

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS - CEERMIN**

**MONOGRAFIA**

**Estudo da Captação, Uso Industrial e Readequação da Água  
no Processamento Mineral**

**Aluno:** André Aloísio Moura Pinto  
**Orientadora:** Professora Sônia Denise Ferreira Rocha

**Julho 2011**

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente à Deus, por me dar vida, saúde e fé para vencer;  
Meu falecido pai, pelo seu apoio incondicional para com os meus estudos;  
Minha carinhosa mãe, pela voz suave ao me propor esforço e eterna confiança;  
Aos meus familiares por reconhecerem momentos que me ausentei em suas vidas;  
Ao meu filho, motivo maior de todo meu empenho e honestidade;  
À minha amiga amável, compreensível e dedicada esposa.

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof<sup>a</sup> Sônia Denise Ferreira Rocha, pelo apoio ao desenvolvimento deste projeto;  
Aos demais professores, por compartilhar a amizade e seus conhecimentos;  
Aos membros da banca, pela honra de ser avaliado por sublime inteligência;  
Aos meus companheiros de pós-graduação, pela parceria e amizade ao longo do curso.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>ÁGUA NO PROCESSO .....</b>	<b>3</b>
3.1	Classificação dos Corpos de Água.....	3
3.1.1	Águas doces .....	3
3.1.2	Águas salinas .....	4
3.1.3	Águas salobras .....	5
3.2	Água de Superfície.....	6
3.3	Água Subterrânea.....	7
3.3.1	Levantamento de dados .....	7
3.3.2	Caracterização do tipo de manancial.....	8
3.4	Água e Mineração .....	8
3.5	Água de Reciclagem e Recirculação.....	9
<b>4.</b>	<b>MINERAÇÃO E SUSTENTABILIDADE.....</b>	<b>12</b>
4.1	Gestão de Recursos Hídricos.....	14
4.1.1	Exemplos de gestão de recursos hídricos em mineração .....	16
<b>5.</b>	<b>EFLUENTES DA MINERAÇÃO .....</b>	<b>22</b>
5.1	Principais Medidas para Tratamento dos Efluentes.....	24
5.2	Classificação dos Efluentes .....	26
5.3	Tratamento dos Efluentes .....	27
<b>6.</b>	<b>CONTAMINAÇÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>7.</b>	<b>BARRAGEM DE REJEITOS.....</b>	<b>32</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>9.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>37</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS (LEGISLAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL).....</b>	<b>40</b>
	Anexo 1 - Atributos da Legislação .....	40

Anexo 2 - Histórico na esfera Federal.....	42
Anexo 3 - Histórico na esfera Estadual (Minas Gerais).....	45
10.1 Tabela de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos minerais (IBAMA) .....	46

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 3.1:</b> RELAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE ÁGUA NOVA NO PROCESSO E O REUSO/RECICLAGEM/RECIRCULAÇÃO.....	<b>11</b>
<b>FIGURA 4.1:</b> ESTIMATIVA DO USO DA ÁGUA POR REGIÃO E SETOR.....	<b>13</b>
<b>FIGURA 4.2:</b> TOTAL DE ÁGUA CAPTADA POR TIPO DE CAPTAÇÃO ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2009.....	<b>17</b>
<b>FIGURA 4.3:</b> CONSUMO TOTAL DE ÁGUA REAPROVEITADA (RECICLADA E/OU REUTILIZADA) SOMADA À ÁGUA CAPTADA ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2009.....	<b>18</b>
<b>FIGURA 4.4:</b> COMPARAÇÃO ENTRE VOLUME DE ÁGUA CAPTADA E ÁGUA RECICLADA / REUTILIZADA ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2009.....	<b>19</b>
<b>FIGURA 4.5:</b> TOTAL DE RETIRADA DE ÁGUA POR FONTE ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2009.....	<b>21</b>
<b>FIGURA 5.1:</b> PROCESSOS APLICADOS PELAS MINERADORAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS.....	<b>23</b>
<b>FIGURA 5.2:</b> PROCESSOS ENVOLVIDOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	<b>25</b>
<b>FIGURA 7.1:</b> MINA DE ÁGUAS CLARAS, NOVA LIMA / MG (ANTIGA MINERADORA MBR).....	<b>35</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 6.1:</b> PRINCIPAIS TECNOLOGIAS EMPREGADAS PARA A REMOÇÃO DE COMPOSTOS DISSOLVIDOS.....	<b>30</b>
<b>TABELA 6.2:</b> REAGENTES UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE MINÉRIOS, SOBRETUDO NA FLOTAÇÃO.....	<b>31</b>
<b>TABELA 10.1:</b> ANEXOS (TABELA DE ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS E UTILIZADORAS DE RECURSOS MINERAIS).....	<b>46</b>

## **RESUMO**

O presente trabalho se propõe estudar a captação, uso industrial e readequação da água no processamento mineral, buscando uma visão com enfoque na solução. Aborda as tecnologias atuais para tratamento de efluentes na mineração, procurando relacionar as principais exigências da legislação brasileira vigente em Maio/2011. O estudo está focado na atualidade com imparcialidade ambiental, observando o fluxo de água ao longo do processamento mineral. O trabalho busca também uma analogia entre exigências governamentais, ações das mineradoras e o futuro dos recursos em função das necessidades da humanidade.

**Palavras-chave:** Água, mineração, legislação, sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

This work aims to study the collection, use and adjustment of industrial water in mineral processing, seeking a vision focused on the solution. It focus the current technologies for wastewater treatment in mining, seeking to relate the essential requirements of Brazilian environmental regulations in May/2011. The study is focused on fairly current environment, watching the water flow throughout the process. The work also seeks to carry out an analogy between government requirements, shares of mining companies and the future of the resources according to the future needs of humanity.

**Keywords:** Water, mining, legislation, sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração contribuiu para o surgimento dos povos, possibilitando a habitação e o desenvolvimento das nações. Fornece produtos minerais à humanidade pelo menos há provadamente 30.000 anos. Proporcionou estímulo e sustentação de várias atividades, caracterizando bem a relação entre os recursos minerais e a civilização. Foi herdada dos antepassados, os quais exploravam os minerais basicamente para fabricação de ferramentas de trabalho. Hoje é presença indispensável na existência e cotidiano humano, nas casas, na rua, no escritório, hospitais, indústrias e ambientes diversos (PRIETO, 1976).

De acordo com TSUCHIYA (2006), a extração mineral sempre foi muito importante para o cenário mundial, é necessária e deve ser honrada. Certamente pode ser considerada como um dos principais segmentos que possibilitou o avanço da humanidade. O homem tem recorrido ao longo de milhares de anos a estes métodos para exploração de jazigos aflorantes ou situados perto da superfície, considerando que as primeiras explorações minerais foram realizadas a céu aberto e devem ter sido relativamente preferidas às subterrâneas. Os recursos minerais são materiais rochosos utilizados pelo homem para auxiliar e facilitar suas necessidades ao longo do progresso humano. É de suma importância para o desenvolvimento, proporcionando conforto, bens e serviços. Gera grande parcela dos empregos, movimentando o mercado capitalista e participando do crescimento social e econômico mundial. Observando os ambientes em que o homem convive diariamente, pode-se constatar que os bens minerais estão presentes na maior parte deles.

Atualmente o setor mineral discute o problema da disponibilidade dos recursos, principalmente aqueles localizados dentro ou no entorno dos aglomerados urbanos. A possibilidade de exploração destes bens minerais vem declinando em virtude do inadequado planejamento urbano e territorial, de problemas de sustentabilidade ambiental, de zoneamentos restritivos e de usos competitivos do solo, tornando preocupantes as perspectivas de garantia de suprimento futuro. Estes recursos podem ser distinguidos em diferentes classes de acordo com volumes rochosos e reservas minerais, apresentando características determinantes que possibilitam sua exploração econômica.

As atividades da mineração geralmente realizam-se por processos complexos, fazendo-se necessário uma postura digna diante de medidas para redução de impactos e a devida responsabilidade durante os processos, práticas essenciais à preservação e à sustentabilidade desta atividade no futuro. O fator preponderante é a escolha destas ações, considerando que na indústria mineral existem profundas diferenças de porte e substâncias extraídas, além de diferentes impactos econômicos, sociais e ambientais. Existe, portanto uma forte relação entre a evolução da indústria mineradora, o desenvolvimento da sociedade, e a disponibilidade de recursos minerais para as próximas gerações. Serão necessárias novas diretrizes para a evolução deste importante cenário, sobretudo por parte das políticas públicas, da articulação entre os órgãos governamentais e da correta interpretação por parte da sociedade reconhecendo a importância dos recursos para a continuidade desta atividade.

Um dos recursos indispensáveis e de grande relevância para mineração é a água, cujo papel é determinante ao longo do percurso de lavra, processamento e escoamento da produção mineral. Segundo publicação do IBRAM (2006), a água é um importante insumo no âmbito das empresas mineradoras e destaca-se por suas funções na grande maioria das etapas do processamento e por suas características químicas e físicas peculiares, sobretudo por ser considerada solvente universal. Embora utilizada em menor volume que na agricultura, por exemplo, sua disponibilidade é um dos requisitos básicos no processamento mineral, além de ser fator determinante na localização da usina de beneficiamento de minérios, fazendo deste item um quesito que não pode ser desconsiderado pela mineração.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é o estudo da captação, uso industrial e readequação da água durante o beneficiamento de minérios. A proposta é o conhecimento do fluxo de água ao longo do processo, focando soluções inovadoras para melhor reaproveitamento da água e maior eficiência no tratamento dos efluentes da mineração.

## **3. ÁGUA NO PROCESSO**

De acordo com ANDRADE (2006), o empreendimento minerário destaca-se, dentre todos os outros setores usuários de água, pela sua significativa interação com os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Essa interação observada pelo ponto de vista de que a água é elemento indispensável à vida, mas do mesmo modo indispensável à atividade minerária, remete à aplicação de novas técnicas, adaptação de práticas mais corretas e a compreensão do fluxo da água no processo.

### **3.1 Classificação dos Corpos de Água**

A Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 430 de 13 de Maio de 2011, alterando parcialmente e complementando a Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. A classificação das águas doces, salobras e salinas, referente aos seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes são:

#### **3.1.1 Águas doces**

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

### **3.1.2 Águas salinas**

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e

c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

### **3.1.3 Águas salobras**

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca;

d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

Em função das especificidades de cada fase da produção mineral, os usos ou interferências na água mostram-se diversificados e exigem o emprego de métodos e tecnologias de tratamento, por vezes, complexos. O aprimoramento das técnicas de beneficiamento (classificação e/ou peneiramento; espessamento por sedimentação

gravítica ou centrífuga; desaguamento por filtração a vácuo e com pressão.) e das etapas do processo de lavra podem contribuir para melhorias do uso e minimização das interferências nos recursos hídricos. O custo de outorga pelo uso da água, a necessidade de cumprir cada vez mais exigências da legislação e a escassez hídrica na região de instalação das minas, cria um cenário em que se fazem imprescindíveis novos estudos para reuso, reciclagem e recirculação de água na mineração.

