

## **GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO NO BRASIL: TÉCNICAS PARA MINIMIZAR POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NA EXTRAÇÃO DO COBRE**

**Alana Feliciano Mendes<sup>(1)</sup>**

<sup>1</sup>Discente do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental – Instituto Superior de Tecnologia/ IST - Paracambi.

**Rafael Vieira<sup>(2)</sup>**

<sup>2</sup>Economista. Especialista em Economia Internacional e Meio Ambiente. (IE/ UFRJ). M.Sc (c). em Engenharia Ambiental. Programa de Engenharia Ambiental – PEA/Escola Politécnica-UFRJ. Professor do Instituto Superior de Tecnologia/IST – Paracambi. Pesquisador do IVIG\_CETS/COPPE-URFJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>**: Rua Sebastião de Lacerda s/n - Antiga Fábrica Brasil Industrial, 26600-000 PARACAMBI – RJ Telefone: (21)3693-5462 Fax: (21)3693-5462, e-mail: [alanafmendes@gmail.com](mailto:alanafmendes@gmail.com) e [raelvieira@poli.ufrj.br](mailto:raelvieira@poli.ufrj.br)

### **RESUMO**

O cobre por ser um excelente condutor tem uma ampla utilização nos vários setores da indústria, sendo que na produção de cobre primário temos quatro produtos onde as etapas de extração também são distintas com suas respectivas porcentagens, tais como: minério de cobre 0,7% e 2,5% de cobre; concentrado de cobre 30% e 38% de cobre fino; cobre fundido blister (98,5%) e anodo de cobre 99,7% de cobre; cobre refinado 99,9% de cobre. Existem ainda dois processos de produções básicas, pirometalúrgico e hidrometalúrgico dos quais o mais utilizado é o processo pirometalúrgico, para minérios sulfetados, e o processo hidrometalúrgico, apropriado para extração de minérios oxidados de baixo teor. As principais empresas produtoras no Brasil são a Vale 60%, Mineração Maracá(Yamana) 25%, Mineração Caraíba 13% Outras 2%. O Brasil possui ainda alguns estados que são considerados os maiores produtores, que são PA com 60%, BA com 20% e GO com 20%. Quanto ao nível de produção industrial de minério de cobre, o Brasil classifica-se como o décimo sexto no ranking, onde espera-se um crescimento com início das operações do projeto Salobo-Vale que por meio deste, em conjunto com outros como Sossego e outros da Vale, tem pretensão de produzir cerca de 400 milhões de ton/ano até 2012, assim como as empresas Mineração Caraíba e Mineração Maracá poderão se tornar auto-suficientes. Considerando impacto ambiental como alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade, percebe-se que estas alterações precisam ser quantificadas, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas. Ao considerarmos os impactos Ambientais que são decorrentes da extração de minério de cobre podemos destacar os impactos visuais, poluição das águas impacto pela poluição do ar e os impactos relativos aos ruídos, e as medidas para mitigá-los podem ser implementação de UTE, implementação de cortina arbórea, controle de emissões de gases.

**PALAVRAS-CHAVE:** Economia Mineral, Sustentabilidade Ambiental, Passivo Ambiental.

## INTRODUÇÃO

A História do Brasil tem íntima relação com a busca e o aproveitamento dos seus recursos minerais, que sempre contribuíram com importantes insumos para a economia nacional. Sendo assim, a mineração torna-se um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações.

A maior parte da produção mineral brasileira é feita a céu aberto sendo pequena a quantidade de minas subterrâneas. São poucas operações mecanizadas e, em algumas, co-existem certa produção semi-mecanizada e o padrão tecnológico operacional apresenta alguma homogeneidade. De maneira geral, os métodos e processos de produção empregados nas minas brasileiras são modernos, estando próximos, em termos de segurança e produtividade dos trabalhos, ao que se consegue no exterior, como no Chile por exemplo.

