

# **Alocação de poços de rebaixamento um estudo de caso no complexo de mineração de Tapira da Vale Fertilizantes**

Luiz Gustavo Moraes de Macedo<sup>1</sup>, Marcus Vinícios Andrade Silva<sup>2</sup>, Jeandro Augusto Vitorio<sup>3</sup> e Michelle Cintra Abud<sup>4</sup>

## **RESUMO**

Muitos processos na mineração dependem diretamente da água ao mesmo tempo em que a sua interação pode ser prejudicial. Na mineração de rocha fosfática essas interações são mais fortes, uma vez que a mineralização ocorre sob o nível da água ao ponto de que uma correta adoção de métodos de rebaixamento favorece ao melhor desenvolvimento da lavra. Na mineração a alocação de poços não utiliza apenas dados hidrogeológicos para a definição de suas localizações, mas um grande número de variáveis operacionais da lavra, dificultando ainda mais o processo de alocação de poços de rebaixamento. O presente estudo propõe uma metodologia sistemática de alocação de poços de rebaixamento, elevando a assertividade das alocações e reduzindo custos totais de sistemas de rebaixamento, baseado no complexo de mineração de Tapira como estudo de caso.

## **ABSTRACT**

Many mining processes depend directly of the water, at the same time that their interaction may be harmful. In phosphate rock mining these interactions are stronger, since the mineralization occurs under the water level to the point that a correct adoption of methods of dewatering favors the better development of mining. In the mining not only uses hydrogeological data to define the location of wells, but a large number of operational mining variables, further hindering the process of allocation of dewatering wells. This study proposes a systematic methodology for allocating dewatering wells, increasing assertiveness in allocations and reducing total cost of dewatering systems, based on the case study of the Tapira mining complex.

**Palavras Chaves:** Poços de rebaixamento, desaguamento de mina e alocação de poços de rebaixamento

<sup>1</sup> Geólogo, Vale Fertilizantes, Rodovia MG 341, Km 25 - CEP: 38185-000 - Tapira-MG, (34) 3669-5411, luiz.macedo@valefert.com

<sup>2</sup> Eng. Geólogo, Vale Fertilizantes, Av. Arafértil, 5000 - CEP: 38184-270 - Araxá-MG, (34) 3669-6231, marcus.andrade@valefert.com

<sup>3</sup> Geólogo, Vale Fertilizantes, Fazenda Chapadão, s/nº Zona Rural - CEP: 75701-970 – Catalão-GO, (64) 3411-87641, jeandro.vitorio@valefert.com

<sup>4</sup> Téc. Mineração, Vale Fertilizantes, Av. Arafértil, 5000 - CEP: 38184-270 - Araxá-MG, (34) 3669-6231, michelle.abud@valefert.com

## **1. INTRODUÇÃO**

Sabe-se que, a água é estritamente necessária para a realização de muitos processos na mineração, mas também, traz consigo diversos problemas que implicam no aumento de custos e até mesmo no atraso das atividades de lavra. Segundo a ANA – Agência Nacional de Águas, 2001 o sucesso de uma operação de mineração depende da resolução adequada das suas interações com a água.

Essa interface é comum na lavra de rocha fosfática, pois a mineralização acontece sob o nível da água. Tornando-se necessário realizar a drenagem das águas nas áreas das minas, que pode ser realizada por drenagem superficial, por intermédio de drenos e canaletas. No entanto, em casos onde o escoamento superficial não é possível torna-se necessário a utilização de poços de rebaixamento, como é o caso do Complexo de Mineração de Tapira que a viabilidade técnica e econômica da lavra está condicionada ao uso e manejo dos recursos hídricos subterrâneos, particularmente na melhor localização para poços de rebaixamento.

