises da água residual resultante da lavagem de gases advindos do processo da redução da cassiterita a estanho e comparadas com Parâmetro utilizado CONAMA 357/05 art. 34, observou-se que as concentrações de alguns contaminantes estão dentro dos limites máximos permitidos e outros acima destes, conforme tabela a seguir (CONAMA, 2005).

Tabela 01 – Resultados analíticos de água residual do processo de redução da cassiterita a estanho. Empresa Estanho de Rondônia S/A. Ariquemes. Rondônia. 2011.

Parâmetros	LQ (mg/l)	Resultados analíticos (mg/l)	CONAMA 357 - Art. 34 VMP (mg/l)
Cobre Dissolvido	0,005	0,091	1,0
Ferro Dissolvido	0,5	34,8	15,0
Manganês Dissolvido	0,01	0,322	1,0
Fluoreto	0,1	710	10,0
pH - [H <sup>+</sup> ]	0 – 14	2,74	5 – 9
Materiais sedimentáveis	0,3	0,7	1,0
Óleos e Graxas Minerais	1	< 1	20,0
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	1	< 1	50,0
Materiais flutuantes	---	Ausentes	Ausentes
Arsênio Total	0,01	< 0,01	0,5
Bário Total	0,01	0,250	5,0
Boro Total	0,01	0,495	5,0
Cádmio Total	0,001	< 0,001	0,2
Chumbo Total	0,01	< 0,01	0,5
Cianeto	0,1	< 0,1	1,0
Cianeto Livre	0,02	< 0,02	0,2
Cromo Hexavalente	0,01	0,02	0,1
Cromo Trivalente	0,01	< 0,01	1,0
Cromo	0,01	0,022	---
Estanho Total	0,5	6,4	4,0
Mercúrio Total	0,00025	< 0,00025	0,01
Níquel Total	0,01	0,029	2,0
Nitrogênio Amoniacal	0,1	0,70	20,0
Prata Total	0,005	< 0,005	0,1
Selênio Total	0,008	< 0,008	0,30
Sulfeto	1,0	< 1	1,0
Zinco Total	0,01	0,790	5,0
Clorofórmio	0,001	< 0,001	1,0
Dicloroetano Total	0,003	< 0,003	1,0
Índice de Fenóis	0,02	0,15	0,5
Tetracloroeto de Carbono	0,001	< 0,001	1,0
Tricloroetano	0,001	< 0,001	1,0

Fonte: Bioagri Ambiental (2011)

Os parâmetros pH, estanho total, ferro dissolvido e fluoreto encontrado na tabela acima encontram-se acima dos valores máximos permitidos pelo CONAMA 357/05 de 25 de março de 2005, Artigo 34 em relação aos Padrões de lançamentos de efluentes – revisado pelo Conama 397. Lembrando que essa etapa teve como intuito verificar a qualidade da H<sub>2</sub>O residual anterior a neutralização.

A segunda análise está sendo representada na Tabela 02, na qual demonstra os resultados das análises da H<sub>2</sub>O após a neutralização com hidróxido de sódio.

Tabela 02 – Resultados analíticos após a adição de reagente Hidróxido de Sódio (NaOH). Ariquemes. Rondônia. 2011.

Parâmetros	LQ (mg/l)	Resultados analíticos (mg/l)	CONAMA 357 - Art. 34 VMP (mg/l)
Cobre Dissolvido	0,005	0,032	1,0
Ferro Dissolvido	0,5	2,8	15,0
Manganês Dissolvido	0,01	0,093	1,0
Fluoreto	0,1	810	10,0
pH – [H <sup>+</sup> ]	0 – 14	7,00	5 – 9
Materiais sedimentáveis	0,3	<0,3	1,0
Óleos e Graxas Minerais	1	< 1	20,0
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	1	< 1	50,0
Materiais flutuantes	---	Ausentes	Ausentes
Arsênio Total	0,01	< 0,01	0,5
Bário Total	0,01	0,012	5,0
Boro Total	0,01	0,239	5,0
Cádmio Total	0,001	< 0,001	0,2
Chumbo Total	0,01	< 0,01	0,5
Cianeto	0,1	< 0,05	1,0
Cianeto Livre	0,02	< 0,01	0,2
Cromo Hexavalente	0,01	<0,01	0,1
Cromo Trivalente	0,01	0,06	1,0
Cromo	0,01	0,061	---
Estanho Total	0,5	1,5	4,0
Mercúrio Total	0,00025	< 0,00006	0,01
Níquel Total	0,01	<0,01	2,0
Nitrogênio Amoniacal	0,1	0,56	20,0
Prata Total	0,005	< 0,005	0,1
Selênio Total	0,008	< 0,008	0,30
Sulfeto	1,0	< 1	1,0
Zinco Total	0,01	0,460	5,0
Clorofórmio	0,001	< 0,001	1,0
Dicloroetano Total	0,003	< 0,003	1,0
Índice de Fenóis	0,02	<0,02	0,5
Tetracloroeto de Carbono	0,001	< 0,001	1,0
Tricloroetano	0,001	< 0,001	1,0

