

DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO NA RECUPERAÇÃO DO NÍVEL DE ÁGUA DO AQUÍFERO CAUÊ NA MINA DE ÁGUAS CLARAS, SERRA DO CURRAL, MUNICÍPIO DE NOVA LIMA, MINAS GERAIS.

César Augusto Paulino Grandchamp¹ & Leila Nunes Menegasse Velásquez²

RESUMO - A Mina de Águas Claras, propriedade da MBR, localiza-se na mega unidade geomorfológica denominada Quadrilátero Ferrífero, explotando minério da principal unidade aquífera local, a Formação Cauê. A mineração iniciou-se em 1973, explotando-se até 2000, 300 milhões de toneladas de ferro.

Em 1981 a lavra atingiu o nível d'água na cota 1175 m, dando início ao rebaixamento do mesmo. Durante a fase de rebaixamento o monitoramento foi realizado por meio de 50 piezômetros e nascentes na mina e no entorno.

Em fevereiro/2000 cessou-se o bombeamento, iniciando-se a recuperação do aquífero, o qual produzirá na cava um lago de 210 m de profundidade. Desde então, tem sido realizado um controle sistemático diário dos parâmetros hidrológicos para determinação do balanço hídrico, monitorando-se o nível d'água nos piezômetros, e no lago em formação, as vazões de nascentes, a evaporação e precipitação.

Os dados coletados confirmam a independência hidráulica dos aquíferos e mostram o desenvolvimento do rebaixamento restrito à Formação Ferrífera. Os resultados preliminares mostram um aporte de água subterrânea médio de 200 m³/h, a despeito da grande infiltração existente do lago para o aquífero.

ABSTRACT - The Águas Claras Mine, property of MBR, is located to the south of the city of Belo Horizonte, in the "Quadrilátero Ferrífero" area. Mining activities occurred from 1973 to 2002, totaling almost 300 Mt of iron ore. Ore was extracted from the Cauê Formation, which is also the main aquifer. Dewatering started in 1981, when the pit reached the elevation 1175 meters. Up to 33 deep wells were used to reach a total dewatering of 280 meters below the original groundwater level.

The dewatering was monitored by 50 piezometers and discharge measurement devices. Recovery of the aquifer started in early 2002, when the wells were turned off. It is expected that a 210 meters deep lake will be formed in the pit.

¹ Minerações Brasileiras Reunidas, Avenida de Ligação, 3580, Nova Lima, MG. Fone: 32893115, cpg@mbr.com.br

² Instituto de Geociências da UFMG, Av. Antonio Carlos, 662, BH, MG. Fone: (31)34995424. menrgase@lcc.ufmg.br

This paper describes the methodology used for assessment of recovery of the aquifer and filling of the lake. The main objectives are the evaluation of the hydrological parameters and determination of the water balance.

Preliminary results have shown that the average groundwater contribution to the lake is 200 m³/h, even considering the loss of water by infiltration in the aquifer.

Palavras-chave - mineração, rebaixamento, recuperação, balanço hídrico.

INTRODUÇÃO

A utilização do ferro remonta ao início da civilização, na era moderna pode-se separar a produção mundial de minério de ferro e aço em, antes e depois da segunda Grande Guerra. A consolidação do transporte transoceânico colocando os grandes parques siderúrgicos, indústrias mecânicas e automobilísticas acessíveis aos países detentores de reservas ferríferas proporcionou o desenvolvimento de diversos projetos de mineração. No Brasil este fato gerou a abertura de grandes minas de ferro na década de 70, entre elas a Mina de Águas Claras. A Mina é de propriedade da MBR, Minerações Brasileiras Reunidas, a qual teve suas atividades iniciadas em 1973 e de onde se explotou cerca 300 milhões de toneladas de minério de ferro (Figura 1).

No início da década de 80 a lavra na Mina de Águas Claras atingiu o nível de água subterrânea, dando início aos estudos para o desaguamento do minério pois a presença da água promovia uma série de problemas para o desenvolvimento da lavra, podendo-se citar: a segurança operacional nos taludes saturados e nas praças de trabalho encharcadas: aumento da umidade do minério alterando o funcionamento das instalações de tratamento, aumento de custo de manutenção dos equipamentos com riscos de quebras e problemas com energia elétrica; geração de ambiente insalubre e o que mais preocupava as grandes empresas, o aumento no custo de extração de minério.

Na década de 90, a mineração, que até então promovia o desaguamento do minério sem despertar a curiosidade do público externo, passou a ser vista como uma atividade com potencial para afetar negativamente os recursos hídricos, em particular a água subterrânea.

Iniciou-se assim, a execução de um estudo hidrogeológico baseado na investigação da geometria dos aquíferos, parâmetros hidrodinâmicos e no monitoramento sistemático do rebaixamento do nível d'água. Agora, depara-se com uma nova fase onde as grandes cavas da mineração estão se exaurindo e como consequência direta deste fato é o restabelecimento do nível da água. Torna-se necessário conhecer a dinâmica deste processo de recuperação onde o Balanço hídrico local é determinante na recuperação do aquífero.