A água utilizada na mineração pode ser proveniente de algumas fontes, água de superfície ou subterrânea. Entende-se por captação de água de superfície o conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou instalados junto a um rio, ribeirão, córrego ou lago. Para água subterrânea descreve-se como fontes de captação minas ou nascentes, poços amazonas, poços tubulares, poços escavados e drenos horizontais. Estudos devem ser realizados para uma adequada implantação da captação de águas superficiais e subterrâneas (HELLER E PÁDUA, 2006).

### **3.2 Água de Superfície**

As informações, levantamentos e estudos necessários para a escolha do manancial e do local de implantação de sua captação são:

- O mapeamento geográfico planialtimétrico da área banhada pelo manancial;
- Estimativa da vazão mínima do manancial nos possíveis pontos de captação, de acordo com informações do órgão responsável pela gestão de recursos hídricos;
- Levantamento sanitário da bacia hidrográfica a montante dos possíveis pontos de captação, incluindo a caracterização dos principais usos da terra e da água;
- Conhecimento dos usos da água a jusante dos pontos de captação em estudo;
- Levantamento das características físicas, químicas e biológicas da água e avaliação do transporte de sólidos;
- Levantamento de dados, informações ou estimativas sobre os níveis de água máximo e mínimo nos locais de captação em estudo, com indicação dos prováveis períodos de recorrência;

- Levantamento de informações e de dados planialtimétricos e geotécnicos que permitam a realização de estudos técnicos e econômicos, dependendo da grandeza da vazão necessária e da disponibilidade de recursos hídricos na região de interesse.

### **3.3 Água Subterrânea**

Para a seleção de um manancial subterrâneo propenso à captação, os estudos devem ser realizados em duas fases, fase de levantamento de dados e fase de caracterização do tipo de manancial.

#### **3.3.1 Levantamento de dados**

- Mapa planimétrico, geológico e hidrogeológico, objetivando conhecer o relevo, a geologia e a hidrogeologia da região;
- Pontos de águas existentes. No caso de poços, para conhecer seu perfil litológico e construtivo, devendo ser conhecidas as profundidades das entradas de água e os dados dos testes de bombeamento disponíveis. Nas nascentes, deve-se conhecer o tipo de fonte, a vazão e a qualidade da água;
- Fotografias aéreas e imagens de satélite ou de radar, que viabilizem a definição preliminar das discontinuidades da litologia, das coberturas aluvionar, eluvionar e coluvionar, além do padrão da rede de drenagem;
- Diagnóstico do manancial subterrâneo que se pretende captar, verificando capacidade de produção, qualidade da água e condições sanitárias e ambientais na zona de recarga do aquífero;
- Reconhecimento geológico-estrutural *in loco*, com a locação da captação, observando-se as condições de acesso ao local escolhido, o desnível em relação ao ponto para onde se pretende recalcar a água, a disponibilidade e a distância dos pontos de energia elétrica, o uso e a ocupação do solo na área de recarga.

### 3.3.2 Caracterização do tipo de manancial

É preciso observar que cada tipo de manancial subterrâneo possui algumas particularidades que devem ser bem estudadas antes da sua definição como local de captação.

Os mananciais subterrâneos podem ser divididos em:

- Naturais ou aflorantes, que compreendem as fontes, nascentes ou minas de qualquer tipologia;
- Captados por obras diversas, tais como poços, galerias, drenos, etc.

A seleção desses mananciais para atendimento dos diferentes tipos de uso da água depende dos fatores hidrogeológicos locais e regionais.

### 3.4 Água e Mineração

Apesar da necessidade de um elevado volume de água no beneficiamento de minérios, a mineração ocupa uma posição importante na economia e no desenvolvimento de um país, apresentando uma adaptação constante e progressiva ao longo dos anos para alcançar melhores resultados do produto mineral sem afetar os recursos naturais.

Atualmente as mineradoras adotam novas técnicas objetivando reduzir os impactos diretos e indiretos no consumo de água. Além disso, nas últimas décadas ocorreram várias adequações da legislação ambiental referente ao uso da água na indústria minerária, exigindo um gerenciamento mais eficiente do ciclo da água no processo e da eficácia no seu reaproveitamento durante o beneficiamento mineral através da recirculação.

Independente da recuperação parcial ou total da água no beneficiamento mineral, critérios para a reciclagem deste produto de alto valor agregado são necessários, assim como procedimentos detalhados e monitorados durante seu lançamento como efluente final das operações na mineração.

### 3.5 Água de Reciclagem e Recirculação

A água está presente em quase todas as etapas da engenharia mineral, envolvendo situações que vão desde a lavra, operações diversas durante o tratamento de minérios, funções importantes na metalurgia extrativa, transporte do produto mineral, culminando após seu reuso no efluente final. Pode-se considerar que a relevância da água na mineração é intensiva e inevitável.

A água aparece no cenário da mina logo nas primeiras operações ao se aprofundar na rocha mineral. Na mina a céu aberto durante a atividade de lavra a água surge nas cavas. Em operações de minas subterrâneas ocorre o surgimento de água nas galerias. Isso constitui um problema por induzir restrições operacionais e econômicas ao processo de lavra, sendo, portanto necessária a sua remoção. Esta surgência de água nas cavas e/ou galerias conseqüentemente causa impacto nos aquíferos da região e, por conseguinte uma necessidade de planejamento para seu adequado manuseio e uso.

Desta forma é importante um estudo criterioso referente à intermitência de chuva na região da mina, para que as atividades de lavra não sejam responsabilizadas pela diminuição de água nos cursos d'água e conseqüentemente pela diminuição de água nos lençóis e aquíferos da bacia hidrográfica da região da mina (CIMINELLI, 2006).

No planejamento das atividades mineiras atuais, procura-se aproveitar a água que surge com o aprofundamento das cavas e galerias através do seu bombeamento, cujo aproveitamento pode ser parcial ou até mesmo em sua totalidade no próprio empreendimento da mina. Essa água que invariavelmente apresenta boa qualidade, pode ser contaminada pelo próprio processo de desmonte das rochas por explosivos, óleos e graxas de maquinários diversos ou mesmo por partículas finas e ultrafinas oriundas do manuseio do minério desmontado. Sobretudo as contaminações de natureza química podem restringir o uso da água nos processos seguintes de tratamento de minério, necessitando assim uma recuperação das propriedades dessa água seja por processos simples ou mesmo complexos, com o objetivo de readequá-la ao uso pela própria mineração, diminuindo ou até mesmo eliminando a necessidade de captação de água nova para o desenvolvimento de operações minerárias.

Desta forma, a captação pode ser obtida também por intermédio de uma fonte de renovação da água no processo, ocorrendo então por água de reciclagem e recirculação,

proveniente das etapas de beneficiamento, obtida através de operações como espessamento, filtração, centrifugação, peneiramento, flotação, bacias de rejeito e demais etapas do processo.

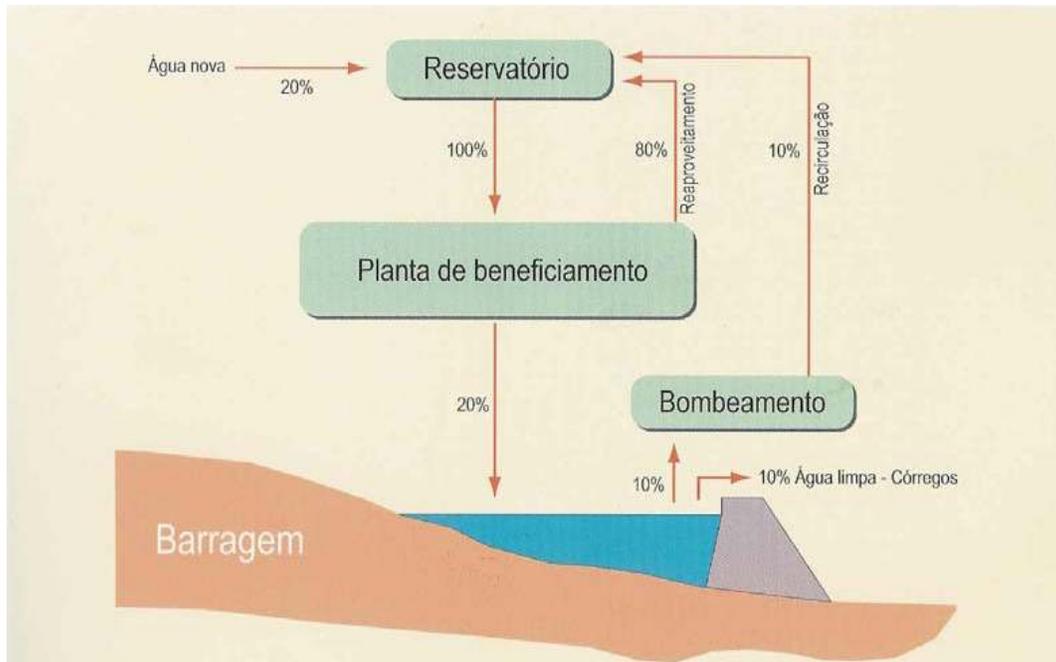
As operações de separação sólido-líquido no beneficiamento mineral têm como objetivo dentre outras, a recuperação/recirculação de água, mas apresenta normalmente alto consumo energético. Para os minérios de ferro processados no Quadrilátero Ferrífero (MG) por exemplo, o consumo energético da separação sólido-líquido nas usinas representa 15 a 40% do total (VALADÃO E ARAUJO, 2007).

Medida como reciclagem de água para a fase de concentração contribui significativamente para a redução de água nova. Todavia, antes de simplesmente canalizar e retornar um fluxo de água na usina, faz-se necessário um tratamento prévio e devidamente específico, monitorando, por exemplo, a concentração de íons provenientes da dissolução de minerais, turbidez, dureza da água, temperatura, dentre outros fatores influenciáveis no sucesso do reuso desta água.

Ao longo de uma cadeia de produção é difícil alcançar o descarte zero de água, ou seja, o reaproveitamento e a recirculação de 100% da água captada. De acordo com a literatura (IBRAM, 2006), no caso do minério de ferro o volume de água reutilizada atinge índices de 80%. O emprego desse tipo de água cresce de forma contínua, entre outras, pelas seguintes razões:

- O custo de obtenção da água nova em face da disponibilidade da água mantida no processo;
- A natureza do processo, que facilita a reutilização desse tipo de água;
- O controle ambiental, que regula a qualidade do efluente a ser lançado;

A figura 3.1 apresenta a relação entre a quantidade de água nova no processo e o reuso/reciclagem/recirculação variando de processo a processo.



*Figura 3.1: Relação entre a quantidade de água nova no processo e o reuso/reciclagem/recirculação.*

*Fonte: IBRAM, 2006.*

Na mineração a utilização da água proporciona alterações nos corpos hídricos, na quantidade e na qualidade de água existente. A Resolução nº 29 de 11 de Dezembro de 2002, aprovada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, relaciona os usos e as interferências pela mineração nos recursos hídricos, sujeitos à outorga:

- I – a derivação ou captação de água superficial ou extração de água subterrânea, para consumo final ou insumo do processo produtivo;
- II – o lançamento de efluentes em corpos de água;
- III – outros usos e interferências, tais como:
  - a) Captação de água subterrânea com a finalidade de rebaixamento de nível de água;
  - b) Desvio, retificação e canalização de cursos de água necessários às atividades de pesquisa e lavra;
  - c) Barramento para decantação e contenção de finos em corpos de água;
  - d) Barramento para regularização de nível ou vazão;
  - e) Sistemas de disposição de estéril e de rejeitos;
  - f) Aproveitamento de bens minerais em corpos de água;

g) Captação de água e lançamento de efluentes relativos ao transporte de produtos.

