

A Sustentabilidade e o Rebaixamento do Lençol Freático na Mineração:

Sustainability and the Lowering of Groundwater in Mining:

Leonardo Zauli Conceição¹

Rita de Cássia Pedrosa dos Santos²

Resumo

Com a escassez de água doce no planeta e a necessidade de uma mineração mais sustentável, o rebaixamento do nível de água subterrânea na atividade mineira deve obedecer técnicas responsáveis, devido à importância ambiental deste precioso recurso. O artigo proposto visa trazer maiores considerações sobre esta operação, como nossa legislação aborda o tema e busca também fornecer subsídios para o aprofundamento de futuros estudos.

Palavras-chave: Rebaixamento. Sustentabilidade. Legislação.

Resume

With the scarcity of fresh water on the planet and the need for more sustainable mining, the lowering of the groundwater level in the mining activity must comply with technical responsible, because of environmental importance of this precious resource. The proposed article aims to bring greater consideration of this, as our legislation addresses the issue and also seeks to provide subsidies for the further development of future studies.

Keywords: Lowering. Sustainability. Legislation.

1- Introdução

A abundância ou a escassez dos minerais que compõem a crosta terrestre são decorrentes de processos geológicos que formam os mais variados tipos de depósitos minerais e estes só ocorrem em determinadas localidades devido à combinação ou não de ingredientes químicos e condições físicas (temperatura e pressão) reinantes no seu ambiente de formação. A rigidez locacional faz com que estes elementos minerais muitas das vezes se encontrem economicamente viáveis em regiões ambientalmente sensíveis, com relevante biodiversidade e riqueza hídrica, podendo sua exploração acarretar prejuízo ao meio natural, social e também comprometendo gerações futuras, sem que se tenha outras alternativas.

Como a crise hídrica é uma realidade em todo o mundo e a grande parte dos depósitos minerais está situada abaixo da superfície piezométrica dos aquíferos ou está associado a um reservatório subterrâneo, faz-se necessário o rebaixamento do lençol freático. Esta operação deve ser muito bem gerida pois pode acarretar sérios impactos na biodiversidade, para o homem atual e suas gerações futuras.

Da mesma forma que se deve atenção aos impactos negativos gerados pela mineração e especificamente desta operação, também não deve ser esquecida a importância que a mineração empresarial traz para a sociedade, fornecendo matéria prima para produtos que trouxeram inestimáveis ganhos para a sociedade, inclusive para a saúde, sendo indispensável nos dias de hoje.

O estudo proposto aborda dois temas que caminham juntos, que são o rebaixamento do lençol freático na atividade minerária e a sustentabilidade e tem como objetivo apresentar considerações sobre estes assuntos e o desafio que o setor para ser uma atividade vista pela sociedade conforme sua real importância para o país, como sendo uma atividade geradora de emprego e renda.

2- Desenvolvimento

Segundo DE LA CRUZ (2014, P. 53), o “rebaixamento do lençol freático” envolve a remoção de uma quantidade de água da massa rochosa ou perfil do solo, para que desta forma as atividades da mina transcorram com maior segurança e com menor custo.

Conforme REBOUÇAS et al. (2002), aquífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas e o aquífero livre ou freático é aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. Os aquíferos livres têm a chamada recarga direta. Em aquíferos livres o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. São os aquíferos mais comuns e mais explorados. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico conforme observado na figura 1, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