Fonte: Bioagri Ambiental, (2011)

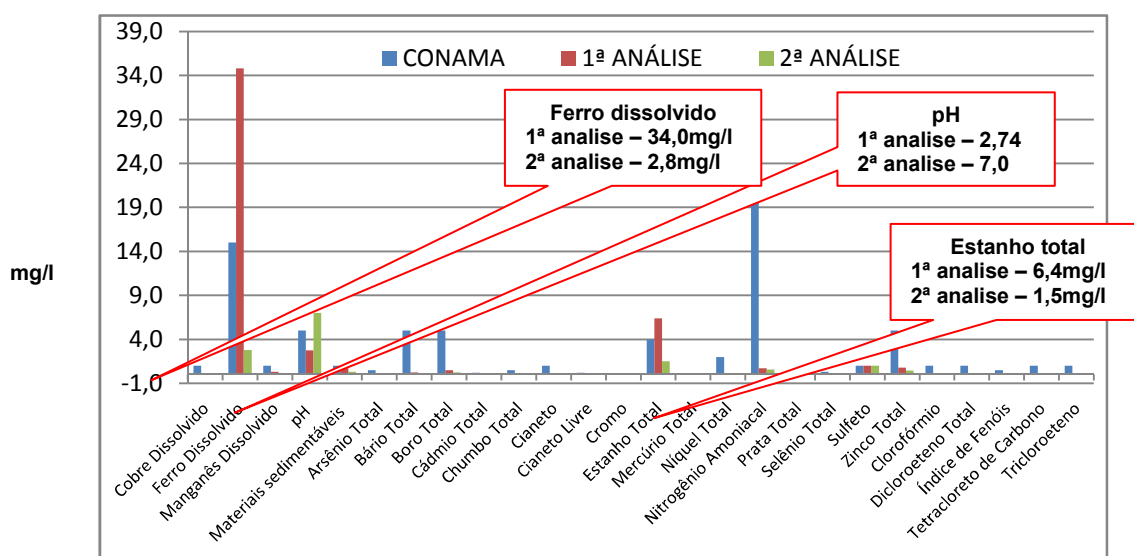
Após adição do hidróxido de sódio verificou-se a maioria das concentrações dos contaminantes diminuíram, com exceção da concentração de fluoreto que aumentou.

Na Tabela 03 para uma melhor visualização dos resultados apresentados na tabela 01 e na tabela 02 apresenta uma comparação dos resultados da primeira com a segunda análise. E posteriormente a eficiência do reagente hidróxido de sódio na água residual.

Tabela 03 – Comparativo da primeira análise com a segunda análise após a adição do reagente NaOH. Ariquemes. Rondônia. 2011.

PARÂMETROS	CONAMA 357 - Art. 34 VMP (mg/l)	1ª ANÁLISE (mg/l)	2ª ANÁLISE (mg/l)
Cobre Dissolvido	1,00000	0,09100	0,03200
Ferro Dissolvido	15,00000	34,80000	2,80000
Manganês Dissolvido	1,00000	0,32200	0,09300
Fluoreto	10,00000	710,00000	810,00000
pH – [H <sup>+</sup> ]	5,00000	2,74000	7,00000
Materiais sedimentáveis	1,00000	0,70000	0,30000
Arsênio Total	0,50000	0,01000	0,01000
Bário Total	5,00000	0,25000	0,01200
Boro Total	5,00000	0,49500	0,23900
Cádmio Total	0,20000	0,00100	0,00100
Chumbo Total	0,50000	0,01000	0,01000
Cianeto	1,00000	0,10000	0,05000
Cianeto Livre	0,20000	0,02000	0,01000
Cromo	0,00000	0,02200	0,06100
Estanho Total	4,00000	6,40000	1,50000
Mercúrio Total	0,01000	0,00025	0,00006
Níquel Total	2,00000	0,02900	0,01000
Nitrogênio Amoniacal	20,00000	0,70000	0,56000
Prata Total	0,10000	0,00500	0,00500
Selênio Total	0,30000	0,00800	0,00800
Sulfeto	1,00000	1,00000	1,00000
Zinco Total	5,00000	0,79000	0,46000
Clorofórmio	1,00000	0,00100	0,00100
Dicloroetano Total	1,00000	0,00300	0,00300
Índice de Fenóis	0,50000	0,15000	0,02000
Tetracloroeto de Carbono	1,00000	0,00100	0,00100
Tricloroetano	1,00000	0,00100	0,00100