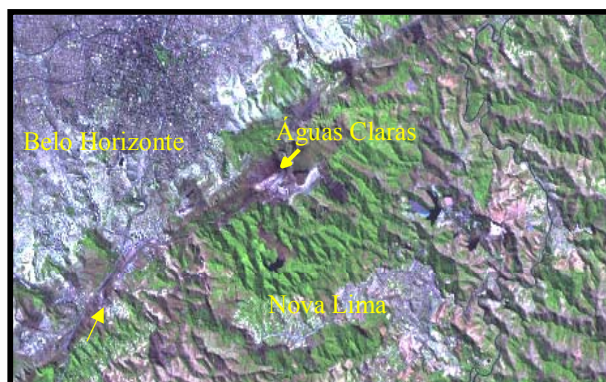


Figura 1 – Localização da Mina de Águas Claras na imagem de satélite Landsat

OBJETIVOS

Este trabalho visa a apresentar a metodologia, o estágio e os resultados preliminares dos procedimentos adotados para a determinação do balanço hídrico durante o restabelecimento do aquífero Cauê da e áreas de influência do rebaixamento praticado durante a lavra do minério. Os resultados visam subsidiar estudos sobre os efeitos da recuperação de aquífero com o fechamento da mina a céu aberto e apresentar uma metodologia para quantificar a velocidade de enchimento de lagos a partir de cavas de mineração.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos estabelecidos o trabalho está sendo executado em três etapas: (I) Levantamento dos dados bibliográficos, monitoramento e trabalhos internos da Minerações Brasileiras Reunidas (MBR) executados por diversos autores durante a operação da Mina de Águas Claras; (II) Etapa de campo com a definição, implementação e acompanhamento da rede de monitoramento hidrológica (III) Processamento e análise dos dados.

A etapa inicial já foi completada sendo que os dados obtidos são apresentados neste trabalho, corresponderam ao levantamento da experiência da MBR em 22 anos de operação da bateria de poços instalada para promover o rebaixamento do nível de água, diversos trabalhos técnicos, dados de controle e produção dos poços e do banco de dados da rede de monitoramento pré-existente, assim como o modelo computacional de rebaixamento e recuperação do Aquífero Cauê.

A segunda etapa encontra-se em execução, uma vez que o sistema de monitoramento já foi implantado e está em operação. Para o estudo da recuperação do nível de água do Aquífero Cauê estão sendo utilizados 5 piezômetros. Os dados dos piezômetros serão aplicados na avaliação da recuperação deste aquífero e seu funcionamento hidrodinâmico durante o enchimento do lago. Um novo modelo computacional será produzido a partir desse novo banco de dados.

A metodologia definida para o conhecimento do balanço hídrico e acompanhamento do enchimento do lago consta de: acompanhamento topográfico diário da cota do nível de água no lago; acompanhamento 2 vezes ao dia da taxa de evapotranspiração e pluviometria.

GEOLOGIA DA REGIÃO DA MINA DE ÁGUAS CLARAS

A Mina de Águas Claras esta situada no flanco invertido sudeste da Serra do Curral onde ocorrem os Grupos Nova Lima, Caraça e Itabira.

O Grupo Nova Lima está representado na porção sul da área por uma seqüência de xistos e cloritas-xistos bastante alterados.

A porção basal do grupo Caraça representada pela Formação Moeda possui espessura média de cerca de 100 metros. É composta de quartzitos compactos de granulação média a grossa e por quartzo-filitos branco-esverdeados, sendo raramente observadas estruturas primárias. O contato com a formação Batatal é transicional sendo este constituído por filitos sericíticos com intercalações grafitosas de coloração cinza esverdeado quando são. A espessura média da Formação Batatal é de aproximadamente 160 metros.

A transição entre os sedimentos clásticos do grupo Caraça para os sedimentos químicos do Grupo Itabira é evidenciada por uma extensa faixa de filitos dolomíticos que caracterizam-se, quando são, por coloração cinza-esverdeada e são constituídas por carbonatos, sericita, clorita, quartzo e cristais de hematita. Níveis de metachert são observados. Quando alterada o filito dolomítico apresenta-se como um material argiloso, plástico de coloração amarelo claro. A Formação Cauê com espessura média de 400 metros, é constituída por itabiritos, itabiritos dolomíticos e corpos de hematita, todos se apresentando em diferentes estados de competência devido à atuação do intemperismo. Estes corpos de hematita foram originados ou formados através da percolação de água através dos itabiritos dolomíticos. Os itabiritos silicosos quando alterados geram corpos de itabiritos macios facilmente desagregáveis.

Estruturalmente a Mina de Águas Claras, está situada no flanco invertido do homoclinal da Serra do Curral e possui uma orientação de N52E e mergulho geral de 42SE. Segundo Alkmim e Marshak, 1998 este homoclinal é decorrente da deformação ocorrida devido ascensão dos domos graníticos de Belo Horizonte e Bonfim.