Por esse motivo, a Vale Fertilizantes se preocupa em efetivar um planejamento estratégico, utilizando-se de ferramentas que possam averiguar os problemas que água pode acarretar ao longo da operação de mineração a céu aberto, esboçando e implementando medidas preventivas e corretivas mais adequadas para viabilizar a lavra em porções do aquífero, antes saturado.

## **2. ALOCAÇÃO DOS POÇOS DE REBAIXAMENTO NA LAVRA A CÉU ABERTO**

A definição da melhor localização para poços de rebaixamento é influenciada por diversos aspectos que fogem das características hidrogeológicas do meio e aspectos técnicos utilizados para escolher a localização de poços de abastecimento.

Por muitas vezes os poços de rebaixamento são realocados em virtude do planejamento de lavra, estabilidade do talude no qual o poço será perfurado, planos de lavra em médio prazo, número de recortes que o poço sofrerá ao longo de sua vida útil e a própria vida útil do poço (MACEDO, 2013).

A conciliação de fatores externos com as necessidades operacionais dos poços e os valores de vazão previstos em simulação são, na maioria dos casos, a maior dificuldade na alocação de poços de rebaixamento no interior de uma cava (MACEDO, 2013).

É por isso, que o planejamento da locação de poços é um fator de extrema importância, pois permite que previamente se tenha um esboço dos caminhos que se deve seguir para atender a natureza da jazida e o tipo de lavra em questão. Conforme exposto pela Agência Nacional de Águas

- ANA (2006, p. 20) para tal planejamento, é necessário o levantamento prévio do campo hidrogeológico da mina, procurando se manter atualizado quanto as possíveis mudanças e necessidades no decorrer da operação da mina (MACEDO, 2013).

O método de lavra a céu aberto será de nosso interesse levando em consideração que o estudo sobre a locação de poços de rebaixamento no presente artigo se dá neste tipo de lavra (MACEDO, BEZANTE e BONATES, 2001).

A mineração a céu aberto dá passagem direta para entrada das águas pluviais e escoamento superficial na cava criada pela lavra, mas também das águas subterrâneas atingidas no processo de escavação. A presença de água subterrânea tem influência direta sobre a cotação do *pit final* de lavra, sendo comum a instalação de piezômetros no processo de sondagem, além de serem realizadas experiências de bombeamento para definir o afluxo de água e possibilitar uma melhor gestão do recurso hídrico (Hansen, 1982 *apud* Macedo *et al*, 2001). Macedo *et al* (2001) acrescenta que, a quantidade de água prevista na mina afeta a sequência de lavra e pode limitar o número de aberturas. Quando as águas fluem na mina, deve-se prover drenagem, além de cuidado suplementar no seu tratamento antes do esgotamento.

### **3. A LOCAÇÃO DE POÇOS DE REBAIXAMENTO: COMO ACONTECE NA VALE FERTILIZANTES**

Na Vale Fertilizantes a metodologia de alocação de poços de rebaixamento é baseada no uso das informações hidrogeológicas locais obtidas pelo monitoramento dos piezômetros, I.N.A's<sup>a</sup> e poços artesianos, geofísica, mapeamento geológico e planejamento de lavra (MACEDO, 2013).

Ainda segundo Macedo (2013), toda a informação coletada nas diversas fontes de dados é adicionada ao SIHFERT (Sistema de Informações Hidrogeológicas da Vale Fertilizantes), que se trata de um sistema de informações geográficas estruturada com foco em auxiliar na confecção de estudos hidrogeológicos. No SIHFERT as informações geológicas, de gestão, meio ambiente e planejamento são sobrepostas numa mesma referência espacial permitindo a confecção de análises espaciais oferecendo uma pré-seleção de locais propícios à perfuração de poços de rebaixamento (Figura 01).

---

<sup>a</sup> Indicador de Nível de Água – Poços de monitoramento mais simples, ranhurados ou perfurados ao longo de todo perfil construtivo, não segregando compartimentos aquíferos.