Os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em quatro categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição do solo e poluição sonora (ruídos e vibrações). E, segundo BRUM (2009), “pode-se considerar que o início da consciência sobre a proteção ao meio ambiente surgiu no começo dos anos setenta. Naquela época aflorou com nitidez, nos países tecnologicamente mais avançados, a percepção de que o bem-estar social, fruto do desenvolvimento econômico, estava relacionado, em geral, a impactos não desejados sobre os vários ecossistemas.

Desde então, os agentes responsáveis por tais impactos começaram a ser discriminados, quando não condenados por um segmento pensante e emergente dessas sociedades, denominado ambientalista.”

Por conseguinte, o presente trabalho propõe apresentar técnicas para mitigação dos impactos ambientais causados durante o processo da extração de cobre na mineração brasileira.

## MATERIAIS E MÉTODOS

No que se refere a materiais e métodos houve uma pesquisa de publicações recentes sobre o tema, que condicionaram a fundamentação teórica. Sendo assim, tal conteúdo analisado viabilizou a sistematização de dados e informações sobre o conteúdo aqui exposto.

## DISCUSSÃO

### **Brasil x Extração de Cobre**

O cobre é, depois do alumínio, o metal não-ferroso mais utilizado no mundo, por ser excelente condutor de eletricidade e calor tem vasta aplicação nos setores industriais, com destaque para a construção civil, telecomunicações, eletroeletrônica, transmissão e distribuição de energia; que absorve mais de 50% desse metal, sendo o restante utilizado em ligas especiais, tubos, laminados e etc.

A indústria de cobre primário se organiza em torno de quatro tipos de produtos, originados em etapas distintas dos processos de extração, fundição e refino, os quais estão relacionados a seguir:

- minério de cobre: corresponde ao mineral extraído da mina, cujo conteúdo oscila entre 0,7% e 2,5% de cobre;
- concentrado de cobre: corresponde ao minério de cobre que, através de um processo de moagem das rochas e mistura com água e reagentes, passa a apresentar entre 30% e 38% de cobre fino;

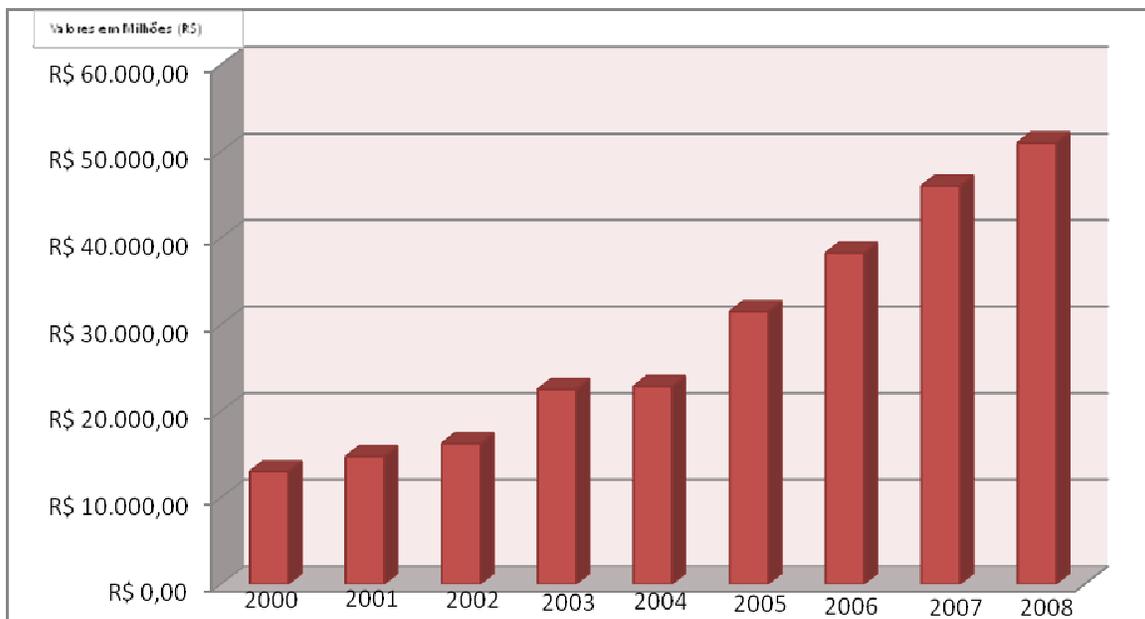
**I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**

- cobre fundido: corresponde aos concentrados que, por meio de processos pirometalúrgicos, se transformam no chamado cobre *blister* (98,5%) e, posteriormente, no anodo de cobre, cujo teor é de 99,7% de cobre;
- cobre refinado: corresponde aos anodos e às soluções (no caso da lixiviação) que são refinados por processo de eletrólise, resultando nos catodos, com pureza de 99,9% de cobre.