HIDROGEOLOGIA DA SERRA DO CURRAL

Ao longo da Serra do Curral existe uma série de captações de água que contribuem para o fornecimento de água potável para o sistema de abastecimento público. Uma das primeiras captações criadas na época da fundação da cidade de Belo Horizonte foi a denominada de

captação da Serra ou caixa de areia que captava água do Córrego Mangabeiras e funcionou até a década de 60. Atualmente estão em operação as captações do Cercadinho que capta 70 l/s de poços na Formação Gandarela, Captação do Mutuca (Córrego Água Quente) que capta 50 l/s de uma nascente de água subterrânea da Formação Ferrífera, Captação do Barreiro que capta 200 l/s de água de aquíferos superficiais, Captação do Bálsamo que capta 49 l/s de água cuja origem desconheço, e a Captação de Tabões e Rola Moça que capta 365 l/s e que cuja origem da água também desconheço. O total de água captada na Serra do Curral é de 685 l/s que correspondem a 5% do volume total do sistema de fornecimento de água para Belo Horizonte e região metropolitana (Fonte “web site” Copasa, MG).

Do ponto de vista hidrogeológico, as rochas presentes na Serra do Curral que se destacam como aquíferos são: os quartzitos da Formação Moeda, os itabiritos e hematitas da Formação Cauê, os quartzitos da Formação Cercadinho, as zonas carstificadas da Formação Gandarela e as Formações Ferríferas Bandadas do Grupo Nova Lima. As demais rochas apresentam comportamento de aquíclude: xistos do Grupo Nova Lima, filitos da Formação Batatal e dolomitos da Formação Gandarela. Encontram-se ainda os depósitos de fluxos de detritos, solos e cangas que se comportam como aquíferos rasos (Figura 2).

Os xistos do Grupo Nova Lima apresentam-se como rochas impermeáveis com comportamento de barreira hidráulica e podem ser classificados como aquícludes. Quando totalmente são e sem fraturas ou com fraturas preenchidas, estes xistos podem ser até classificados como aquífugo. As lentes de Formações Ferríferas Bandadas que aparecem intercaladas aos xistos, apresentam-se como zonas aquíferas localizadas com boas condições de circulação e armazenamento de água.

A Formação Moeda é uma unidade aquífera constituída de quartzitos e quartzo-xisto de ocorrência entre os filitos da Formação Batatal e os xistos do Grupo Nova Lima. Apresenta porosidade de fissuras com alta permeabilidade em zonas intensamente fraturadas e baixa capacidade de armazenamento. A recarga deste aquífero é feita diretamente do aporte de água meteórica sobre as áreas de afloramento.

Os filitos da Formação Batatal apresentam-se como aquícludes e funcionam como barreiras hidráulicas.

As hematitas e itabiritos da Formação Cauê formam o mais importante aquífero, confinado entre os filitos da Formação Batatal e os dolomitos da Formação Gandarela. Trata-se de um aquífero heterogêneo, anisotrópico com porosidade intersticial nas áreas alteradas e porosidade de fraturas nas áreas compactas e pouco alteradas. A porosidade intersticial é decorrente do processo de formação do minério de ferro, a lixiviação da sílica e dos carbonatos nos itabiritos, permite o aumento da porosidade no material resultante criando condições de armazenamento e circulação de

água. Ao longo da Serra do Curral, com exceção nos trechos interceptados pelos vales dos rios Paraopebas e das Velhas, o fluxo de água subterrânea está direcionada para sua vertente sudeste. A recarga é realizada ao longo de toda a cumeada da Serra onde a Formação Ferrífera aflora.

O comportamento hidrogeológico da Formação Gandarela está vinculado à sua carstificação, que por ser pouco intensa tende a desenvolver zonas aquíferas localizadas como são os casos dos poços do Instituto Hilton Rocha, BH Shopping e da Copasa (Captação do Cercadinho). As zonas não carstificadas tem comportamento de aquífugo, isto é, não apresentam condições de circulação e transmissão de água subterrânea, comportando-se como barreiras hidráulicas.

As camadas de quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho apresentam boas condições de circulação e armazenamento de água. Apresentam porosidade intersticial em decorrência da lixiviação do cimento dolomítico presente nos quartzitos, alta permeabilidade e capacidade de armazenamento. Apresenta fluxo subterrâneo local direcionado para o flanco noroeste da Serra do Curral, apresentando as nascentes da Mata da Baleia, Acaba Mundo, Parque das Mangabeiras, etc.

Nos Sistemas aquíferos denominados rasos, foram agrupados os depósitos de fluxo de detritos, solos e cangas. Sua característica principal se deve ao fato de que quando sotopostos a rochas impermeáveis, filitos, xistos, etc., e ocupando talvegues de drenagem constituem-se na fonte de água para a manutenção do fluxo de água superficial. São muito sensíveis às taxas de precipitação pluviométrica no período chuvoso, ao desmatamento e a processos erosivos.