#### **4. MINERAÇÃO E SUSTENTABILIDADE**

Atualmente a sustentabilidade é a única forma de continuidade da permanência das empresas no mercado consumidor moderno, o qual exige não somente qualidade e preço, mas também compromisso com responsabilidade social das corporações, simplesmente porque esta é uma exigência mundial. Certamente quem não provar ser sustentável não participará do comércio mundial.

A União Europeia elaborou ao longo dos anos regras e padrões para determinação de fornecimento entre os países pertencentes àquele bloco. Uma dessas normas chama-se *Reach*, a qual obriga os exportadores a comprovar a não toxicidade dos produtos exportados, inclusive minérios. Outra norma denominada *Raw Materials Initiative*, encontra-se ainda em desenvolvimento, esta evidencia conceitos com o propósito de valorizar a origem justa, monitorar a captação de água e promover a redução na emissão de carbono, criando assim critérios para definir o perfil dos exportadores e estimular a competitividade entre os mesmos (PENNA, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente o termo extrativismo designa toda atividade de coleta de produtos naturais, seja de origem animal, vegetal ou mineral. Também significa o sistema de exploração baseado na coleta e extração, de modo sustentável, de recursos naturais renováveis. Por modo sustentável se entende a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo-se a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável. Assim, desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades.

Para uma breve analogia dentre as várias atividades extrativistas e suas práticas sustentáveis, serão abordados alguns temas de áreas afins. O Brasil iniciou sua participação no mercantilismo como colônia extrativista de madeira através da exploração do pau-brasil, atividade que persiste até hoje, sobretudo na Amazônia e de maneira não sustentável. Outra atividade essencialmente extrativista e não sustentável é

a pecuária, que além de ser responsável por grande parte do desmatamento das florestas, uma vez que o pasto quando não mais sustenta o gado é abandonado e nova área desmatada se faz necessária. Também a pesca para ser uma atividade sustentável requer o respeito por parte dos pescadores ao defeso, época de reprodução na qual fica proibida a atividade pesqueira e que atualmente ainda ocorre de forma discriminada e não sustentável (MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011).

A atividade com elevado índice no consumo de água ao longo do processo de produção é a agricultura. Atualmente, cerca de 3600 km<sup>3</sup> de água doce são utilizados para uso humano, o equivalente a 580 m<sup>3</sup> per capita por ano. A figura 4.1 mostra entre as décadas de 1950 e 1995 que é na agricultura que se usa a maior quantidade de água, responsável no mundo todo por aproximadamente 69% de todo o consumo. A utilização para fins domésticos conta com 10% e a indústria consome 21% de toda a água retirada (PLANETA ORGÂNICO, 2011).

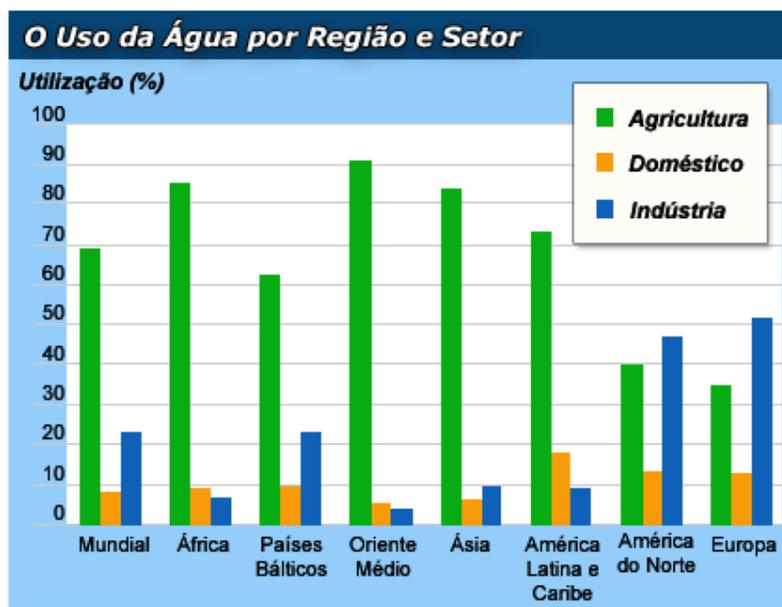


Figura 4.1: Estimativa do uso da água por região e setor.

Fonte: Planeta Orgânico, 2011.

A mineração foi um dos setores que se destacou nas adequações e investimentos para alcançar metas de desenvolvimento econômico-social e ambiental no Brasil. É preciso

que a mineradora execute um planejamento eficaz, esboçando detalhadamente um projeto que proporciona uma visão desde o início da mina até a fase de descomissionamento. Atualmente, com o emprego de técnicas modernas e tecnologias inovadoras, minas desativadas são novamente suscetíveis à lavra (PENNA, 2010).

A atividade extrativista mineral, ou simplesmente mineração, reutiliza mais de 80% da água que consome no processo, realizando em média a extração mineral em cerca de apenas 5% dos terrenos concedidos. Além disso, recupera as características ambientais desses 5% reabilitando-o nos 95% restantes. As empresas assumem a gestão territorial de demais espaços estratégicos ao benefício ambiental, comprometendo-se com a conservação e preservação de recursos naturais e também da biodiversidade, inserindo neste processo a gestão de recursos hídricos.

#### **4.1 Gestão de Recursos Hídricos**

A gestão de recursos hídricos é um conjunto de atividades e estratégias visando à administração das águas interiores, por não abrangerem os oceanos. Envolve negociações entre instituições estabelecendo políticas e instrumentos de gestão e criação de entidades, definindo funções e visando a água como um bem de direito ao ser humano.

De acordo com o site do governo federal ([www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)) a PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos) baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - A água é um bem de domínio público;

II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Após a elaboração e aprovação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), iniciou-se a etapa de implementação, prioridade na Agenda do Ministério do Meio Ambiente, sendo que a atividade essencial é o desenvolvimento do documento denominado Estratégias de Implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos, cujo objetivo é definir como materializar o que foi proposto.

A estrutura do PNRH apresenta-se organizada em quatro componentes principais, subdivididos em treze programas, dos quais sete são subdivididos em trinta subprogramas. Essa organização levou em conta a afinidade de temas e sua relação orgânico-institucional, visando não somente a integração temática, mas a de esforços e recursos.

O primeiro componente encerra ações programáticas voltadas para o ordenamento institucional da gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil (GIRH), bem como para os instrumentos da política de recursos hídricos, além de ações de capacitação e comunicação social.

O segundo componente aborda as articulações intersetoriais, interinstitucionais e intra-institucionais, centrais para efetividade da gestão integrada dos recursos hídricos, tratando de temas relacionados aos setores usuários e aos usos múltiplos dos recursos hídricos.

O terceiro componente expressa ações em espaços territoriais cujas peculiaridades ambientais, regionais ou tipologias de problemas relacionados a água conduzem a um outro recorte, onde os limites não necessariamente coincidem com o de uma bacia hidrográfica, e que necessitam de programas concernentes à especificidade de seus problemas (Situações Especiais de Planejamento).

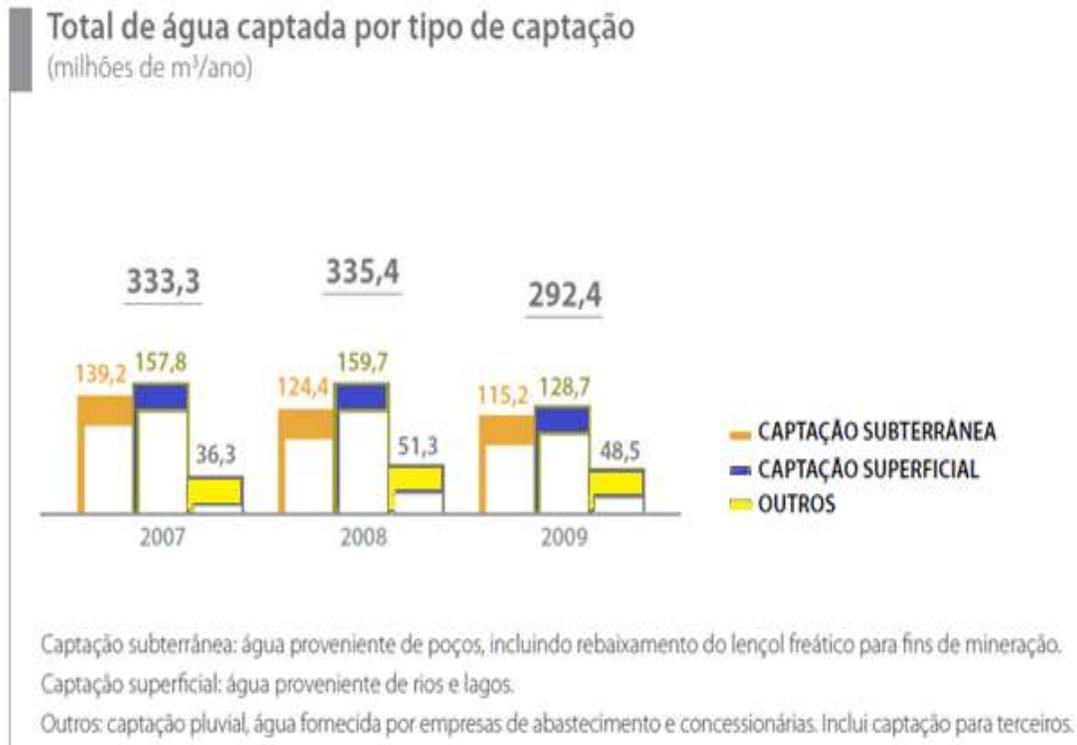
O quarto componente resulta da necessidade de promover avaliações sistemáticas do processo de implementação do PNRH e do alcance de seus resultados, visando apoiar as atualizações e mudanças de orientações que se fizerem necessárias.

O processo de gerenciamento de recursos hídricos praticados pelas empresas atualmente envolve componentes multidisciplinares visto que precisa atender a diferentes objetivos, sejam econômicos, ambientais ou sociais. Dentre esses componentes, a engenharia de recursos hídricos busca adequar a disponibilidade e a necessidade de água em termos de espaço, tempo, quantidade e qualidade. Algumas das ações das empresas são divulgadas e podem ser acessadas pelo público inclusive pela internet.

#### **4.1.1 Exemplos de gestão de recursos hídricos em mineração**

A mineradora Vale, dentre as maiores empresas produtoras de minério de ferro do mundo e a segunda maior de níquel, destaca-se também na produção de manganês, cobre, bauxita, caulinita, carvão, cobalto, platina, alumina e alumínio. Apresenta-se atualmente como uma das maiores empresas privadas do Brasil. Pode ser verificado em seu site ([www.vale.com](http://www.vale.com)) os relatórios de sustentabilidade, os quais prestam contas à sociedade sobre a gestão da companhia e selam compromissos para o avanço de suas práticas.