A atividade mineral disponibiliza para a sociedade recursos minerais essenciais ao seu desenvolvimento. A indústria mineradora é à base da formação da cadeia produtiva, do processo de transformação de minérios até os produtos industrializados, e que na medida em que as cidades crescem, criam-se demandas por infra-estrutura e serviços, o que induz a instalação de indústrias de transformação.

Nesse contexto a mineração é reconhecida internacionalmente como atividade alavancadora do desenvolvimento, tendo grande participação no desenvolvimento econômico de muitas das principais nações do mundo (PINTO, 2006).

**Gráfico 1 – Produção Mineral Brasileira**



\*Produção Mineral Brasileira comercializada. Valores em milhões de reais. Excluídos Petróleo e Gás.

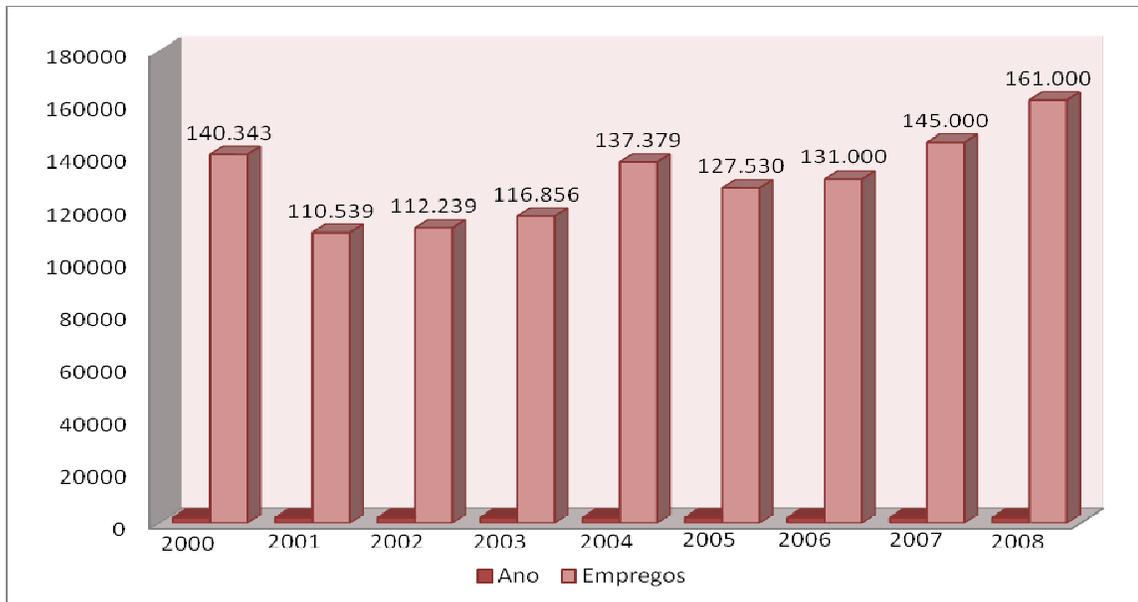
Fonte: DNPM/IBRAM

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral, em 2008, conforme gráfico acima; a Produção Mineral Brasileira alcançou R\$ 51 bilhões, um aumento de 11%, se comparada a 2007, que foi de R\$ 46 bilhões, excluídos Petróleo e Gás. Cabe destaque à produção de Minério de Ferro, que registrou aumento acima de 6% em quantidade produzida.