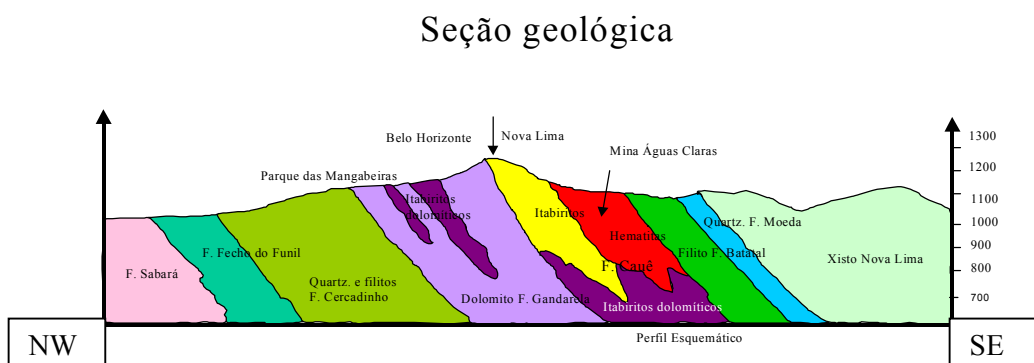


Figura 2 – Seção geológica perpendicular à Serra do Curral mostrando a disposição das rochas.

HISTÓRICO DO REBAIXAMENTO

Em 1981 as operações na Mina de Águas Claras atingiram o nível d'água na cota 1175 metros. A partir desta data até o ano de 1989, quando, então, a Mina entrou em cava, a drenagem era feita através de canais no qual a água era drenada por gravidade. Em 1988 foram iniciadas as perfurações dos poços tubulares que, após o ano de 1989, foram responsáveis por toda drenagem da água subterrânea. Foram perfurados poços tanto na Formação Ferrífera quanto nos quartzitos da Formação Moeda totalizando 29 poços sendo 25 e 4 respectivamente. Na Formação Ferrífera a média bombeada até fevereiro de 2000 foi de 73 l/s enquanto que nos quartzitos foi de 10 l/s. A evolução temporal do rebaixamento do do nível de água na Formação Ferrífera é mostrada na Figura 3.

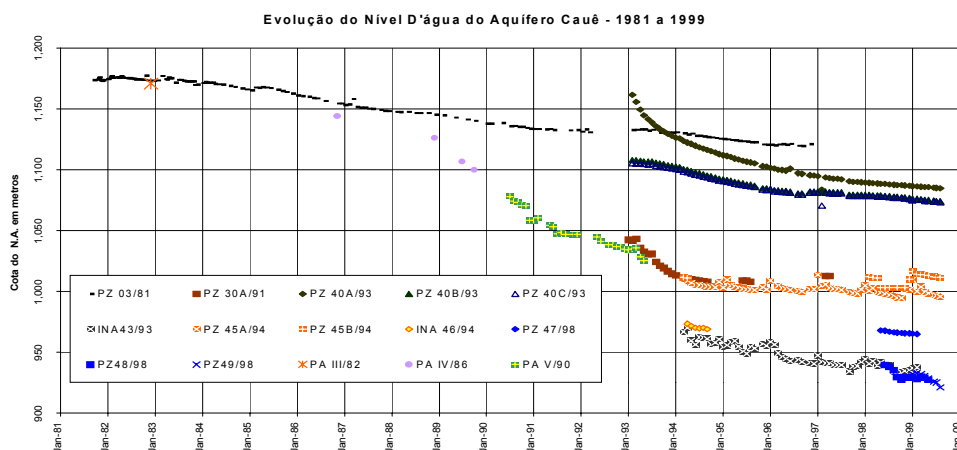


Figura 3 - Rebaixamento observado em diversos piezômetros na Formação Ferrífera.

A cota original do nível d'água na Formação Ferrífera era 1175 m em 1981, sendo que ao longo dos anos, durante o processo de rebaixamento, atingiu o nível máximo de depressão no início de 2000 na cota 900 m, isto é houve um rebaixamento de 275 metros.

No início da década de 90, com o avanço da lavra, principalmente na área sul da mina, notou-se que os taludes no filito Batatal não apresentavam a estabilidade esperada. Os estudos desenvolvidos na época constataram que o quartzito Moeda constituía um outro aquífero com cota original em 1050 m totalmente isolado do aquífero Cauê pelo filito Batatal e que este estava exercendo pressão hidrostática nos taludes reduzindo os coeficientes de segurança.