Fonte: Bioagri Ambiental, (2011)



Os parâmetros como pH, do estanho e do ferro que anterior da neutralização (1ª etapa) encontravam-se fora dos padrões, na segunda , após a neutralização

suas concentrações alcançaram os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, 2005. No tocante ao fluoreto não se encontra representado na figura acima, por apresentar valores que ultrapassaram a escala trabalhada. Na primeira análise o fluoreto apresentou resultado de 710 mg/l, com limite máximo permitido pelo CONAMA de 10,0 mg/l.e na segunda análise apresentou resultado de 810 mg/l. Resultado esse que pode ter aumentado em consequência dos descartes de água residual no tanque de depósito no intervalo entre a primeira e segunda análise.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUAL GERADA PELO PROCESSO DE REDUÇÃO DA CASSETERITA A ESTANHO

Para o tratamento de Efluente Industrial, neste caso a água residual, seja eficiente consideram-se os fatores como os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado; a qualidade do efluente tratado; segurança relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor, além da confiabilidade para atendimento a legislação ambiental e possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GIORDANO, 2004).

Para a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - (CETSB), o tratamento mais utilizado em indústria que utilizam água no seu processo é a neutralização, precipitação e remoção dos sólidos precipitados. Os efluentes ácidos alcalinos são misturados em caixas ou tanques com agitação mecânica, onde é feito o acerto de pH pela adição de ácido/base com formação de precipitados. Os agentes químicos mais utilizados para os efluentes ácidos são soda caustica, carbonato de sódio e cal, e para efluentes alcalinos, o ácido sulfúrico. A cal tem a desvantagem de ser pouco solúvel, sendo mais complicado o seu manuseio e a dosagem, mas por outro lado é um produto barato, com a produção de um lodo mais denso e fácil de secar. Já o NaOH tem a vantagem de não necessitar de sistemas sofisticado de dosagem, e a produção do lodo é bem menor (CONAMA, 2005).

No tocante aos resultados obtidos nas análises feitas a partir da água residual gerada pela lavagem dos gases oriundos da redução da cassiterita a estanho observou-se que a neutralização através de hidróxido de sódio foi eficiente para

redução dos níveis de estanho e ferro. Em relação ao pH houve um aumento imediato, passado de 2,74 para 7,0, mas a não redução dos índices de fluoreto poderão, no decorrer do tempo, pode fazer com que o pH retorne ao índices anteriores.

Considerando que a neutralização com hidróxido de sódio não interferiu na concentração de fluoreto, sugere-se, para tanto, a utilização de processos como a de precipitação, de adsorção através de carvão ativado, alumina e resina de troca iônica (SILVA et al., 2006).

A utilização de alumina para a remoção de flúor em grandes proporções teve início na usina de Bartlett, (Usina de desfluoretação, construída em 1952 que empregava alumina ativada como trocador iônico e em 1977 foi fechada) Texas, Estados Unidos, nos anos de 1952 a 1977, mostrando-se eficiente, alcançando índices em torno de 1560 g de fluoreto por m<sup>3</sup> de alumina, e em água com um teor de 8 mg/L. Essa capacidade reduziu-se para 920 g fluoreto por m<sup>3</sup> de alumina quando a água apresentava um teor de 3 mg/L de fluoreto ( MAIER, 1971).

Em estudo realizado em poços da região metropolitana da cidade de São Paulo constatou-se que a utilização de agentes a base de ortofosfatos mostrou-se eficiente na remoção de fluoretos, além de ser de baixo custo inicial e de manutenção (NETTO et al., 2004).