Segundo informações obtidas no site ([www.vale.com](http://www.vale.com)), a empresa Vale possui o seu próprio plano de recursos hídricos, o qual orienta as ações da empresa, dando suporte à elaboração de programas implantados nas unidades operacionais. Os objetivos principais desses programas são reduzir o consumo de água, minimizar a geração de efluentes e aumentar o percentual de reuso. A figura 4.2 apresenta a meta alcançada pela mineradora entre os anos de 2007 e 2009 no total de água captada por tipo de captação.



*Figura 4.2: Total de água captada por tipo de captação entre os anos de 2007 e 2009.*

*Fonte: Adaptado de Vale, 2011.*

Em 2009 a mineradora Vale iniciou o debate sobre novas tecnologias para tratamento de efluentes e oportunidades de reuso de água. A empresa registrou um volume de 292 milhões de m<sup>3</sup> de água captada. A redução no volume total de água retirada em relação aos anos anteriores (2008 e 2007) foi de aproximadamente 13%. Essa queda está relacionada, principalmente, ao fato de 2009 ter sido um ano atípico, no qual a maioria das áreas de negócio teve redução da produção e, em outras, houve paralisação das atividades. Outro fato que contribuiu para essa queda foi a adequação de metodologia para a coleta de dados realizada em algumas unidades da área de ferrosos.

A Vale investiu na melhoria da gestão dos recursos hídricos. Na unidade de mineração de ferro, em Carajás, por exemplo, a implantação de uma nova tecnologia de processamento à base de umidade natural propiciou a eliminação da utilização de água em oito linhas de beneficiamento. Isso gerou redução de 63% no total de captação de água nova das barragens e aumentou a taxa de reutilização de água da planta. Projetos de substituição do uso de água nova por água reutilizada ou recirculada foram

implantados. Em 2009, a taxa de recirculação/reutilização de água foi de 76%. Isso significa que de 1,2 bilhão de m<sup>3</sup> necessários para as operações da Vale nesse ano, 288 milhões de m<sup>3</sup> foram retirados da natureza, e o restante foi abastecido por água reaproveitada. Esse resultado se deve, principalmente, ao reaproveitamento para o uso industrial, e o objetivo da mineradora é aperfeiçoar essa prática, retirando cada vez menos água de fontes naturais.

A redução do volume de água captada e a manutenção do percentual de reaproveitamento de água são ações que indicam a melhoria do desempenho ambiental no uso do recurso hídrico pela empresa. Dois terços das unidades de negócios apresentaram percentuais de reuso de água mais elevados do que no ano anterior, com destaque para alumínio, minério de ferro e carvão (Vale Austrália), áreas que têm, atualmente, cerca de 90% da demanda abastecida com água de reuso. A figura 4.3 apresenta o consumo total de água reaproveitada (reciclada e/ou reutilizada) somada à água captada entre os anos de 2007 e 2009.



Figura 4.3: Consumo total de água reaproveitada (reciclada e/ou reutilizada) somada à água captada entre os anos de 2007 e 2009.

Fonte: Adaptado de Vale, 2011.

Outro exemplo de projeto de gestão ambiental na mineração acontece na Anglo American, um dos maiores grupos em mineração e recursos naturais do mundo, com operações na África, Europa, América do Sul e do Norte, Austrália e Ásia, gerando cerca de 107 mil empregos em todo o planeta. Considerada uma das maiores empresas do setor minerário e companhias de recursos naturais do planeta, disponibiliza em seu site ([www.angloamerican.com.br](http://www.angloamerican.com.br)) o relatório à sociedade Anglo American Brasil em 2009. A figura 4.4 relata a comparação entre o volume de água captada e água reciclada / reutilizada entre os anos de 2007 e 2009.

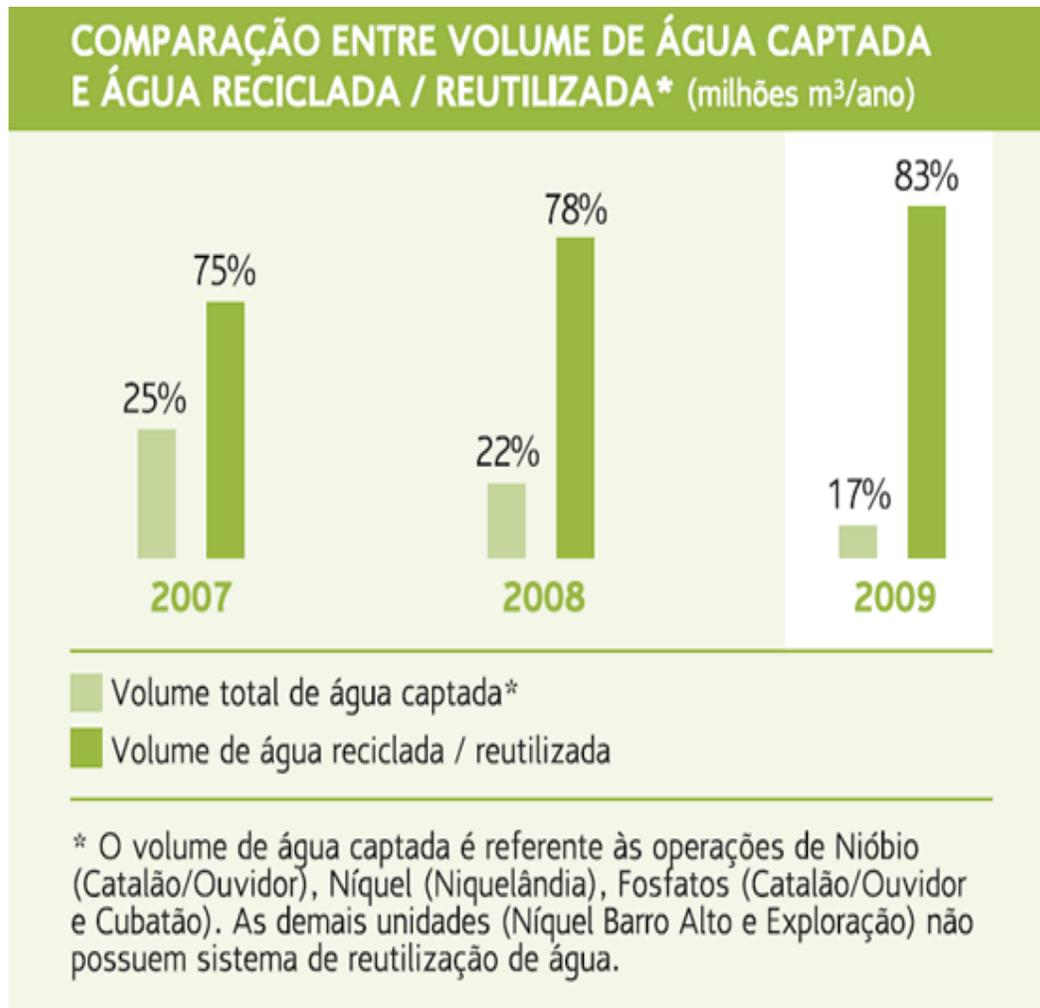


Figura 4.4: Comparação entre volume de água captada e água reciclada / reutilizada entre os anos de 2007 e 2009.

Fonte: Anglo American, 2011.

Entre os principais destaques da gestão ambiental da Anglo American Brasil em 2009, está a adesão à EPC (Empresas pelo Clima), grupo de companhias que visam desenvolver uma metodologia nacional para a composição do inventário de PGEE (Protocolo de Gases de Efeito Estufa), plataforma composta por organizações comprometidas com o desenvolvimento sustentável. A EPC representa um desdobramento do GHG Protocol, do qual a Anglo American é uma das fundadoras no Brasil. Outra medida adotada pela companhia no ano que passou foi a ampliação das ações do Plano de Ação para a Biodiversidade (BAP – Biodiversity Action Plan), que tem por objetivo avaliar as condições da fauna e da flora nas áreas que circundam suas operações e recuperá-las se necessário. Em 2009, conforme a meta estabelecida, a empresa atingiu 83% de alinhamento ao novo protocolo de biodiversidade do Grupo Anglo American nas unidades de níquel. Quanto ao consumo de água e energia, houve vários desenvolvimentos em 2009. O reuso de água tem crescido na organização como um todo. Em Cubatão, houve um aumento da ordem de 90% no volume de água reutilizada, enquanto que em Catalão o reuso do recurso subiu de 45% para 59% na unidade de nióbio e também saltou de 90% para 94% nas unidades de fosfato.

Na Mineração Catalão, o reuso de água aumentou em função da construção e da operação das lagoas da Unidade de Recuperação de Ligas (URL), que possibilitaram um maior aproveitamento da água de processo. Na Copebrás também foi atingida a meta referente ao consumo de água de reuso devido ao melhor aproveitamento da água da barragem de rejeitos. As barragens já estão em operação e seu desempenho é satisfatório, pois contribuem para reduzir o consumo de água nova e também para a proteção do lençol freático. Na unidade de nióbio, a redução foi de 28% em 2009 e não houve redução na unidade de fosfato. A tabela apresentada na figura 4.5 demonstra a retirada de água por fonte (1000 m<sup>3</sup> / ano) no mesmo período, entre os anos de 2007 e 2009.

TOTAL DE RETIRADA DE ÁGUA POR FONTE (1000m <sup>3</sup> / ano)																		
	Volume total água retirada de superfície, incluindo áreas úmidas, rios, lagos e oceanos			Volume total água subterrânea retirada			Volume total de abastecimento municipal de água ou outras empresas de abastecimento de água			Volume total de água de chuva diretamente coletada e armazenada			Volume total de efluentes de outra organização coletados			Total		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Níbio (Catalão/Ouvidor)	0	0	0	5.826	5.384	3.885	0	0	0	0	724	384	0	0	0	5.826	6.108	4.269
Níquel (Niquelândia)	2.049	2.075	1.593	168	49	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.217	2.124	1.620
Níquel (BarroAlto)	112	85	1.072	232	300	0	0	0	99	0	0	0	0	0	15	344	385	1.186
Fosfato (Catalão/Ouvidor)	1.107	728	789	4.368	1.699	1.808	0	0	0	0	2.724	1.151	0	0	0	5.475	5.151	3.748
Fosfato (Cubatão)	3.440	2.801	2.302	0	0	0	53	57	76	0	0	0	0	0	0	3.493	2.858	2.378
Exploração*	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>Total Anglo American</b>	<b>6.708</b>	<b>5.869</b>	<b>5.758</b>	<b>10.594</b>	<b>7.432</b>	<b>5.720</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>175</b>	<b>0</b>	<b>3.448</b>	<b>1.535</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>17.355</b>	<b>16.626</b>	<b>13.204</b>

\* Exploração (Morro sem Boné-MT / Jacaré-PA e Goiânia-GO)

Figura 4.5: Total de retirada de água por fonte entre os anos de 2007 e 2009.

Fonte: Anglo American, 2011.

Além dos projetos de gestão ambiental, como a gestão de recursos hídricos, as mineradoras também já incorporaram em suas operações compromissos socioambientais que se destacam, como as áreas de conservação ambiental, das quais podem ser citadas as florestas nacionais dos Carajás-Pará e do Jamari-Rondônia, além das áreas preservadas ou recuperadas para uso e lazer, como os parques das Mangabeiras em Belo Horizonte, do Ibirapuera em São Paulo e das Pedreiras em Curitiba.

