BOTTURA CONSULTORIA
SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ANEXO I

639
ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS
6161
CONTROLE

# RELATÓRIO RBAS 71/99

## AVALIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO DO ESTUDO HIDROGEOLÓGICO-AMBIENTAL DO PROJETO CAPÃO XAVIER

**CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE.**

## 1 INTRODUÇÃO

Atendendo solicitação da **PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE** a **BOTTURA CONSULTORIA, SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS LTDA.** executou avaliação dos resultados do modelo de simulação do fluxo subterrâneo realizado como subsídio ao Proyeto Capão Xavier – Estudio Hidrológico - Ambiental, realizado pela FRASA Ingenieros Consultores, S.L. para a Minerações Brasileiras Reunidas S.A. - MBR e Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

## CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

A avaliação foi realizada com base na documentação técnica fornecida pelos interessados, Prefeitura Municipal, MBR e COPASA, que constituí-se por:

1 – Hidrogeologia da Porção Norte do Platô da Moeda. Realizado pelo DEGEO/EM/UFOP em colaboração com a MBR, junho de 1996;

2 – Projeto Capão Xavier – Síntese dos Trabalhos Desenvolvidos no Convênio COPASA-MBR, outubro/1997;

3 – Proyecto Capão Xavier – Estudio Hidrológico-Ambiental – Modelización Hidrogeológica, FRASA Ingenieros Consultores, Diciembre/1996;

Av. SÃO PAULO 420 SALA 01 09892-330 S.B.CAMPO, S.P. http: www2.regra.net/bottura
Fones 011 418 0674 011 9988 9747 FAX 011 4361 5751 Email: bottura@regra.com.br

4 – Proyecto Capão Xavier - Estudio Hidrológico-Ambiental – Modelización Hidrogeológica del Estado de Máximo rebaixamento e Inundación Final de la Cava, FRASA Ingenieros Consultores, Abril/1997;

Como apoio aos trabalhos da Avaliação foi realizada em 14 de abril de 1999, visita técnica a área estudada e reunião com a equipe técnica da MBR e Prefeitura de Belo Horizonte.

## 3 – CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A DOCUMENTAÇÃO RECEBIDA

A documentação analisada apresenta de forma clara e objetiva o conhecimento geológico e hidrogeológico disponível da área estudada, discute de forma abrangente os detalhes litológicos, estratigráficos e estruturais e apresenta a correlação destes para a formulação do modelo hidrogeológico conceitual da área.

A caracterização hidrogeológica e hidráulica da área é pobre, faltam informações locais sobre as características hidráulicas das formações geológicas estudadas. A hidrogeologia da área é complexa e as descontinuidades geológicas representam um importante elemento para a configuração da geometria de fluxo subterrâneo. O modelo hidrogeológico da área foi formulado em base qualitativa sobre o conhecimento geológico e hidrológico local, compondo-se mais especificamente em um Modelo Hidrogeológico Interpretado.

## 4 – MODELO FORMULADO PARA A MINA DE CAPÃO XAVIER

Quando definida a necessidade da aplicação de um modelo matemático para a simulação de um determinado problema a formulação do modelo e sua aplicação devem ser desenvolvidos com base em critério que preveja sua evolução em etapas, objetivamente definidas.

Essas etapas incluem, com base nos objetivos a serem atingidos, a escolha do modelo matemático a ser aplicado, formulação do modelo conceitual e numérico, calibração, análise de sensibilidade, simulação e predição. Em cada uma destas etapas é necessário a demonstração que os resultados obtidos possuem estreita correlação ao modelo conceitual formulado, ou seja que o modelo numérico que esta sendo desenvolvido será valido para a aplicação desejada.

### 4.1 Modelo Hidrogeológico Conceitual

A definição do modelo hidrogeológico conceitual é fundamental para a formulação do modelo matemático. Ele deve ser formulado com base nas feições geológicas e hidrogeológicas, parâmetros hidráulicos, unidades hidroestratigráficas e variabilidade espacial dos parâmetros.

No caso do estudo realizado, em decorrência do incipiente acervo de dados hidrogeológicos da área, o modelo hidrogeológico conceitual foi formulado com base estrita em um modelo hidrogeológico interpretativo.

6163

## 4.2 Formulação do Modelo Numérico

A formulação do modelo numérico se resume basicamente na transposição do modelo hidrogeológico conceitual adotado, para informações espacialmente distribuídas em malha discretizada, horizontal e verticalmente. Nesta operação as simplificações assumidas devem estar clara e objetivamente discutidas na documentação gerada.

Para o modelo hidrogeológico da Mina de Capão Xavier a correlação entre as unidades hidroestratigráficas interpretadas e as camadas discretizadas para o modelo (layers), assim com a localização e os limites impostos e suas simplificações, não estão suficientemente discutidas no texto analisado.

Não é apresentada na documentação a correlação entre o modelo hidrogeológico formulado e a discretização vertical do modelo numérico. Na avaliação das solicitações a serem impostas ao meio, estas não são suficientemente discutidas e nem tampouco correlacionadas as unidades hidroestratigraficas definidas.

O modelo matemático adotado "A THREE-DIMENSIONAL FINITE DIFERENCE GROUNDWATER FLOW MODEL - MODFLOW, elaborado por McDONALD, M.G. and HARBAUGH, W., integrado a plataforma VISUAL MODFLOW (Guiguer, N. and Franz, T.) é um modelo amplamente utilizado, servindo inclusive como referência para validação de outros modelos de simulação.

## 4.3 Calibração do Modelo

A calibração de um modelo de fluxo implica na demonstração da suscetibilidade para se reproduzir as condições de cargas hidráulicas e fluxo subterrâneo correlacionáveis aquelas prevalecentes em campo. A configuração de cargas potenciométricas obtidas na calibração será à adotada como a vigente na área para efeitos de simulação.

O processo utilizado na calibração do modelo em avaliação, segundo o autor, foi o da tentativa e erro através da aplicação da metodologia da evolução das cargas potenciométricas em pontos de calibração cuja evolução histórica de níveis d'água e ciclos de chuva são conhecidos. Foram utilizados quatro ciclos com registros hidrológicos e níveis d'água característicos das estações seca e chuvosa, para calibração em regime transitório.

Foi adotado como condição inicial para a calibração as cargas hidráulicas medidas em setembro de 1993, abril de 1994, setembro de 1994 e março de 1995 e os parâmetros hidráulicos, condutividades hidráulicas e transmissividades obtidas através da correlação litológica das unidades presentes na área aos valores constantes na literatura técnica para áreas semelhantes e correlatas.

No processo de calibração os parâmetros hidráulicos (condutividade hidráulica, taxa de recarga, coeficiente de armazenamento, etc.) receberam ajustes espaciais até que, para as condições de calibragem impostas, a distribuição de cargas hidráulicas geradas na simulação atingissem configuração pontual semelhante aquelas conhecidas.

Os ajustes executados neste procedimento não são discutidos na documentação e a configuração da superfície potenciométrica assumida como calibrada não é totalmente representativa das condições quase permanentes adotadas na formulação do modelo hidrogeológico conceitual. Através da Figura 01 e Desenho 01 podemos observar que na porção sul, a jusante da surgência carstica, região do Jardim Canadá, as cargas hidráulicas geradas na simulação chegam a atingir cerca de 30 metros acima da superfície topográfica do terreno natural.

### 4.4 Análise de Sensibilidade

O modelo calibrado esta sempre sujeito a influências localizadas ou não, das incertezas na distribuição espacial dos parâmetros hidráulicos envolvidos em sua formulação, assim como na definição das condições limites e ações a serem impostas ao meio, na simulação.

A análise de sensibilidade do modelo formulado para Capão Xavier não foi executada. Nas condições impostas para a simulação e em decorrência do caráter interpretativo do modelo hidrogeológico conceitual adotado ela é fundamental, particularmente neste caso, para o qual o controle de campo das variáveis envolvidas na simulação é muito pobre e na maior parte da área, inexistente.

## 5 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A simulação propriamente dita, corresponde a aplicação do modelo para as condições formuladas, no caso estudado elas envolvem três situações, consideradas significativas para o processo de lavra:

1 – ano 2004, inicio da exploração abaixo do nível d'água;

2 – ano 2019, máximo rebaixamento do nível d'água em decorrência da drenagem;

3 – ano 2020, época do abandono da lavra e inicio do processo de inundação de cava;

Para a simulação foi adotada a distribuição de cargas hidráulicas obtidas na calibração e exemplificadas na Figura 01. Todos os resultados apresentados pela FRASA referem-se a camada 3 do modelo, referenciadas no modelo hidrogeológico conceitual como a que será diretamente afetada pela lavra, constituída pelos aqüíferos contidos nas Formações Caiuê e Gandarela.

Nas análises das situações simuladas, a seguir discutidas, as citações estarão sempre referencias aos resultados da simulação, como formuladas pela FRASA.

### 5.1 Simulação do Início da Lavra Abaixo do N.A.

Foi considerado pela FRASA para a simulação desta situação que a drenagem no período prévio será iniciada em 2003, 1 ano antes de ser iniciada a lavra abaixo do nível d'água, ou seja as modificações das cargas hidráulicas estariam então subordinadas pela retirada, na operação de lavra, das formações superficiais, correspondentes as camadas 1 e 2 do modelo formulado e a 1 ano de operação do primeiro poço de rebaixamento instalado.

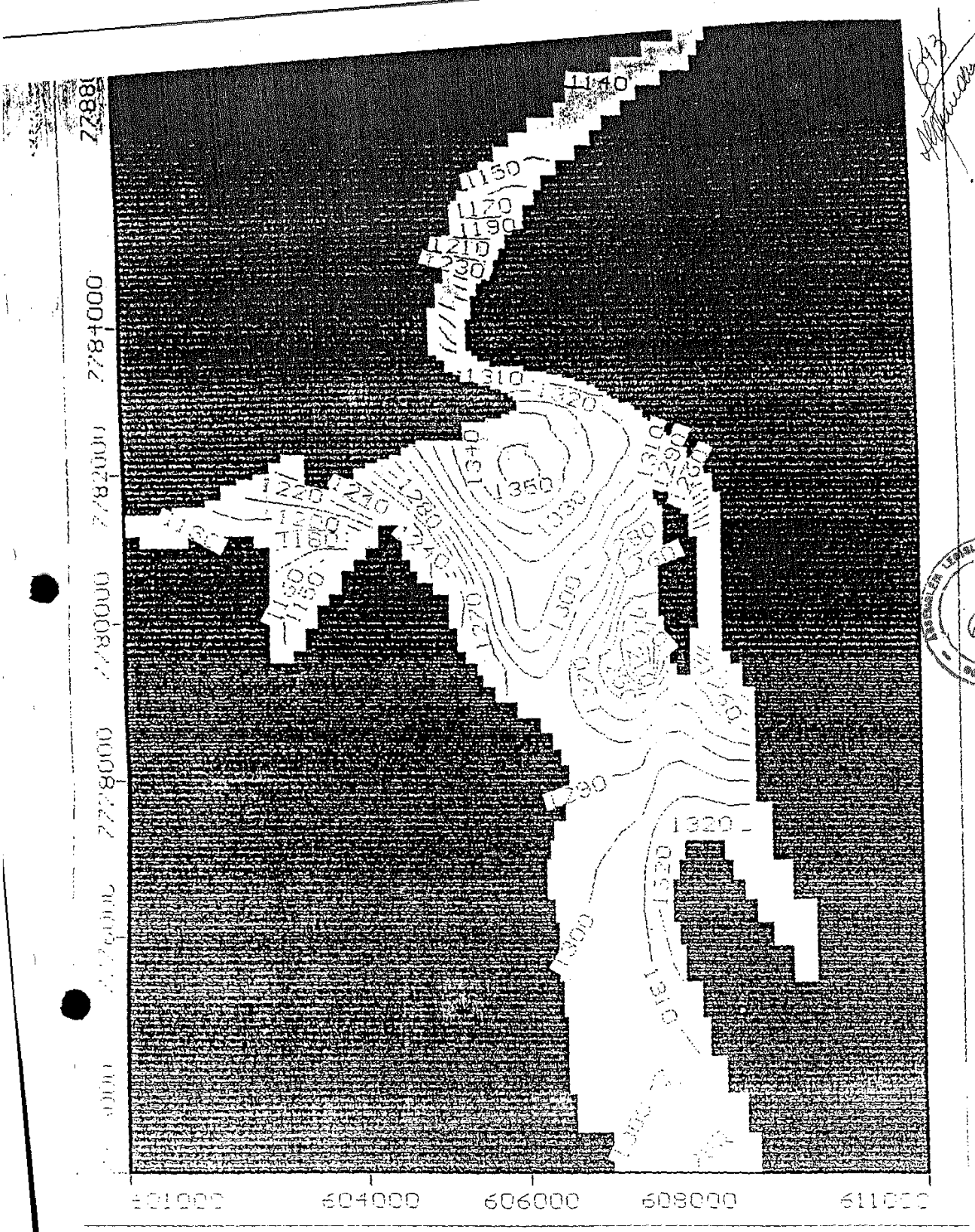



**FIGURA 01 – SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA CALIBRADA – Layer 3**

A superfície potenciométrica gerada para esta situação é apresentada na Figura 02, através dela observamos que imediatamente a sul da surgência carstica a carga potenciométrica ainda é semelhante aquela gerada na calibração, mas logo a seguir ela é superior a superfície topográfica natural da área.

Na Figura 03 podemos observar que as variações geradas pela imposição da mina, apesar da ação da drenagem ainda ser incipiente, são significantes neste estágio do processo, elas atingem entre +5 e -15 metros, com distribuição espacial heterogênea. O valor negativo indica elevação do nível d'água do aqüífero, que são mais freqüentes no flanco Norte da área e nos limites definidos pelas barreiras impermeáveis impostas ao modelo.

Na Figura 04 observamos ainda elevações da ordem de 5 metros na superfície potenciométrica gerada para a camada 2 do modelo, (camada semiconfinante). Estas elevações refletem efeitos localizados das condições limites das barreiras impermeáveis impostas ao modelo, localizadas próximas as bordas do flanco sul da cava.

## 5.2 - SIMULAÇÃO DO MÁXIMO REBAIXAMENTO

Esta situação foi obtida pela FRASA através da simulação em regime permanente. A superfície potenciométrica gerada sob a influência do bombeamento pleno para drenagem da cava é apresentada na Figura 05. Nela podemos observar que a carga hidráulica no centro da cava se estabiliza na cota 1170 metros, inferindo um rebaixamento máximo pouco superior a 140 metros (Figura 06).

O cone gerado conforme mostrado na Figura 06 terá raio entre 250 – 300 metros, seu alongamento maior esta direcionado a drenagem imposta pela nascente carstica.

A sul da nascente carstica as cargas potenciométricas elevam-se significativamente, atingindo nível extremo superior à cota 1700 metros (Figura 05) e as elevações de nível d'água induzidas na camada 3, pela simulação, neste flanco da área atingem 350 metros (Figura 06 e Desenho 01).

## 5.3 - SIMULAÇÃO DA INUNDAÇÃO DA CAVA

Esta situação foi obtida pela FRASA através da paralisação dos poços de drenagem, simulando em regime permanente a recarga do aqüífero e mantendo todas as condições e limites impostos na calibração do modelo. A superfície potenciométrica gerada sob a influência da recarga para inundação da cava é apresentada na Figura 07. Nela podemos observar que a carga hidráulica, no centro da cava, se estabilizará na cota 1320 metros.

A distribuição das cargas hidráulicas mostradas na Figura 07 indicam que a superfície potenciométrica se elevará na zona influenciada pela drenagem da cava, cujo cone de rebaixamento esta definido na Figura 06, atingindo configuração para esta região semelhante a inicial, ou seja a superfície potenciométrica calibrada.