Na admissão de que a indústria da mineração e transformação mineral, o valor da Produção Mineral Brasileira alcançou R\$ 152 bilhões, um valor 13% maior do que em 2007 (R\$ 134 bilhões).

O total de mão de obra empregada (empregos diretos) na mineração em 2008 alcançou 161 mil trabalhadores. Deste modo, a partir da representação gráfica a seguir, os estudos gerados pelo Serviço Geológico Brasileiro mostram que o efeito multiplicador de empregos é de 1:13 no setor mineral, ou seja, para cada posto de trabalho da mineração, são criadas 13 outras vagas ao longo da cadeia produtiva. Portanto, pode-se considerar que o setor mineral, em 2008, gerou cerca de 2 milhões de empregos, sem levar em conta os que foram gerados nas fases de pesquisa, prospecção e planejamento e a mão de obra ocupada nos garimpos. DNPM (2009).

**Gráfico 2 – Mão de obra utilizada na Mineração**



Fonte: DNPM

Enfim, no Brasil, a mineração, de um modo geral, está submetida a um conjunto de regulamentações, onde os três níveis de poder estatal possuem atribuições com relação à mineração e o meio ambiente. E o minerador brasileiro tem feito esforços para acompanhar as demandas atuais em torno da questão ambiental e a mineração. As empresas estão, em sua maioria, aplicando técnicas mais modernas e ambientalmente mais satisfatórias.

### **Processo de Extração de Cobre: uso e desdobramentos**

Existem dois processos básicos de produção de cobre primário: o processo pirometalúrgico, mais utilizado para os minérios sulfetados, e o processo hidrometalúrgico, apropriado para a extração de cobre de minérios oxidados de baixo teor.

#### Processo Pirometalúrgico

A indústria de transformação do cobre tem início a partir do minério, cuja extração se dá a céu aberto ou em galerias subterrâneas. Com um teor metálico que varia normalmente entre 0,7% e 2,5%, o minério é submetido à britagem, moagem, flotação e secagem, obtendo-se o concentrado cujo teor de cobre contido já alcança 30%.

O concentrado é então submetido ao forno *flash*, de onde sai o mate com teor de 45% a 60%, e este ao forno conversor de onde obtêm-se o *blister* com 98,5% de cobre. Dependendo da pureza desejável para o cobre, tendo em vista a sua utilização final, o *blister* pode ser submetido apenas ao refino a fogo, onde se obtém cobre com 99,7% (anodo) ou ser também refinado eletroliticamente, atingindo um grau de pureza de 99,9% (catodo).

Os catodos são submetidos ao processo de refusão para obtenção do cobre no formato de tarugos ou placas. A partir da trefilação destes tarugos, produz-se os semi-elaborados de cobre nas formas de barras, perfis e tubos e através da laminação das placas, são produzidos semi-elaborados nos formatos de tiras, chapas e arames. Se, entretanto, ao invés da simples refusão o catodo for fundido e laminado em processo contínuo, obtêm-se o vergalhão, a partir do qual serão fabricados os fios e cabos.

No refino eletrolítico, obtêm-se subprodutos como ouro, prata, platina e outros metais, através da lama anódica que se deposita e é retirada por sifão. Ressalte-se que o ritmo de difusão do processo técnico na pirometalurgia de cobre é relativamente lento, sendo esta rota tecnológica utilizada de longa data. A principal mudança tecnológica foi a substituição dos fornos de revérbero por fornos elétricos *flash* na etapa de fundição a partir dos anos 50. Pretendeu-se com tal substituição atender às exigências de conservação energética e de redução de poluição.

O grande problema do processo pirometalúrgico é que, com o refino do cobre blister para a obtenção de cobre eletrolítico, que é o material comercialmente puro, são emitidos na natureza gases que podem conter metais pesados como cádmio, arsênio, mercúrio, bismuto e chumbo.

### Processo Hidrometalúrgico

A hidrometalurgia é apropriada, principalmente, para a extração de cobre de minérios oxidados de baixo teor. A utilização deste processo para minérios sulfetados implica em uma etapa anterior de beneficiamento do minério para obtenção do concentrado sulfetado, o qual deve sofrer processo de ustulação para transformação em produto intermediário oxidado.

