

# ESTUDOS SOBRE OS EFEITOS DA RECARGA ARTIFICIAL (RA) SOBRE O AQUIFERO CAUÊ, NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-MG

Mauricio Nicolau Bertachini<sup>1</sup>; Antônio Carlos Bertachini<sup>1</sup>; Breno Pereira<sup>1</sup>; César Augusto Grandchamp<sup>2</sup>; Flávio Nunes<sup>2</sup>; Milton Pereira Filho<sup>2</sup>.

## Resumo

O presente estudo buscou avaliar o efeito de uma cava fechada como uma estrutura de recarga artificial (RA) em um ambiente de mineração de ferro.

Para tanto, foram escolhidas regiões onde existem minerações de ferro e áreas com características hidrogeológicas similares, porém sem atividades de mineração. As regiões selecionadas encontram-se sobre o Aquífero Cauê, no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero.

Foram então calculados os valores de escoamento de base a partir do monitoramento das vazões de descarga do Aquífero Cauê. Os números encontrados foram então correlacionados às taxas de recarga conforme metodologia apresentada por CUSTÓDIO & LLAMAS (2001).

Os resultados encontrados indicam que em uma região onde houve a formação de uma cava fechada de lavra de ferro, a mesma funcionou como uma excelente estrutura de RA para o Aquífero Cauê, elevando a taxa de recarga e até mesmo dobrando a mesma.

## Abstract

The present study sought to evaluate the effect of an open pit as an artificial recharge (AR) structure at a mining environment.

So it was chosen areas where exist iron ore mines and areas with the same hydrogeological features but with no mining activity. Those areas are located over the Cauê Aquifer at the geological context of the Iron Quadrangle.

The values of the groundwater flow were calculated based on the monitoring of the discharge flow rate of the Cauê Aquifer. Then those values were correlated with the recharge rate following the methodology presented by CUSTÓDIO & LLAMAS (2001).

The results indicated that, at an area where there has been an iron ore open pit, this can work as an excellent AR structure for the Cauê Aquifer, increasing the recharge rate and even doubling it.

**Palavras-Chave** – Hidrogeologia, Recarga Artificial, Aquífero Cauê.

---

<sup>1</sup> MDGEO [www.mdgeo.com.br](http://www.mdgeo.com.br), [mauricio@mdgeo.com.br](mailto:mauricio@mdgeo.com.br), [berta@mdgeo.com.br](mailto:berta@mdgeo.com.br), [breno@mdgeo.com.br](mailto:breno@mdgeo.com.br)

<sup>2</sup> VALE – [www.vale.com](http://www.vale.com), [cesar.grandchamp@vale.com](mailto:cesar.grandchamp@vale.com), [flavio.nunes@vale.com](mailto:flavio.nunes@vale.com), [milton.filho@vale.com](mailto:milton.filho@vale.com)

## **1 – INTRODUÇÃO**

A atividade de extração do minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais, data do começo do século XIX. Porém, apenas recentemente, no início da década de 1980, as cavas das grandes minas começaram a atingir o nível d'água subterrânea. Frente a esse cenário foi necessária a implantação de um sistema de rebaixamento do nível d' água, que impactava diretamente sobre a disponibilidade hídrica subterrânea.

Desde então se iniciaram discussões a respeito do efeito da cava fechada sobre a recarga do aquífero, uma vez que a cava minimiza a parcela do ciclo hidrológico referente ao escoamento superficial, ao convergir as águas da chuva ao interior da cava.

O presente artigo busca contribuir com essas discussões ao apresentar estudos desenvolvidos pelas empresas MDGEO e VALE no intuito de avaliar quais poderiam ser os impactos associados à recarga artificial (RA) gerada por uma cava fechada em uma mineração. Foram então escolhidas regiões onde ocorreram atividades de mineração e áreas com características hidrogeológicas similares, porém sem atividades de mineração.

Assim, foram selecionadas áreas de mineração e projeto da VALE na região do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais, dividindo as mesmas em área com mineração e áreas sem mineração. Todas as áreas selecionadas relacionam-se ao Aquífero Cauê, o mais importante aquífero da região, constituído por itabiritos e hematitas da Formação Cauê (Grupo Itabira, Supergrupo Minas – idade paleoproterozóica).