No flanco sul da área a superfície potenciométrica mantém a mesma geometria induzida pela condição de máximo rebaixamento, em total desacordo com o modelo

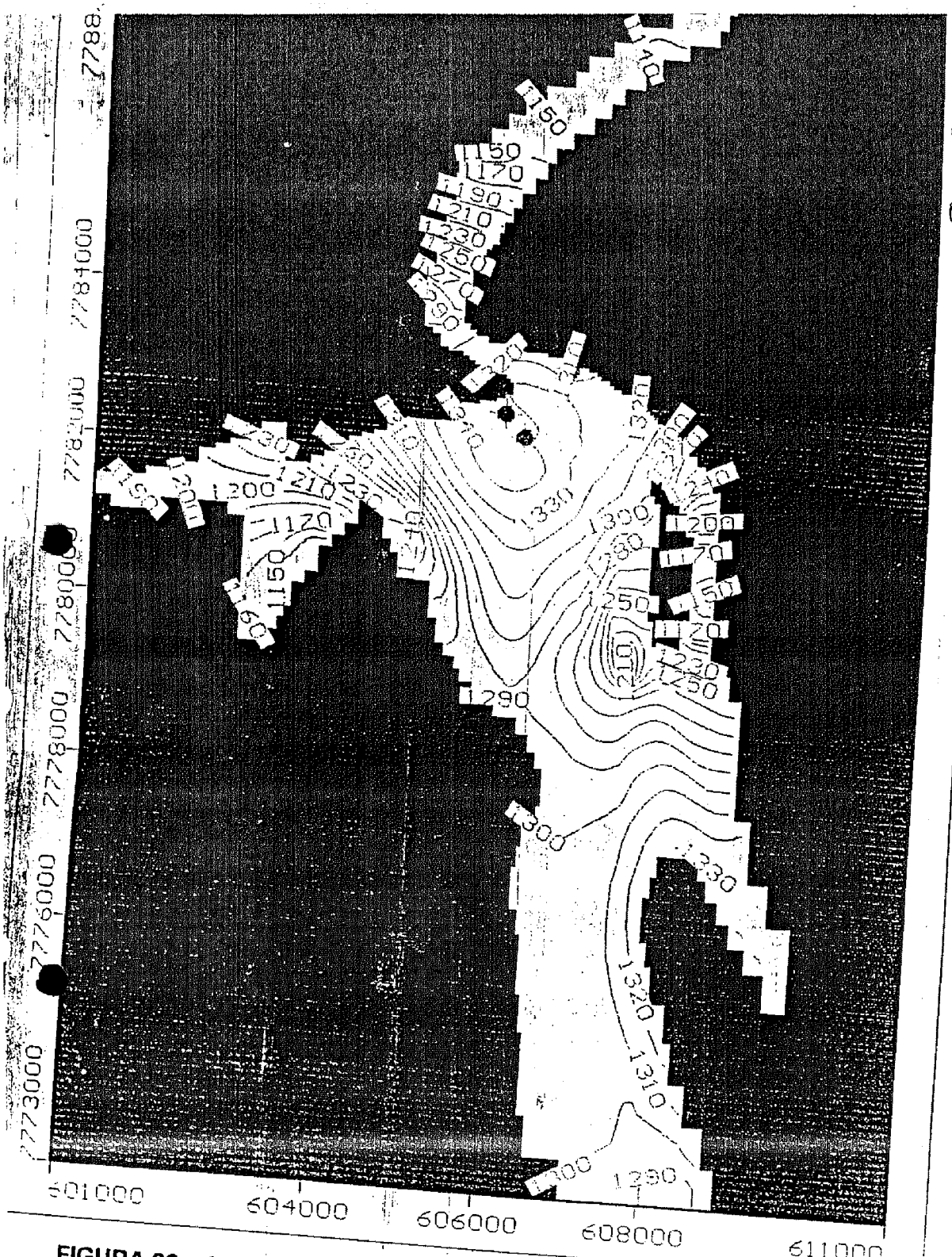



**FIGURA 02 – SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA – Layer 3 (2004)**

3 A
S

BOTTURA CONSULTORIA
SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

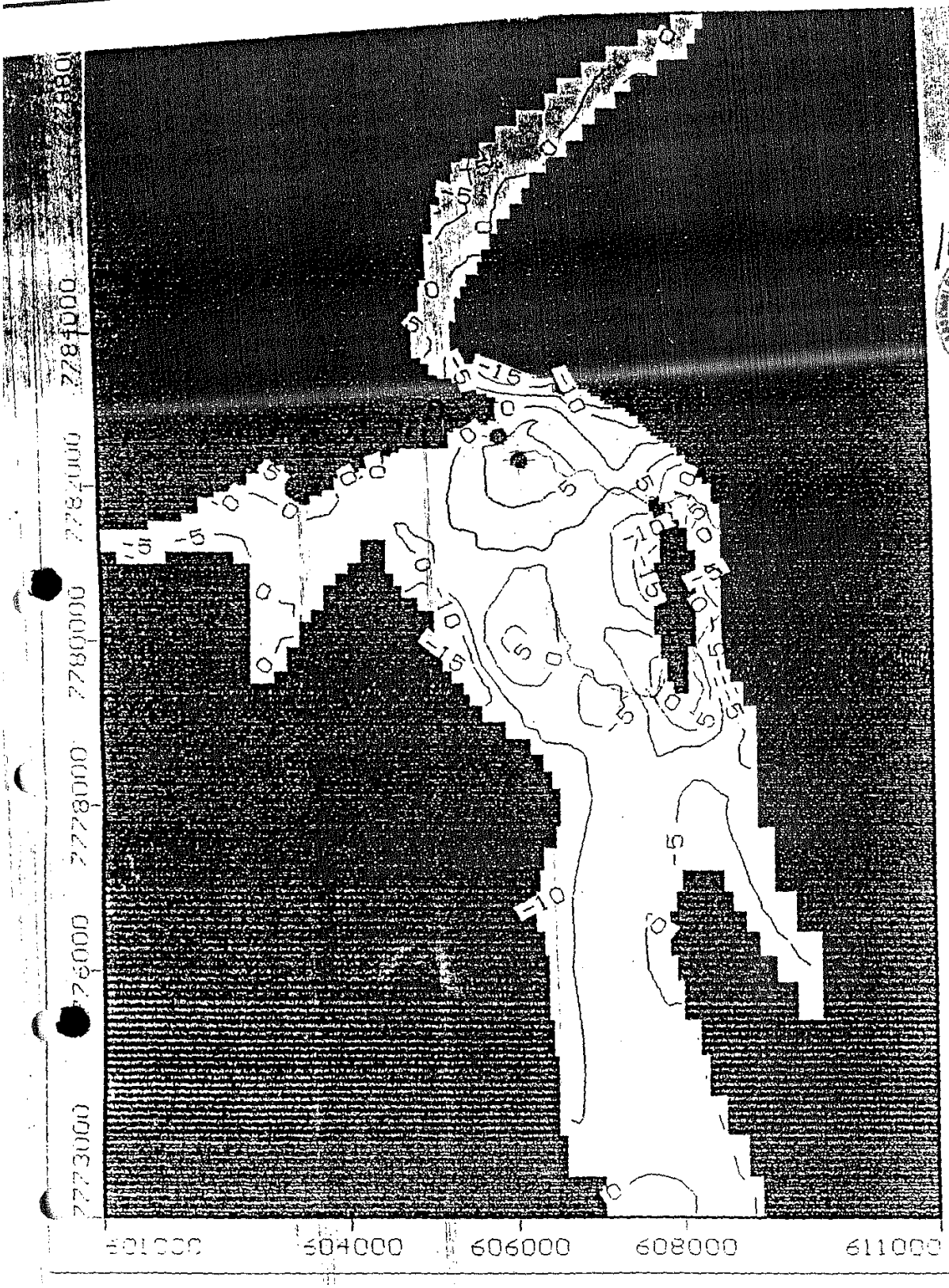
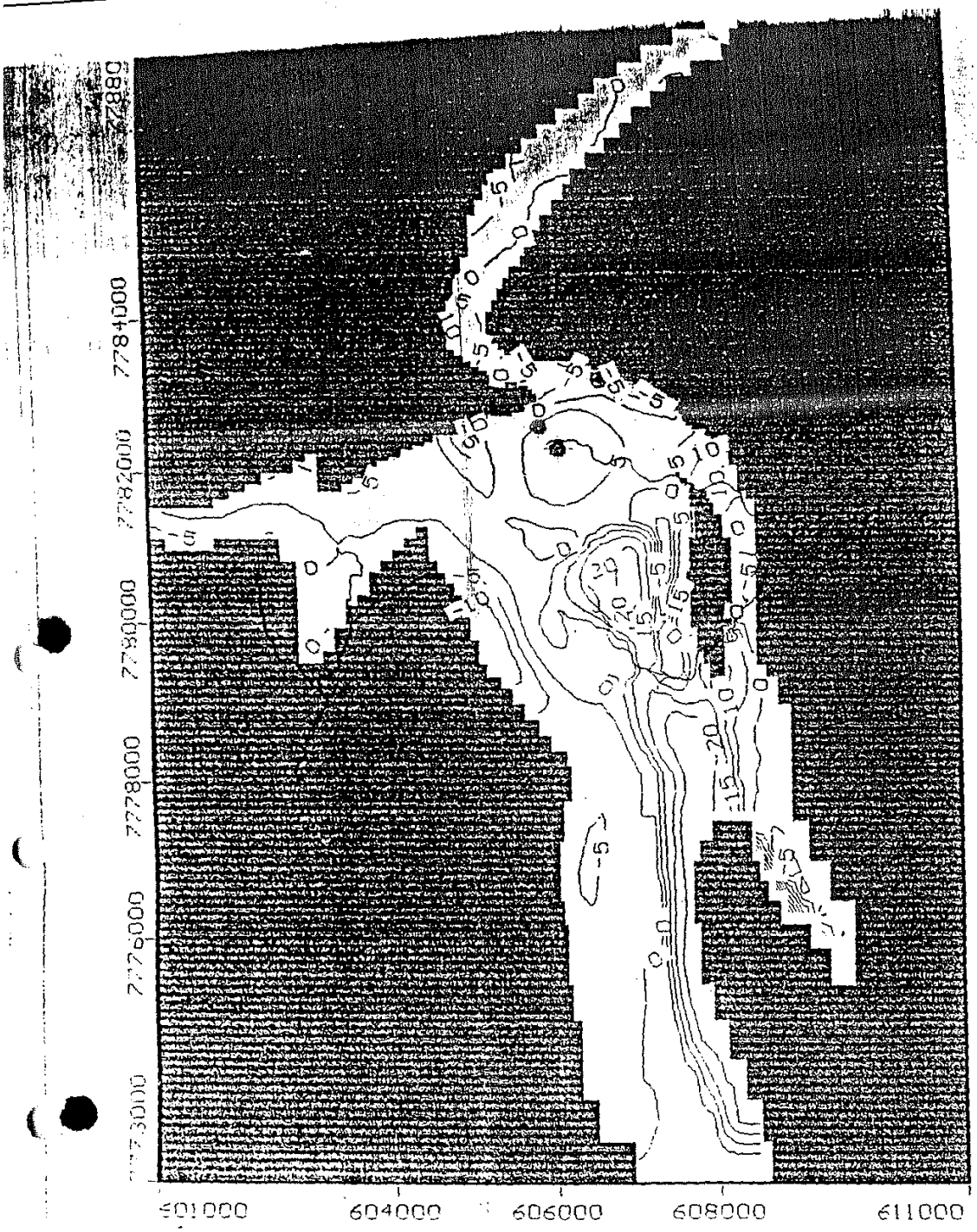



**FIGURA 03 – REBAIXAMENTO SIMULADO – Layer 3 (2004)**




Project: Capão Xavier
Description: Início do rebaixamento
Modeller: FRASA-jcbu
14 May 99

Visual MODFLOW v.2.61, (C) 1995-1997
Waterloo Hydrogeologic, Inc.
NC: 92 NR: 97 NL: 5
Current Layer: 2

**FIGURA 04 – REBAIXAMENTO SIMULADO – Layer 2 (2004)**

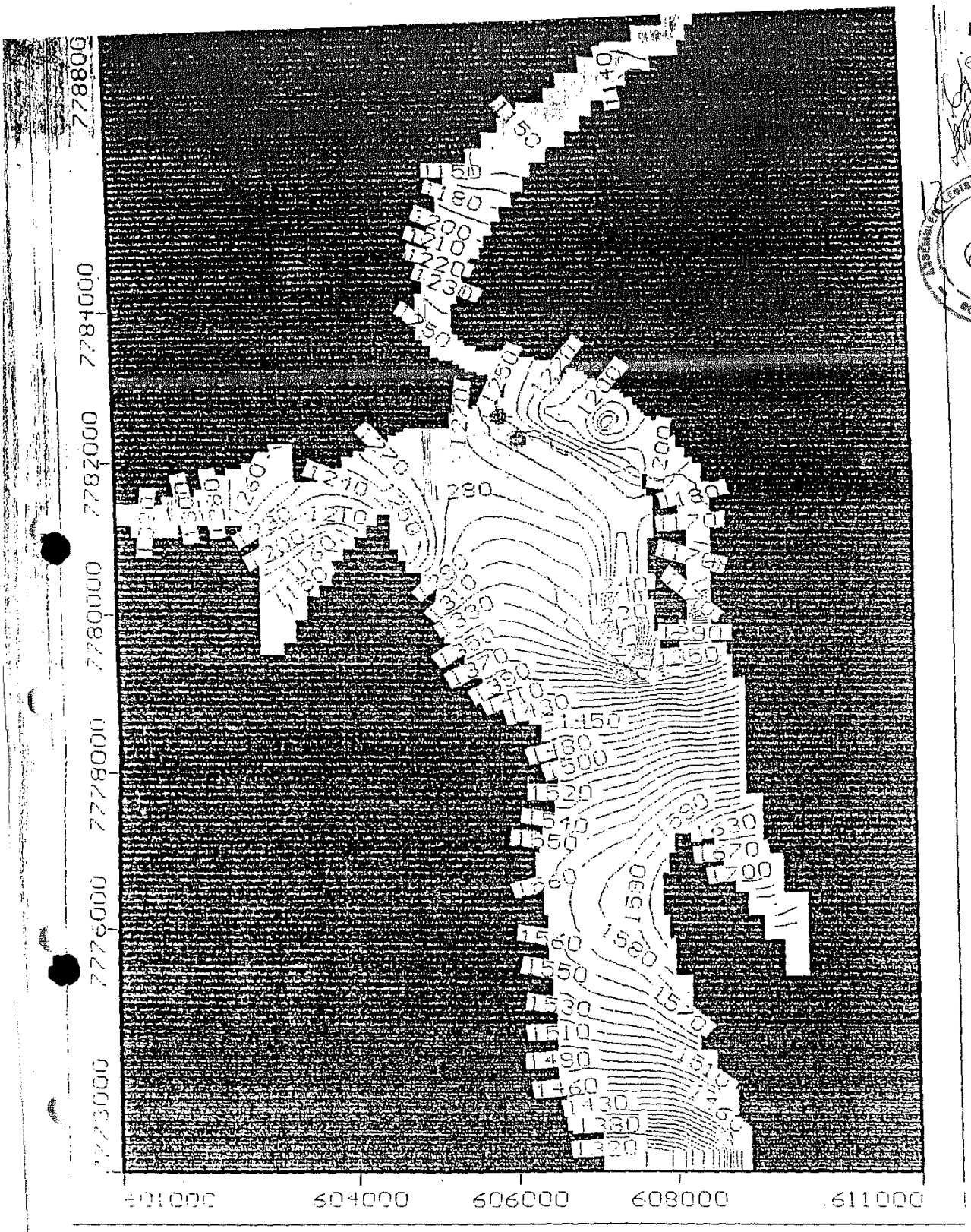



**FIGURA 05 – SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA – Layer 3 (2019)**

FIGURA 06 – MÁXIMO REBAIXAMENTO SIMULADO – Layer 3 (2019)