O processo hidrometalúrgico consiste, em linhas gerais, em lixiviar o minério moído com solventes adequados, sendo o mais utilizado o ácido sulfúrico, obtendo-se soluções ricas. Segue-se a filtração da solução e a precipitação do metal através de concentração (utilizando-se ferro), de aquecimento ou por eletrólise. No caso da eletrólise, promove-se a eletrodeposição do cobre sob a forma de catodos com 99,9% de pureza a partir das soluções ricas.

Segundo CIMINELLI (2006), a etapa de tratamento do licor produzido na lixiviação visa à purificação da solução (através da separação de elementos provenientes da dissolução e que podem afetar a etapa posterior de recuperação do metal) e à concentração da solução contendo o metal dissolvido até os níveis adequados à etapa seguinte de recuperação. Eventualmente esta etapa pode levar à obtenção de subprodutos.

O tratamento do licor envolve processos tais como: precipitação, adsorção em carvão ativado ou em resinas poliméricas de troca iônica e extração por solventes - SX. É importante destacar que os processos utilizados nessa etapa podem ser aplicados ao tratamento de efluentes, visando à concentração e à remoção de contaminantes. Minérios complexos e de baixo teor exigem o desempenho pleno da etapa de purificação do licor, seja com relação à separação de impurezas ou à concentração da solução.

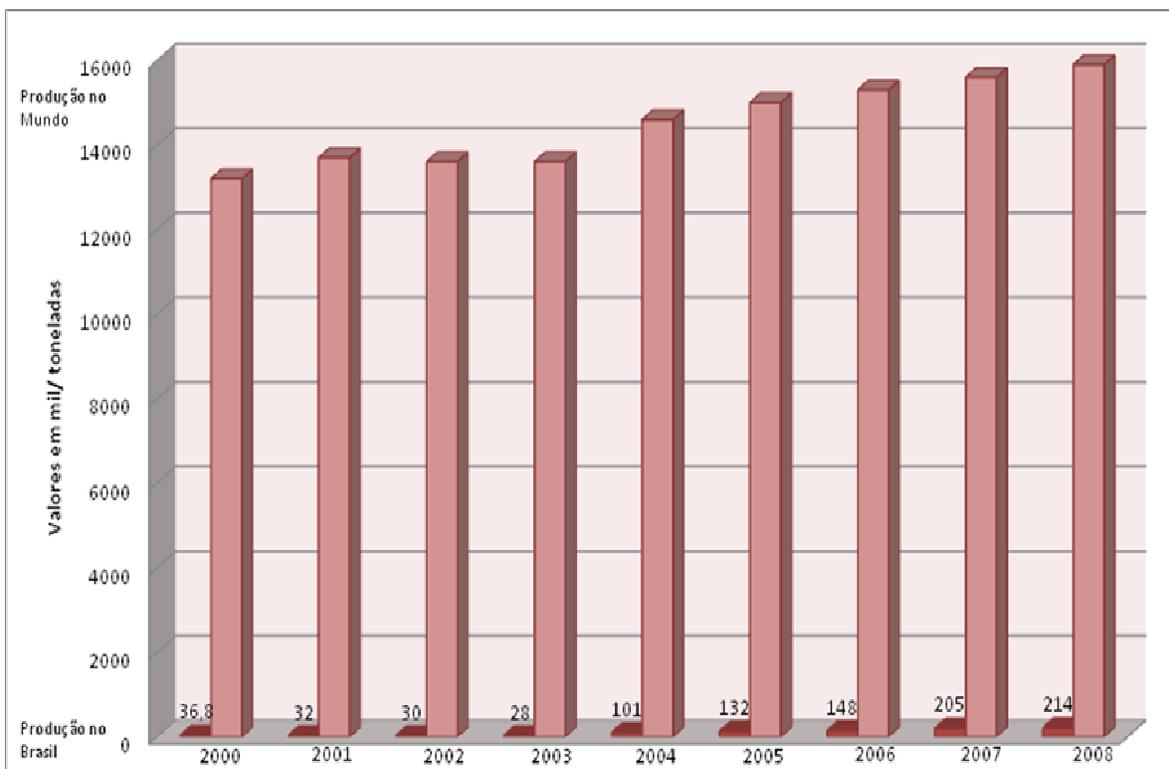
O método convencional de remoção das espécies dissolvidas na fase aquosa é a precipitação-sedimentação, seguida de espessamento do lodo formado. A precipitação de cátions metálicos presentes em soluções aquosas é