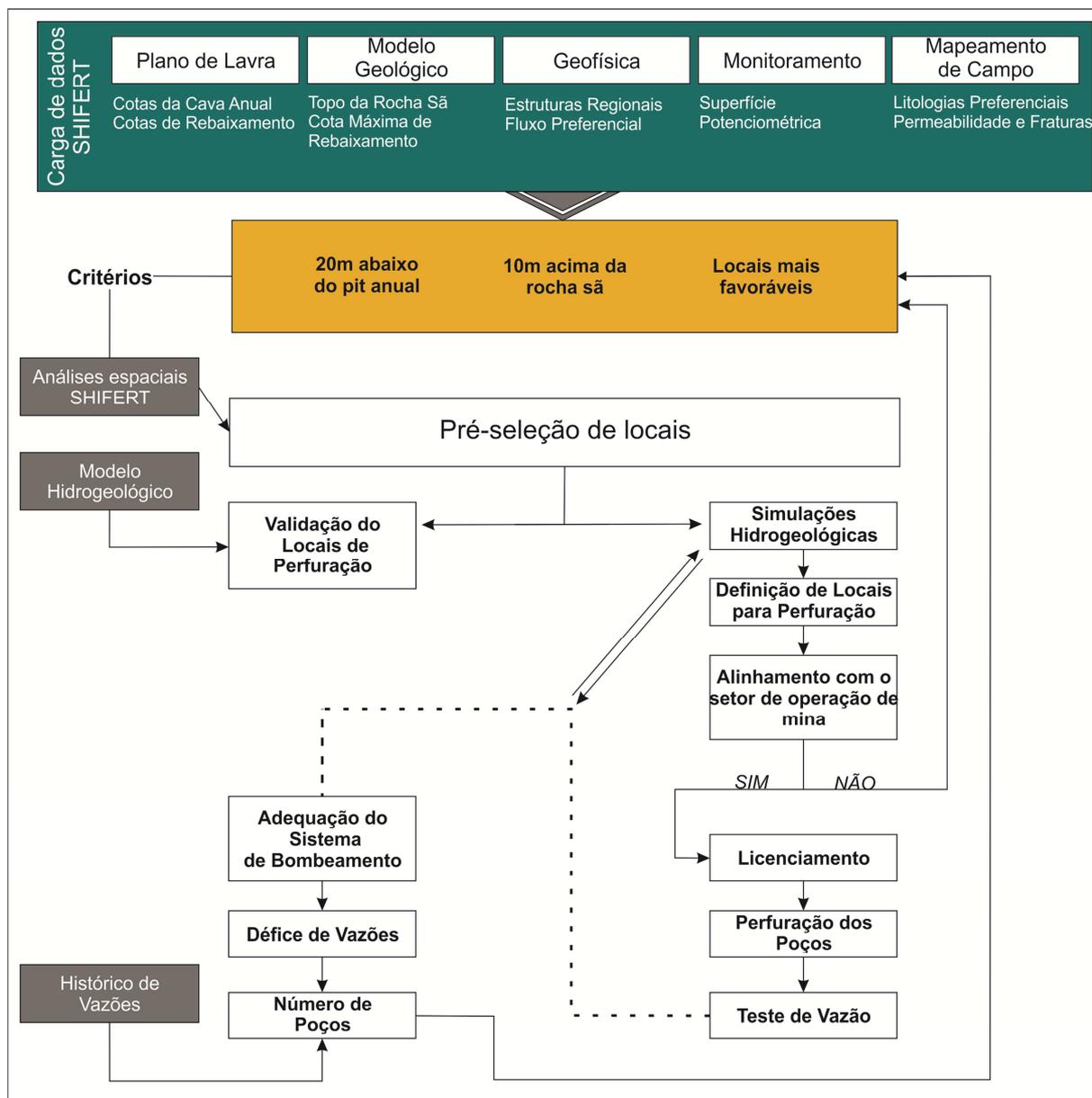


Figura 1 - Fluxograma de alocação de poços de rebaixamento

Figura 01 - Fluxograma do procedimento metodológico de alocação de poços (Fonte: Vale Fertilizantes 2013 *apud* Macedo, 2013)