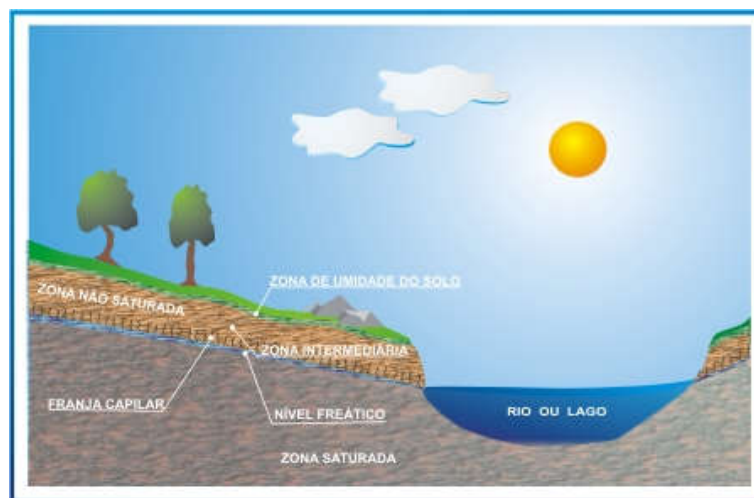
Figura 1- Ciclo Hidrológico (ciclo da água)



Fonte: Infoescola.com

Durante a infiltração, uma parcela de água sob a ação da força de adesão ou capilaridade fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não saturada. Outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada como pode ser visto na figura 2.

Figura 2- Caracterização Esquemática das Zonas Não Saturadas e Saturada no Subsolo



FONTE: BOSCARDIN BORGHETTI et al. (2004)

Zona não saturada é também chamada de zona de aeração ou vadosa, é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água. Nesta zona, pequenas quantidades de água distribuem-se uniformemente, sendo que as suas moléculas se aderem às superfícies dos grãos do solo. Nesta zona ocorre o fenômeno da transpiração pelas raízes das plantas, de filtração e de autodepuração da água. Dentro desta zona encontra-se a zona de umidade do solo, a zona intermediária e a franja de capilaridade que é a região mais próxima ao nível d'água do lençol freático, onde a umidade é maior devido à presença da zona saturada logo abaixo.

Zona saturada: é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. As águas atingem esta zona por gravidade, através dos poros ou fraturas até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas estão tão saturadas que a água não pode penetrar mais. Para que haja infiltração até a zona saturada, é necessário primeiro satisfazer as necessidades da força de adesão na zona não saturada. Nesta zona, a água corresponde ao excedente de água da zona não saturada que se move em velocidades muito lentas (em/dia), formando o manancial subterrâneo propriamente dito. Uma parcela dessa água irá desaguar na superfície dos terrenos, formando as fontes, olhos de água. A outra parcela desse fluxo subterrâneo forma o caudal basal que deságua nos rios, perenizando-os durante os períodos de estiagem, com uma contribuição multianual média da ordem de 13.000 km³/ano (PEIXOTO e OORT,

1990, citado por REBOUÇAS, 1996, p. 46), ou desagua diretamente nos lagos e oceanos.

A superfície que separa a zona saturada da zona de aeração é chamada de nível freático, ou seja, este nível corresponde ao topo da zona saturada conforme a Associação Brasileira das Águas Subterrâneas (2015). Dependendo das características climatológicas da região ou do volume de precipitação e escoamento da água, esse nível pode permanecer permanentemente a grandes profundidades, ou se aproximar da superfície horizontal do terreno, originando as zonas encharcadas ou pantanosas, ou convertendo-se em mananciais (nascentes) quando se aproxima da superfície através de um corte no terreno (figura 2).

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos (2006, p. 25, 45 - 46), a Agenda 21, pode ser definida como o mais importante resultado das discussões havidas por ocasião da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Cnumad - RIO 92), que estabelece uma agenda de ações visando à implementação do desenvolvimento sustentável em todos os países.

O conceito sustentabilidade surgiu da preocupação com o uso de forma exploratória dos recursos naturais tendo sido discutido em diversas conferências internacionais que culminaram em documentos como a comissão Brundtland.

O Relatório Brundtland forneceu uma das principais e mais bem aceitas definições sobre o desenvolvimento sustentável, defendendo que o uso dos recursos naturais deve garantir o atendimento às necessidades das gerações atuais e futuras.

No Capítulo 40 da Agenda 21 (1992), apresenta a necessidade de utilização de indicadores de sustentabilidade para o monitoramento da sustentabilidade na gestão dos recursos naturais.