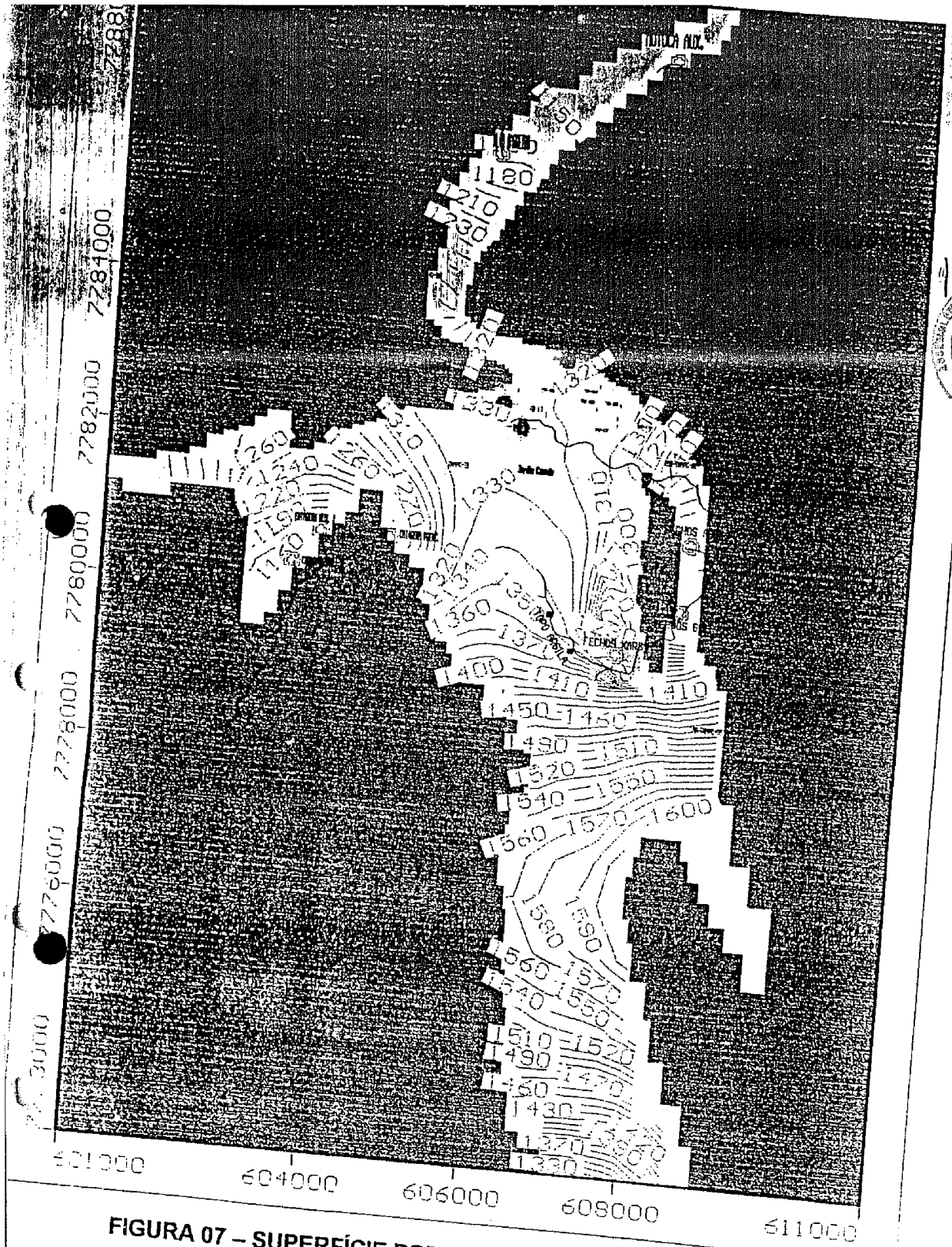



**FIGURA 07 – SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA – Layer 3 (CAVA INUNDADA)**

B A
S

BOTTURA CONSULTORIA
SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

hidrogeológico conceitual formulado, ou seja, as cargas hidráulicas atingem nível da ordem de 1600 metros, 300 metros acima da superfície topográfica local (Figura 07 e Desenho 01).

Na Figura 08 observamos que para a camada 2 do modelo, as condições impostas pela inundação da cava são semelhantes aquelas da camada 3, ou seja as cargas hidráulicas elevam-se cerca de 300 metros no flanco sul da área.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo matemático formulado pela FRASA, a despeito de toda a complexidade hidrogeológica da área estudada, não discute objetivamente as ações e as conseqüências a serem impostas pela operação de drenagem para a lavra da mina de Capão Xavier ao meio hidrogeológico local, objetivo principal definido para a simulação, dentre as quais podemos citar:

a - o que acontece na camada 1 " Sistema Cutâneo" – ela seca nos entornos da mina. E no restante da área discretizada para simulação. Qual é a sua superfície potenciométrica inicial. E a superfície potenciométrica calibrada e simulada, nos vários estágios das ações impostas. Qual a sua importância no contexto hidráulico formulado e simulado;

b – e com a camada 2 " Franja de Semiconfinamento" – ela também seca nos entornos da mina, e no restante da área, quais as conseqüências exercidas sobre ela pela drenagem. Como as ações da drenagem influenciam neste horizonte hidrogeológico no período simulado;

c - para a camada 3 " Sistema Intermediário Complexo" - a única discutida no texto, a principal questão é: qual a sua relação com as condicionantes superficiais e subterrâneas envolvidas no problema, ou seja, as ações a serem induzidas pelas operações de drenagem nesta camada influirão como, tendo em vista que as camadas superiores são a principal fonte de recarga deste aqüífero;

d - as surgências que servem como ponto de captação para abastecimento público, estão localizadas em qual camada: (1), (2) ou (3). Como as ações impostas pelo modelo influenciam em suas vazões. Porque no flanco Sul da área as cargas potenciométricas se elevam de forma extraordinária na camada (3), o que acontece com as cargas hidráulicas das camadas (1) e (2), neste mesmo flanco da área (Desenho 01);

e - subjetivamente devemos supor que todas as ações que influenciam o meio hidrogeológico local ocorrem na camada (3), única cujos resultados da simulação são discutidos no texto;

f – a recarga dos aqüíferos inferiores é feita pelos superiores, como estes últimos irão secar em decorrência da drenagem da cava, a falta de recarga deverá ocasionar a queda da produtividade dos aqüíferos inferiores, e esta precisa ser quantificada;

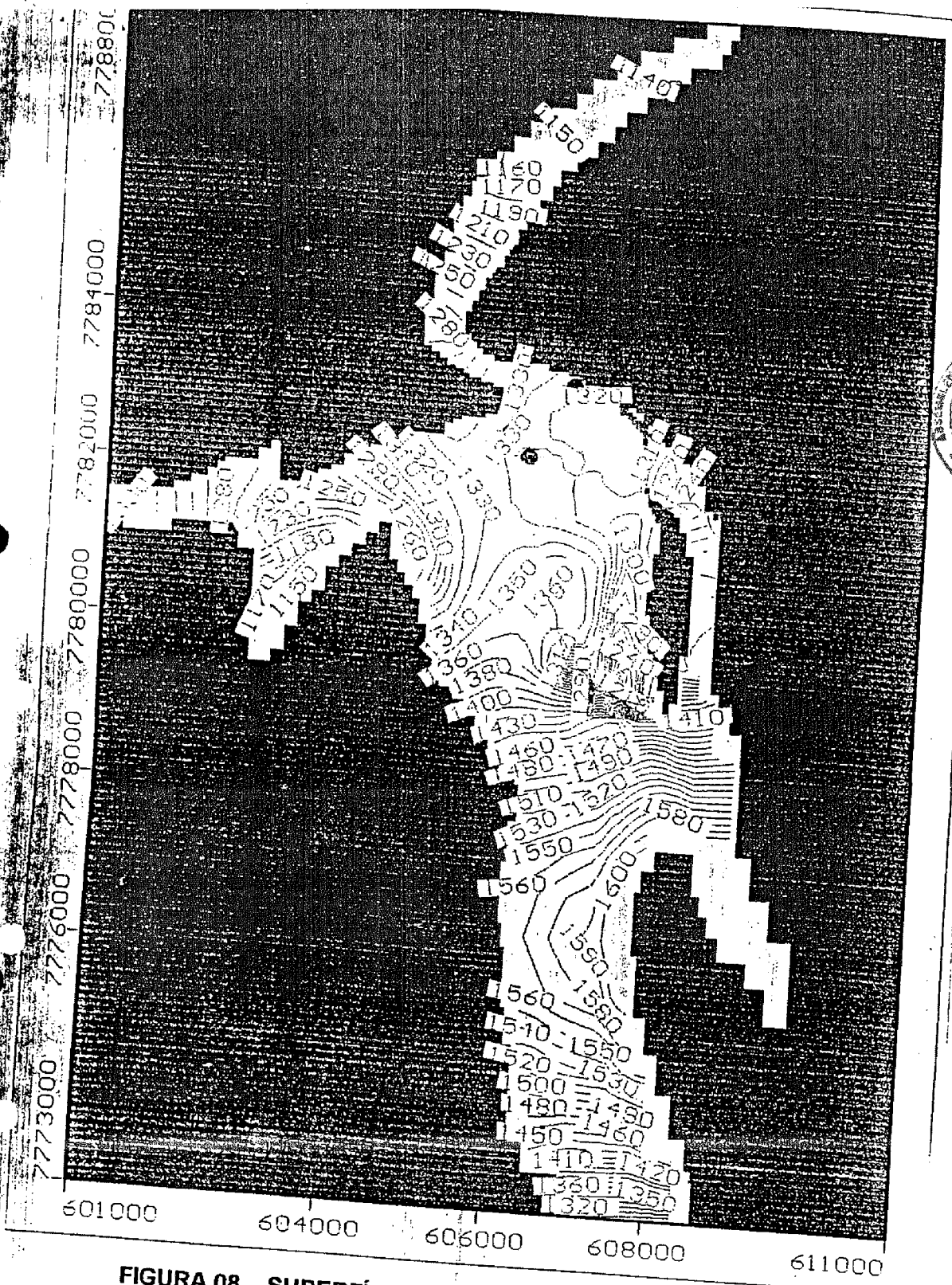



**FIGURA 08 – SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA – Layer 2 (CAVA INUNDADA)**

B A
S

BOTTURA CONSULTORIA
SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

g – com o secamento do aqüífero superior, segundo afirmado pela Frasa, as drenagens naturais da área, deverão secar também, conseqüência natural;

h – a Frasa afirma que a situação simulada é a mais desfavorável, no entanto é usada taxa de recarga extremamente alta, entre 40–60%, em condições extremamente favoráveis à percolação vertical, condutividades hidráulicas Kx = Ky = Kz;

i – o critério de erro adotado pela Frasa para análise dos resultados da aplicação do modelo, esta totalmente incorreto;

j – a Frasa afirma que não haverá impacto sobre a vegetação nos entornos da cava. No entanto afirma que as unidades superficiais secarão;

## 7 - RECOMENDAÇÕES

As incertezas envolvidas nos resultados apresentados pela modelagem hidrogeológica realizada, abrangem aspectos qualitativos e quantitativos, decorrentes da falta de um acervo de informações hidrogeológicas e hidráulicas consistentes da área estudada, heterogeneidades geológicas e hidrogeológicas, principalmente as estruturais que induzem um alto nível de complexidade hidrogeológica ao modelo conceitual, mas também envolvem incertezas decorrentes da formulação interpretativa do meio hidrogeológico.

Frente a este quadro de incertezas, nenhuma tomada de posição poderá ser realizada sem uma profunda revisão do modelo formulado, com posterior análise de sensibilidade para reajuste da sua formulação e avaliação preditiva das ações a serem simuladas.

A análise de sensibilidade tem como objetivo a quantificação das incertezas envolvidas em um modelo calibrado, decorrentes das incertezas na estimação dos parâmetros utilizados na sua formulação e as ações a serem impostas ao meio pela simulação.

A análise de sensibilidade é essencial em qualquer procedimento com aplicação de modelos matemáticos, e no caso estudado, as incertezas envolvidas tornam-a imprescindível.

Durante a análise de sensibilidade, valores calibrados dos parâmetros hidrogeológicos e as condições limites, são sistematicamente variados com base em condições plausíveis definidas com base no conhecimento da área e as magnitudes das mudanças das cargas potenciométricas geradas são avaliadas e comparadas ao critério de erro adotado na modelagem.

Na sua execução alguns parâmetros podem se modificados simultaneamente e os resultados avaliados em conjunto. Para o caso estudado a variação simultânea dos valores de condutividade hidráulica, taxa de recarga e parâmetros dos drenos, com análise simultânea de baixos valores de condutividade hidráulica combinado a altos valores de taxa de recarga, e vice versa, permitirão a análise de seus reflexos nas cargas hidráulicas das várias camadas simuladas e nas vazões das nascentes e serão fundamentais para a definição do modelo calibrado e a interpretação das ações interpostas pela simulação.

Considerando ainda o longo tempo decorrido desde a formulação do modelo, a análise de predição com base em novas informações disponíveis da área de interesse, será outra ferramenta fundamental para a sua validação. Ela poderá ser realizada com base em ensaios, base de dados hidráulicos e planos ou programas de monitoramento, atualmente disponíveis para a área.

São Paulo, 30 de julho de 1999

**BOTTURA CONSULTORIA, SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS LTDA.**
**JOÃO ALBERTO BOTTURA**
**DIRETOR TÉCNICO**

JAB/rbas71.doc

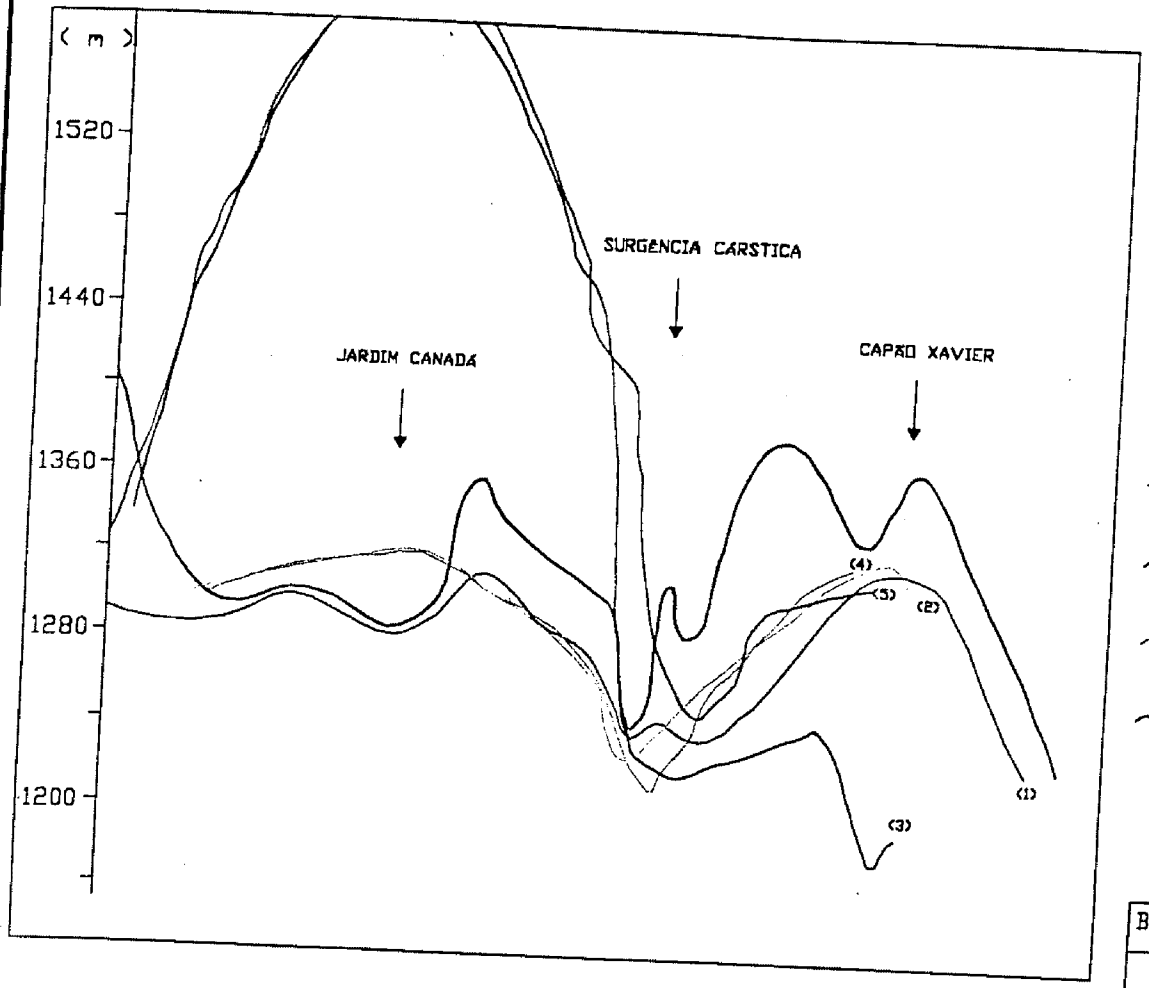
CÂMARA LEGISLATIVA DOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL
6177
655

## BIBLIOGRAFIA

McDONALD, M.G., HARBOUGH, A W. 1988 – A MODULAR THREE DIMENSIONAL FINITE DIFFERENCE GROUNDWATER MODEL. U.S. 528 p (GEOLOGICAL SURVEY OPEN FILE REPORT 83875).