O MODELO NUMÉRICO DE REBAIXAMENTO E RECUPERAÇÃO

O modelamento matemático de rebaixamento e recuperação foi executado tendo como base as premissas definidas na caracterização física citada anteriormente: independência dos aquíferos Cauê, Moeda e Cercadinho, impermeabilidade dos filitos Batatal e Cercadinho, dolomito Gandarela e xistos do Grupo Nova Lima. A modelagem matemática teve o objetivo de reconstituir o rebaixamento de nível d'água no qual a Formação Cauê foi submetida tendo como base todo o banco de dados dos instrumentos de monitoramento e poços operados durante o processo de desaguamento. Os principais pontos de descarga deste aquífero considerados no modelo foram a nascente da Água Quente (Córrego Mutuca) na cota 1165 localizada a cerca de 6500 metros a sudoeste da mina, as nascentes artificiais na cota 980 metros nas galerias de pesquisa localizadas às margens do Córrego da Fazenda a cerca de 2500 metros a nordeste da mina e a nascente do Córrego Águas Claras que era localizada dentro da mina e que secou com a abertura da cava.

Como área de recarga deste aquífero, foi considerado o alto da Serra do Curral onde aflora a Formação Cauê, a qual se dá pela infiltração de água de chuva numa extensão de 14 km. A área de recarga foi definida como sendo a extensão da Serra do Curral compreendida entre os dois pontos de descarga do sistema Aquífero Cauê, que são a nascente da Água Quente no Córrego do Mutuca e as galerias do Córrego da Fazenda. A circulação preferencial ocorre paralelamente a Serra do Curral nos sentido noroeste e sudeste.

Os dados pluviométricos utilizados foram retirados do Posto Pluviométrico da Mina de Águas Claras.

O software utilizado foi o Visual Modflow o qual utiliza o método de diferenças finitas para simular as condições de fluxo da água subterrânea. Como carga inicial para a simulação foi utilizada uma superfície potenciométrica resultante da interpolação de dados coletados entre os meses de setembro e outubro de 1988. O modelo foi calibrado e operacionalizado em regime transitório entre os meses de outubro de 1988 e setembro de 2000.

As condições de contorno foram definidas para simular o rebaixamento produzido dentro da Formação Ferrífera e com a premissa de não conexão hidráulica com os demais aquíferos vizinhos (Figura 2). Desta forma para as demais Formações geológicas foram atribuídas condições de contorno de fluxo nulo. Como limite sudoeste e nordeste foram definidas as surgências do Córrego da Fazenda e Água Quente.

O modelo numérico mostrou que o rebaixamento do nível de água no aquífero Cauê interferiu em cerca de 3600 metros para sudoeste e em cerca de 2900 metros para nordeste a partir da cava da mina, onde se localizavam os poços, totalizando 6500 metros (Figura 4).

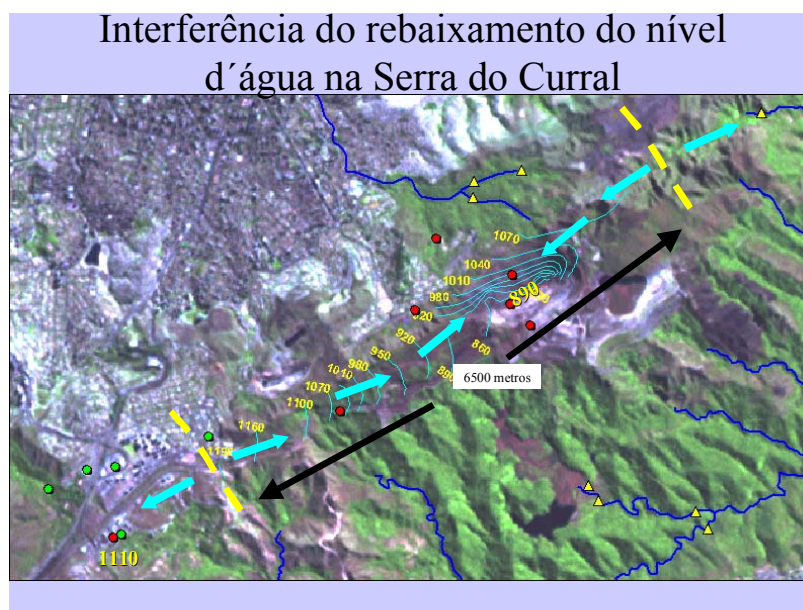


Figura 4 –Extensão do rebaixamento do nível de água no Aquífero Cauê (Relat. MBR/MDGEO, 2001)

Depois de concluída a modelagem matemática do rebaixamento do nível de água utilizou-se este mesmo software para a simulação do enchimento do lago que será formado na cava exaurida da mineração. Foram simulados dois cenários que se diferem na quantidade de água originada de uma outra fonte para acelerar o enchimento da cava, localizada no Ribeirão do Prata, além da água de chuva e da água natural do aquífero. Os cenários consideraram que a contribuição da chuva no enchimento do lago se daria apenas através daquela que incidir diretamente sobre a área da cava correspondente a 150 hectares. Considerou-se também uma taxa de escoamento superficial de 80% da chuva, a qual é de 1350 mm, este valor foi obtido pela média dos dados de Pluviômetros instalados na região. Desta forma em ambos cenários o aporte de água decorrente da chuva gera um valor de recarga equivalente a 0,1750 metros/dia ou um volume de 1,6 milhões m³/ano. A diferença entre os cenários está na taxa de bombeamento de uma captação localizada no Ribeirão do Prata e no tempo que está água seria utilizada para o enchimento da cava. Considerando-se uma taxa de bombeamento externa a partir do Ribeirão do Prata de 240 m³/h até o lago atingiria a cota 1100 m em aproximadamente 11 anos caso contrário, não se considerando a ajuda externa, em cerca de 25 anos.