usualmente realizada a partir da elevação do pH, que promove a precipitação dos oxi-hidróxidos metálicos, enquanto ânions são precipitados na forma de sais. Além de agentes flocculantes poliméricos, para auxiliar a separação sólido/líquido, também são utilizados sais inorgânicos(coagulantes).

A despeito de sua ampla aplicação, a precipitação (sais ou hidróxidos)apresenta, do ponto de vista técnico, limitações que podem comprometer a eficiência da separação. Destaca-se ainda que efluentes com fluxos da ordem de 0,2 a 2 m<sup>3</sup>/s e contendo íons metálicos em concentrações da ordem de 1 a 2 mg/L não são geralmente passíveis de serem tratados por coagulação-sedimentação, por problemas cinéticos e de escala.

No Brasil, os principais Estados produtores são: PA (60%), BA (20%) e GO (20%). Vale-se ressaltar que o estado do Pará compõe as maiores reservas de cobre do Brasil, localizada no distrito cuprífero de Carajas, em Marabá, perfazendo uma quantidade total de 1.568.067.455t de minério com 12.589.105t de cobre contido. O depósito de Salobo contém as maiores reservas de cobre do Brasil com 1.242.845.000 t de minério e teores de 0,72% de cobre, seguidas de Sossego, com 320.757.401 t de minério, mas com teores maiores, de 1,14% de cobre. DNPM (2009)

**Gráfico 3 - Produção Brasil x Mundo**



Fonte: DNPM.

De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), as reservas medidas e indicadas de Minério de Cobre no Brasil alcançam 15 milhões de toneladas, ou 2% da reserva mundial de minério contido. A tendência da balança comercial do Minério de Cobre para os próximos anos é positiva, devido ao aumento da produção interna e das exportações e à diminuição das importações. O Brasil exportou mais do que importou em 2008, apresentando um superávit de US\$ 167 milhões FOB.

No Brasil, a quantidade de Minério de Cobre (bens primários) exportada em 2008 foi de 611 mil toneladas e o volume importado totalizou 437 mil toneladas, principalmente do Chile (78% do total). Por meio dos projetos Salobo, Sossego e outros (Vale), que vão produzir cerca de 400 mil ton/ano até 2012 e os das empresas Mineração Caraíba e Mineração Maracá, o Brasil poderá se tornar auto-suficiente e exportador do metal.

Segundo DNPM (2009) o Brasil é o décimo sexto maior produtor de Minério de Cobre, com produção em 2008 de 214 mil toneladas. Esse total representa um crescimento de 4,3% em relação a 2007. Espera-se um crescimento mais significativo na produção, com o início das operações do projeto Salobo-Vale.

### **Impactos ambientais: análise contextual**

Segundo o Artigo 1º da Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Impacto Ambiental é "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente:

- A saúde, a segurança, e o bem estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias ambientais;
- A qualidade dos recursos ambientais."

Portanto, a definição de Impacto Ambiental está associada à alteração ou efeito ambiental considerado significativo por meio da avaliação do projeto de um determinado empreendimento, podendo ser negativo ou positivo (Bitar & Ortega, 1998).

Para tanto, é necessário destacar que o contexto real sobre as "questões ambientais" revelam preocupações dos segmentos componentes da sociedade, o que inclui a esfera pública, o setor privado e a sociedade civil, tangentes ao conceito e aplicação do chamado desenvolvimento sustentável.