ANDERSON, M.P., WOESSMER, W.W. 1992 – APPLIED GROUNDWATER MODELLING – SIMULATION OF FLOW AND ADVECTIVE TRANSPORT. ACADEMIC PRESS, INC. 381 p.

FRANKE, O.L., REILLY, T.E. and BENNETT, G.N. 1987 – DEFINITION OF BOUNDARY AND INITIAL CONDITIONS IN THE ANALYSIS OF SATURATED GROUNDWATER FLOW SYSTEMS – AN INTRODUCTION. TWRI, USGS, BOOK3, CHAPTER B5.




SUPERFICIE TOPOGRAFICA

SUPERFICIE POTENCIOMÉTRICA ( 1 )
(medida - 09/03/93)

SUPERFICIE POTENCIOMÉTRICA ( 2 )
(calibrada 20/04/95)

SUPERFICIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA ( 3 )
(máximo rebaixamento)

SUPERFICIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA ( 4 )
(início da drenagem - 2004)

SUPERFICIE POTENCIOMÉTRICA SIMULADA ( 5 )
(pós inundação da cava)

BOTTURA CONSULTORIA
SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

SUPERFÍCIES POTENCIOMÉTRICAS

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE

DESENHO 01 | DIRETOR FÁBIO BOTTURA | RESP. TÉCNICO J.A. BOTTURA

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA
6178
CONFERE COM O ORIGINAL

ANEXO II

60

# AVALIAÇÃO DOS TRABALHOS HIDROGEOLÓGICOS DA ÁREA DE CAPÃO XAVIER

**CLIENTE: DIRETORIA DE CONTROLE AMBIENTAL**
**SECRETÁRIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE**
**PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE**

**RESPONSÁVEL TÉCNICO : JÕAO CÉSAR CARDOSO DO CARMO**
**CREA 29184/MG**

## I - INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por objetivo apresentar à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte a avaliação dos trabalhos hidrogeológicos realizados para a área conhecida como Capão Xavier, onde a Minerações Brasileiras Reunidas ( MBR ) pretende implantar um projeto mineral para explotação de minério de ferro.

Os estudos hidrogeológicos foram conduzidos conjuntamente pelas empresas Companhia de Saneamento de Minas Gerais ( COPASA) e MBR e esta, para a execução dos trabalhos técnicos, contratou a empresa de consultoria espanhola "Frasa Ingenieros Consultores S.L.". Contou, ainda com o apoio se outras empresas de consultoria para assuntos especificos(vide quadro n.º 1).

O objetivo principal dos estudos foi estabelecer as condições de compatibilidade entre a explotação mineral e o aproveitamento dos recursos hídricos, que a COPASA utiliza no abastecimento de Belo Horizonte, mantendo-se as garantias de preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos da área.

A jazida mineral de Capão Xavier encontra-se localizada a 15 km na direção sul de Belo Horizonte, nas proximidades da BR –040, numa área central da zona de recarga dos cursos d'água que alimentam as captações da Mutuca, de Fechos, de Catarina e do Barreiro. A fig.1(In relatório " Síntese" MBR 1998) mostra a região como um todo, indicando a posição das captações, áreas de proteção especial e o terreno no qual se pretende implantar o projeto mineral.

Nesse contexto, a área se reveste de relevante importância, pois a atividade de mineração poderá alterar o sistema hidrológico de todo o sistema de captação, diminuindo as vazões dos mananciais(794 l/s), que são fundamentais no abastecimento da cidade, não só pela vazão fornecida, como também por serem águas aduzidas por gravidade, portanto, a uma custo muito reduzido quando comparado com as outras fontes de abastecimento de Belo Horizonte.

## II - CONSIDERAÇOES PRELIMINARES

Este trabalho foi elaborado, no período de março a julho de 1999. Inicialmente foi feita uma leitura detalhada de toda a documentação e realizada uma série de reuniões com os técnicos envolvidos no estudo( MBR, COPASA,UFOP e POTAMUS). Posteriormente seguiram-se visitas ao campo, onde estivemos sempre acompanhado por técnicos da PBH.

Num breve histórico do desenvolvimento dos trabalhos podemos citar que primeira reunião aconteceu na sede da PBH, no dia 19/03/99, presentes o Secretário Adjunto, a Diretora de Controle Ambiental e técnicos da Secretária Municipal de Meio Ambiente, a MBR e o consultor contratado.

Nos dias 25 e 26/03 foram feitas visitas de reconhecimento da área em tela.

No dia 29/03, em reunião na sede da MBR, foram então entregues os relatórios dos estudos hidrogeológicos elaborados, acompanhados de uma explanação sobre a elaboração dos mesmos.

Em 14/04/99 foi realizado uma nova visita ao campo, tendo como foco principal na área de Capão Xavier. Nesse dia, também estiveram presentes o Dr. João Bottura, que executou a análise do modelo matemático e o geólogo, consultor da MBR , Antônio Carlos Bertachini.

Ainda em 14/04/99, em reunião no escritório da MDgeo, foi apresentado o modelo numérico utilizado. Naquela ocasião o modelo numérico não foi passível de operação. Por isto a MBR assumiu o compromisso de enviar para o Consultor João Bottura a documentação relativa a esse modelo, para ser analisada.

No dia 17/04/99, em uma nova reunião no escritório da MDgeo, a MBR se comprometeu a solicitar parte dos dados da Frasa, na Espanha, e enviá-los diretamente ao consultor João Bottura.

Em 30/04/99,foi realizada reunião na Universidade Federal de Ouro Preto com o Professor Fernando Flecha Alkmin, coordenador do mapeamento geológico realizado especificamente para subsidiar os estudos sobre a bacia hidrográfica.

Finalmente no dia 06/05/99, foi feita reunião com a equipe da COPASA que participou da elaboração dos trabalhos.

## II.1- HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DAS CAPTAÇÕES

A preocupação com a preservação do Manancial da Mutuca remonta à década de 40. Em 1946 iniciaram-se as negociações entre a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte(PBH) e a St. John D'el Rey Mining Co. (SJDR), antecessora da MBR.

Em 1956 a empresa SJDR e a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), em observância ao disposto no Decreto Estadual n.º 4645, de 07/07/55, decidiram-se pela desapropriação amigável, lavrando-se o translado em escritura pública.

Por meio deste instrumento, a SJDR vendeu à PBH três glebas e ainda cedeu e transferiu o direito de uso e gozo de mais duas glebas. Numa delas (cabeceira do Córrego Mutuca) situa-se parcialmente a Jazida do Capão Xavier.

Naquele ato, ficou reservado à empresa, o direito de explotação de minério de ferro nas áreas cedidas para prefeitura para a Prefeitura. Entretanto, também se estabeleceu a necessidade de comunicação prévia à PBH, aliada ao cumprimento das exigências legais contidas na legislação mineral e à garantia do cumprimento das condições estabelecidas pelo poder público municipal.

## II.2 - NEGOCIAÇÕES ENTRE COPASA/MBR SOBRE A JAZIDA CAPÃO XAVIER

O depósito mineral de Capão Xavier teve uma primeira avaliação geológica na década de 50, durante os estudos realizados no Quadrilátero Ferrífero, pelo convênio DNPM/USGS.

No período de 1958 a 1960, a Hanna Mining Co. executou os primeiros trabalhos de pesquisa sistemática em Capão Xavier visando a avaliação de reservas minerais.

De 1978 a 1980, a MBR desenvolveu trabalhos de detalhamento da pesquisa mineral em Capão Xavier, utilizando 4600 metros de sondagem. Estes trabalhos ficaram restritos ao setor sul do depósito, fora da área de uso e gozo da PBH. As pesquisas no setor sul do jazimento tiveram continuidade em 1982/1983, com mais 2.300 metros de sondagem.

Em 1980, foi elaborado pela Paulo Abib Engenharia, o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE), para o depósito de Capão Xavier. Esse projeto previa uma Planta de Beneficiamento de Minérios em Capão Xavier, bem como a construção de uma barragem para contenção de rejeitos nas cabeceiras do córrego do Barreiro.

O Plano de Aproveitamento Econômico de Capão Xavier, foi então, apresentado à COPASA, em 1981. Naquela ocasião, não houve acordo sobre a possibilidade de desenvolvimento dos trabalhos de lavra.

As negociações, sobre a implantação da mina de Capão Xavier só foram retomadas em 1987. Naquela ocasião, a opinião expressa pela COPASA foi a de que o encaminhamento dado pela MBR à questão de qualidade da água e da construção da barragem de rejeitos era satisfatório. Porém ficou registrada a preocupação quanto à possibilidade da atividade de lavra vir a diminuir a quantidade de água dos mananciais.

Em continuidade às negociações entre as duas empresas, em 1989, a MBR apresentou à COPASA um plano de trabalho para a verificação da interferência da lavra de Capão Xavier no Manancial da Mutuca. Mais uma vez não houve acordo, e os entendimentos foram interrompidas.

No biênio 1991/1992, a MBR executou campanha complementar de pesquisa, ainda restrita ao setor sul de Capão Xavier, com mais 5500 metros de sondagem. Nessa fase da pesquisa mineral, foram instalados os primeiros piezômetros, sendo iniciado o monitoramento dos aqüíferos da região.

No ano de 1992 foram retomadas as negociações entre a MBR e a COPASA, que culminaram com a assinatura, em 1993, de um termo de compromisso entre as duas empresas. Ao final do seu período de validade, o termo de compromisso foi substituído por um "CONVÊNIO COPASA/MBR".

### II.2.1 - Termo de Compromisso ( 1993)

6180

O Termo de Compromisso N.º 93.0356 firmado entre a COPASA e a MBR, em março de 1993, teve como objetivo regulamentar as condições para a execução de sondagens geológicas no setor norte de Capão Xavier, na área de uso e gozo, ficando definido que as partes também realizariam um detalhado estudo para avaliar o impacto hidrológico da lavra sobre o sistema aqüífero local.

Assim, foram realizados 1.400 metros de sondagem na área norte do depósito mineral de Capão Xavier, dando - se por concluído o trabalho de pesquisa para avaliação das reservas de minério de ferro.

Para a realização dos estudos hidrológico – mineiro foi contratada a empresa espanhola FRASA INGENIEROS CONSULTORES, S.L., escolhida de comum acordo entre a COPASA e a MBR.

Como o prazo de validade do Termo de Compromisso expirou em março de 1995, foi firmado um convênio, em agosto de 1995,que permitiu a continuidade dos estudos hidrológicos e hidrogeológico da área.

### II.2.2 - Termo de Compromisso ( 1998)

Em 22 de julho de 1998 a MBR e COPASA assinaram um novo " TERMO DE COMPROMISSO" onde estabeleceram as diretrizes para que a continuidade do monitoramento dos mananciais dos Fechos, Mutuca, Catarina e Barreiro.

Ainda, com o objetivo de identificar os impactos, e indicar as providências a serem adotadas para que a atividade de mineração na região de Capão Xavier, sejam desenvolvidas, sem prejuízo da quantidade e qualidade das águas captadas pela COPASA na região.

## III - SÍNTESE DA DOCUMENTAÇÃO RECEBIDA

A documentação analisada, apresenta de forma clara e objetiva o conhecimento geológico e hidrogeológico disponível da área estudada, discute de forma abrangente os detalhes litológicos, estratigráficos e estruturais e apresenta a correlação destes para a formulação do modelo hidrogeológico da área.

O quadro abaixo apresenta a relação da documentação recebida, mostrando ainda a data da elaboração e o escopo dos trabalhos realizados.

| Título | Autor | Data | Escopo |
|---|---|---|---|
| 1) PROJETO CAPÃO XAVIER, ESTUDO HIDROLÓGICO AMBIENTAL(Original 1 vol.) | FRASA | Julho/95 | Avaliação dos aspectos climatológicos geológicos, hidrogeológicos, piezométricos, hidroquímicos e de impacto minero-ambiental do projeto. |
| 2) GEOLOGIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA PORÇÃO NORTE DO PLATÔ DA MOEDA, SUDOESTE DE BH,MG (Cópia 1 vol.) | UFOP | Junho/96 | Texto descritivo da geologia da região do entorno de Capão Xavier, relativo ao levantamento geológico-estrutural realizado como parte do convênio MBR/COPASA. |
| 3) HIDROGEOLOGIA NA PORÇÃO NORTE DO PLATÔ DA MOEDA (Cópia 1 vol.) | UFOP | Junho/96 | Interpretação hidrogeológica dos dados obtidos no mapeamento e sua adequação ao modelo hidrogeológico elaborado pela FRASA. |
| 4) MODELAMENTO HIDROGEOLÓGICO DO ENTORNO DE CAPÃO XAVIER (Cópia 1 vol.) | FRASA | Abril/97 | Modelamento matemático do comportamento dos aqüíferos através da utilização do software Visual-Mudflow. |
| 5) PROJETO CAPÃO XAVIER, SIMULAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO ESTADO DE REBAIXAMENTO INICIAL, REBAIXAMENTO MÁXIMO E INUNDAÇÃO FINAL DA CAVA (Cópia 1 vol.) | FRASA | Abril/97 | Quantificação dos eventuais impactos nas vazões captadas pela COPASA, como decorrência do rebaixamento artificial do nível d'água em Capão Xavier. |
| 6) PROJETO CAPÃO XAVIER, ESTUDO HIDROGEOLÓGICO – AMBIENTAL, PROPOSTA DE PLANO DIRETOR (Cópia 1 vol.) | FRASA | Abril/97 | Descrição do projeto de lavra de Capão Xavier e avaliação de seu impacto nas captações da COPASA, citando a metodologia de controle. |
| 7) PLANO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DE CAPÃO XAVIER (Cópia 1 vol.) | FRASA | Abril/97 | Proposta de um plano de gestão conjunta das águas entre MBR e COPASA. |
| 8) PROJETO CAPÃO XAVIER – EVOLUÇÃO DOS ENTENDIMENTOS ENTRE COPASA E MBR (Cópia 1 vol.) | MBR | Maio/97 | Histórico com principais eventos relativos ao projeto. |
| 9) FIXAÇÃO DE CRITÉROS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM MANANCIAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PROJETO CAPÃO XAVIER (Original 1 vol.) | POTAMOS | Setembro/97 | Definição de metodologia de quantificação de impactos hidrológicos após o início do rebaixamento do nível d'água em Capão Xavier. |
| 10) SÍNTESE DOS TRABALHOS DESENVOLVIDOS NO CONVÊNIO COPASA – MBR (Original 1 vol.) | MBR | Outubro/97 | Resumo dos trabalhos desenvolvidos anteriormente. |
| 11) PROJETO CAPÃO XAVIER, ESTUDO HIDROLÓGICO – AMBIENTAL Revisão 1998 (Original 2 vol.) | FRASA | Maio/98 | Atualização do relatório anterior com a inclusão dos dados de monitoramento até 1997. |
| 12)TERMO DE COMPROMISSO MBR COPASA (c/ respectivos anexos III e IV) (Cópia 1 vol.) | MBR/ COPASA | Julho/98 | Documento firmado entre as duas empresas para garantia da preservação dos mananciais. |
| 13) REGISTRO DE QUALIDADE DE ÁGUAS (Cópia 1 vol.) | MBR/ COPASA | | Boletins de análise química de águas no período de ago./97 a [illegible]/98. |
| 14) PLANTAS DIVERSAS (4 plantas) | MBR | | Plantas c/ limites de propriedades da região de Capão Xavier. |
| 15 ARTIGOS DIVERSOS ( 1 volume) | DIVERSOS | | Pasta com trabalhos publicados relativos a Capão Xavier. |

Esse sistema apresenta, na área central, características de aqüífero confinado, entre as argilas superficiais e os filitos da Formação Batatal ( inferiores).
As características, composição e grau de compactação da formação ferrífera, conferem uma permeabilidade que varia segundo a direção do bandamento dos minérios.
As condições de circulação da água são muito variáveis, correspondendo a um aqüífero poroso por lixiviação, fissurado, carstificado, fortemente anisótropico com elevada permeabilidade, e relativamente isolado do entorno, devido a existência de aquicludes laterais, que contribuem para a anisotropia vertical.
Na formação Cauê. o itabirito, devido ao efeito de lixiviação acentuados, funciona como meio poroso.
Em outros setores , especialmente naqueles ocupados pela hematita compacta e dolomitos frescos, as condições de fluxos são imposta pela porosidade de origem secundária, ocasionada pelo fraturamento do meio.
Dados da MBR mostram que a transmissividade variam nos itabiritos; assim, em posições paralelas às falhas principais chegam a valores da ordem de 2400 $m^2$ / dia, e na direção perpendicular alcançam valores de 2000 $m^2$ / dia. O coeficiente de armazenamento calculado tem sido da ordem de 0,15 correspondendo a uma porosidade eficaz de 15%.