No Capítulo 18 destaca-se a priorização da proteção e investimento na qualidade ambiental dos recursos hídricos, por meio da aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso destes, tendo como objetivos: boa qualidade de água para consumo de toda a população mundial, preservar as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas e adaptar as

atividades humanas aos limites da capacidade da natureza, além do combate aos vetores de doenças relacionadas à água.

A Lei Federal nº. 9.433/97 (Lei das Águas) fornece as principais diretrizes para a gestão dos recursos hídricos, no âmbito nacional. A Política Nacional de Recursos Hídricos ou Lei das Águas, como é conhecida, estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, composto pelo Conselho Nacional, Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e Conselho do Distrito Federal, Comitês de Bacia Hidrográfica e Agências de Água.

A Política Nacional instituiu a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, e dentre seus objetivos destacam-se: a manutenção da quantidade e da qualidade dos diversos usos ao longo do tempo, o uso racional e integrado dos recursos hídricos visando a sustentabilidade e a prevenção de eventos hidrológicos críticos tanto de origem natural quanto devido a interferências antrópicas.

Os comitês de bacia hidrográfica (CBH) são órgãos colegiados instituídos com o objetivo de promover debates sobre a questão dos recursos hídricos no âmbito da bacia a que pertence, devendo integrar os órgãos e entidades estaduais e municipais na escala regional e incentivar a participação da sociedade civil no processo de tomada de decisão.

De acordo com Instituto Brasileiro de Mineração e Agência Nacional de Águas (2006) remoção da água subterrânea na mineração é um procedimento caro e muito complexo, e vai muito além de simplesmente realizar as medidas de drenagem compostas de bombeamento entre outras. Para uma gestão hídrica eficiente é fundamental planejar e prever, a curto, médio e a longo prazos, o balanço hídrico da região e como ele acontece, de maneira minuciosa, resultando na modelagem do fluxo de água daquele local, alcançando com maior fidelidade possível seus comportamentos ao longo do tempo.

O rebaixamento pode ser feito tanto em minas à céu aberto como em minas subterrâneas pela exploração de um volume acima da capacidade de recarga do aquífero, diminuindo, conseqüentemente, a cota do nível do lençol freático.

Dentre os problemas para a atividade de lavra com a presença de água, seja na mineração a céu aberto seja na subterrânea, tem-se:

- O atolamento de equipamentos de escavação e transporte, aumento do custo de transporte devido à umidade do terreno.
- Maior custo de desmonte com utilização de explosivos especiais.
- Manutenção mais cara de estradas e locais de escavação.
- Menor vida útil de pneus de caminhões fora de estrada.
- Atraso na produção, risco de acidentes com cabos energizados.
- Ambiente insalubre de trabalho com muita umidade.
- Instabilização de taludes, realces e galerias com riscos de acidentes pessoais e materiais,
- Impedimento de acessos em razão de possíveis inundações, maior custo de investimento em equipamentos especiais.

Esta operação é realizada de diferentes maneiras, como, por exemplo, através de bombeamento de água coletada em Sumps (figura 3), galerias (figura 4), bombeamento por poços tubulares profundos (figura 5), drenos sub-horizontais (figura 6), trincheiras (figura 7), e mesmo a combinação entre esses vários métodos.

Figura 3- Sumps



Fonte-www.hudbayminerals.com

Sump é um reservatório (Escavação na base do acesso principal, geralmente poço, feita para coletar a água que adentra a mina e então bombeá-la para a superfície ou próximo dela).