A primeira etapa para alocação de poços de rebaixamento consiste na coleta de informações que subsidiem tecnicamente a proposta de locais para perfuração. Nessa etapa existe certa similaridade com a alocação de poços produtores uma vez que a seleção de locais visam identificar as rochas mais permeáveis e com maior transmissividade, buscando otimizar o processo de exploração do aquífero. No entanto, nem sempre os locais com melhores características hidráulicas e hidrogeológicas são os mais propícios ao projeto de um poço de rebaixamento (MACEDO, 2013).

Na mina de Tapira é comum identificar locais favoráveis à alocação de poços produtores de água, similar aos poços de abastecimento público, que apresentariam alta vazão com um rebaixamento mínimo. No entanto tal situação não é favorável na mineração, onde a água é disposta

de tal maneira que infiltre recarregando o aquífero, rebaixando o nível da água apenas nos locais de avanço da lavra. Para poços dentro de lavra é interessante que grande parte do volume de água seja retirada do aquífero o mais rápido possível, promovendo um grande rebaixamento, mesmo que através de baixas vazões, ocasionando no mínimo impacto possível ao nível regional do aquífero ou afetando as reservas permanentes do aquífero (MACEDO, 2013).

Tal divergência ocorre porque os poços de abastecimento público e poços de rebaixamento apresentam objetivos distintos. Enquanto o primeiro busca explorar o aquífero obtendo o mínimo rebaixamento com o máximo de vazão, os poços de rebaixamento, como o próprio nome já induz, buscam o máximo de rebaixamento localizado com o mínimo de gasto energético, reduzindo assim o custo operacional dos poços ao mesmo tempo em que disponibiliza uma maior frente de lavra com coeficientes geotécnicos de segurança mais elevados.

Um dos principais pontos na pré-seleção de locais baseia-se no cumprimento do plano de lavra o que limita as áreas de alocação de poços de rebaixamento ao interior da mina ou nas suas proximidades (MACEDO, 2013).

Para Macedo (2013), é necessário identificar onde se deseja rebaixar o nível da água. Ou seja, quais os locais onde o planejamento de lavra necessita que o nível da água seja rebaixado, qual a cota o nível da água máximo para a lavra planejada e quanto tempo esse nível deve permanecer nessa cota.

Macedo (2013) ressalta que esses locais são determinados através dos planos de lavra dos anos subsequentes ao ano de instalação do poço. No caso do complexo de mineração de Tapira o poço deverá visar o rebaixamento para uma cota de 1 ou 2 anos a frente da sua instalação, considerando a direção em que a lavra irá avançar.

As regiões definidas através do plano de lavra passam a serem alvos primários para alocação dos poços de rebaixamento. Já a cota que deseja atingir é mais influenciada pelos históricos de vazões dos poços em cada mina e o número de poços necessários para atingir tal cota, definido pelo modelo hidrogeológico (MACEDO, 2013).

De um modo geral as minas de rocha fosfática da Vale Fertilizantes apresentam dois compartimentos aquíferos distintos: O aquífero fissural, compostos pela rocha sã e rocha alterada e o aquífero poroso formado pela rocha intemperizada que apresenta a zona mineralizada e com características hidrogeológicas que permitem a construção de poços de rebaixamento (MACEDO, 2013).

No entanto, a geologia dos complexos carbonatíticos não é homogênea apresentando porosidade e permeabilidade diferentes para cada litotipo, além do mais a espessura do manto de intemperismo é muito variável ao ponto de inviabilizar locais para perfuração de poços.