Desta forma, como afirma ALMEIDA (2002) *"...a base do desenvolvimento sustentável é um sistema de mercados abertos e competitivos, em que os preços refletem com as transparências dos custos, inclusive, os ambientais. Se os preços são fixados adequadamente, sem estarem, por exemplo, mascarados por subsídios e políticas protecionistas, a competição estimula os produtores a usar o mínimo de recursos, reduzindo o avanço sobre os sistemas naturais. Também os estimula a minimizar os danos causados ao meio ambiente. (...) E ainda promove a criação de novas tecnologias para tornar a produção mais eficiente do ponto de vista econômico e ambiental."*

Assim, o breve contexto ambiental colocado faz referência às realidades competitivas do mercado nacional com a dinâmica ambiental apresentada pelas corporações (com alta capacidade poluidora, admitindo mudanças de seu comportamento quanto à gestão proativa sob o viés ambiental).

### **Correlações entre impactos e técnicas de mitigação**

No presente trabalho há uma necessidade de se considerar os impactos negativos decorrentes da extração do minério cobre, dentre os quais podemos destacar: o impacto visual, em virtude da extração do minério e disposição de

estéril. Impacto pela poluição da água e solo decorrente de dejetos orgânicos, óleos/detergentes, metais pesados, entre outros. Impacto pela poluição do ar devido emissão de material particulado produzido em virtude da detonação das rochas, movimentação de caminhões e máquinas, ação dos ventos nas frentes de lavra, britagem e moagem por ocasião da etapa de beneficiamento dos minérios e por poluentes gasosos provenientes da queima de óleos combustíveis, tais como CO, NOx e SOx.

Os impactos relativos aos ruídos advindos de detonações, compressores, britadores, moinhos, bombas, locomotivas, tratores, caminhões, exaustores, etc. Impactos relativos às vibrações provenientes das detonações para desmanches de rochas, máquinas de terraplenagem, britadores, peneiras vibratórias, etc.

Sendo assim, são evidenciadas técnicas para mitigar tais impactos que podem ser observadas na tabela 1 abaixo.

**Correlação entre impactos ambientais gerados na extração de cobre e as técnicas para mitigação de tais impactos**

<b>Impactos da mineração</b>	<b>Técnicas de Minimização de Impactos</b>
Impacto visual	Implantação de cortina arbórea
Impacto na poluição das águas	Implantação de uma Unidade de Tratamento de Esgoto – UTE
Impacto pela poluição do ar	Controle de emissões e de material particulado
Impacto pela poluição do solo	Biolixiviação
Impacto relativo aos ruídos	Adotar o uso de técnicas menos agressivas ao uso do solo  (não uso de detonadores e bombas)
Impacto relativo às vibrações	Considerado como de menor magnitude não apresenta técnica de minimização

Fonte: Elaboração própria com base em BRUM (2000).

No que tange ao impacto visual optou-se por implantar uma cortina arbórea, que seria um sistema de vegetação que confina a região minerada e protege o meio ambiente dos fatores poluentes relativos a poeiras e ruídos.

Quanto à poluição das águas há necessidade da implantação de uma UTE (unidade de tratamento de esgoto) para adequar os efluentes aos parâmetros ambientais legais vigentes.

Tratando-se do impacto pela poluição do ar é necessário um controle de emissões de gases proveniente das máquinas realizando um controle na fonte de emissão e, material particulado produzido em virtude da detonação das rochas.

Já no impacto pela poluição do solo escolheu-se a biolixiviação, que visa a utilização de microorganismos, ou seja, organismos vivos que estão presentes no próprio minério, e fazer com que estes, de forma bioestimulada, acelerem o processo oxidativo dos sulfetos de cobre, que são estruturas minerais contendo cobre. A bactéria abre essas estruturas para liberar o cobre de forma solúvel, de onde ele é recuperado na forma de metal.

Sendo a vantagem deste processo o cobre eletrolítico ser retirado do concentrado de flotação por um processo biológico. Bactérias nativas são extraídas do próprio minério e cultivadas em laboratório para que se multipliquem. Assim, as bactérias permitem que os dois sulfetos de interesse, a calcopirita e a bornita, sejam dissolvidos em solução e purificados para a obtenção do cobre eletrolítico.