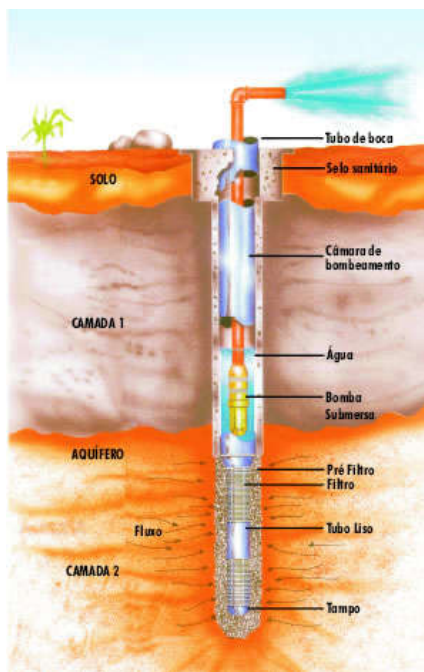
Figura 4:Galerias Subterrâneas



Fonte- www.armcostaco.com.br

Segundo De La Cruz (2014, p.52-65), as galerias subterrâneas são implementadas em conjunto com filtros de gravidade nos overburden complementados com poços de bombeamento na base da cava para a drenagem de aquíferos subjacentes. Os sistemas de galerias são efetivos em casos de aquíferos descontínuos e perturbados, ou no caso de poços de baixo rendimento. Este método foi muito usado na década dos 50 ou 60, porém seu uso foi decaindo devido à ameaça na mineração, segurança laboral e altos custos. Entretanto, o seu uso pode ser ainda considerado no caso específico em que exista uma mina subterrânea ativa (ou mesmo uma mina abandonada que possa ser colocada em operação) em conjunto com uma equipe técnica especialista em minas subterrâneas e que sobre esta mina exista um depósito a ser drenado e operado com um método superficial. Vazão de infiltração de aquíferos por meio das galerias subterrâneas é comum em torno de 2400 m³/h por cava.

Figura 5: Bombeamento por Poços Tubulares Profundos



Fonte- www.crea-rs.org.br

Os poços de bombeamento podem ser localizados dentro e fora do perímetro da cava da mina. Quando projetados circundando as paredes da cava, estes trabalham como barreiras externas para evitar a entrada de fluxo de água ao interior da cava ou para aproveitar situações de evidentes gradientes hidráulicos. Esta configuração é considerada de rebaixamento avançado primário. Assim, é favorável localizar estes poços nos gradientes hidráulicos superiores (a partir da base da cava em desenvolvimento), pois isso funciona tanto para rebaixar a superfície piezométrica quanto para cortar a contínua fonte de recarga para a cava. (CIVIDINI& GIODA, 2007, p. 325 – 332; ROWE& BEALE, 2007).

A água dos poços de bombeamento é usualmente extraída diretamente da zona de descarga sem oportunidade de contaminação. Se a contaminação acontecer, um processo de tratamento é necessário para o reuso adequado (BROWN, 1981). Em geral os poços são equipados com bombas submersíveis e características selecionadas de forma adequada. Dependendo dos requerimentos, os poços podem ser perfurados desde a superfície (base da cava) ou desde as bermas dos taludes, até profundidades entre 20 a 400m. Os diâmetros perfurados

dependem da profundidade e da capacidade prevista, podendo variar entre 350 a 1200 mm. O rendimento dos poços varia (dependendo da transmissibilidade) entre 12 m³/h e 90 m³/h. Um caso de aplicação de poços de bombeamento é a mina de carvão Belchatówna Polônia, considerada a segunda maior mina a céu aberto no mundo. Neste caso, um sistema era constituído de 400 poços perfurados equipados com bombas submersíveis com uma capacidade total de 400 m³/min. Poços com profundidades entre 120 e 350m, e diâmetros entre 500 a 1200 mm permitiram o rebaixamento da linha freática de 200m em uma área de 8 Km² em um período de 11 anos. Esta mina envolvia 3 aquíferos não conectados que também foram 60 drenados para fornecer estabilidade dos taludes na mina onde 110 milhões de m³ de overburden e 38 milhões de toneladas de carvão foram explorados por ano