O minério brasileiro incorpora em sua demanda, ativos como gestão eficiente de recursos hídricos, conservação da biodiversidade, preservação ambiental, gestão social, entre outros. As atividades minerais e metalúrgica precisam ser integradas à sociedade dentro de um conceito constante de desenvolvimento sustentável, o que implica em acordos em base mútua entre corporações e sociedade, conveniente a ambas. A política ambiental dos setores deveria ser detalhadamente revisada, permanentemente atualizada e comprometida com uma legislação moderna, dinâmica e efetiva.

## 5. EFLUENTES DA MINERAÇÃO

Apesar do crescente interesse pelo uso da água na mineração, ainda há no Brasil carência de dados sobre a origem, a qualidade da água e de consumo ideal. É importante conhecer, monitorar e defender o berço deste bem mineral, já sabido como insumo de grande relevância para as atividades da mina. É necessário também buscar um domínio maior quanto ao material descartado durante o processo mineral, através dos efluentes gerados e devolvidos aos mananciais e cursos d'água.

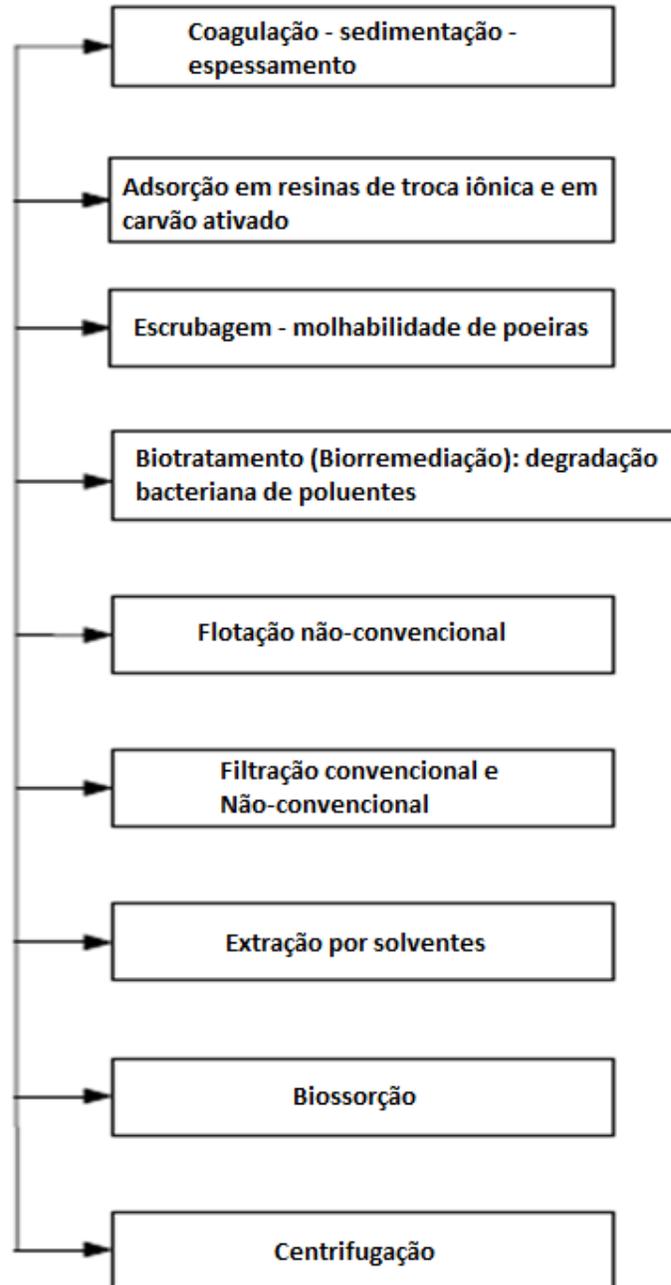
Um dos principais objetivos do tratamento dos efluentes é a conservação dos ecossistemas. Os impactos desfavoráveis do lançamento destes efluentes em corpos receptores, sem o devido tratamento, quase sempre são bastante significativos. Além disso, conforme as características do efluente das atividades minerais, pode também haver danos à saúde de pessoas que venham a utilizar água contaminada. O tratamento dos efluentes por parte das mineradoras é uma obrigação legal.

No Brasil, como em vários países, a legislação ambiental regula o descarte de efluentes sobre corpos d'água limitando a carga poluidora lançada de acordo com o tipo de uso estabelecido para a água do corpo receptor (classe da água). Além disso, órgãos internacionais de financiamento de empreendimentos tais como o Banco Mundial, adotam normas próprias de limitação de poluição causada por indústrias que tenham sua construção financiada. Assim, para se definir o grau e, conseqüentemente, o tipo de tratamento a ser adotado, é imprescindível verificar as exigências legais, em níveis federal, estadual e municipal, tanto com relação aos padrões de lançamento de efluentes quanto à classificação e o uso do corpo receptor. O mesmo vale para o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos gerados nos processos de tratamento.

RUBIO E TESSELE (2002), explicam que as operações minerais e metalúrgicas manuseiam volumes enormes de água, sólidos, óleos (emulsionados ou não), gases, elementos com propriedades radioativas, entre outros. A contaminação da água acontece inevitavelmente por poeiras, efluentes contendo colóides, reagentes químicos, metais pesados dissolvidos, poluentes na forma de aerossóis, dentre outros.

Atualmente, alguns processos aplicados pelas mineradoras minimizam este misto de metais pesados e reagentes diversos, objetivando eliminar a maior parte destes

compostos contaminantes dos efluentes antes da recirculação de água no processo ou mesmo antecedendo o lançamento em corpos d'água. A figura 5.1 ilustra os principais processos aplicados para esta finalidade na indústria mineral.



*Figura 5.1: Processos aplicados pelas mineradoras no tratamento de efluentes líquidos (RUBIO E TESSELE, 2002).*

*Fonte: Adaptado de Tratamento de Minérios 3ª Edição – CETEM.*

Diversos estudos, incluindo a pesquisa e os projetos ambientais encontram-se atualmente inseridos no contexto de minimização do volume e/ou concentração de resíduos e efluentes poluentes, denominadas tecnologias limpas (RUBIO E TESSELE, 2002).

### **5.1 Principais Medidas para Tratamento dos Efluentes**

As principais medidas adotadas na atualidade no contexto de gestão ambiental na indústria visam a minimização de impacto, redução de custos, multas, manuseio e transporte de resíduos. Segundo RUBIO E TESSELE (2002), as principais atividades e ações neste sentido são:

- Recuperação e reciclo (recirculação) de matérias-primas, resíduos sólidos e águas de processo (interna e externa);
- Redução na fonte mediante a otimização de processos, diminuição de desperdícios, controle da matéria-prima, manutenção preventiva, treinamento e capacitação de funcionários, etc;
- Tratamento e emprego de técnicas adequadas, aos padrões das normas internacionais de qualidade e ambiente;
- Disposição de resíduos sólidos de maneira segura, usando técnicas de monitoramento e controle de possíveis vazamentos e infiltrações;
- Otimizar processos para minimizar a produção de poluentes;
- Recuperar, para reciclar ou utilizar em outras aplicações, produtos de processos;
- Purificar efluentes para aproveitamento em estações de tratamento de águas municipais;
- Purificar mediante a eliminação/remoção de poluentes, águas efluentes (ou não) para regadio;
- Aprimorar as características de disposição dos poluentes separados.

A figura 5.2 apresenta um diagrama de blocos contendo os processos envolvidos no tratamento dos efluentes, sobretudo mostrando técnicas que antecedem a recirculação de água no processo.

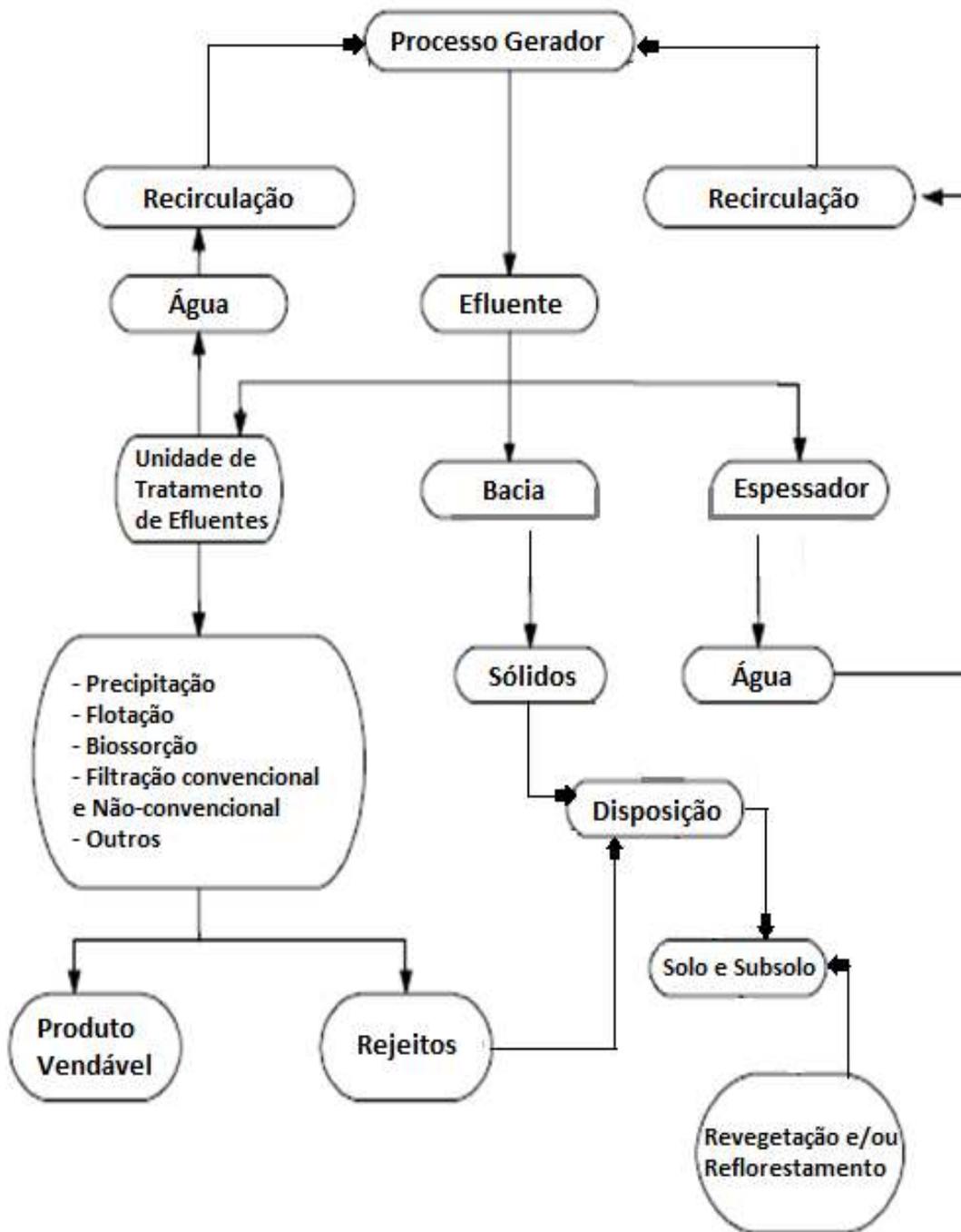


Figura 5.2: Processos envolvidos no tratamento de efluentes (RUBIO E TESSELE, 2002).