Todos estes estudos foram realizados tendo por base premissas hidrológicas não confirmadas por um estudo determinante de balanço hídrico. A grande contribuição deste estudo é o fato de que, se bem conhecido, o balanço hídrico permitirá simulações com condições mais próximas da realidade.

RESULTADOS PRELIMINARES

BALANÇO HÍDRICO

A coleta dos dados para os estudos do balanço hídrico foi iniciada em agosto de 2001. A área de drenagem do lago é de 136 hectares ou seja 1360000 m², sendo que cerca de 70 % constituem-se de bermas e taludes da mina pouco vegetados, 10% são constituídos por áreas de pilhas de estéril e o restante, 20%, de terrenos naturais com cobertura de cangas e vegetação.

A Figura 5 apresenta esquematicamente os parâmetros envolvidos no balanço hídrico e suas relações.

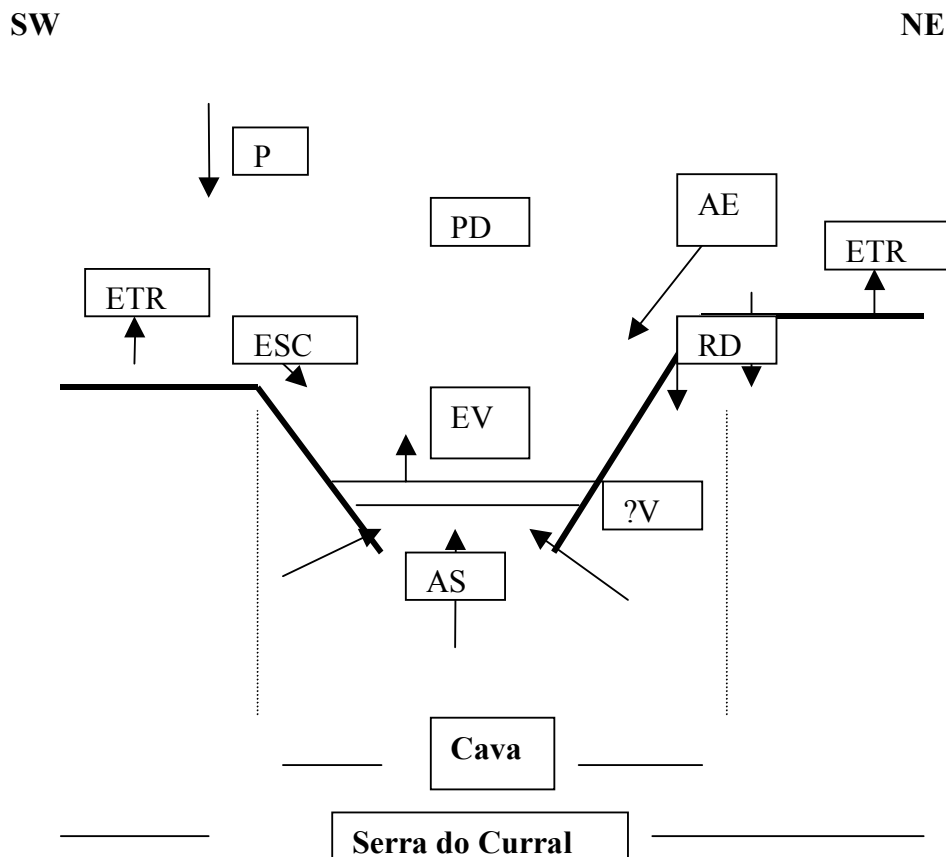


Figura 5 – Perfil esquemático do sistema hidrológico na região da mina e os parâmetros envolvidos na determinação do balanço hídrico.

Os parâmetros envolvidos na determinação do balanço hídrico foram separados os de entrada e saída do sistema.

Parâmetros de entrada: P- precipitação, PD- precipitação direta no lago, ESC- escoamento superficial, AE – aporte externo e AS- aporte água subterrânea.

Parâmetros de saída: EV- evaporação da lâmina do lago, RD- recarga direta, ETR- evapotranspiração e RL- recarga lateral.

Os parâmetros P, EV, AE são coletados diariamente.

Além destes parâmetros tem-se ainda o ΔV que representa a variação do volume de água acumulada no interior da cava, este parâmetro é calculado a partir do levantamento topográfico diário da cota do nível de água do lago. Calcula-se em relação á cota do dia anterior à variação de volume adicionada de um dia para o outro.