Figura 6: Drenos Horizontais



Fonte- www.tecnogeo.com.br

Drenos horizontais são particularmente usados para despressurizar taludes, mas a sua efetividade depende muito da sua condutividade hidráulica que está sendo adicionada. Os drenos são especialmente efetivos por reduzir as cargas de fluxo acumulados em períodos de fortes precipitações que causa grandes infiltrações de fluxo nos taludes (CORNFORTH, 2005). Em rochas uma quantia significativa de fluxo ocorre como um resultado da permeabilidade secundária através de juntas abertas, falhas ou outras descontinuidades. Portanto, estes drenos horizontais são furados em bermas em direção dos taludes da cava onde há ou já houve ocorrência de fluxo de águas, seja devido a precipitações ou exfiltrações de águas. Particularmente, esta técnica pode por si trabalhar de forma independente e conseguir captar as águas, principalmente as vindas das paredes dos taludes em processo de percolação que diminuem a eficiência operacional da cava (BROWN,

1981). Porém, é importante que estas águas percoladas, que são liberadas incontrolavelmente para a base da cava por meio de um dreno coletor, sejam direcionadas para o poço coletor e conseqüentemente bombeadas para fora da cava. Deve se ter cuidado em que estas águas não sejam perdidas e que o processo de desaguamento não seja danificado durante as operações de detonação da mina. Em geral este sistema de drenos horizontais vai acompanhando o sistema principal de rebaixamento (poços de bombeamento ou paredes cut-off), que rebaixe o lençol freático, e em taludes específicos os despressurize para uma melhor estabilidade. O comprimento dos drenos horizontais pode alcançar comprimentos de 150 m e diâmetros pequenos (150 a 300 mm) perfurados dentro dos taludes a uma orientação de aproximadamente 5 graus a partir da horizontal. Essa inclinação permite que os furos tenham livre drenagem e estejam predominantemente em gravidade. Complementariamente, estes podem ser filtrados por um duto de policloreto de vinil (PVC) perfurado, recomendado em camadas arenosas. O espaçamento entre drenos é comumente entre 25 e 100m horizontalmente, com espaçamentos verticais dependentes dos avanços da base da cava (Brown, 1981). A instalação de tais drenos deve ser o mais adequado para atingir dois objetivos primários:

- Diminuir os níveis de água (superfície freática) geralmente dentro de um talude
- Atingir e liberar aquíferos que estão alimentando o talude por trás.

Estudos paramétricos e de campo conduzidos por Rahardjo et al. (2003, p. 295-308) sugerem que para garantir a máxima eficiência e leveza do dreno estes precisam ser instalados no ponto mais baixo possível em um talude para poder conseguir o máximo rebaixamento, cujo arranjo pode resultar mais efetivo do que uma disposição maior de drenos instalados com espaçamento uniforme em um talude.

Figura 7- Trincheiras ou Valas



Fonte-concretoflexivel.com.br

As valas são projetadas na cava para captar as águas pluviais e residuais escoando dos taludes. Este sistema adequadamente projetado pode ser 63 vantajoso no rebaixamento do lençol freático gerando estabilidade aos taludes circunjacentes à cava, principalmente quando o material consistir de areias uniformemente graduadas. Estas valas podem ser estruturas estacionárias quando construídas entre taludes e bermas ao longo prazo e como estruturas temporárias (menos elaboradas) sobre as bermas. Com a ajuda das bermas, a água é alimentada para a seção de bombeamento. Este método é usado com efeitos satisfatórios preferentemente em cavas de material arenoso onde o lençol freático pode ser rebaixado até 30m.

Conforme Instituto Brasileiro de Mineração e Agência Nacional de Águas (2006, p. 99 - 100), os procedimentos praticados na mineração para o rebaixamento do nível de água podem ser resumidos da seguinte maneira:

1- Projeto de Rebaixamento:

- Definição de modelo geológico.
- Hidrografia e inventário de nascentes.
- Definição e implantação de rede de monitoramento.
- Programa e operação de monitoramento hídrico.
- Definição de modelo hidrogeológico conceitual.
- Definição e implantação do sistema de rebaixamento.
- Modelamento: métodos analíticos e modelos numéricos.
- Plano de gestão de recursos hídricos e definição de medidas mitigadoras.