Fonte: Adaptado de Tratamento de Minérios 3ª Edição – CETEM.

## 5.2 Classificação dos Efluentes

Os efluentes podem ser classificados em função da vazão, natureza ou índice de periculosidade. O índice de periculosidade é a avaliação dos efluentes através de sua composição química e compostos com carga tóxica, onde os resultados dos testes de toxicidade são transformados em Unidade Tóxica, ponderados, multiplicados pela vazão do efluente e logaritmizados, constituindo, no final um resultado quantitativo da carga tóxica do efluente. Pela razão da vazão a classificação divide-se em três modelos:

- pequeno porte  $< m^3/d$ ;
- médio porte  $> m^3/h$ ;
- grande porte  $> m^3/s$ ;

Pela razão de natureza, a classificação dos efluentes divide-se em:

- Inorgânicos;
- Orgânicos;
- Biodegradáveis;
- Inflamáveis;
- Corrosivos;
- Emulsões;

Pela razão do índice de periculosidade, a classificação dos efluentes divide-se em:

- Reativos;
- Tóxicos;
- Voláteis;

O custo para o tratamento de efluentes é usualmente alto e o estudo de viabilidade econômica se faz necessário. Além disso, para cada mina o tratamento apresenta especificidades diferentes para cada tipo de lavra. Em alguns casos os depósitos de rejeitos podem ainda gerar lucro para a mineradora, com expressivas extrações de elementos de valor. Deve-se considerar também que para deposição de efluentes sem

um devido tratamento exige maiores investimentos, devido à necessidade de bacias de grande porte para comportar a deposição dos resíduos.

### **5.3 Tratamento dos Efluentes**

O tratamento de efluentes provenientes da bacia de rejeitos ocorre através da decantação dos sólidos suspensos. A bacia de rejeitos deve apresentar uma área superficial suficiente, tempo elevado de retenção e turbulência mínima para obter-se melhor eficiência no tratamento. Algumas mineradoras aplicam processos de oxidação e destruição de substâncias tóxicas nessas bacias, além de providenciar a impermeabilização do fundo dessas barragens. A liberação da água se faz com monitoração constante, por extravasamento, evaporação, difusão lateral, pelo fundo da bacia e também pela recirculação e/ou reuso (RUBIO E TESSELE, 2002).

Outra técnica empregada no tratamento de efluentes é a neutralização com cal, dolomita, soda cáustica, amônia ou até cinzas para as águas ácidas. Para as águas básicas aplica-se ácido sulfúrico. Essas técnicas servem também para precipitar os metais pesados contidos no efluente (RUBIO E TESSELE, 2002).

O tratamento físico de efluentes na mineração neutralização com cal, dolomita, de separação sólido/líquido e sólido/sólido/líquido. As técnicas são as convencionais no âmbito das mineradoras, como classificação e/ou peneiramento; espessamento por sedimentação gravítica ou centrífuga; desaguamento por filtração a vácuo e com pressão (RUBIO E TESSELE, 2002).

Além das técnicas convencionais, existem atualmente estudos avançados de práticas emergentes como processos de microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração, baseados na separação e eliminação de sólidos e demais poluentes por meio de passagem seletiva por membranas (RUBIO E TESSELE, 2002).

As técnicas que podem ser utilizadas para o processo de tratamento de efluentes por tratamento físico-químico são (RUBIO E TESSELE, 2002):

- Extração por solventes, interagindo com reagentes em meios apolares;
- Sorção em leito fluidizado, através da adsorção por carvão ativado;

- Eletrólise redutiva, eletrocinética e eletroosmose, através da aplicação da eletroquímica para remover elementos poluentes;
- Cristalização, através da saturação induzida de soluções;
- Separação magnética, através da eliminação por adsorção de partículas magnéticas;
- Floculação hidrofóbica, através da interação dos reagentes como os polímeros de baixo peso molecular, induzindo a separação por precipitação e sedimentação;
- Biorremediação, através da degradação microbiológica de poluentes;
- Oxidação por fotólise e/ou aeração, através da destruição de complexos cianetados;

O tratamento físico-químico apresenta maiores custos, em razão da necessidade de aquisição, transporte, armazenamento e aplicação dos produtos químicos. No entanto, é a opção mais indicada nas atividades que geram efluentes líquidos tóxicos, inorgânicos ou orgânicos não biodegradáveis (RUBIO E TESSELE, 2002).

## 6. CONTAMINAÇÃO

Os setores minero-metalúrgico lançam diariamente grandes volumes de gases, efluentes líquidos e/ou resíduos sólidos, contendo elementos de toxicidade variada. Portanto, esses setores devem assumir a responsabilidade social e ambiental, trabalhando dentro dos mais rigorosos padrões de qualidade, visando à preservação da saúde humana e de seu *habitat*.

Para melhor compreender a contaminação de corpos de água, deve-se então compreender os critérios que medem a qualidade da água, os quais podem ser representados através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

Cor, turbidez, temperatura, sabor e odor se destacam dentre os parâmetros físicos, enquanto os parâmetros químicos incluem o conteúdo de oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, micropoluentes inorgânicos, micropoluentes orgânicos, metais, tais como ferro, manganês e outros. Os parâmetros biológicos estão relacionados com a determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças. Isso pode ocorrer de forma indireta,

através dos organismos de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo coliforme.

A poluição das águas ocorre devido à presença de substâncias ou de formas de energia que alterem direta ou indiretamente a natureza do corpo d'água, prejudicando de alguma forma os legítimos usos que dele são feitos. Esta definição é potencialmente polêmica pelo fato de associar o uso dos corpos d'água à poluição e ao conceito de prejuízo. No entanto, é importante analisar as medidas de controle para redução dos impactos associados ao uso necessário da água, buscando a implementação efetiva destas medidas, o monitoramento das qualidades dos mananciais e caminhar na direção de uma sustentabilidade, tal como é desejado.

Usualmente os efluentes líquidos do processamento mineral contêm metais, ânions diversos e em algumas situações tóxicos, compostos orgânicos surfatantes, óleos e sólidos suspensos e coloidais. Concentra-se também uma variada gama de reagentes utilizados fundamentalmente nos processos de tratamento de minérios e posteriormente no processamento hidrometalúrgico dos concentrados. Nas minas de carvão ocorre o efluente líquido conhecido como água preta, contendo óleos, íons, sólidos finos e sólidos ultrafinos (RUBIO E TESSELE, 2002).

Um dos principais problemas encontrados atualmente pela indústria de mineração é a necessidade cada vez mais elevada de utilização de fontes de águas primárias impuras com altos níveis de salinidade (incluindo sais de cálcio, magnésio e ferro) e altas proporções de água reciclada a partir de bacias de rejeitos, overflows de espessadores e filtragem. Desta forma, a introdução de consideráveis quantidades de espécies solubilizadas, a partir da dissolução de minerais, e a elevação do teor de orgânicos, devido à presença de quantidades residuais de depressores, ativadores, dispersantes, floculantes e coletores, podem afetar significativamente os custos e a eficiência do processo (OLIVEIRA E LUZ, 2001).

Diversos processos passíveis de aplicação no tratamento das águas provenientes da etapa de lavra e do processamento mineral foram descritos tanto do ponto de vista técnico quanto econômico e logístico por OLIVEIRA, A. P. em 2001. Um resumo de equipamentos, técnicas e tecnologias são apresentados na Tabela 6.1, onde se observa

divisão entre processos para remoção de metais pesados, compostos orgânicos e compostos químicos dissolvidos.

*Tabela 6.1: Principais Tecnologias empregadas para a remoção de compostos dissolvidos (OLIVEIRA, A. P., LUZ, A. B., 2001).*

*Fonte: Adaptada de Recursos Hídricos e Tratamento de Águas na Mineração.*

<b>METAIS TÓXICOS</b>	<b>MATERIAL ORGÂNICO E COMPOSTOS QUÍMICOS</b>
Extração por Solventes	Tratamento Biológico
Tratamento Biológico	Filtração por Membranas
Troca Iônica	Extração por Solventes
Adsorção	Flotação por ar dissolvido
Adsorção em Leito de Zeólitas	Oxidação
Precipitação	Coagulação ou floculação / clarificação após precipitação
	Adsorção em organoargilas, zeólitas sintéticas, carvão ativado

Os impactos mais comuns no beneficiamento são provocados por efluentes líquidos contendo metais pesados e ânions tóxicos, sólidos (às vezes coloidais), resíduos orgânicos (espumantes, surfactantes, óleos). Também, produção de poeira e ruídos na etapa de cominuição, emissões gasosas (orgânicas). O vapor de mercúrio aparece em pequenas proporções, porém com efeito impactante bem mais significativo (VALADÃO E ARAUJO, 2007).

Durante a flotação de minérios os efluentes recebem uma sobrecarga dos reagentes utilizados ao longo das diversas operações da mina, afetando as características e propriedades químicas e físico-químicas das águas de processo. Muitas vezes os efluentes ou os rejeitos sólidos podem ser emitidos para o meio ambiente juntamente com os reagentes presentes nas águas recirculadas. A tabela 6.2 apresenta os reagentes usualmente utilizados no tratamento de minérios, sobretudo na flotação.

*Tabela 6.2: Reagentes utilizados no tratamento de minérios, sobretudo na flotação (VALADÃO, G. E. S., ARAUJO, A. C., 2007).*

<b>COLETORES (concentrações que variam entre 0,006-2,5 kg/t)</b>	<b>ESPUMANTES (concentrações que variam entre 0,06-0,5 kg/t)</b>	<b>MODIFICADORES (ativadores / depressores / reguladores de pH, 0,006-6 kg/t)</b>	<b>FLOCULANTES, COAGULANTES, DISPERSANTES (concentrações que variavam entre 0,005-1 kg/t)</b>
Mercaptans	Óleo de pinho	Sulfato de cobre e zinco	Poliacrilamidas
Tiouréias	Metilisobutil carbinol	Cromatos-dicromatos, hipocloritos	Polióxidos de etileno
Carboxilatos	Ácido cresílico	Permanganatos	Poliaminas
Tio-carbamatos, carbonatos e fosfatos	Polipropileno glicóis	Sulfeto de sódio e pentasulfeto (Nokes)	Policarboxilatos
Óleos não iônicos, alcatrão	Parafinas alcoxi substituídas	Cianetos e ferrocianetos	Aluminatos sódicos
Ácidos graxos	Álcoois (diversos)	Fluoretos e sulfitos de sódio	Sulfatos de ferro e alumínio
Dixantógenos	-	Quebracho, (polifenóis) lignosulfonatos	Silicatos solúveis
Aminas	-	Sais de chumbo	Polissacarídeos
Alquil-sulfatos, carbonatos, sulfonatos e fosfatos	-	Ácidos cítricos e tânicos	Polifosfatos

Dentre os sistemas de tratamento mais usados pelas mineradoras, destacam-se principalmente os sistemas de nível primário de decantação/sedimentação, usados no tratamento de efluentes provenientes do processo de beneficiamento, ricos em sólidos, e

os sistemas físicos ou físico-químicos (coagulação/floculação), mais adequados ao tratamento de efluentes oleosos oriundos de oficinas de manutenção.