***Segunda franja de confinamiento***

Formada por filitos da formação Batatal, intrinsecamente impermeáveis, constitui uma barreira hidrogeológica , na base e nos flancos do sistema intermediário complexo. Assim, essa franja de confinamento isola o sistema aqüífero intermediário compondo uma estrutura em forma de quilha de barco .
Os fluxos através da Formação Batatal são muito lentos e a descarga só se dá quando os níveis d'água se encontram acima do limite impermeável dos filitos.
Os níveis piezométricos observados não ultrapassam normalmente a cota aflorante dessas rochas. Em conseqüência, a descarga do sistema global tem um componente de fluxo predominante profundo em direção a surgência de "Água Quente" ou mesmo na direção de Catarina, Fechos e Barreiro.

***Sistema Acuífero Secundário,***

É o composto pelos quartzitos da Formação Moeda, com porosidade primária praticamente nula, sendo que o fraturamento e alterações superficiais conferem a essa rocha uma porosidade secundária que permite armazenar e transmitir água.
A circulação de água nesse aqüífero está condicionada pela rede de fraturas, que apresenta uma permeabilidade variável e uma reduzida condutividade hidráulica.
Esse conjunto foi considerado pela Frasa com sistema microfissurado anisótropico, separado por descontinuidades estruturais, que impõem direções preferenciais de circulação.

***Basamento Profundo Impermeable.***

Constituídos por xistos e filitos do Supergrupo Rio das Velhas, que na área é a seqüência onde se encaixa o nível de base da drenagem superficial da região.

## III.1 - PROYETO CAPÃO XAVIER – ESTUDIO HIDROLÓGICO – AMBIENTAL
**AUTORES : Frasa Ingenieros e Consultores, S.L. 1995,**

O relatório teve por objetivo:

- Analisar toda a documentação disponível,
- Definir a situação da área antes do início da operação da mina,
- Levantar as experiências minerárias semelhantes em diferentes países,
- Estabelecer diretrizes para o projeto minerário, garantindo uma explotação que minimize a degradação ambiental , especialmente no tocante ao recursos hídricos.

Esse relatório foi entregue a MBR e COPASA em julho de 1995. Nele a FRASA avaliou, diante de dados disponíveis, os seguintes itens: Climatologia, Geologia, Hidrologia de Superfície, Hidrogeologia, Piezometria, Hidroquímica e Impacto Mínero Ambiental.

Principais Conclusões:

### III.1.1 ORIGEM DAS ÁGUAS EXPLOTADAS:

Captações de Catarina (Principal e Auxiliar) e Fechos (Principal, Auxiliar e Galeria) e Mutuca Auxiliar (Água Quente): predomínio de águas subterrâneas,
Captações de Mutuca Principal e Barreiro: Predomínio de águas superficiais (aqüíferos rasos).

### III.1.2 HIDROGEOLOGIA

Um perfil vertical na área discrimina as seguintes unidades hidrogeológicas:

*"Sistema cutáneo ( aqüífero livre)*
*Franja de Semiconfinamiento ( base impermeável)*
*Sistema intermedio complejo ( aquífero semi-confinado)*
*Segunda franja de confinamiento (base impermeável)*
*Sistema Aculfero secundario,y ( aqüífero confinado)*
*Basamento profundo impermeable."(Embasamento impermeável)*

Obs. nesta compilação optamos por deixar os termos em espanhol :

***"Sistema Cutáneo y Franja de Semiconfinamiento"***

A litologia consiste de canga e argila com espessura variável,
O sistema cutâneo tem características de aqüífero poroso livre ou semi livre. As permeabilidade devem ser relativamente elevadas, variando em função do teor da sílica, percentagem de material argiloso e da presença de tipos de rochas mais competentes.
Quando aumenta o material argiloso, esta unidade passa a funcionar como um aquitardo.
A recarga se produz por infiltração direta da chuva, de forma que sua piezometria fica condicionada à incidência pluviométrica
Os fluxos superficiais se apresentam, quando se produz a saturação do meio poroso inferior fundamentalmente, com descargas rápidas dependentes da pluviometria.
Ao retirar a canga , em Capão Xavier , será reduzida uma parte da componente do fluxo sub-superficial das nascentes , especialmente em época de chuvas que passarão a incrementar a recarga de aqüíferos subjacentes.

***"Sistema Intermédio Complejo"***

Composto pelas formações Gandarela e Cauê, constitui o principal meio de recarga, armazenamento e transmissão de água subterrânea da área em estudo

CÂMARA LEGISLATIVA DST. FEDERAL
6182
COMISSÕES
650

Diques Básicos Intrusivos

Junto a essas grandes estruturas hidrogeológicas, a de se destacar a presença de diques básicos de rochas básicas intrusivas, que constituem nítidas barreiras impermeáveis, que subdividem o sistema hidrogeológico em múltiplos blocos isolados.

### III.1.3 PUNTOS DE DESCARGAS

Na bacia da Mutuca é preciso diferenciar os fluxos que demandam o manancial de "Água Quente" e o restante das surgências e os pontos de controle.
Em Água Quente ( Mutuca auxiliar) o fluxo é exclusivamente subterrâneo. Essa surgência constitui a drenagem natural da estrutura da Serra do Curral e é alimentada pelas águas da Formação Cauê .
No resto dos pontos controlados na bacia da Mutuca, pode – se afirmar que o fluxo tem uma componente marcantemente sub-superficial, com clara influencia da pluviometria. A água vem de várias surgências dispersas, relacionadas com as matas de galeria. Deve – se ressaltar que existe, mesmo com pequena expressão, a contribuição de água proveniente dos depósitos de canga e dos itabiritos do altiplano de Capão Xavier. Essas surgências devem estar ativas apenas nas épocas de chuva .
As bacias de Fechos (galeria e auxiliar) e Catarina ( principal e auxiliar) tem uma alimentação preferencial de água subterrâneas de fluxos profundo, fato comprovado pela grande regularidade das vazões medidas.
A bacia do Barreiro está separada do altiplano pelas Serras do Rola Moça, Cachimbo e Piedade, e é a parte mais alta do altiplano. As drenagens têm origem em depósitos de talus ou canga, como por exemplo o ribeirão da Caveira.

### III.1.4 INTERFERÊNCIA DO DESAGUAMENTO DA MINA NAS CAPTAÇÕES:

As conclusões principais do relatório apresentado em 1995 são:
- existe a possibilidade de diminuição de vazões na Captação de Fechos (e secundariamente em Catarina).
- formação de um lago ao final das operações, restabelecendo as condições originais de nível piezométrico e vazões
- balanço hídrico anual (precipitação – evaporação) sempre positivo, evitando riscos de salinização e reversão térmica das águas do lago.
- eutrofização passível de controle mediante gerenciamento adequado.

### III.1.5 - RECOMENDAÇÕES DO RELATÓRIO de 1995

No relatório elaborado no ano de 1995 a Frasa recomenda alguma ações para completar os estudos:

✓ melhorar os dispositivos de controle de vazão;
✓ instalar piezômetros complementares em posições definidas;
✓ inventariar os poços existentes no Jardim Canadá e região;
✓ executar um mapeamento geológico de detalhe da região;
✓ em relação ao controle hidroquímico ficou recomendado que se determine sistematicamente os ions considerados como maiores;
( bicarbonato, cloretos, sulfatos, nitratos, nitritos, cálcio, magnésio, sódio e potássio);
✓ realizar uma campanha de datação das águas ao final das épocas chuvosas e seca, das principais surgências da região.

## III. 2 - GEOLOGIA E ARCABOUÇO DA PORÇÃO NORTE DO PLATÔ DA MOEDA, SUDOESTE DE BELO HORIZONTE,MG
**AUTORES : MBR/COPASA/UFOP - 1996**

No escopo do Convênio MBR/COPASA, foi executado um mapeamento geológico – estrutural na escala 1 : 25.000, sendo a equipe de execução composta por docentes e discentes na Universidade Federal de Ouro Preto, com a participação de técnicos da MBR E COPASA.
Como produto desse trabalho foi apresentado:

- ✓ mapa geológico escala 1:25.000;
- ✓ mapa de pontos de drenagem perenes e vegetação;
- ✓ mapa das unidades sedimentares fanerozóicas de coberturas;
- ✓ seções geológicas;
- ✓ banco de dados geológico estruturais.

O trabalho, apresenta uma interpretação geológica que difere do mapeamento DNPM/USGS , porém os resultados apresentam grande coerência com a situação de campo.
Desse relatório pode – se destacar algumas conclusões que serão importantes para a formulação do modelo hidrogeológico conceitual:

1. os resultados da cartografia geológica mostram que a porção norte do Platô da Moeda é dominada pela ocorrência da Formação Gandarela, como está nas cartas de Pomerene (1964). Confirma-se assim, em parte, a distribuição de unidades propostas por Pires (1979), discordando do mapeamento do DNPM/USGS(1969).
2. foi possível individualizar, na porção média a superior da Formação Cauê, uma unidade de formação ferrífera argilosa alterada, que ficou designada informalmente como camada de "Ocre" . Observações no campo mostraram que esta unidade comporta-se como uma barreira de permeabilidade para o grande aqüífero subterrâneo local, que é constituído pelos itabiritos da mesma Formação Cauê.
3. no interior da camada das Formações Ferríferas Cauê, itabiritos frescos, não atacados pelos processos do intemperismo, também constituem barreiras de permeabilidade. Tais corpos tem morfologia muito irregular e dimensões muito variadas. Ocorrem preferencialmente na porção sudeste da área. O maior deles aflora na região da captação de Fechos.
4. a falha da Mutuca possui direção preferencia NS e exibe alto mergulho para leste. O seu traçado, como já postulava Pomerene (1984), é completamente distinto daquele sugerido por Dorr (1969).
5. a junção entre o Homoclinal da Serra do Curral e o Sinclinal da Moeda se faz por meio de uma estrutura em forma de sela, que é a zona de charneira de uma anticlinal mais antiga – a Anticlinal da Serra do Curral- redobrada e falhada durante etapas de deformação posteriores. Isso implica que, apesar das falhas existentes, os metassedimentos da Formação Cauê apresentam-se como um corpo de morfologia complexa, porém contínuo, do Sinclinal da Moeda até o Homoclinal da Serra do Curral.

## III.3 - HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO NORTE DO PLATÔ DA MOEDA
**AUTORES : MBR/UFOP - 1996**

Esse é um texto que não tem assinatura da COPASA. Está assinado pela equipe da UFOP/MBR. Sendo uma interpretação do mapa geológico sob o enfoque hidrogeológico, discrimina as unidades aqüíferas e apresenta modelo hidrogeológico conceitual para a área.
Apresenta as seguintes conclusões:

1.) do ponto de vista hidrogeológico, levando-se em consideração a estrutura geológica e parâmetros tais como a flutuação nas vazões e características químicas das águas, as nascentes da área estudada podem ser discriminadas nas seguintes classes:

a) águas superficiais associadas à Formação Gandarela (Barreiro);

64 6183

b) águas superficiais associadas a outras formações (Mutuca principal e parte de Fechos Principal);

c) águas subterrâneas com aqüíferos na Formação Cauê, que recebem contribuição do aqüífero Gandarela (Fechos Galeria);

d) águas subterrâneas com aqüíferos na Formação Cauê, sem contribuição da formação Gandarela (Mutuca Auxiliar, Fechos Auxiliar, Catarina Principal e Catarina Auxiliar); e

e) águas subterrâneas com aqüíferos na formação Gandarela (maior parte de Fechos Principal).

2.) de um modo geral, individualmente, as nascentes relacionadas à Formação Cauê apresentam vazões baixas quando comparada à da Formação Gandarela;

3.) as vazões das drenagens associadas a depósitos de tálus sobre embasamento impermeável, que alimentam a captação de Mutuca Principal, guardam uma relação direta com a área da bacia de drenagem, indicando independência em relação aos demais aqüíferos;

4.) a maior parte da porção norte do Platô da Moeda funciona como área de recarga para os aqüíferos de Fechos e Catarina.

## *III.4* - FIXAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM MANANCIAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PROJETO CAPÃO XAVIER.

***AUTOR : POTAMOS ENGENHARIA E HIDROLOGIA LTDA – 1997***

O trabalho executado pela POTAMOS, traz uma análise da hidrologia de superfície e aponta algumas ações que devem ser implantadas para melhorar a confiabilidade das informações .

Ainda, aponta para uma revisão anual da metodologia, em função da incorporação de novos dados ao estoque de informações. A continuidade do monitoramento hidrométrico servirá para o aprimoramento das metodologias, principalmente ao ser agregada as informações sistemáticas do córrego Marumbé.

Esse curso de água apresenta condições excepcionais para servir como referencia regional, devido as similaridades geológicas das bacias, homogeneidade climática, relativa conservação das condições de uso e ocupação do solo e proximidade com a área de interesse.

O monitoramento no córrego Marumbé poderá ser feito na base de uma leitura semanal, para o posterior cálculo da vazão média mensal. O vertedouro implantado na seção de monitoramento poderá ser adaptado para registrar vazões superiores a 0,600 $m^3/s$, passíveis de ocorrerem na estação chuvosa.

Após a definição do esquema de monitoramento do manancial Barreiro Alto, as relações estabelecidas nesse estudo deverão ser revistas, em razão da baixa qualidade atual das informações.

Deverá ser analisado o caso do manancial Mutuca Auxiliar, para identificar a tendência detectada no teste de hipótese. O motivo está registrado na queda sistemática das vazões havida a partir de abril de 1995.

Com a entrada em operação da lavra em cava fechada, a identificação de uma eventual tendência de diminuição das vazões nos mananciais deverá ser verificada por todos os métodos recomendados no estudo. Os valores de vazão a serem repostos aos mananciais seriam aqueles que:

- eliminassem a rejeição da hipótese nula no teste da tendência linear; e/ou,
- mantivessem as constantes de recessão dentro dos valores calibrados para o histórico anterior ao bombeamento; e/ou
- anulassem os desvios negativos das equações de previsão baseadas na regressão com uma estação fluviométrica de referência ou com os dados pluviométricos regionais.

## III.5 - PROJETO CAPÃO XAVIER, ESTUDO HIDROLÓGICO-AMBIENTAL
**REVISÃO 1998 (2V)**
**AUTORES FRASA INGENIEROS**

Esse é o último trabalho elaborado pela Frasa Ingenieiros, apresenta revisão dos anteriores, acrescentando dados coletados em 1997, apresenta uma discussão sobre o modelo hidrogeológico conceitual e numérico, além de tratar dados de climatologia, hidrologia, piezometria. As principais conclusões deste trabalho estão apresentadas a seguir:

### III.5.1 - Climatologia

Em documentos anteriores foram exposto os resultados do controle meteorológico realizado na estação automática. A partir deles, pode-se observar que essa estação, tem apresentado, entre 1994 e 1996, graves problemas de funcionamento, que implicam que não seja possível obter informações climáticas de interesse para este projeto. Em 1997, a resposta da estação melhorou sensivelmente, quando comparada aos anos anteriores, mas ainda está longe de se alcançar um ótimo resultado.

A MBR deve assegurar que, para que esse tipo de controle seja de utilidade, não deveria ter lacunas nos registros superiores a 15% do total de dados em um ano ( e assim, aqueles elementos climáticos cumulativos, como é o caso da pluviometria, seriam controlados com a exatidão necessária.)

Por tudo acima explicado, foi aconselhado que se tomem todas as medidas oportunas de manutenção da estação meteorológica, sem esquecer que todos os sensores devem ser periodicamente calibrados. Se apesar disso não for possível garantir que a estação vá registrar continua e corretamente, aconselhamos que seja eliminada e substituída por instrumentos manuais, de mais difícil manutenção e calibração e que exigiriam excessivas horas de trabalho tanto na toma dos registros como em sua interpretação e tratamento posterior .