2- Operação do Sistema de Rebaixamento (Fase de lavra)

- Operação do Sistema de Rebaixamento de nível de água subterrânea.

- Monitoramento sistemático para reavaliações da metodologia e recalibrações do modelo hidrogeológico.

3- Descomissionamento do Sistema de Rebaixamento:

- Desativação do sistema de rebaixamento.
- Monitoramento da recuperação de níveis de água subterrânea.
- Formação de lagos nas cavas exauridas.

Segundo Porto e Porto (2008), uma gestão sustentável dos recursos hídricos necessita de um conjunto mínimo de instrumentos principais: uma base de dados e informações socialmente acessível, a definição clara dos direitos de uso, o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisão.

Um instrumento de garantia utilizado pela União ou estados, para uma gestão mais sustentável citado em lei, é a outorga de direito de uso da água. As águas são todas de domínio público no Brasil, portanto, toda a utilização de recursos hídricos está sujeita à obtenção de outorgas de direitos de uso, na forma de uma autorização condicionada de uso, emitida pela União ou pelos Estados, a depender da dominialidadedo corpo hídrico a ser explorado.

É mediante o conhecimento das disponibilidades hídricas (redes de monitoramento hidrológico) e do cadastramento das demandas (usos e usuários outorgados) que o poder público reúne condições de controle e gestão da água

Para a obtenção da outorga do rebaixamento do nível de água, segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2010, p. 54 - 58), o requerente deverá inserir a autorização de perfuração de poços tubulares profundos na documentação, a ser apresentada para a instrução do respectivo processo.

A Autorização para Perfuração de poços é necessária para que o IGAM possa verificar a sua viabilidade, levando-se em consideração a área e a vulnerabilidade do aquífero e ainda a proximidade com corpos d'água e áreas de proteção ambiental.

Para dar início ao processo de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, além de requerimento próprio a ser encaminhado, deverão ser apresentadas as seguintes informações:

- o formulário técnico do empreendimento, de acordo com modelo fornecido pelo IGAM;

- o comprovante de pagamento dos valores referentes aos custos de análise técnico-processual;

- o relatório técnico contendo:

- a) o projeto das obras destinadas à captação de água subterrânea, incluindo a previsão de profundidade e do diâmetro do poço tubular profundo, a vazão a ser captada, a utilização de filtros e a finalidade do uso;

- b) a caracterização hidrogeológica da área e a justificativa locacional que embasa a escolha do ponto de perfuração, bem como croqui de localização do poço;

- c) as informações referentes à caracterização do entorno do ponto de captação;

- d) fotografias do ponto de captação e circunvizinhanças que possibilitem a visualização do contexto fisiográfico;

- e) características da unidade geológica;

- a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART dos profissionais responsáveis pelo relatório técnico e pela perfuração do poço tubular profundo;

- nos casos dos poços profundos localizados em zona rural, averbação da reserva legal à margem da inscrição da matrícula do imóvel, no registro competente, ou, na sua ausência, apresentação de termo de compromisso ou de responsabilidade de averbação e preservação da reserva legal, ou o protocolo de requerimento de intervenção ambiental formalizados junto ao Instituto Estadual de Florestas - IEF;

- nos casos de poços tubulares profundos localizados em unidades de conservação, suas zonas de amortecimento ou áreas circundantes, manifestação do órgão gestor da Unidade;

- nos casos de poços tubulares profundos localizados em áreas de preservação permanente, Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental - DAIA emitido pelo IEF;

- a declaração do respectivo Conselho Profissional de que a empresa que executará a perfuração do poço tubular profundo está devidamente cadastrada.

A perfuração dos poços tubulares profundos, não confere direito de uso dos recursos hídricos, somente destina-se a permitir a execução das obras que precedem a captação.