Dependendo da natureza do resíduo a ser tratado são necessários vários processos de tratamento de resíduo líquido, para que o mesmo se enquadre os padrões estabelecidos pela Legislação Ambiental (CPRH, 2001). Geralmente, a primeira etapa o resíduo líquido contendo metais pesados é a através da coagulação química, a qual pode influenciar significativamente nas etapas de tratamento subseqüentes (JULIO et al., 2009).

Diante dos resultados obtidos e comprovados através de análises químicas dos contaminantes, sugere-se, para remoção de fluoreto, processos de precipitação e ou adsorção, com a utilização de alumina (óxido de alumínio, formado por alumínio e oxigênio), carvão ativado (carbono tratado para aumentar significativamente suas propriedades de adsorção, eliminando odores, mau gosto e substâncias orgânicas dissolvidas), resina de troca iônica ou agentes a base de ortofosfatos (usado para captar em meio líquido cátions e ânions, responsável por teor de sólidos dissolvidos indesejáveis). O processo de adsorção é usado na remoção de compostos orgânicos e metais pesados presentes em águas residuárias ou efluentes industrial,



sendo um processo bastante eficiente na sua remoção. Quanto aos demais a neutralização com hidróxido de sódio poderá ser mantida. Para tanto, se faz necessário testes para verificar a eficiência e custo para cada caso.

## CONCLUSÃO

As amostras foram coletadas e enviadas para o laboratório, em duas etapas, sendo que na primeira etapa apresentou elementos fora dos padrões do CONOMA, a exemplo do pH 2,74 mg/L com valor mínimo pH 5,0 e no máximo pH 9,0, o estanho dissolvido 6,4 mg/L, com valor máximo permitido de 4,0 mg/L, ferro total 34,8 mg/L, com valor máximo permitido 15,0 mg/L e fluoreto 710 mg/L, valor máximo permitido (10,0 mg/L).

Na segunda etapa, após a neutralização com hidróxido de sódio os resultados analítico foram satisfatório em relação à remoção do ferro, estanho e no tocante a elevação do pH a níveis aceitáveis. Ao se tratar do parâmetro fluoreto não apresentou resultado satisfatório perante a legislação aplicada (Conama 357/05, art. 34) com resultado de 810 mg/L enquanto o valor máximo permitido é de 10,0 mg/L.

O fluoreto por estar dissolvido na água residual não precipitou como o esperado. Para tanto, sugere-se a remoção do mesmo através da precipitação e ou adsorção, com a utilização de alumina, carvão ativado, resina de trocas iônicas ou agentes a base de ortofosfatos, conforme discutidos anteriormente. Quanto os demais contaminantes a neutralização com hidróxido de sódio poderá ser mantida, Portanto, sugere-se a continuidade da pesquisa com vistas à seleção do método para remoção de fluoreto que seja o mais eficiente e com menor custo, visando o reaproveitamento da água residual na linha de produção.

## REFERÊNCIAS

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos Industriais**. 2001. Disponível em:  
< <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2001.pdf> > Acesso em: 27 jun. 2011.

AMARAL, Djanira Maria; PIUBELI, Francine Amaral. **A poluição atmosférica interferindo na qualidade de vida da sociedade**. In: X simpep – simpósio de engenharia de produção, X, 2003. Disponível em:  
<<http://www.amda.org.br/objeto/arquivos/110.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2011.

APOSTOLLI, P. Apostila do curso Riscos Associados á Exposição de Metais. **Escola Nacional de Saúde Pública/ ENSP**, Fundação Osvaldo Cruz, FIOCRUZ. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normas para trabalhos acadêmicos**. Rio de Janeiro: ABNT, [20--?].

BIOAGRI Ambiental. Processo Comercial N° 7443/2011-2. **Boletim de Análise N° 83616/2011-0**, p.3 - 4 / B.A.: 83616/2011-0, Piracicaba - SP. 2011.

CASTANHO, A.; CRUZ, P. A. Perfil analítico das terras raras. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção e Mineração, **boletim** 28. Rio de Janeiro: DNPM, 1973.