### III.5.2 - Piezometria

**Inventário de Poços**

Entre Nov./97 e Mar./98, foram inventariados 38 captações (9 sondagens profundas e 29 poços rasos), sendo 34 no Jardim Canadá, 1 no Vale do Sol, outro no condomínio dos Manacás, 1 na Lagoa do Miguelão e um último no Jardim Monte Verde. Desde 1975 quando se construiu o 1º poço, seu número vem aumentando devido ao crescimento da população do Jardim Canadá.

O aqüífero aproveitado por poços profundos, está captando água dos dolomitos decompostos e itabiritos, que se encontram a aproximadamente 68 metros de profundidade. Em compensação os poços rasos captam o aqüífero superficial, ou seja, dos depósitos de colúvio, canga lateríticas e canga de cobertura e tendo em conta as conclusões extraídas da modelação numérica, podem ser previstas as redução dos níveis piezométricos,( ou mesmo que esses poços venham secar) ao se iniciar a drenagem da mina de Capão Xavier.

O nível piezométrico máximo da cobertura aparece no extremo Oeste do Jardim Canadá (1380m s.n.m.), principal área de recarga, de onde partem três direções principais de fluxo: as mais importantes, são as bacia de Mutuca e Capão Xavier, seguidas do córrego Seco e depois a cabeceira de Fechos.

**Setor de Capão Xavier**

No Setor de Capão Xavier existem 28 piezômetros de observação, dos quais 18 são simples, 7 duplos e 3 triplos. A estes devem somar outros 3 instalados em torno: Zoroastro, mina Mutuca e Depósito de Cloro. Atualmente existem 27 piezômetros ativos ao redor de Capão Xavier.

Os níveis de água registrados nos piezômetros profundos de Capão Xavier, se mantém em torno de 20 m abaixo do observado nos poços superficiais instalados no Jardim Canadá, de forma que o aqüífero cutâneo apresenta uma piezometría superior à existente em profundidade, confirmando que o setor de Capão Xavier e Jardim Canadá, atuam como zona de recarga do sistema.

Nos ponto em que se encontram algumas sondagens, a parte superior da formação ferrífera ( hematita e itabiritos ), reflete uma alta sensibilidade frente à chuva, devido a se comportar como um ótimo condutor de água, com elevada permeabilidade (INA 05/91, INA 07/91 e INA 03/92).

Quando mais intensas e concentradas se produzem as precipitações, mais é a subida dos níveis de água. Assim mesmo, as oscilações são mais suaves em profundidade que na superfície,

onde os picos máximos são mais bruscos e a área de recarga e de estiagem mais pronunciadas. Esta evolução é normal como conseqüência ao efeito amortizador da profundidade na oscilação dos níveis, devido ao maior tempo de transito da água infiltrada, que produz, um maior atraso na evolução dos níveis de água observados nas câmaras mais profundas, com respeito do aparecimento das chuvas.

Os níveis de água refletem nitidamente a recarga por pluviometria com uma resposta rápida à produção das chuvas. Essa defasagem está condicionada ao déficit de umidade do solo, pela intensidade das primeiras chuvas e pela profundidade do nível piezométrico. Em geral, quando chove, se registra um rápido acesso dos níveis d'água; em compensação, nas épocas de seca, as curvas de esgotamento são mais suaves e de duração mais ampliada.

A resposta piezométrica às chuvas é mais lenta nas zonas periféricas que no setor central , de forma que existe um progressivo atraso no sentido E-W e S-N, sendo a resposta mais rápida em Capão Xavier e Jardim Canadá, que em Mutuca e Zoroastro.

Quanto antes se iniciam as chuvas, mais rápida é a resposta piezométrica. Quanto mais profundo estão os níveis piezométricos, maior é o tempo transcorrido até que se alcance os níveis máximos. Tudo isso corresponde perfeitamente ao modelo conceitual hidrogeológico desse jazimento.

Os níveis piezométricos máximos, se produzem vários meses depois do começo das chuvas. Ao final do período seco os níveis decrescem ligeiramente (em alguns casos permanece constante). A subida aos níveis piezométricos máximos é brusca nos níveis profundos e ocorre simultaneamente, ou com uma defasagem de até dois ou três meses depois que os níveis superiores. A velocidade de ascensão do nível é alta

Quando cessam as chuvas, o decréscimo do nível piezométrico é suave e constante, o que indica uma descarga lenta, atravessando materiais de permeabilidade não muito elevada, que amortizam a transmissão da carga hidráulica. A época dos níveis mínimos relativos coincide , nos distintos canais litológicos controlados (nov/dez).

Os únicos piezômetros múltiplos que preservam inversão de fluxo, indicando que se encontram nas zonas de descarga, são PZ 06/91 e PZ 16/92, ainda que durante os períodos de chuva, se encontram em uma situação de recarga. Entre as câmaras B e A do piezômetro PZ 10/92 se observa uma inversão de fluxo igual, sendo que os registros observados na câmara C (mais superficial), durante todo o ano, corresponde a uma área de recarga.

A oscilação inter-anual dos níveis de água é menor quanto mais profunda é a câmara de observação. Isto é conseqüência do efeito amortizador, produzido pelo maior tempo de trânsito da água infiltrada, até os níveis mais profundos do sistema aqüífero .

Os níveis mínimos e máximos anuais, vêm sendo registrados primeiro no setor central (zona A), sofrendo maior atraso quanto mais ao norte ou sudeste se encontra o ponto de observação. Interpretamos isso como uma conseqüência da recarga direta no setor central e atraso na alimentação da periferia. As zonas em que o nível piezométrico é mais alto (zona A), tanto durante o período de águas altas como em águas baixas, preservam, também, maiores diferenças entre os níveis piezométricos mínimos e máximos de cada ano que os outros setores.

Assim mesmo, na zona A se observa uma rápida resposta à recarga por chuvas, entretanto, a leste e norte do Jardim Canadá, se constatam recargas e descargas mais lentas, com maiores atrasos a respeito das chuvas.

Em geral, até o final de 1995, os níveis de água iam baixando, o que pode ser atribuído tanto ao menor índice de chuva, como à explotação de recursos hídricos subterrâneos no Jardim Canadá. Em 1996, devido ao incremento das chuvas esta tendência é interrompida e os níveis mínimos e máximos voltam a ser mais altos que os registrados em anos anteriores. Observa- se, na atualidade, níveis de água comparáveis aos registrados em 1992. No setor de Capão Xavier (representado por PZ 01/91, INA 07/91, PZ 16/92 e INA 28/93), tem sido registrados uma inversão nessa tendência, observando-se uma recuperação nos níveis de água, com acréscimos consideráveis durante o ano de 1995 ( de até 5,5 m em INA 07/91).

Não existe relação direta entre a distribuição de níveis e a topografia da área em estudo. Somente nas proximidades da bacia da Mutuca, e possivelmente a leste do Jardim Canadá, a piezometria se adapta bem à topografia. Durante todo o ano, os níveis de água mais altos se localizam no setor centro - ocidental de Capão Xavier, mantendo-se os mínimos a leste e sudeste de Capão Xavier.

Passando da situação de águas baixas para a situação de águas altas, se observa um acréscimo generalizado dos níveis de água, especialmente acentuado no setor Nordeste de Capão Xavier, onde parece existir uma via preferencial de alta condutividade, sobre a linha definida pelos piezômetros PZ 16/92 a PZ 15/92 (de direção leste-oeste sobre Capão Xavier).

Essa via preferencial se vê interrompida ao sul, provavelmente devido à existência de diques básicos, barreiras e litologias de menor permeabilidade, localizadas entre os piezômetros INA 09/91

e PZ 11/91. Esse trecho se vê ratificado ao analisar as colunas litológicas dos piezômetros implantados em Capão Xavier, onde se observa um conjunto de diques básicos atravessados pelo PZ 14/92 (cinco metros repartidos em três trechos), PZ 15/92 (um dique de dois metros de potência) e PZ 17/92 (um dique de dez metros) que em conjunto atuariam como barreiras de baixa permeabilidade.

Depois de analisar todas as evoluções piezométricas registradas até o momento , relacionado à situação de águas altas, conclui - se parecer existir uma barreira hidrogeológica ao norte de INA 07/91, entre este ponto e os piezômetros PZ 04/91 e PZ 06/91, frente aos que sempre mantém um gradiente hidráulico forte. Entretanto a noroeste de Capão Xavier, se observam quatro metros de dique básico na colunas litológicas PZ 01/91 e INA 28/93.

A distribuição de "isopiezas" põe em evidencia distintas direções de fluxo subterrâneo. Com base nos dados disponíveis, parece existir um divisor de águas subterrâneas, com eixo aproximada EW e duas direções preferenciais de fluxo. O divisor une os piezométricos PZ 16/92, PZ 08/91, PZ 10/92, INA 02/91 e PZ 15/92 (com um nível piezométrico que chega a superar a cota 1355 m).

O fluxo principal de água subterrânea desde Capão Xavier se dirige para o sul (cabeceira norte da bacia de Fechos), com um gradiente moderado, correspondente a um aqüífero de boa condutividade. A Segunda direção de fluxo, com maior gradiente hidráulico, devido a uma menor permeabilidade ou existência de barreiras, dirige para bacia de Mutuca.

O piezômetro INA PC 21/93 controla a evolução piezométrica no sentida da bacia de Catarina, registrando níveis de água relativamente altos, comparando com o resto do setor próximo a Capão Xavier (gradiente reduzido entre INA 07/91 e ele), fazendo pensar que existe boa comunicação hidráulica através do Jardim Canadá.

Como até o momento não se iniciaram os trabalhos de drenagem da mina em Capão Xavier, a evolução piezométrica e as direções de fluxo indicadas, representam a situação marcada pela drenagem natural do complexo aqüífero, sem interferências antrópica no sistema como as derivadas do bombeamento do Jardim Canadá.

O controle piezométrico em INA PC 01/93 (Zoroastro) permitirá conhecer a grau de interferência que os trabalhos de drenagem da mina causaram sobre os mananciais localizados na cabeceira de Fechos. Pode-se observar uma grande diferença dos níveis de água entre o setor de Zoroastro e os registrados pelo piezômetro mais próximo à futura explotação da mina de Capão Xavier (PZ 14/92). Essa diferença chega a ser de 58 m em apenas 650 m de distância, com um gradiente médio entre 7,0% e 8,9%, o que pode indicar a existência de barreiras de baixa permeabilidade, que de certa forma, isolam hidrogeologicamente os setores, organizando assim no sistema, um conjunto de blocos de piezometria relativamente independente.

Os dique básicos observados nas colunas litológicas, sem esquecer que podem existir mais e que suas espessuras podem variar com a profundidade, podem atuar como barreiras que compartimentam a área de Capão Xavier em blocos de piezometria isolada. Isso gerará uma repercussão evidente na exploração da mina, por se fazer necessária a drenagem de cada bloco hidrogeológico separadamente, para diminuir possíveis interferências no local.

Pode-se destacar que, ainda que certos piezomêtros tenham atravessado pacotes secos, não se constatam circulações rápidas de água, o que indica que os secos devem estar fossilizados por argila, em um processo de paleokarstificação.

Os níveis registrados nas distintas câmaras instaladas nos piezômetros PZ 11/91, PZ 15/92 e PZ 17/92, são tão similares que supomos estarem conectadas, seja pelo interior do poço, por uma má cimentação ou fissuras nas tubulações, seja pelo exterior no modo de by-pass, posto que ambas estão na formação de itabirito. Este mesmo problema parece existir entre as câmaras inferior e intermediária do piezômetro PZ 12/92, onde, apesar de diferirem em profundidade e litologia, seus níveis, evoluções e comportamentos são muito parecidos.

### III.5.3 - Hidroquímica

No total foram analisadas 1353 amostras de água entre junho de 1972 e fevereiro de 1998, em 27 pontos de controle (18 ainda ativos na atualidade).

A característica principal observada, ao estudar os resultados físico –químicos obtidos, em todos os pontos de controle, tem sido o caráter hiposalino de todas as amostras. Essa característica implica que, dadas as mínimas concentrações das espécies dissolvidas, pequenos erros analíticos implicam em fortes trocas na caracterização geral das águas, especialmente na determinação de suas fácies.

Assim mesmo, o conteúdo máximo admissível, tanto pela Organização Mundial de Saúde, como pela legislação européia, sobre as qualidades das águas para consumo, é menor que o limite de detecção usado pela COPASA para determinados elementos analisados.

Em qualquer caso, levando em conta a escassa mineralização de todas as águas, há de se destacar que não se pode afirmar com certeza, se as diferenças de composição são ocasionadas por variações reais no quimismo das águas, por erros analíticos ou por trocas produzidas durante o armazenamento das amostras até a sua análise.

As últimas análises físico – químicas recebidas da COPASA, levam em contam seis novos parâmetros químicos (CIAN, ESTA, NIQU, TCAL, TIPC e TMAG) porém, devido à escassez de registros, não foram levados em conta neste documento.

A carência de análises geoquímicas completas (realizadas só em uma única ocasião pela FRASA), onde se registrem os ânions e cátions majoritários, impede a possibilidade de se deduzir quais são as diferenças de mineralização que ocasionam as distintas condutividades nas captações, assim como caracterizar adequadamente as águas, ao desconhecer as concentrações de alguns macroconstituintes (bicarbonato, carbonato e cálcio).

As determinações realizadas na Espanha pela FRASA, indicariam que, em geral, as águas se encontrariam mais mineralizadas que o deduzido a partir das análises efetuadas pela COPASA.

Na intenção de preservar a qualidade físico – química das águas, é preciso eleger adequadamente a colocação dos rejeitos da futura explotação de Capão Xavier, para evitar hipotéticas infecções da água captada nos sistemas hidrogeológicos circundantes, principalmente no Barreiro e Mutuca, onde os índices de cor, turbidez e sólidos em suspensão, tem sido mais elevados.

A acomodação do estéril deve ser feita sob critérios hidrogeológicos que permitam controlar sua drenagem, evitando sua erosão e lixiviação.

De acordo com a oscilação térmica da água, observada nas diferentes bacias ao redor de Capão Xavier, as águas captadas no Barreiro e Fechos, procedem, em sua maioria, de algumas águas subterrâneas (águas homotérmicas), já as captadas em Mutuca, correspondem a águas superficiais ou hipodérmica (águas heterotérmicas).

Com base na análise de temperatura da água, trata-se de uma área de características gerais hipotermais, dominado pelas águas superficiais ou subsuperficiais (sobretudo em Mutuca), exceto em Fechos, onde a menor temperatura e oscilação térmica, fazem pensar em uma origem mais profunda.

Os pontos de controle superficial, apresentam uma evolução temporal de turbidez, semelhante à observada na cor, sendo que os valores máximos relativos (picos), são produzidos no instante de incidência das chuvas fortes, sendo que a turbidez é sempre mais sensível às pequenas variações. Os máximos relativos anuais, ocorrem em coincidência com a época de chuvas. Por outro lado, os registros mínimos, são observados durante a época de estiagem.

Por outro lado, nos pontos de controle de águas subterrâneas, a turbidez mostra maior variabilidade, sem manter uma tendência clara, seguramente afetada pelos períodos iniciais de bombeamento. Já a cor se mantêm praticamente constante.

Com o fim de caracterizar as águas analisadas em cada bacia (Barreiro, Mutuca, Catarina e Fechos), foi elaborada uma tabela onde se indicam, para cada bacia, os valores médios ponderados, obtidos a partir dos resultados analíticos dos pontos de controle hidroquímicos.

Para realizar essa caracterização, recorreu-se a valores médios por bacia, afim de se conseguir um número suficiente de registros e períodos de controle comparáveis, que permitissem ter uma idéia mais realista da situação.

O valor de cada parâmetros, assinalado em cada bacia, é ordenado do menor ao maior, correspondência a 1ª ordem no mínimo e 4ª no máximo.

Tendo em conta os parâmetros físico – químicos analisados, existe uma grande diferença entre as águas analisadas em Barreiro e Mutuca, com as analisadas em Fechos e Catarina, sendo que as primeiras mostram, em geral, maior índice de cor, turbidez, pH, sólidos em suspensão, etc., enquanto as segundas são muito mais limpas, brandas e neutras.