Por fim, compreende-se que pelo processo biológico de lixiviação bacteriana, a emissão de poluentes tóxicos deixa de existir, uma vez que não há mais decomposição em altas temperaturas de sulfetos com metais pesados.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As atividades de extração mineral são de grande importância para o desenvolvimento social, mas também são responsáveis por impactos ambientais negativos muitas vezes irreversíveis. Estes se tornam mais visíveis com a dinamização do processo de industrialização e o crescimento das cidades, que aceleram os conflitos entre a necessidade de buscar matérias-primas e a conservação do meio ambiente

Pelo exposto, todas as fases de mineração e beneficiamento do cobre envolvem atividades que provocam impactos ambientais. Assim, é da responsabilidade das empresas a mitigação desses impactos, o que tem sido ditado por leis pertinentes, as quais devem sofrer o efeito fiscalizador dos órgãos ambientais competentes. No entanto, em prol da maior efetividade no controle ambiental e da conseqüente melhoria da qualidade de vida, algumas outras medidas podem e devem ser tomadas, tais como:

- ✓ Reciclar os profissionais ligados aos órgãos competentes.
- ✓ Treinar e capacitar os funcionários das empresas e empreiteiras sobre segurança no trabalho e proteção ambiental.
- ✓ Conscientizar os funcionários das empresas e empreiteiras sobre qualidade de vida e meio ambiente.
- ✓ Adotar, por parte da empresa, práticas ambientais, tais como: maior aproveitamento de materiais e reciclagem do resíduo gerado.
- ✓ Incluir a elaboração de PRAD's feitos em função dos EIAS/RIMAS, onde as medidas de recuperação sejam simultâneas às diferentes fases do processo de lavra do mineral.
- ✓ Retirar e reservar, para posterior uso, os solos da área lavrada.
- ✓ Alcalinizar os rejeitos líquidos, para favorecer a precipitação dos metais.
- ✓ Aterrar e/ou compactar os rejeitos sólidos e, em alguns casos, os líquidos.
- ✓ Monitorar a saída de descarga dos efluentes líquidos.
- ✓ Monitorar os ecossistemas aquático e terrestre que recebem esses rejeitos.

Assim, tem-se observado nos atuais projetos de mineração, planos de minimização de impactos ambientais, em razão da obediência legal, admitindo a adoção de medidas mitigadoras e/ou compensatórias destes impactos. Tais medidas podem incluir desde simples intervenções operacionais, para melhoria dos ambientes de trabalho, até controle de poeira, ruídos, e ainda, a inserção de processos tecnológicos menos agressivos.

Enfim, não cabe aqui esgotar as ações e argumentos de que a indústria de mineração tem apresentado elementos e instrumentos capazes de minimizar suas ações impactantes ao meio ambiente que utiliza. Porém, afirma-se que o impacto ambiental é dado pela alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade, argumento contemplado também por estudiosos da área. Destaca-se que estas alterações precisam ser quantificadas/mesuradas pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas, considerando a magnitude e a importância das mesmas para o objetivo de mitigação, monitoramento e controle.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Economia Mineral do Brasil*. Coord. Antônio Fernando da Silva Rodrigues e Celso Pinto Ferraz – Brasília – DF: Cidade Gráfica e Editora Ltda, 2009.

BRUM, I. *Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração*, Escola Politécnica Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2000.

CIMINELLI, V. *Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral* Francisco R. C. Fernandes, Adão B. da Luz, Gerson M. M. Matos, Zuleica Carmen Castilhos, org. capítulo 4, 18 pp, ed.: Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

IBRAM- Instituto Brasileiro de Mineração – Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira 4ª Edição.

BITAR, O.Y. Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na RMSP. São Paulo, 1998. Tese Doutorado, Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MELO, T.; CARVALHO, S. *Avaliação dos Impactos Ambientais causados pela Extração Mineral: O caso do Porto de Areia Estrela*. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Geociências, Paraná.

Sites consultados :

<http://www.cetem.gov.br/noticias/cetem>

[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_XIV\\_jiv\\_2006/](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XIV_jiv_2006/)

<http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/impacto.htm>