CERQUEIRA, Wagner Francisco. **Aspecto populacional de Rondônia**. Equipe Brasil Escola. 2011. Disponível em:  
< <http://www.brasilecola.com/brasil/aspectos-populacao-rondonia.htm> > Acesso em: 27 jun. 2011.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE –. **Resolução CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986. Define as situações e estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Disponível em:<<http://www.antt.gov.br/legislacao/Regulacao/suerg/Res001-86.pdf>>  
Acesso em: 06 jun. 2011.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Legislação Ambiental. RESOLUÇÃO CONAMA N. 237, DE 19.12.97**. 1997. Disponível em:  
<[http://homologa.ambiente.sp.gov.br/cprn/res\\_conama\\_237\\_191297.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/cprn/res_conama_237_191297.pdf)>  
Acesso em: 06 jun. 2011.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama 357/05 Art. 34. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente e dá outras providências. 2005. Disponível em: < [www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res\\_conama\\_357\\_05.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2011.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Mato Grosso. 2004. Disponível em: < [http://www.ufmt.br/esa/Modulo\\_II\\_Efluentes\\_Industriais/Apost\\_EI\\_2004\\_1ABES\\_Mato\\_Grosso\\_UFMT2.pdf](http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mato_Grosso_UFMT2.pdf)>. Acesso em: 6 jun. 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Dados do município de Ariquemes no ano de 2009**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/csv.php?tabela=sintese&codmun=110002&nomemun=Ariquemes>> . Acesso em: 29 jun. 2011

JULIO, Marcelo. et al. **Influência dos Parâmetros de Mistura Rápida, Flocculação e Decantação no Tratamento da Água Afluente à ETA de Ponta Grossa/PR**. 2009. 17 f. Monografia, (Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa – PR, 2009. Disponível em: < [http://74.125.155.132/scholar?q=cache:JxPmezkurpQJ:scholar.google.com/+INFLU%C3%80NCIA+DOS+PAR%C3%82METROS+DE+MISTURA+R%C3%81PIDA,+FLOCULA%C3%87%C3%83O+E&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](http://74.125.155.132/scholar?q=cache:JxPmezkurpQJ:scholar.google.com/+INFLU%C3%80NCIA+DOS+PAR%C3%82METROS+DE+MISTURA+R%C3%81PIDA,+FLOCULA%C3%87%C3%83O+E&hl=pt-BR&as_sdt=0,5)> Acesso em: 27 jun. 2011.

JIMENEZ, Sarti R. et al. Remoção de Metais Pesados de Efluentes Aquosos pela Zeólita Natural Escolécita – Influência da Temperatura e do pH na Adsorção em Sistemas Momelementares. **Quim. Nova**, Campinas – SP, v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v27n5/a11v27n5.pdf>> . Acesso em: 27 jun. 2011.

LOWELL G. R.; AHL, M. Chemistry of dark zinnwaldite from Bom Futuro tin mine, Rondonia, Brazil. **Mineralogical Magazine**, v. 64, n. 4, p. 699–709, Aug. 2000.

KOTZ, John C.; TREICHEL JR, Paul M.. **Química Geral e Reações Químicas volume 1**. 5 ed. São Paulo: Thomsom Learning, 2006.

MAIER, F. J., "Water defluoridation of Britton : End of an Era". **Public Works**, v. 102, n. 6, 1971.

MARCUS, Gilson. Separação, Tratamento de água, meio ambiente. Ano x, **Revista e Portal Meio Filtrante**, n.51, jun./ago. 2011. Disponível em: <WWW.meiofiltrante.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2011

MEDEIROS, Salomão de S. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina, Grande v.9, n.4, p.603-612, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n4/v9n4a26.pdf> > Acesso em: 27 jun. 2011

MELAMED, Ricardo; PEDRO, Heloisa Helena B., LUZ, Adão Benvindo da. **Eficiência de minerais industriais na sorção de metais pesados**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 19º – Recife, Rio de Janeiro, 2002.

MORAES, Lima S. D.; JORDÃO, Quinzani B. Degradação de Recursos Hídricos e seus Efeitos sobre a Saúde Humana. **Rev Saúde Pública**, v.36, n. 3, p.370-4, 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.org/pdf/rsp/v36n3/10502.pdf> > Acesso em: 27 jun. 2011.

NETTO, João Paulo Godoi Martins et al, . **A Ocorrência de Fluoreto na Água de Poços da Região Metropolitana de São Paulo e Novas Tecnologias Para Sua Remoção**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13º, Cuiabá, MT, 2004.

PEREIRA, K. C. D. **Identificação de eventos de transporte atmosférico por análise de micropartículas no ar e no depósito glacial da Ilha Rei George – Península Antártica**. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia da Universidade de Estado do Rio de Janeiro, 2002.