### III.6 - MODELO HIDROGEOLÓGICO PROPOSTO AUTORES: ALKIMIM & AMORIM – 9º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS

O modelo geológico de concepção da "Frasa" foi apresentado no relatório de 1975, no ano de 1997, durante o 9º Simpósio de geologia de Minas Gerais, Amorim e Alkimin, apresentam o modelo com uma nova formatação, entretanto reafirmamos, que não existe diferença conceitual.

Neste trabalho os autores reafirmam que apesar da grande complexidade estrutural que envolve as unidades litológicas presentes, o sistema hidrogeológico da região apresenta-se relativamente simples. As diversas unidades litológicas que ocorrem na porção norte do Platô da Moeda interagem diferencialmente com o sistema hidrológico. Quartzitos, itabiritos e dolomitos, respectivamente, das

Formações Moeda, Cauê e Gandarela, bem como a camada de solo e os depósitos superficiais de canga e talus comportam-se como aqüíferos. Por outro lado, xistos do Grupo Nova Lima e filitos da Formação Batatal são rochas impermeáveis e como tal constituem aquifugos.

O depósito do Capão Xavier faz parte de um sistema aqüífero instalado na Formação Ferrífera Cauê, ali dominada por itabiritos fraturados e dotados de grande porosidade gerada pela lixiviação supergênica de quartzo (sílica) e / ou carbonato. O aqüífero da formação ferrífera, que ocupa as partes mais altas do platô, toma parte do Sinclinal da Moeda e é limitado pela ocorrência de rochas impermeáveis em profundidade e nos flancos daquela estrutura. É recoberto por depósitos coluviais e aluviais. As litologias impermeáveis dos flancos do Sinclinal da Moeda dificultam o fluxo de água armazenada nas formações do altiplano para as áreas baixas circunvizinhas, caracterizadas por um embasamento impermeável, constituído pelos xistos do Grupo Nova Lima.

Os aqüíferos da região podem ser classificados em dois grandes grupos: **aqüíferos superficiais e aqüíferos profundos.**

Os aqüíferos superficiais( Rubio, 1975, denomina sistema cutaneo superficial) são formados por materiais permeáveis de cobertura tais como solos, cangas, depósitos sedimentares detríticos e tálus. Caracterizam-se por apresentar alta taxa de variação sazonal de vazões, sofrendo grande influência da pluviometria. Estes sistemas tem características de aqüífero granular livre com permeabilidade relativamente elevadas.

O *aqüífero superficial associado a canga e solo* corresponde aos depósitos terciários e quaternários que capeiam a maior parte do altiplano do Capão Xavier, ocupando as regiões topograficamente mais elevadas. Geologicamente, superpõem-se, parcialmente, a corpos de argila de origem sedimentar (embasamento impermeável), e parcialmente sobre os aqüíferos profundos . A sua recarga se dá, exclusivamente, por infiltração direta da água da chuva. A descarga ocorre como fluxos superficiais nos córregos Seco e dos Fechos. Como fluxo subterrâneo, a descarga ocorre na alimentação dos aqüíferos sublacentes.

Da mesma forma que os aqüíferos associados a solos e canga, os *aqüíferos superficiais associados a depósito de tálus* também são aqüíferos livres e caracterizados por alta permeabilidade, cuja recarga se dá principalmente por infiltração direta da água das chuvas. A diferença fundamental entre ambos é que, este último se situa inteiramente sobre embasamento impermeável em áreas relativamente baixas e está relacionado a densa vegetação. A descarga se dá unicamente por fluxos superficiais convergentes para os cursos d'água, não havendo "perdas" subterrâneas.

Os aqüíferos profundos( Rubio subdivide em sistema intermediário e secundário com franjas de semi confinamento) são caracterizados por exibirem vazões de descarga relativamente "constantes", sofrendo pouca ou nenhuma influência da pluviometria. Distinguem-se ainda por apresentarem vazões elevadas em relação à área drenada quando comparadas com as dos aqüíferos superficiais.

Este tipo de aqüífero constitui-se no principal meio de recarga, armazenamento e transmissão de águas subterrâneas da área em questão. Os aqüíferos profundos associados às formações Cauê e Gandarela formam um meio hidrogeológico fortemente anizotrópico, com elevada permeabilidade, que se encontra relativamente isolado das vizinhanças pela existência de aquifugos e aquicludes laterais constituídos, principalmente, pela Formação Batatal.

Os dolomitos que ocorrem na região central da área em estudo (fechamento do Sinclinal Moeda, fig.1) compõem o *aqüífero associado à Formação Gandarela*, que corresponde a um sistema cárstico com ponto de descarga na "surgência cárstica dos Fechos", cuja contribuição subterrânea à Bacia de Fechos é da ordem de 150 a 200 l/s. A recarga por infiltração direta de águas de chuva e por infiltração de águas provenientes dos aqüíferos superiores associados a solo e canga ocorre na região do Jardim Canadá . É provável que exista ainda, em alguns locais de recarga lateral subterrânea proveniente da Formação Cauê

Os *aqüíferos associados à formação Cauê* compõem um sistema complexo, uma vez que, dependendo do grau de alteração e da profundidade, os itabiritos podem apresentar características de meio poroso (com permeabilidade extremamente variável), aqüífero fraturado (nos itabiritos sãos) e mesmo de barreiras de permeabilidade (caso de itabiritos não fraturados e das fácies argilosas). Como parte dos flancos e nariz do Sinclinal Moeda, a Formação Cauê bordeja os dolomitos da formação Gandarela e este sistema aqüífero complexo, constituído pelas duas unidades em conjunto, situado em regiões elevadas, é limitado lateralmente e em profundidade por barreiras de permeabilidade constituídas pelos filitos da Formação Batatal e xistos do Grupo Nova Lima. Estas barreiras de permeabilidade impedem o fluxo de água dos aqüíferos (nas regiões elevadas) para as áreas baixas. A descarga natural ocorre somente nos pontos onde a cota do nível d'água foi atingida pelos processos erosivos, mesmo assim em domínios de alta permeabilidade.

As captações existentes na porção norte do Platô da Moeda associam-se às diferentes classes de aqüíferos anteriormente descritas. Assim as águas captadas na Barragem Principal da Captação da Mutuca e as captadas no Córrego do Barreiro, são alimentadas por *aqüíferos superficiais*

*associados a depósito de tálus* (com embasamento impermeável). As águas captadas na Barragem Auxiliar da Mutuca, Barragem Auxiliar de Fechos e em Catarina estão relacionadas aos *aqüíferos profundos*, sendo alimentadas fundamentalmente pelo *aqüífero Cauê*, sem contribuição importante do *aqüífero Gandarela*. Já as águas do Córrego Seco têm origem no *aqüífero superficial associado a depósitos de solo e canga*. No caso das águas captadas na Barragem Principal de Fechos, ocorre a mistura de águas do *aqüífero superficial*, associado a solo e canga, com as do *aqüífero Gandarela* (surgência cárstica de Fechos).

### III .7 - PROJETO CAPÃO XAVIER – PROPOSTA DE PLANO DIRETOR –1997 AUTORES : FRASA INGENIERES

Esse foi um trabalho realizado no ano de 1997, que apresenta uma compilação dos dados dos trabalhos anteriores, descreve a situação atual do entorno da jazida de Capão Xavier ( incluindo as captações da COPASA), 0 planejamento das etapas de lavra prevista, e os impactos nas vazões das captações previstos pelo modelo numérico e as medidas mitigadoras.

Nesse mesmo relatório a Frasa propõe uma gestão conjunta (MBR/COPASA) para os recursos hídricos da área, e as seguintes conclusões:

- a modelagem hidrogeológica numérica realizada adota a situação mais desfavorável, no que tange ao rebaixamento dos níveis d'água, sem considerar as barreiras hidrogeológicas, diques de baixa permeabilidade e as variações laterais e verticais da permeabilidade;

- a simulação do estado crítico do rebaixamento, foram elaboradas em regime permanente de forma que poderão assinalar o instante real que se produz as situações: inicio do rebaixamento, máximo rebaixamento e inundação da cava;

- as condições de máximo rebaixamento do nível piezométrico em Capão Xavier produzirá uma redução da vazão nas nascentes de Mutuca Auxiliar, Alto barreiro, Fechos Karst e Auxiliar, cujo volume total não será superior a 50 l/s. Enquanto a vazão do rebaixamento atingirá a de 172 l/s.

- na situação de máximo rebaixamento o modelo não prevê interferência sobre as captações de Catarina (Principal e Auxiliar) nem em Fechos Galeria e Mutuca Principal.

- a qualidade da água, física, química e bacteriológica, não deverá ser afetada. No caso de haver problemas com sólidos em suspensão. o mesmo pode ser solucionados por meio de decantação.

- após a exaustão do depósito mineral, dar-se-a formação de um lago, que inundará até a cota 1310. Esse grande reservatório poderá proporcionar um incremento nas vazões atuais das nascentes;

- dado que os impactos máximo nas vazões são reduzidos, que a extensão do cone de drenagem da mina é também reduzido e que o nível piezométrico natural é profundo, não se prevê impacto sobre a vegetação do entorno da mina.

### III.8 - PLANO DE GESTÃO

A proposta, de um plano de gestão se refere ao estabelecimento de bases que permitam o inicio da fase de lavra da jazida de Capão Xavier, com a continuidade do aproveitamento dos recursos hídricos pela COPASA. Dentre os aspectos apresentados merecem destaque os seguintes:

1) MBR e COPASA garantem a continuidade do monitoramento atual, até o final das operações de lavra e abandono da cava.

2) a partir do inicio do rebaixamento do nível d'água da mina, a MBR deverá garantir a reposição de qualquer impacto negativo verificado nas vazões captadas pela COPASA.

3) uma vez garantida a reposição obrigatória citada no item anterior, e cobertas as necessidades de água para uso próprio da MBR no Projeto Capão Xavier( o que inclui a reposição a eventuais terceiros prejudicados), o excedente de águas também será cedida à COPASA.

4) As vazões complementares fornecidas pela MBR, serão aportadas diretamente na Bacia do Mutuca, ou cedidas à COPASA no local de coleta, para qualquer outro uso, como por exemplo o abastecimento de alguma comunidade.

5) sempre que possível, tentar-se-á adequar as necessidades de bombeamento para o desaguamento de mina da MBR, com a demanda da COPASA, por exemplo aumentando as taxas de bombeamento no período de seca.

6) caso a COPASA, em conseqüência de demandas futuras, queira construir estrutura própria de captação de águas desse aqüífero, deverá assumir a responsabilidade da parte proporcional da eventual redução de vazões observadas.

## IV - ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO

Neste capitulo será feita a análise da documentação recebida. Inicialmente são apresentados dois quadros, compilados dos trabalhos anteriormente citados. O objetivo é relembrar e fixar as características hidrogeológicas das nascentes, bem com suas vazões atuais, para facilitar a compressão dos comentários redigidos a seguir.

Quadro 1. vazões atuais nas captações e o tipo de aqüífero associado

| Manancial | Vazão média (l/s) | Tipo de aqüífero |
|---|---|---|
| Mutuca Principal | 181 | Aqüífero superficial associado a tálus |
| Alto Barreiro | 70 | Aqüífero superficial associado a tálus |
| Fechos Galeria | 14 | Aqüífero profundo Formação Cauê |
| Afluente do Barreiro | 19 | Aqüífero profundo Formação Cauê |
| Catarina (Pr.+Auxiliar) | 129 | Aqüífero profundo Formação Cauê |
| Mutuca Auxiliar | 53 | Aqüífero profundo Formação Cauê |
| Parcela superficial de Fechos Principal | 116* | Aqüífero superficial associado a solo e canga com embasamento de argila |
| **Subtotal** | **582** | |
| Parcela subterrânea de Fechos Principal (carst) | 168* | Aqüífero profundo Formação Gandarela |
| Fechos auxiliar | 44 | Aqüífero profundo Formação Cauê |
| **Subtotal** | **212** | |
| **Total** | **794** | |

* Vazão média de Fechos Principal = 284 l/s, tendo sido estimados os valores de 116 e 168 l/s como as componentes superficial e subterrânea respectivamente.

Quadro2. Associações das captações com os aqüíferos

| BACIA | CAPTAÇÃO | AQUIFEROS | FLUXO PREDOMINANTE |
|---|---|---|---|
| Mutuca | principal | solos recentes, depósito de talus | superficial e hipodérmico |
| | auxiliar | itabirito – Formação Cauê | subterrâneo |
| Fechos | principal | dolomito – Gandarela<br>itabirito – Formação Cauê | superficial e subterrâneo |
| | auxiliar | itabirito – Formação Cauê | subterrâneo |
| | mina d'água | dolomito – Gandarela<br>itabirito – Formação Cauê | subterrâneo |
| | córrego seco | solos recentes, depósito de talus | superficial e hipodérmico |
| Catarina | principal | itabirito – Formação Cauê | subterrâneo |
| | auxiliar | itabirito – Formação Cauê | subterrâneo |
| Barreiro | principal – vargem da caveira | depósito de talus | superficial |
| | principal – torre da Cemig | itabirito – Formação Cauê<br>depósito de talus | superficial e subterrâneo |
| | auxiliar | Formação Sericadinho | em relação com Capão Xavier |

CÂMARA LEGISLATIVA DEL REY MINAS GERAIS
6187
CONFERE



## IV.1 - MAPEAMENTO GEOLOGICO

Nos resultados da cartografia geológica, fig.2, são discutidos com muita propriedade as unidades litológicas e o contexto estrutural da região, identificando os eventos tectônicos atuantes, bem como a sua origem. Portanto, trazem uma contribuição muito positiva para uma nova interpretação da geologia local, além de fornecer uma base consistente para a formulação do modelo hidrogeológico conceitual..

Mostra - se que a porção norte do Platô da Moeda é dominada pela ocorrência da Formação Gandarela, como está nas cartas de Pomerene (1964). Confirma-se assim, em parte, a distribuição de unidades propostas por Pires (1979), discordando, em parte, do mapeamento do DNPM/USGS(1969).

Individualizam - se as várias fácies da formação ferrífera, que como em vários locais do Quadrilátero ferrífero têm comportamento semelhante. Pode funcionar como um aqüífero livre, anisotrópico e homogêneo de alta transmissividade, como na "Mina da Mutuca" onde este parâmetro, ao longo da falha da mutuca, é da ordem de 3000 $m^2$ /dia ( In, Bertachini, III Congresso Brasileiro de Mineração,), ou como aqüífero fraturado e ainda pode apresentar-se com um comportamento de barreira hidrogeológica. Na porção média e superior da Formação Cauê, há uma fácies da formação ferrífera argilosa decomposta, que ficou designada como camada de "Ocre", onde as observações no campo mostraram que esta unidade tem o comportamento de barreira hidrogeológica para o aqüífero subjacente local. Por outro lado, no interior da mina há evidências da presença desse itabirito funcionando como aqüífero fraturado.

Um ponto importante do mapeamento, é a proposta de uma nova interpretação para a junção entre o Homoclinal da Serra do Curral e a Sinclinal da Moeda , que segundo os autores, se faz por meio de uma estrutura em forma de sela, que é a zona de charneira de um anticlinal mais antigo – o anticlinal da Serra do Curral- redobrado e falhado durante etapas de deformação posteriores. Isto implica que, apesar das falhas existentes, os metassedimentos da Formação Ferrífera Cauê apresentam-se como um corpo de morfologia complexa, porém, contínuo do Sinclinal da Moeda até o Homoclinal da Serra do Curral.

Em termos hidrogeólogicos essa interpretação é importante, pois sendo essa unidade um aqüífero de grande potencial, poderá ser pesquisado para suprir parte do abastecimento da região metropolitana., com águas subterrâneas de boa qualidade .a um custo certamente mais baixo do que as captações de águas superficiais.

## *IV.2 - CONCEPÇÃO DO FUNCIONAMENTO HIDROGEOLÓGICO LOCAL*

O modelo hidrogeológico apresentado está embasado no mapeamento geológico e na piezometria da área. A fig.3 mostra uma seção hidrogeológica esquemática ( In relatório MBR)

Consideram - se as diversas unidades litológicas interagindo diferencialmente com o sistema hidrológico. Assim os quartzitos, itabiritos e dolomitos pertencentes respectivamente às Formações Moeda, Cauê e Gandarela e as unidades superficiais de solo, canga e talus se comportam como aqüíferos, enquanto os xistos do Grupo Nova Lima e os filitos da Formação Batatal funcionam como barreiras impermeáveis.