Para Macedo (2013) a informação de topo rochoso deve ser considerada como ponto chave na seleção de locais para perfuração. O nível dinâmico do poço a ser construído deverá ficar abaixo do *botton-pit* da cava planejada, logo o crivo da bomba deverá situar-se ao menos à 20m abaixo do *botton-pit* e 10m acima do topo da rocha sã. Em alguns casos a lavra atinge a rocha sã inviabilizando o poço ao realizar diversos recortes nos poços construídos.

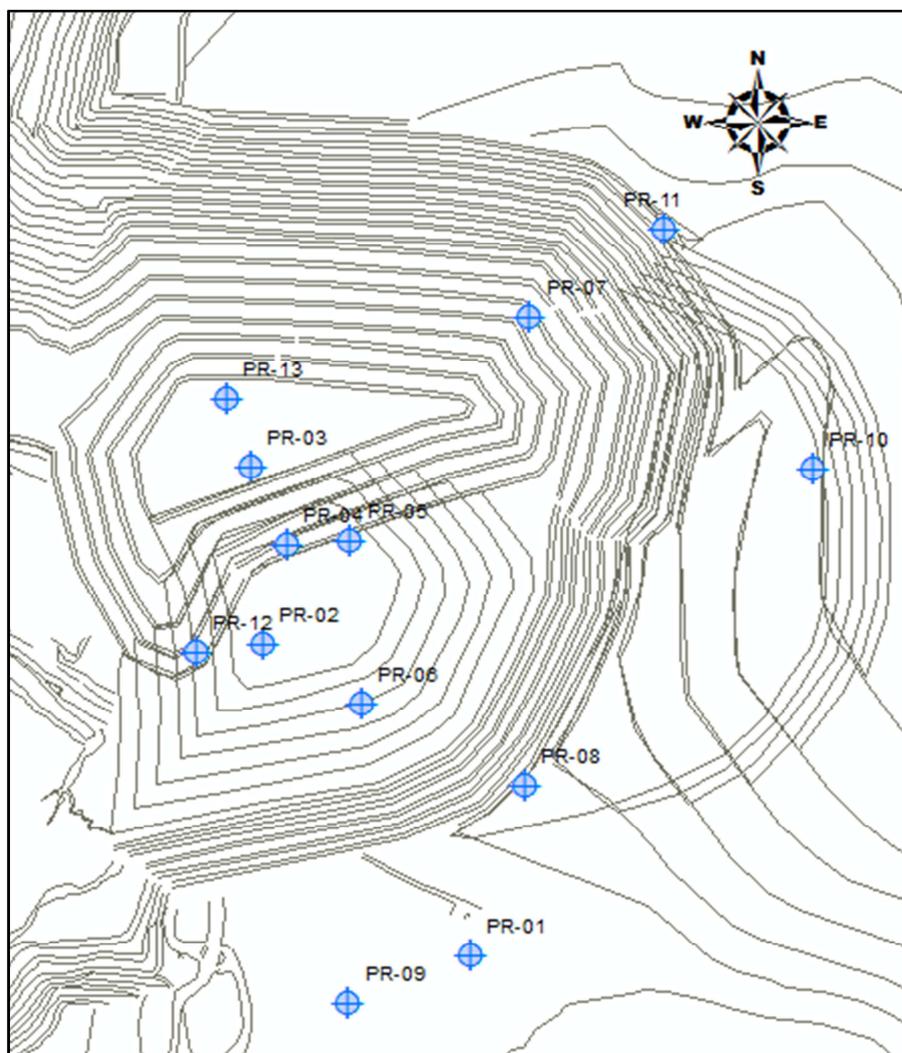


Figura 2 - localização dos poços de rebaixamento com relação ao plano de lavra (Fonte: Vale Fertilizantes, 2014<sup>b</sup>).

Essas limitações definem a cota máxima de rebaixamento de uma região, através de poços de rebaixamento, e que a partir dessa cota, apenas o rebaixamento por drenagens superficiais ou *sump* serão efetivos.