Para a determinação do AS toma-se dias em que a precipitação foi nula e o AE é desligado de forma que toda a água aportada para o interior da cava seja exclusivamente de água subterrânea.

A equação geral característica do balanço hídrico do sistema lago é:

$$AS+RD+AE+PD+ESC = RL+EV+ETR+\Delta V \text{ (Equação 1).}$$

Tomando-se como premissa que:

-RD é desprezível em decorrência da alta declividade das bermas e taludes e do sistema de drenagem que direciona toda água para o interior da cava;

-ETR é desprezível devido a pouca cobertura vegetal da área e também pela eficiência da drenagem que não permite a formação de poças de água.

-(PD+ESC=P), toda água que precipita na área de drenagem do sistema lago está sendo direcionada para o interior da cava. Como o escoamento é muito rápido pode-se considerar a equação acima.

Desta forma tem-se:

$$AS+AE+P=RL+EV+\Delta V \text{ (Equação 2), ou;}$$

$$RL=P+AS=AE-EV- \Delta V \text{ (Equação 3).}$$

A tabela 1 apresenta os valores obtidos dos principais parâmetros nestes 10 meses de observações:

Fechamento mensal	Precipitação (P)(m3)	Aporte subt. (AS)(m3)	Aporte ext. (AE) (m3)	Aporte total (m3)	Var. volume ΔV (m3)	Evap.lago (EV)(m3)	Infiltração lago (RL)(m3)
2/8/01 10:30							
4/9/01 11:15	40664.00	158287.43	0.00	198951.43	152786.32	3616.61	42548.49
1/10/01 10:20	105672.00	161986.58	0.00	267658.58	154438.82	4880.72	108339.04
2/11/01 8:45	136816.00	161365.62	0.00	298181.62	150107.84	7570.41	140503.36
3/12/01 10:20	493816.00	164164.46	0.00	657980.46	221299.81	8548.45	428132.21
2/1/02 10:25	478584.00	158547.95	0.00	637131.95	361340.86	12480.12	263310.97
1/2/02 11:30	493680.00	158768.13	29393.70	681841.83	444423.45	10282.38	227136.00
5/3/02 9:40	416704.00	168694.58	0.00	585398.58	281603.80	11109.54	292685.24
1/4/02 11:50	132736.00	136535.00	34252.24	303523.24	177914.23	6113.44	119495.57
29/4/02 12:40	33728.00	123659.43	93118.82	250506.25	213023.3	6436.58	31046.37

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros

As principais informações obtidas até o momento são:

- o aporte de água subterrânea apresenta pequenas variações em torno de $200\text{m}^3/\text{h}$;
- a recarga lateral é evidenciada nos dias em que ocorre um grande aporte de água para o sistema lago decorrente de chuvas que faz com que o nível de água da cava suba mais rapidamente,
- embora o sistema lago lago funcione como ponto de recarga do aquífero seu balanço é sempre positivo, ou seja, a acumulação de água é maior que a infiltração lateral;
- nos meses onde ocorre déficit hidrológico, ou seja $\text{evapotração} > \text{pluviometria}$ o enchimento da cava é garantida pelo aporte subterrâneo.

O LAGO DE ÁGUAS CLARAS

As principais características morfométricas do lago de Águas Claras são: área de 67 hectares, cota do espelho d'água de 1100 metros, volume de 58 milhões de m^3 , profundidade máxima de 234 m, perímetro de 3772 m, profundidade média de 87 m,- profundidade relativa de 25 %, desenvolvimento de margem de 1.3, desenvolvimento de volume de 1.1.