Ainda como referência estas unidades são divididas em dois grandes aqüíferos: superficiais e profundos

Os aqüíferos superiores são constituídos por, solos, cangas e depósito de talus, que funcionam com aqüíferos granulares livres e apresentam alta taxa de variação sazonal de vazões. Sua recarga dá-se exclusivamente por águas de chuva enquanto a descarga através das drenagens superficiais ou por alimentação do aqüíferos subjacentes.

Os aqüíferos inferiores são representados pelos dolomitos e itabiritos.

Os dolomitos da Formação Gandarela apresentam uma carstificação bem desenvolvida, com uma nascente típica de morfologia carstica, que é a "Surgência Carstica" dos Fechos cuja vazão é da ordem de 150 a 200l/s

Já os itabiritos constituem- se em um sistema aqüífero complexo, uma vez que dependendo do seu grau de alteração, composição e profundidade apresentam comportamento diferenciado, com variações marcantes nos parâmetros hidrodinâmicos e hidráulico do fluxo subterrâneo.

O modelo hidrogeológico apresentado mostra uma coerência técnica quando associado a geologia, .Porém é um modelo conceitual, pois, não se investigaram parâmetros hidrogeologicos, ou seja faltam dados hidrodinâmicos, uma interpretação e análises completas hidroquímica, estudos isotópicos e piezométricos; os dados dariam consistência ao modelo hidrogeológico,

Para a concepção de um modelo consistente é necessário uma caracterização, por meio de medições de parâmetros em aqüíferos distintos a diferentes profundidades.

Ainda não foram executados os testes de vazão que dariam dados hidrodinâmicos reais das unidades aqüíferas( permeabilidade, transmissividade, porosidade, coeficiente de armazenamento). Também, não foram usados parâmetros são determinados pela experiência em outras minas da MBR, cujo minério tenham a mesma tipologia. Se isso aconteceu, não ficou claro na bibliografia consultada.

Os fluviogramas apresentados no relatório hidrogeológico, não fecham o ciclo hidrológico.Com isso , não se podem traçar as linhas de separação entre o escoamento superficial e o subterrâneo.

Não existem dados sobre o tempo de residência das águas no aqüífero, que é uma parâmetro importante para este trabalho. Deve – se ressaltar que a Frasa Ingenieros , em seu relatório de 1995, fez essa mesma recomendação - determinar o tempo de residência.

## IV.3 - HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE

O trabalho de hidrologia superficial realizado pela Potamos no ano de 1997, teve por objetivo estabelecer os critérios para avaliação dos impactos nos mananciais de superfície da área de influencia do projeto Capão Xavier. Trata de uma questão fundamental para quantificar os impactos da atividade minerária que é " como caracterizar-se uma redução das vazões, devido a atividade de mineração e as flutuações sazonais".

Nesse contexto, consideramos que os dados disponíveis são insuficientes para uma definição precisa da questão. Os dados fluviométricos utilizados no estudo são de uma estação muito distante da área, com séries muito curtas e os registros analisados apresentando uma baixa confiabilidade, com isto o monitoramento implantado pela MBR/COPASA dará uma maior confiabilidade aos estudos hidrologicos.

O trabalho da Potamos, traz como resultado positivo o estabelecimento de uma metodologia para avaliar uma tendência de diminuição da vazões, provocadas pela mineração

## IV. 4 - HIDROQUÍMICA

Com relação à qualidade das águas, nos ano de 1972 e 1998, foram analisadas 1353 amostras, em 27 pontos de controle (18 continuam ativos na atualidade).

A principal característica observada pelos consultores, ao estudar os resultados físico – químicos obtidos, foi o caráter hiposalino de todas as amostras.

Entretanto, apesar do grande número de análise, não houve determinações analítica dos ions maiores.

A incorporação desses íons nas análises é fundamental, pois esses elementos constituem- se em elementos traçadores naturais, que oferecem informações fundamentais sobre as caracteristicas e evolução das águas no aqüífero.

Também, com as análise isotópicas é possível identificar a procedência das águas de diferentes aqüíferos; o tempo de residência, taxa de infiltração e mesmo a estratificação dos sistemas aqüíferos. também auxiliam na previsão dos impactos sobre as nascentes e configuram - se, portanto como análises básicas para qualquer estudo hidrogeológico.

A Frasa , em seu relatório elaborados no ano de 1995, propõe que as análises sejam completas. Abaixo, transcrevemos trechos do relatório da Frasa:

**"No controle hidroquímico fica recomendado que se determine sistematicamente os ions considerados como maiores (bicarbonato, cloretos, sulfatos, nitratos, nitritos, cálcio, magnésio, sódio e potássio)"**

**"Realizar uma campanha de datação das águas ao final das épocas chuvosas e seca, das principais surgencia da região".**

## IV.5 - TERMO DE COMPROMISSO ( MBR/COPASA EM 22/07/98)

Este é o último documento produzido pelas empresas COPASA/MBR, e teve por base a "Propuesta de Plan Director", elaborado pela Frasa Ingenieros e Consultores.

Foi assinado em 22 de julho de 1998. Seu objetivo foi estabelecer as diretrizes para que as empresas dêem continuidade ao monitoramento dos mananciais dos Fechos, Mutuca, Catarina e Barreiro, de forma a identificar os impactos que possam ocorrer e indicar as providências a serem adotadas para que as atividades minerárias da MBR, na região de Capão Xavier, se licenciadas pelo COPAM, sejam desenvolvidas, sem prejuízo da quantidade e qualidade das águas captadas pela COPASA na região.

È um documento muito abrangente, que aborda todas a situações técnicas e jurídicas. Apresenta, de forma clara, as condições para o monitoramento, define as responsabilidade de cada empresa, e indica a Frasa, ou outra empresa que venha a substitui-la, como a responsável pela tratamento dos parâmetros técnicos do monitoramento. Além disso o "Termo de Compromisso" dispõe sobre a avaliação dos impactos qualitativos e quantitativos, estabelece a quantificação dos déficit, e os critérios e locais de reposição destes déficites, caso venham acontecer, e descreve o controle de efluentes da mineração. Também estabelece que ao final da exaustão da mina a MBR deverá doar á COPASA uma área de 210 ha , que englobará a área da cava da mina, que será inserida na APE da Mutuca.

No final, trata das obrigações da cada empresa , das penalidades pelo descumprimento das obrigações e condições estabelecidas para a reposição dos deficites, estabelece a multa a ser paga à COPASA, que será equivalente a 20 % do preço do metro cúbico de água praticado em Belo Horizonte, multiplicado pela quantidade total de água, expressa em metros cúbicos, devida e não fornecida pela MBR, sem prejuízo da cobrança de eventuais danos que venha a ser apurados e as formas de arbitragem, caso necessário.

O Termo de Compromisso remete ao órgão ambiental estadual a responsabilidade da aprovação dos trabalhos e a correspondente emissão das licenças. ambientais

Vale ressaltar que o documento ressalva apenas a possível no sistema COPASA,. Não fazendo uma análise global do impacto ao meio ambiente como, por exemplo, no caso do sistema hidrológico sofrer alterações substanciais durante o rebaixamento ou durante o enchimento do lago, ao final da atividade de mineração, e não cobre a reposição de água a outros vizinhos que por acaso venha ocorrer.

A indenização estipulada, no Termo de Compromisso, pode atender ao problema da falta d'água. Entretanto, as alterações no ecossistema devem ser estudadas em detalhes pois, ressarcimentos da água podem não reparar o impacto global causado na região pelo rebaixamento de um sistema aqüífero e depois pela implantação de um lago artificial.

## IV.6 - MODELO NUMÉRICO

A avaliação, comentários e conclusões sobre o modelo matemático, elaborado pelo Geólogo João Alberto Bottura, encontra- se no anexo I,

## V - CONCLUSÕES

Da análise dos relatórios, disponibilizados pela MBR, que tratam dados conceituais, geológicos, hidrogeológicos, hidrologicos e climatológicos, ou seja, excluindo os que tratam do modelo matemático, pode-se considerar:

- a qualidade das informações climáticas dependem, essencialmente, do bom funcionamento da estação climatológica instalada pela MBR, que, até a data do relatório da Frasa (1997), não se encontrava em condições de fornecer os resultados confiáveis; entretanto, informações verbais da MBR asseguram que a estação está apresentando bons resultados, Diante dessa situação fica a pendência de uma nova interpretação dos dados coletados;

- os dados da piezometria são satisfatórios para a zona de lavra, entretanto, são insuficientes para o monitoramento de toda a área de influência do projeto;

- o mapeamento geológico e o modelo hidrogeológico conceitual apresentam consistência com os dados levantados, o que indica a boa qualidade desses trabalhos;

- os estudos hidrológicos deixam a desejar, devido a inconsistência dos dados trabalhados pela Potámus. Para eliminar essa inconsistência deve – se por em prática a sugestão, contida no relatório da consultoria citada, implantando e monitorando a estação fluviométrica do córrego do Marumbé. Segundo informações verbais da MBR, esta unidade já se encontra implantada, sendo, por isso, necessário analisar seus dados;

- a hidroquímica, apesar do grande número de análises químicas realizadas, não apresentou determinações quantitativa dos íons maiores, elementos indispensáveis para sua classificação. Na realidade não são centenas de amostras que importam mas, sim, um número representativo, do ponto de vista estatístico, de análises completas.

- faltou dados sobre o tempo de residência das águas nos aqüíferos, ou seja, o trabalho careceu de estudos isotópicos.

- O "Termo de Compromisso" assinado, entre a MBR e a COPASA em 1998, sob o ponto de vista técnico, é abrangente e dá as garantias necessárias para a reposição da água ao sistema COPASA.

- Não obstante estas conclusões, é importante ressaltar que as deficiências encontradas nos **relatórios geológicos e hidrogeólogicos** não inviabilizam a implantação do projeto mineral na área de Capão Xavier. Entretanto, a análise do modelo matemático, apresentada em anexo, indica a necessidade de reformulação, de forma a embasar com mais precisão a quantificação das vazões das nascentes e, detalhar, com mais realismo, a previsão dos impactos advindos da explotação mineral.

**Isto posto, recomendamos que o prosseguimento da implantação do projeto Capão Xavier, deve estar condicionado à reformulação do modelo matemático.**

Por fim, uma consideração de caráter legal. A "Frasa Ingenieros Consultores, S.L." não possui registro para atuar no Brasil. A Lei 5194/66, que regula o exercício da profissão de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro Agrônomo em seu art. 2° alínea b, diz que o exercício da profissão da Engenharia no Brasil, observadas as condições de capacidade e demais exigências legais, é garantida ao profissional estrangeiro com diploma revalidado e registrado no país, sendo os Conselhos Regionais de Engenharia Arquitetura e Agronomia, CREA's, as entidades responsáveis pela fiscalização destas profissões.

Quanto à empresa estrangeira, a regulamentação de suas atividades no Brasil está contida na Resolução N ° 209/72, do CONFEA, cujo Art. 1° estabelece "a pessoa jurídica estrangeira de prestação de serviço ou execução de obra de Engenharia só poderá exercer atividade no território nacional, desde que consorciada com pessoa jurídica brasileira, depois de efetuado seu registro no Crea do Estado onde se der a atuação".

## V.I - RECOMENDAÇÕES

**- ações a serem executadas em conjunto com a reavaliação do modelo matemático:**

1) Instalar novos poços de medição dos níveis d'água na área de Capão Xavier, adensando-se a rede atual, para um melhor controle do fluxo subterrâneo. Sugere-se locar alguns piezômetros na região carstica , preferencialmente numa direção paralela ao eixo da Sinclinal, a sul da bacia da Mutuca controlando o fluxo nessa direção, e, outro , na Formação Ferrífera, no sentido do fluxo para a nascente denominada "Água Quente".

2) Construir poços tubulares pioneiros na área de influencia de Capão Xavier, com piezômetros de observação, com o objetivo de se determinar os parâmetros hidrodinâmicos dos aqüíferos mapeados na área.

3) Sugerir à MBR/ COPASA, que solicite à Frasa Engenieros Consultores S.L., a sua regularização junto ao CREA – MG, nos termos da lei federal 5194/66, de forma a assegurar que os relatórios elaborados por aquela consultoria tenham validade, na forma da legislação brasileira.

70 6189

**Ações que devem ser produto da reformulação do modelo matemático:**

1) Mapear a área de influência dos efeitos da atividade minerária de Capão Xavier, sobre os aqüíferos inferiores e superiores, preferencialmente estabelecendo-se a temporalidade desses efeitos sobre os níveis d'água e as vazões dos corpos d'água.

**Ações a serem adotadas caso o projeto seja considerado exeqüível com a reformulação do modelo matemático:**

1) Garantir a manutenção do monitoramento e interpretação dos dados durante todo o período da lavra, no enchimento total do lago até a recuperação total dos aqüíferos. Os relatórios, de monitoramento, deverão ser enviados a PBH para análise e acompanhamento do monitoramento.

2) No monitoramento, exigir de um inventário dos poços existentes na área de influencia do empreendimento, inclusive nos condomínios próximos. Nos poços cadastrados deverão ser feitas medidas duas vezes ao ano, períodos de estiagem e chuvoso, anotando-se os níveis d'água e coletando-se amostras, para analise físico – química, hidrocarbonetos e bacteriológico

3) A PBH deverá promover ações que visem à sensibilização dos órgão ambientais e prefeituras envolvidas, sobre a necessidade de se exigir que os estabelecimentos comerciais, de distribuição de combustíveis e outros produtos perigosos, localizados na área de influência do empreendimento, implantem piezômetros para detecção de possíveis contaminações no aqüífero, causados por vazamento de derivados de petróleo ou outros possíveis contaminantes.

4) A PBH deverá alertar a Prefeitura de Nova Lima sobre à necessidade de se implantar um programa de gerenciamento da expansão urbana e edificações, e nele estabelecer que as fundações das construções sejam projetadas e construídas tenham com base nos níveis de águas previstos para após o enchimento do lago;

5) A MBR deve estabelecer um plano para o acompanhamento do zoneamento dos impactos do rebaixamento dos níveis d'água e do futuro enchimento do lago, procurando assegurar que as edificações não sofram abalos decorrentes da variação previsível;

6) A MBR deve apresentar estudo geotécnico previsional dos efeitos do rebaixamento e enchimento do lago e Capão Xavier. Desde já, fica a sugestão, de instalação de extensômetros e marcos topográficos nas áreas próximas à mina, principalmente naquelas, onde de ocorrem argilas, pois, esses locais estão sujeitos a abatimentos significativos durante o rebaixamento;

7) Solicitar um estudo previsional detalhado, elaborado por especialista em limnologia, sobre a qualidade da água no futuro lago, enfocando os riscos de reversão térmica, eutrofização e salinização, inclusive valendo – se dos dados obtidos com o enchimento do lago da mina de Águas Claras, para a futura mina de Capão Xavier

8) Implantar banco de dados, atualizados continuamente a partir do monitoramento e interpretar e reavaliar o potencial dos futuros impactos.

9) Acrescentar ao controle hidroquímico a análise sistemática dos íons considerados maiores ( bicarbonato, cloretos, sulfatos, nitratos, nitritos, cálcio, magnésio, sódio e potássio), já sugerido pela Frasa em 1995 e 1998, de modo a estabelecer o uso de traçadores naturais; caracterizando quimicamente as águas e identificando sua evolução no sistema aqüífero.

10) Implantar o programa com traçadores, caso os técnicos da COPASA e do CNEN, que o estão estudando, concluam por sua viabilidade, visando identificar os fluxos de água subterrâneas na região carstica.

## VI BIBLIOGRAFIA


Custódio .E.G, Llamas,M.R. Hidrologia Subterrânea – Ediciones Omega S.A. – Barcelona - Espanha 1976

Lazarim, H.A. – Caracterização Hidrogeológica no Extremo Norte do Sinclinal da Moeda, Quadrilátero Ferrífero, Nova Lima, MG – Dissertação de Mestrado – UFMG - 1999

Rocha, G.A & Ferrer,A J. : Manual de Operação e manutenção de Poços, DAAE-SP Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo- SP – 1987

Silva.A.B. Estudo Hidrogeológico do Município de Belo Horizonte – MG In: Congresso Brasileiro Águas Subterrânea – 1994 –ABAS – Recife – Pe

UFMG – Estudos Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais no Município de Belo Horizonte Relatório Final – 1995



**Engº Geólogo João César Cardoso do Carmo**
**CREA-MG n.º 29.184/D**