A adsorção de vários componentes orgânicos e inorgânicos dissolvidos na água em carvão ativado baseia-se na adesão desses compostos na superfície de carvão poroso (alta superfície específica) ou na sua retenção física dentro desses poros. O material adsorvido pode ser removido, permitindo a reutilização do carvão regenerado durante alguns ciclos de operação. Há a possibilidade, ainda, de se utilizar um leito móvel de carvão ativado granular, o que possibilita a remoção contínua do carvão granulado saturado e sua regeneração em um sistema de oxidação a gás úmido. Esse sistema converte compostos nitrogenados em amônia, compostos de enxofre em sulfatos e hidrocarbonetos em gás carbônico e água (OLIVEIRA E LUZ, 2001).

Os efluentes contaminados nem sempre devem ser considerados como rejeitos. É preciso reconhecê-los também como fonte de novos produtos da mineração. É necessário avaliar a possibilidade de recuperação e reintegração ao ciclo de consumo. Essa estratégia minimiza os custos de tratamento e o efeito impactante dos efluentes, além de difundir a utilização de tecnologias limpas. Portanto, essa alternativa deve ser considerada sempre que possível na elaboração de projetos de pesquisas na área ambiental da atividade minerária.

## **7. BARRAGEM DE REJEITOS**

De acordo com ARAUJO (2006), a mineração é uma atividade que gera um grande volume de rejeitos, devido aos baixos teores dos minérios processados, o que exige critérios de seletividade gerando processos complexos de transformação. Durante o processamento mineral, a fragmentação é uma necessidade em função da liberação do mineral útil. O processo é realizado a úmido e as etapas de concentração e separação sólido-líquido demandam a utilização de reagentes diversos. Assim os rejeitos são transportados em forma de polpa e conduzidos até uma bacia de acumulação confinada por uma barragem, onde os sólidos sedimentam e efluentes são clarificados.

Barragens de rejeitos são estruturas que têm a finalidade de reter os rejeitos sólidos e a água dos processos de beneficiamento de minério. Seu planejamento inicia com a procura do local para implantação, etapa na qual se deve vincular todo tipo de variáveis

que direta ou indiretamente influenciam a obra: características geológicas, hidrológicas, topográficas, geotécnicas, ambientais, sociais, avaliação de riscos, entre outras (ARAUJO, 2006).

Atualmente a disposição de rejeitos tem sido um aspecto muito focalizado nos estudos do plano diretor de uma empresa de mineração. O perfeito funcionamento desses sistemas é fundamental para a contínua realização das atividades minerais. O conjunto de ações de lavra, concentração e transformação do minério para múltiplas finalidades, constitui os beneficiamentos da mineração. Como resultado dessas atividades ocorre a geração de rejeitos em quantidades variáveis. Características diversas como densidade, esfericidade do material, granulometria do concentrado, vazão e conteúdo de água na polpa, interferem e definem projetos de construção de barragens para contenção de rejeitos. O estudo e avaliação técnica dos rejeitos empregados na construção destas barragens e o seu comportamento são fundamentais para a divulgação e enriquecimento científico e prático, principalmente referente aos aspectos de segurança (ARAUJO, 2006).

Como alternativa para construção de sistemas de disposição e contenção de rejeitos as empresas têm utilizado o próprio rejeito como elemento de construção e permeabilização. A utilização da técnica do aterro hidráulico tem sido o método mais atrativo para as mineradoras, pois proporciona uma redução de custos de construção pela facilidade na execução de barragens além de viabilizar a utilização do próprio rejeito nestas estruturas de contenção. Entretanto, a falta de controle das variáveis de descarga durante o lançamento e as próprias características dos rejeitos conduzem a um alto grau de heterogeneidade do material depositado. Adicionalmente, a segregação hidráulica inerente à formação de um aterro hidráulico influencia diretamente as condições de percolação e fluxo ao longo da praia, que por sua vez representam um requisito fundamental para a segurança construtiva e operacional de qualquer barragem ou pilha de rejeitos. Torna-se necessário implementar metodologias que permitam avaliar a drenabilidade dos rejeitos e sua variação espacial ao longo da praia de deposição e do maciço das barragens de forma rápida, correta e eficiente (ARAUJO, 2006).

De acordo com ARAUJO (2006) a disposição de rejeitos está basicamente ligada ao tipo de rejeito e a geologia e hidrografia do local. Esta pode ser feita em barragens por

via úmida ou seca, em baias de contenção, em pilhas na sua forma seca, em escavações a céu aberto, em lagos através de disposição subaquática ou no próprio lugar minerado depois de cessado o uso. As barragens e baias de contenção foram criadas para mitigar problemas ambientais. Os rejeitos eram anteriormente lançados próximos à superfície de cursos de água, degradando e poluindo intensamente. Os barramentos de superfície, assim também chamadas, funciona como um depósito estável no qual o rejeito pode ser lançado e sedimentado, separando a água para subsequente reuso.

Algumas minas apresentam dificuldades para manutenção, segurança e revitalização das áreas em torno das barragens, sobretudo aquelas próximas a perímetros urbanos. De acordo com o SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, a mineração em áreas urbanas e periurbanas é um dos fatores responsáveis pela degradação do subsolo. Atualmente, junto às grandes metrópoles brasileiras, é comum a existência de enormes áreas degradadas, resultante das atividades de extração de argila, areia, saibro e brita (SAMPAIO E SILVA, 2002).

Como exemplo, a figura 7.1 retrata a mina de Águas Claras da Mineradora MBR (Minerações Brasileiras Reunidas), atualmente de propriedade da mineradora Vale. Esta mina, hoje desativada, esteve localizada ao sul da cidade de Belo Horizonte e suas atividades iniciaram em 1973. Em 1981 a lavra atingiu o nível de água subterrânea. Entre os anos de 1981 e 1988 o desaguamento foi feito por gravidade através de valas e após 1989 através de poços tubulares, com rebaixamento total do nível de água em 20 anos de desaguamento (ANDRADE, 2006).



*Figura 7.1: Mina de Águas Claras, Nova Lima / MG – Antiga Mineradora MBR.*

*Fonte: Panoramio, 2011.*

Novos meios de reutilização de rejeitos estão sendo desenvolvidos. Estuda-se o uso de rejeitos sólidos de processos de concentração de minérios de ferro na pavimentação como forma substitutiva, sendo empregado como agregado de modo a atender especificações construtivas. Da mesma forma, pesquisas são desenvolvidas para avaliar a utilização de rejeitos na fabricação de materiais de construção e também na agricultura. Mesmo com o esforço empregado para se dar um fim adequado aos rejeitos da mineração, o descarte de rejeito ainda é significativamente superior ao seu aproveitamento. Atualmente as empresas buscam tecnologias para um melhor reaproveitamento dos resíduos, aprimorando técnicas convencionais com o intuito de superar metas inclusive de retorno financeiro desses materiais até então considerados produtos estéreis (GRANDCHAMP, 2003).

## **8. CONCLUSÃO**

O objetivo deste projeto visa, sobretudo, a compreensão do uso industrial e readequação das águas durante as etapas de processamento mineral, para que os mesmos possam ser aperfeiçoados e/ou modificados, minimizando os impactos aos diferentes ecossistemas durante o ato de lavar, processar, estocar e transportar os recursos minerais.

As avaliações prévias das áreas a serem disponibilizadas para a extração constituem parte relevante do processo, evitando as atividades em ambientes de preservação ou muito próximas ao meio urbano. O constante estudo de novas técnicas, o avanço tecnológico e o investimento por parte das mineradoras são indispensáveis para o invariável aprimoramento das medidas redutoras de impactos ao meio ambiente e das políticas de gestão de recursos hídricos durante o processamento mineral.

A permanente fiscalização pelos órgãos públicos é de suma importância para que as mineradoras continuem em constante evolução quanto aos cuidados direcionados ao meio ambiente no entorno das atividades da mina. Essencial também seria uma participação da sociedade na fiscalização ativa, exigindo dos órgãos governamentais o cumprimento da legislação. Faz-se necessário no cenário atual, o reconhecimento e o incentivo às empresas do setor mineral que promovam as mudanças adequadas no processo exploratório, aderindo ao movimento pela preservação ambiental e o uso responsável dos recursos hídricos disponíveis no entorno das atividades minerárias.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>> Acesso em 12 de Abril de 2011.

ANDRADE, M. C., SAMPAIO, J. A., LUZ, A. B., ANDRADE, V. L., SANTOS, M. L. P., GRANDCHAMP, C. A. P. **A Mineração e o uso da água na lavra e no beneficiamento de minério**, (2006), Capítulo 4. Comunicação Técnica elaborada para o livro A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração. IBRAM – ANA ISBN: 85-89629-18-x Junho/2006; pág. 89 a 122.

ANGLO AMERICAN. Disponível em: <<http://www.angloamerican.com/>> Acesso em 13 de Abril de 2011.

ARAUJO, C. B. **Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro**, (2006). Rio de Janeiro. VII, 133 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2006).

CIMINELLI, V. S. T., SALUM, M. J. G., RUBIO, J., PERES, A. E. C. **Água e Mineração**, (2006), Capítulo 13 do livro "Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação 3ª Edição"; Ed. Escrituras, Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Editores), p.433-460.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/>>. Acesso em 05 de Março de 2011.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em 19 de Fevereiro de 2011.

GRANDCHAMP, C. A. P. **Estudo da recuperação do aquífero Cauê e do enchimento da cava na mina de Águas Claras, serra do Curral, município de Nova Lima, MG**. 2003. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

HELLER, L., PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**, (2006). Editora UFMG.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em 29 de Março de 2011.

IBRAM - DOMINGUES, A., BOSON, P. H. G., ALÍPAZ, S. **A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração**, (2006). Brasília : Agência Nacional de Águas. 334 páginas. p. 89 - 122.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/>>. Acesso em 05 de Março de 2011.

OEA - Organização dos Estados Americanos. Disponível em: <<http://www.oas.org/pt/default.asp>>. Acesso em 23 de Março de 2011.

OLIVEIRA, A. P., LUZ, A. B. **Recursos hídricos e tratamento de águas na mineração**, (2001). 36 p. Série Tecnologia Ambiental, 24. CETEM / MCT.

PANORAMIO. Disponível em: <[www.panoramio.com/](http://www.panoramio.com/)>. Acesso em 23 de Março de 2011.

PENNA, P. C. V., FOLHA DE SÃO PAULO – Caderno: Mercado em 23 de Junho de 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/>>. Acesso em 17 de Abril de 2011.

PLANETA ORGÂNICO. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/aguauso.htm>>. Acesso em 12 de Abril de 2011.

PRIETO, C. **A Mineração e o Novo Mundo**, (1976). SP, Editora: Cultrix. 225 p.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL – Constituição Federal. Disponível em: <[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)> Acesso em 08 de Fevereiro de 2011.