Para instrução dos pedidos de outorga para fins de rebaixamento, além dos documentos para a perfuração dos poços tubulares profundos, devem ser apresentados os seguintes estudos e informações:

- O projeto detalhado de rebaixamento de nível de água (estruturas de captação, níveis de água e vazões projetadas ao longo do tempo).
- A descrição detalhada das estruturas de captação de água subterrânea que compõe o sistema de rebaixamento (poços tubulares, drenos, bombas, etc.).
- O quadro com as vazões projetadas ao longo do tempo, em intervalos máximos de 05 (cinco) anos, informando a cota final do fundo da cava para cada intervalo.
- A caracterização hidroclimática da área.
- O modelo de caracterização hidrográfica da área.
- A caracterização geológica e estrutural, em escala regional e local.
- O modelo hidrogeológico conceitual da área de influência do rebaixamento.
- O balanço hídrico da área de influência do rebaixamento, contendo estimativas anuais de recarga.
- Vazões de bombeamento e descargas naturais.
- O modelo numérico de fluxo subterrâneo compatível com o plano de desenvolvimento da mina.
- O inventário hidrogeológico da área de influência do rebaixamento incluindo a caracterização hidrogeológica das nascentes, poços tubulares e poços manuais.
- A descrição dos impactos ambientais e interferências qualitativas e quantitativas na disponibilidade hídrica local, previstos por ocasião da atividade de rebaixamento de nível de água, inclusive em captações de terceiros.

- A descrição de metodologia para caracterização e quantificação dos impactos esperados.
- O plano de monitoramento hidrológico e hidrogeológico da área de influência do rebaixamento, impresso e em forma de planilha eletrônica, especificando: a descrição e a localização dos pontos de monitoramento.
- Os critérios de seleção dos pontos.
 - Os parâmetros monitorados.
 - Os instrumentos de medição.
 - A periodicidade de coleta de dados.
 - A metodologia de coleta de dados com
 - A planta de localização,
- O mapa geológico e estrutural em escala adequada; e
- O mapa hidrogeológico em escala adequada com os pontos de monitoramento e representação do cone de rebaixamento.

Para isto, sempre é preciso partir de um modelo hidrogeológico conceitual que reflita perfeitamente todas as circunstâncias, baseando-se na identificação das unidades hidrogeológicas, nas estruturas, nas condições de contorno, nos mecanismos de recarga/descarga etc. Tudo isso referido não só à vida ativa da mina, mas também ao encerramento da atividade de mineração.

É básico em todo o planejamento hídrico, em relação a atividades de mineração, a abordagem desde a fase mais inicial se conhecer as condições ambientais anteriores do entorno que poderá ser afetado pela implantação de uma mina. Sobre essa base de dados e informações, deve-se abordar as ações preventivas e corretivas, acompanhadas dos adequados dispositivos de alarme e controle de todos os parâmetros que possam ser afetados.

3- Considerações Finais

Como não existem atividades extrativistas que não sejam impactantes, a mineração deve ser entendida também como uma atividade geradora de empregos,

divisas e de fomento social e regional, assim como a indústria do petróleo, por exemplo, que é vista com mais aceitação.

O rebaixamento do nível d'água é uma operação necessária na atividade mineira, que utiliza o recurso hídrico para trazer segurança e viabilizar a mineração. Por lidar diretamente com um recurso de estimado valor como a água e modificar seu nível e curso normal, esta ação acaba sendo muito mal vista de forma bastante negativa pela sociedade e ambientalistas.

Deve-se deixar claro que o rebaixamento do nível de água, quando bem conduzido e em conformidade com a lei, além da alteração ser transitória, pode trazer algum benefício imediato, como o aproveitamento do excedente em prol do abastecimento de zonas urbanas e rurais.