Outro ponto a considerar na escolha de locais para poços de rebaixamentos é procurar locais onde o poço além de auxiliar no rebaixamento também terá uma vida útil superior a dois anos, considerando a mina de Tapira. Essa limitação ocorre em virtude dos elevados custos de construção de poços de rebaixamento e da necessidade de amortização dos custos de instalação ao longo do seu período produtivo. Atualmente os custos de poços de rebaixamento são mais elevados que poços

<sup>b</sup> Relatório interno de alocação de poços de rebaixamento. Ano Base: 2014

produtores por estarem em ambiente de mina (área de maquinário pesado, escavação, exposição da tubulação e proximidade com áreas de detonação) que exige a utilização de materiais mais resistentes na sua confecção, elevando o custo de construção do poço (MACEDO, 2013).

Macedo (2013) afirma que as limitações impostas restringem quase todas as possibilidades de alocação de poços e em muitos casos os locais onde os poços apresentariam uma vida útil longa, ou alta vazão e em alguns casos rebaixamento efetivo superior ao *botton-pit*, não podem ser utilizados.

Dessa forma devem-se associar os locais restantes aos litotipos mapeados em campo, estruturas geológicas que permitam maior condutividade hidráulica, levantamento geofísicos, estruturação regional, bem como a direção do fluxo preferencial das águas e superfície potenciométricas (MACEDO, 2013).

Como a carga de informações e principalmente de restrições na alocação de poços de rebaixamento para mineração é muito elevada, a simples conferência desses dados de forma isolada pode gerar discordância ou até mesmo erros na alocação dos poços, findando na confecção de um poço com características hidráulicas inferiores ao planejado acarretando em aumento no custo do rebaixamento efetivo e em alguns casos até a confecção de poços não produtores, dada a existência de unidades geológicas impermeáveis não mapeadas nas escalas de trabalho.

O cruzamento das informações ocorre através de uma técnica de álgebra de mapas, onde os locais favoráveis ganham pesos diferenciados e as restrições são lançadas anulando os pesos. Dessa forma a cada ano são gerados novos pesos para as diversas informações obtidas e as limitações dadas pelo plano alimentam os programas que cruzam as informações para uma pré-seleção dos locais propícios à alocação de poços de rebaixamento.

As informações cruzadas visam à alocação dos poços nos locais onde as características hidrogeológicas sejam favoráveis. No caso do complexo de mineração de Tapira as propriedades adequadas são **carga potenciométrica seja superior**, que sejam identificadas **estruturas preferenciais** e litotipos com **maior permeabilidade** e uma **espessura do manto de intemperismo** superior a 100m, buscando pelo menos atender duas das características citadas (MACEDO, 2013).

Segundo Macedo (2013) essa análise qualitativa apresenta uma pré-seleção de locais para alocação do poço de rebaixamento. Atualmente a Vale Fertilizantes realiza a pré-seleção de locais através da ferramenta *Raster Calculator* ou calculadora de imagens, encontrado na maioria dos softwares gratuitos de geoprocessamento. No entanto é necessário validar os locais através do modelo hidrogeológico onde são realizadas as simulações matemáticas para identificar se a construção dos poços de rebaixamento será efetiva.

Uma vez pré-selecionado os locais de perfuração é necessário alinhar com o setor de operação de mina, quando os locais pré-selecionados estão localizados em bancadas ativas ou de avanço próximo. Neste caso o ideal é que existam mais de uma opção para cada poço, e que as localizações sejam expostas ao setor de operação com seus prós e contras para que sejam definidos os locais dos novos poços. Caso o setor de hidrogeologia e operação não entrem em acordo a etapa de seleção retorna ao ponto de pré-seleção de locais para os poços, refazendo todo o processo de álgebra de mapas, levando em consideração as novas restrições impostas (MACEDO, 2013).