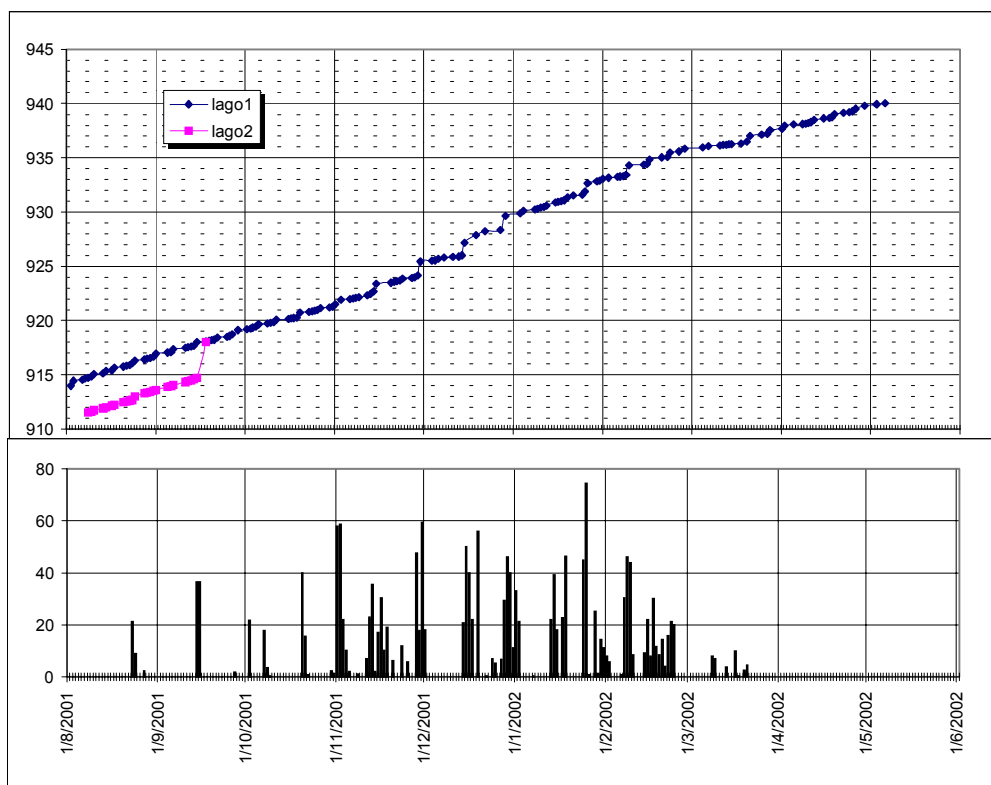


Figura 6 – Gráfico de acompanhamento do enchimento da cava da Mina de Águas Claras

A figura 6 apresenta na sua parte superior a evolução da cota do nível de água do lago em formação, que no início apresentava-se com dois pontos de concentração de água. Em sua parte

inferior tem-se a distribuição pluviométrica diária ao longo do período. Notar que , o enchimento é contínuo independentemente da ocorrência de chuvas.



Figura 7 e 8 . Apresentam a evolução do enchimento da cava de dezembro de 1999 a maio de2002.

CONCLUSÕES

A metodologia aplicada para a obtenção dos parâmetros para a determinação do balanço hídrico tem-se mostrado eficaz . Entretanto existe uma nova variável que deverá ser analisada, que é o volume de material carreado para o lago a partir dos taludes da cava. Em maio de 2001 realizou-se uma batimetria do lago e no momento uma nova encontra-se sendo executada e o resultado poderá modificar alguns valores colocados na tabela 1.

Independente desta consideração , é fato que o lago embora funcione com um ponto de recarga do aquífero nos momentos de grandes elevações do nível de água, seu enchimento é comandado pelo aporte de água subterrânea que se mostra superior às perdas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, L.Q. & ALKMIM, F.F.1999. Tipologia dos aquíferos e um modelo hidrogeológico para a região sul de Belo Horizonte, setor setentrional do platô Moeda.IX Simpósio de Geologia de Minas Gerais, boletim 14 p. 145-147.
- AMORIM, L.Q.; GRANDCHAMP, C.A P. & BERTACHINI, A C. 2001. Dewatering of iron ore mines and capability to predict enviromental impacts- The experience of MBR. Mine water & enviromental. International Congress.INWA. Belo Horizonte. Brasil. 2001.
- BERTACHINI, A C.1994. Hidrogeologia e desaguamento da Mina de Águas Claras.VIII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. ABAS.Recife
- BERTACHINI, A.C.; GRANDCHAMP, A.P.; GIRODO, A.C. & SOUZA, K., 1999. Dewatering of the Pico the Itabirito iron ore Mine and enviromental reclamations case study. Mine water & enviromental. International Congress.INWA. Sevilha. Espanha. 1999.
- BOUWER, H.1987. Groundwater Recharge. Symposium on Groundwater Recharge. Mandurah. July,1987. Printed by AA. Balkema, Roteterdam,Brookfied, 1989.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. 1988. Applied Hydrology. Printed by MacGraw-Hill Book Co. Singapore.
- GRANDCHAMP, C.A.P.; BERTACHINI, A.C.; SPERLING, E.&ALMEIDA, D.C.2001,INWA. Águas Claras Mine – A sucessful dewatering story. Mine water & enviromental. International Congress.INWA. Belo Horizonte. Brasil. 2001.
- LERNER, D.N.; ISSAR, A S.; SIMMERS, I.1990. Groundwater Recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge. Printed by R.Van Acken Gmbh, JosefstiaBe 35, D- 4450 Lingen (Ems), Germany.
- MBR/MDGEO – Parecer Técnico dos impactos hidrogeológicos da Mina de Águas Claras. Relatório interno MBR.
- MBR/MDGEO – Relatório do modelo numérico de simulação do fluxo de d'água subterrânea da Mina de Águas Claras. Relatório interno MBR
- SIMMERS, I.; Estimation of Natural Groundwater Recharge,1988. Printed by D. Reidel Publishing Company, P.O. Box 173300 AA, Dordrecht, Holand.
- SPERLING, E. 1999. Morfologia de lagos e represas.Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.
- TUCCI, C.E.M., I.; Hidrologia,1993. Editora da Universidade, Porto Alegre, ABRH, EDUSP. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, volume 4.