RUBIO, J. TESSELE, F. **Tratamento de Minérios** - 3a Edição – CETEM, (2002). Removal of heavy metals ions by adsorptive particulate flotation. Minerals Engineering, v.10, n.7, p.671-679, 1997.

SAMPAIO, T. Q., SILVA, C. R. **Perspectivas do Meio Ambiente para o Brasil**, (2002). CPRM – Serviço Geológico do Brasil - Divisão de Marketing e Divulgação. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>

TSUCHIYA, O. Y. **Revista Areia & Brita N° 36**, (2006). São Paulo: Editora Emc – Editores Associados Ltda.

VALADÃO, G.E.S; ARAUJO, A.C, Organizadores. **Introdução ao tratamento de minérios**, (2007). Belo Horizonte: Editora UFMG.

VALE. Disponível em: <<http://www.vale.com>>. Acesso em 13 de Abril de 2011.

## 10. ANEXOS (LEGISLAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL)

A evolução institucional da gestão de recursos hídricos no Brasil foi marcada no século passado por uma trajetória antiquada, pois caracterizou-se inicialmente pela natureza pioneira do Código de Águas, editado em 1934, para mais tarde tender a um progressivo centralismo na medida em que o tema água foi abordado pelo setor hidroelétrico. A estruturação ocorreu pela segmentação da administração pública, através da criação de órgãos setoriais, que se incumbiam dos recursos hídricos sem muita articulação. A promulgação da Constituição de 1988 e das Leis 9.433/97 e 9.984/00 formam, no final do século XX, as bases que permitirão alterar radicalmente a política nacional de recursos hídricos, a partir da implantação de um sistema que tem por foco a descentralização, a garantia do uso múltiplo, a apreciação do bem de acordo com seu valor econômico e a definição da bacia hidrográfica como unidade de gestão.

### **Anexo 1 Atributos da Legislação**

Atualmente, segundo o MMA (Ministério do Meio Ambiente), há diferentes denominações para os atributos da legislação como códigos, decisões, decretos, instruções normativas, lei, normas técnicas, portarias e resoluções. Abaixo se encontram especificados, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, cada uma destas denominações do MMA.

**Códigos:** É a denominação que se dá a todo conjunto de leis compostas pela autoridade competente, normalmente pelo Poder Legislativo, enfeixadas num só corpo e destinadas a reger a matéria, que faz parte, ou que é objeto de um ramo do Direito.

**Decisões:** É a ação tomada na apreciação de informações. Decidir é recomendar entre vários caminhos alternativos que leva a determinado resultado. As decisões são escolhas tomadas com base em propósitos, são ações orientadas para determinado objetivo e o alcance deste objetivo determina a eficiência do processo de tomada da decisão.

**Decretos:** São atos administrativos da competência exclusiva do Chefe do Executivo, destinados a prover situações gerais ou individuais, abstratamente previstas, de modo expresso ou implícito, na lei.

**Instruções Normativas:** são atos administrativos expedidos pelos Ministros de Estado para a execução das leis, decretos e regulamentos (CF, art. 87, parágrafo único, II), mas são também utilizadas por outros órgãos superiores para o mesmo fim.

**Lei:** É instituído pelo legislador, no cumprimento de um mandato, que lhe é outorgado pelo Povo.

**Norma técnica** - "É um documento, normalmente produzido por um órgão oficialmente acreditado para tal, que estabelece diretrizes e restrições acerca de um material, produto, processo ou serviço".

**Portarias:** São atos administrativos internos pelos quais os chefes de órgãos, repartições ou serviços expedem determinações gerais ou especiais a seus subordinados, ou designam servidores para funções em cargos secundários. Por portaria também se iniciam sindicâncias e processos administrativos.

**Resoluções:** São atos administrativos normativos expedidos pelas autoridades do Executivo (mas não pelo Chefe do Executivo, que só deve expedir decretos) ou pelos presidentes de tribunais, órgãos legislativos e colegiados administrativos, para disciplinar matéria e sua competência específica.

A privação de recursos hídricos traz sérias limitações para o desenvolvimento, ao restringir o atendimento às necessidades humanas. A significativa evolução científica e tecnológica e a mais recente conscientização quanto à importância dos recursos hídricos e de sua crescente escassez, culminou na necessidade de disciplinar o uso e de se evitar a degradação dos corpos d'água.

Desta forma, para alcançar o gerenciamento dos recursos hídricos foi elaborado um confiável sistema de informação, articulado com um programa de capacitação e qualificação de recursos humanos na gestão de águas. Posteriormente se fez pela ação de fiscalização e outorga do direito de uso das águas. Por fim, pela definição de um coerente e coeso conjunto de leis, normas e regulamentos.

A gestão das águas exigiu, portanto, bases para soluções através da legislação, quer seja entre os diferentes órgãos responsáveis pela gestão da quantidade e qualidade das águas, ou pelas decisões da esfera federal e estadual. O histórico dessa legislação se fez de

forma gradativa, alcançando nos dias atuais uma posição estruturada e organizada no que se refere à gestão de recursos hídricos do país.

## **Anexo 2      Histórico na esfera Federal**

- **Ano de 1934**

Editado o Código de Águas, o qual incorpora diretrizes relativas à ampliação do domínio público federal sobre as águas;

Editado o Código de Minas pelo decreto N° 24.642;

Criado o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), o qual incorpora o Serviço de Águas, anteriormente no Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio;

- **Ano de 1940**

Transição entre o Serviço de Águas para Divisão de Águas no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral);

- **Ano de 1960**

Criação do MME (Ministério das Minas e Energias), o qual incorpora o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), juntamente com a Divisão de Águas;

- **Ano de 1966**

Dentro da descentralização do MME (Ministério das Minas e Energias), as atribuições da Divisão de Águas são transferidas para o Departamento Nacional de Águas e Energia, com o objetivo de assegurar a execução do Código de Águas e da legislação complementar específica;

- **Ano de 1967**

Editado o atual Código de Mineração, pelo Decreto Lei 227;

- **Ano de 1968**

Alteração da denominação do Departamento Nacional de Águas e Energias para DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica);

- **Ano de 1976**

O MME (Ministério das Minas e Energias) e o estado de São Paulo elaboram um acordo com o objetivo de promover o equacionamento dos problemas e conflitos sobre o uso da água na região metropolitana de São Paulo;

- **Ano de 1978**

A partir do acordo entre o MME (Ministério das Minas e Energias) e o estado de São Paulo, é criado o CEEIBH (Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas), através de Portaria Interministerial;

- **Ano de 1979**

Criação do CEEIVAP (Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia do Rio Paraíba do Sul) e do CEEIVASF (Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia do Rio São Francisco);

- **Ano de 1982**

Criação do CEEIPAR (Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia do Rio Paranaíba);

- **Ano de 1984**

Portaria do MME (Ministério das Minas e Energias) determina que o DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica) coordene estudos para a formulação do PNRH (Plano Nacional de Recursos Hídricos);

- **Ano de 1985**

Criação do CEEIGRAN (Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia do Rio Grande) e o CEEIPARMO (Comitê Executivo de Estudos Integrados das Bacias do Rio Pardo e Rio Mogi-Guaçu);

- **Ano de 1988**

Promulgada a nova Constituição Federal do Brasil;

- **Ano de 1991**

Encaminhado ao Congresso Nacional, pelo governo federal, o Projeto de Lei 2.249, cuja ementa dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

- **Ano de 1995**

Criado através de Medida Provisória de Reestruturação da Administração Federal, o MMA (Ministério de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal), em conjunto com sua Secretaria de Recursos Hídricos;

- **Ano de 1997**

Sancionada a Lei 9.433 em 08 de Janeiro de 1997, a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

- **Ano de 2000**

Através da Lei 9.984 foi criada a ANA (Agência Nacional de Águas);

- **Ano de 2006**

O CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos, o qual orienta a aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos;

### **Anexo 3      Histórico na esfera Estadual (Minas Gerais)**

- **Ano de 1946**

Criação do DAE-MG (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Minas Gerais), o qual tinha a finalidade de atuar para formação de infraestrutura de serviços públicos de água e energia elétrica;

- **Ano de 1979**

Através de decreto, foi criado o CEEIBH-MG (Comitê Estadual de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais);

- **Ano de 1987**

Alterada a denominação do DAE-MG (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Minas Gerais) para DRH-MG (Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais), o qual se vinculava à SEME (Secretaria de Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos);

- **Ano de 1988**

Promulgada a nova Constituição Mineira;

- **Ano de 1994**

Sancionada a Lei 11.504, primeira Lei das Águas de Minas Gerais, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos;

- **Ano de 1995**

Criada a SEMADS (Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais);

- **Ano de 1996**

O DRH-MG (Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais) vincula-se à SEMADS (Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais);

- **Ano de 1997**

Através da Lei 12.584, alterada a denominação do DRH-MG (Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais) para IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas);

- **Ano de 1999**

Sancionada a Lei 13.199, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, revogando-se a Lei 11.504/94;

### 10.1 Tabela de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos minerais (Adaptado de IBAMA, 2011).

Código	Categoria	Descrição	Pp/gu <sup>(*)</sup>
01	Extração e Tratamento de Minerais	Pesquisa mineral com guia de utilização; lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento; lavra subterrânea com ou sem beneficiamento, lavra garimpeira, perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural.	AAalto
02	Indústria de Produtos Minerais Não Metálicos	Beneficiamento de minerais não metálicos, não associados a extração; fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos tais como produção de material cerâmico, cimento, gesso, amianto, vidro e similares.	MMédio
03	Indústria Metalúrgica	Fabricação de aço e de produtos siderúrgicos, produção de fundidos de ferro e aço, forjados, arames, relaminados com ou sem tratamento; de superfície, inclusive galvanoplastia, metalurgia dos metais não-ferrosos, em formas primárias e secundárias, inclusive ouro; produção de laminados, ligas, artefatos de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas, produção de soldas e anodos; metalurgia de metais preciosos; metalurgia do pó, inclusive peças moldadas; fabricação de estruturas metálicas com ou sem tratamento de superfície, inclusive; galvanoplastia, fabricação de artefatos de ferro, aço e de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia, têmpera e cementação de aço, recozimento de arames, tratamento de superfície.	AAalto

(\*) Potencial de poluição / Grau de utilização.

Diante das exigências da legislação, a qual classifica as categorias pelo potencial poluidor de acordo com a Lei nº 10.165, de 27 de Dezembro de 2000, o setor mineral deve realizar a extração e beneficiamento dos minerais visando a disponibilidade e sustentabilidade dos recursos. Estes recursos podem ser distinguidos em diferentes classes de acordo com volumes rochosos e reservas minerais, apresentando características determinantes que possibilitam sua exploração econômica.

A harmonia entre a mineração e o meio ambiente tem sido uma meta em constante evolução e investimentos. A tabela do IBAMA classifica o potencial poluidor de acordo com a utilização dos recursos minerais. Para uma melhor classificação por parte das atividades minerárias é preciso adequações por parte das mineradoras, indústrias de produtos minerais e indústria metalúrgica. O setor deve verificar a tecnologia mais adequada que será empregada na lavra, estudar o processo de beneficiamento mais eficiente e aplicar a logística mais eficaz para o escoamento da produção, evitando desperdício dos recursos minerais, menor consumo de energia e água, monitoramento e mitigação dos impactos ambientais.