PORSANI Jorge Luís et al. Investigações GPR nos distritos mineiros de santa bárbara e bom futuro: província estanífera de rondônia. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 1, p. 57-68, jun. 2004. Sociedade Brasileira de Geofísica. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v22n1/a05v22n1.pdf>> . Acesso em: 20 nov. 2011.

RAMOS, Carlos Romano. Estanho na Amazônia: o apogeu e ocaso da produção. **Novos Cadernos**, v. 6, n. 2, p. 39-60, dez. 2003.

SANTOS, Breno Augusto dos. Recursos minerais da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.16, n.45, p. 123-152, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v16n45/v16n45a09.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2011

SAQUETO, Karla Carolina; MACHADO, Ana Marta Ribeiro; SALVADOR, Nemésio Neves Batista. Aplicação de Zeolita Natural Escolocita na Remoção de  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  e  $Pb^{2+}$  de Soluções Aquosas em Diferentes Valores de pH. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Carlos, São Carlos – SP, n. 5, p. 27-33, dez. 2006. Disponível em: < [http://www.rbciamb.com.br/images/online/05\\_artigo\\_4\\_artigos96.pdf](http://www.rbciamb.com.br/images/online/05_artigo_4_artigos96.pdf) > Acesso em: 27 jun. 2011.

SEPLAN - SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. **Atividade industrial cresce 4% neste ano: A indústria brasileira continua em recuperação.** 2007. Disponível em: < <http://www.seplan.ro.gov.br/noticias.asp?id=628&tipo=Noticia>>. Acesso em: 27 jun. 2011.

SILVA, C. A et al. Uso da Moringa Oleifera para Remoção de Fluor em águas, **Revista Analytica**, n. 21, fev./mar., 2006.

SOUZA, Maria Eugenia Tavares Abreu; LIBÂNIO, Marcelo. **Proposta de índice de qualidade para água bruta afluenta a estações convencionais de tratamento.** Eng Sanit Ambient, v.14, n. 4, p. 471-478, out./dez. 2009.

TOMIELLO, Naira. **Gestão do Desenvolvimento Sustentável: um embate moderno e pós-moderno – O Triunfo da Razão e do Sujeito.** In: I SEMINÁRIO NACIONAL SOCIOLOGIA E POLÍTICA. 1º, Universidade Federal do Paraná. Sociologia e Política em tempos de Incerteza. 2009. Disponível em: <<http://www.humanas.ufpr.br/site/evento/SociologiaPolitica/GTs-ONLINE/GT7%20online/gestao-desenvolvimento-NairaTomiello.pdf> >. Acesso em: 27 jun. 2011.

TOREM, Leonardo M.; CASQUEIRA, Rui G. **Flotação Aplicada a Remoção de Metais Pesados.** Serie Tecnologia Ambiental. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003. Disponível em: < <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2003-085-00.pdf> > Acesso em: 27 jun. 2011.

TOREM, Mauricio Leonardo; CUNHA, Fabíola oliveira da cunha; CASQUEIRA, Rui de Góes. Eletrofrotação aplicada a remoção de metais pesados contidos em efluentes líquidos. **Revista Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v. 1, n. 4, abr. 2005. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br/materias/download/2498.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2011

TUNDISI, José Galizia . Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, São Carlos – SP, v. 22, n. 63, 2008, Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf> >. Acesso em: 27 jun. 2011.

## APÊNDICE

### **APENDICE A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE ESTUDO EM NOME DA EMPRESA ESTANHO DE RONDÔNIA S/A**

**Eu, Firmino da Silva, responsável pela Gerência de Produção da empresa Estanho de Rondônia S/A, autorizo a utilização do nome da empresa e dos dados disponíveis para o presente trabalho “ESTUDO DA ÁGUA RESIDUAL GERADO NA LAVAGEM DOS GASES ORIUNDOS DO PROCESSO DE REDUÇÃO DE MINÉRIO DE CASSITERITA A ESTANHO NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES – RO” realizado sob orientação da Professora Ms. Filomena Maria Minetto Brondani, para fins de trabalho acadêmico. Informo que esta utilização de dados ou autorização está condicionada à realização do estudo conforme princípios de ética e responsabilidade.**

---

Firmino da Silva

Gerente de produção Estanho de Rondônia S/A

Ariquemes, RO, 03 de novembro de 2011.