Aprovados os locais dos poços de rebaixamento dar-se início ao processo de contratação da empresa que irá realizar a perfuração e licenciamento de perfuração junto aos órgãos competentes.

Por se tratar de uma empresa de grande porte a Vale Fertilizantes apresenta procedimentos de contratação de empresas terceiras que demandam tempo no qual todo o procedimento a partir da aprovação do memorial descritivo dos poços até a entrega do poço de rebaixamento demora mais de 190 dias e esse prazo deve ser considerado dentro do cronograma anual, lembrando que para cada poço são necessários mais trinta dias para perfuração<sup>c</sup>.

Uma vez instalados os poços de rebaixamento são realizados os testes de vazão, os quais são utilizados para dimensionamento de bombas e permite identificar o *deficit* de vazão para o ano subsequente, por exemplo: Se foram previstos um bombeamento através do modelo hidrogeológico na ordem de 100m<sup>3</sup>/h, em 80% do tempo. E foram construídos poços que atingem apenas 50m<sup>3</sup>/h, com a mesma disponibilidade. O deficit negativo de 50m<sup>3</sup>/h deverá ser ajustado ao sistema de bombeamento de *sump* que deverá suprir a diferença planejada (MACEDO, 2013).

Nesse caso a produção de minério passa a ser afetada, pois o sistema de rebaixamento por *sump*, muito utilizado em lavras onde a rocha não é friável, no qual as águas são canalizadas para o fundo da mina e só então bombeadas para fora do sistema, não são muito efetivas na lavra de rocha fosfática, pois não interferem na umidade do minério.

A umidade elevada exige deslocamento de maquinário para a confecção de canaletas de drenagem, um maior tempo de trânsito do minério até o britador, aumento da carga morta nas caçambas dos caminhões, dificuldade na confecção de praças de minério entre outros fatores operacionais que dificultam a lavra.

O *deficit* ou *superávit* de vazões retorna ao modelo hidrogeológico com o histórico de vazões atualizado e através de novas simulações matemáticas um novo número de poços é definido como necessário para atingir as cotas de rebaixamento dos anos seguintes, retornando ao primeiro ponto de carga de dados.

---

<sup>c</sup> Os períodos neste relatório são considerando tempos médios e podem sofrer modificações a depender do clima, experiência e regime de trabalho da empresa contratada.

#### 4. CONSIDERAÇÕES

Na mineração as definições dos locais de perfuração não consideram as características puras do aquífero, mas sim a capacidade dos poços em atingir os níveis d'água planejados para a extração do minério. Que em geral não apresentam revisões bibliográficas, por se tratar de uma indústria mais restritiva no âmbito da informação.

A alocação de poços de rebaixamento para mineração, assim como poços de captação para abastecimento público exige análise de dados hidrogeológicos. No entanto, um número maior de variáveis deve ser considerado na definição dos locais de perfuração para poços de rebaixamento.

Dessa forma o presente estudo propôs a definição de um procedimento sistemático para alocação de poços de rebaixamento, aumentando a assertividade na sua alocação, reduzindo os custos de implementação de sistemas de rebaixamento e aumentando a disponibilidade dos poços ao longo de sua vida útil.

No estudo de caso a definição de procedimento sistemático para alocação de poços de rebaixamento possibilitou ao setor de hidrogeologia da Vale Fertilizantes um ganho na assertividade na alocação de poços de 20% e um aumento na disponibilidade dos novos poços de 40% em relação aos poços perfurados anteriormente.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A gestão de recursos hídricos e a mineração**. I. ed. Brasília: IBRAM, 2006.

MACEDO, A. J. B.; BEZANTE, A. J.; BONATES, E. J. L. Seleção do método de lavra: arte e ciência. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 3, p. 221-225, July/Sept 2001. ISSN 0370-4467.

MACEDO, L. G. M. **Sistema de informações hidrogeológicas do complexo de mineração de Tapira-MG**. UFOP. Tapira, p. 67-70. 2013.