Conforme a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas afirma: "O Brasil é hoje considerado detentor do mais adequado instrumento legal para assegurar a sustentabilidade do uso dos seus recursos hídricos", que foi complementado pela Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605 de 12/02/98) e por isso pode-se dizer que se aplicados os instrumentos legais é possível diminuir esses impactos garantindo a preservação deste recurso para as gerações futuras, gerando emprego, divisas e bem estar para as gerações atuais.

Devido à enorme dimensão do Brasil e a falta de infraestrutura para a fiscalização e aplicação da lei, esses fatores, acabam contribuindo para a ocorrência de graves passivos ambientais, trazendo consequências nefastas. Devido a isso, tem sido criada uma imagem bastante negativa do setor mineiro, sendo esquecido sua importância pelo gerador de riqueza e divisas para municípios, estados e União.

É necessário maior investimento em fiscalização e aplicação das leis já existentes, para minimizar os impactos na busca da sustentabilidade. Também se faz necessário o envolvimento e a conscientização da sociedade, para que em momentos de crise hídrica conforme ocorre, não se demonize a mineração que é um grande pilar econômico do país e que gera o sustento para centenas de milhares de famílias.

Bibliografia Consultada

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Educação: Águas Subterrâneas, o que são? Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em 08 nov. 2015, 18:25:20. [Links]

BRASIL. Lei Federal n. 9.433/97, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm>. Acesso em: 14 nov. 2015. [Links]

BRASIL. Instituto Brasileiro de Mineração e Agência Nacional de Águas. A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração. Brasília: 2006. Disponível em <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/gestao_20da_20agua_20na_20mineracao_20ibram.pdf>. Acesso em 30 out. 2015, 19:18. [Link]

BRASIL. Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 13. Fev. 1998, Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21. Brasília: Diário Oficial da União, 1994.

BROWN, D.M. ReducingModellingUncertaintyUsing ASTM Ground-WaterModelling Standards in SubsurfaceFluid-Flow (Ground-WaterandVadose Zone) Modelling. ASTM STP 1288, J.D. Ritcheyand J.O. Rumbaugh, Eds, ASTM. 1996.

CIVIDINI, A. & GIODA, G. Back-Analysis Approach for the Design of Drainage Systems. InternationalJournalofGeomechanics, 7,2007, p. 325 – 332.

CORNFORTH, D.H. Landslides in Practice; Investigation, AnalysisandRemedial/PreventativeOptions in Soils. New Jersey, John Wileyand Sons Inc. 2005.

DE LA CRUZ, Hugo. Modelagem numérica para avaliação do controle das águas na mineração. *Controle das águas em projetos de mineração*, 2014, p. 52-65. Disponível em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/24815/24815_4.PDF>. Acesso em 10 nov. 2015, 13:46:40. [Links]

MECHI, Andréa, & SANCHES, Djalma Luiz. (2010). Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 24(68), 209-220.

Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100016&lng=en&tlng=pt>. 10 nov. 2015, 20:00 [Links].

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2010. Disponível em <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/outorga/manual/manual-de-outorga.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2015, 10:36. [Link].

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Volume I. Brasília, 2006. Disponível em <<http://www.mi.gov.br/documents/10157/3675235/PLANO+NACIONAL+DE+RECURSOS+HIDRICOS.pdf/a8a83f9a-5e31-4da1-96b4-4edafe55c5cf>>. Acesso em 11 nov. 2015, 11:00. [Link].

PEIXOTO, J.P. OORT, A.H. Lê cycle de Peau et lê. La Recherche. Spécial: L'eau, v.21, 1990.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 nov. 2015. [Links]

RAHARDJO, H., HRITZUK, K.J., LEONG, E.C., REZAUR, R.B. Effectiveness of horizontal drains for slope stability. Engineering Geology, 69, 295-308. 2003.

REBOUÇAS, A.C. Diagnóstico do setor de hidrogeologia. Caderno técnico da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS-p. 46. São Paulo - SP. 1996.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora. 2002.

ROWE, J. & BEALE, G. Relieving the pressure; core concepts and solutions in open pit water control. Mining Magazine. 2007.