Como áreas do Aquífero Cauê que não possuem atividades de mineração foram selecionadas as áreas do Projeto Apolo, Bacia de Fechos Auxiliar e Bacia de Mutuca Auxiliar, enquanto a antiga mina de Capanema foi selecionada como área influenciada por mineração e encontra-se paralisada desde o ano 2000 (Figura 1). No caso específico da Mina de Capanema, a cava não chegou a atingir o nível d'água subterrânea, ainda assim a cava fechada apresenta-se, teoricamente, como uma excelente estrutura para a recarga do Aquífero Cauê. Comportamento esse aqui discutido.

## **2 – DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

O estudo se baseou no princípio de que o escoamento de base de um aquífero pode ser aproximado ao valor da recarga desse mesmo aquífero quando o mesmo se encontra em seu estado natural, ou em regime permanente, quando as entradas (recarga) e saídas (escoamento de base) do sistema se equilibram (CUSTODIO & LLAMAS, 2001).

Como anteriormente mencionado, as áreas de estudo selecionadas se encontram sobre o Aquífero Cauê e possuem características geológicas e hidrogeológicas semelhantes, mantendo condições climatológicas igualmente equivalentes, validando nossa proposta de comparação.

Nas áreas selecionadas foram então determinados os valores de recarga a partir do cálculo do escoamento de base do aquífero. Esse cálculo foi feito pelo método apresentado em CUSTÓDIO & LLAMAS (2001) que estabelece que a vazão medida nos cursos superficiais seja 100% mantida pelo aporte de água subterrânea, não sofrendo influência de aportes externos ao Sistema Aquífero durante o período seco do ano hidrológico.

O cálculo da recarga foi feito com dados obtidos a partir do monitoramento das chuvas na região de estudo e, principalmente, do monitoramento das vazões de descarga do aquífero. O monitoramento das vazões buscou registrar as contribuições dos pontos que representassem unicamente descarga do Aquífero Cauê, isentando contribuições de outros aquíferos.

No caso das bacias de Fechos Auxiliar e Mutuca Auxiliar foram utilizadas dados de vazões obtidas por vertedouros ali instalados, separando somente os dados do período anterior ao início da operação da Mina de Capão Xavier, no ano de 2004 (MDGEO, 2009; MOURÃO, 2007).

Para as áreas de Apolo Sul e Mina de Capanema foram utilizados valores de vazões geradas por campanhas de monitoramento com molinete nos anos de 2010 e 2011 (MDGEO, 2011).

A Tabela 1 resume os dados utilizados para os cálculos, bem como os resultados encontrados.

Tabela 1 Dados utilizados e resultado para o estudo da RA do Aquífero Cauê.

ÁREA	PLUVIOMETRIA (mm/ano)	ÁREA SUB-BACIA (km <sup>2</sup> )	Esc. Base (m <sup>3</sup> /h)	m <sup>3</sup> /h/km <sup>2</sup>	mm/ano	%
MUTUCA AUXILIAR	1,775	2.57	180.00	70.12	<b>614.26</b>	<b>35%</b>
FECHOS AUXILIAR	1,888	1.92	167.22	87.09	<b>762.94</b>	<b>40%</b>
APOLO SUL	1,714	23.72	1,766.99	74.49	<b>652.56</b>	<b>38%</b>
CAPANEMA TOTAL	1,714	9.82	1,617.19	164.68	<b>1,443</b>	<b>84%</b>

A partir da Tabela 1 indica que em regiões sem atividade de mineração a taxa de recarga ficou entre 35 e 40% do total de precipitação, enquanto que em região onde houve a formação de uma cava fechada, a mesma funcionou como uma excelente estrutura de RA para o Aquífero Cauê, elevando a taxa de recarga para 84%. Mesmo outros estudos realizados na área indicam que a recarga para o Aquífero Cauê não ultrapassa 47%, sob condições naturais (MOURÃO, 2007).

### 3 – CONCLUSÃO

Pode-se perceber que a implantação de minas de ferro com cavas fechadas a céu aberto aumentou a taxa de recarga dos aquíferos, incrementando a disponibilidade hídrica dos mesmos.

Com tudo, faz-se necessário aplicar estudos como este em outros locais, associados a diferentes métodos para cálculo de recarga, para tentar reproduzir os mesmos resultados. Ou mesmo estabelecer novos critérios para discussão.

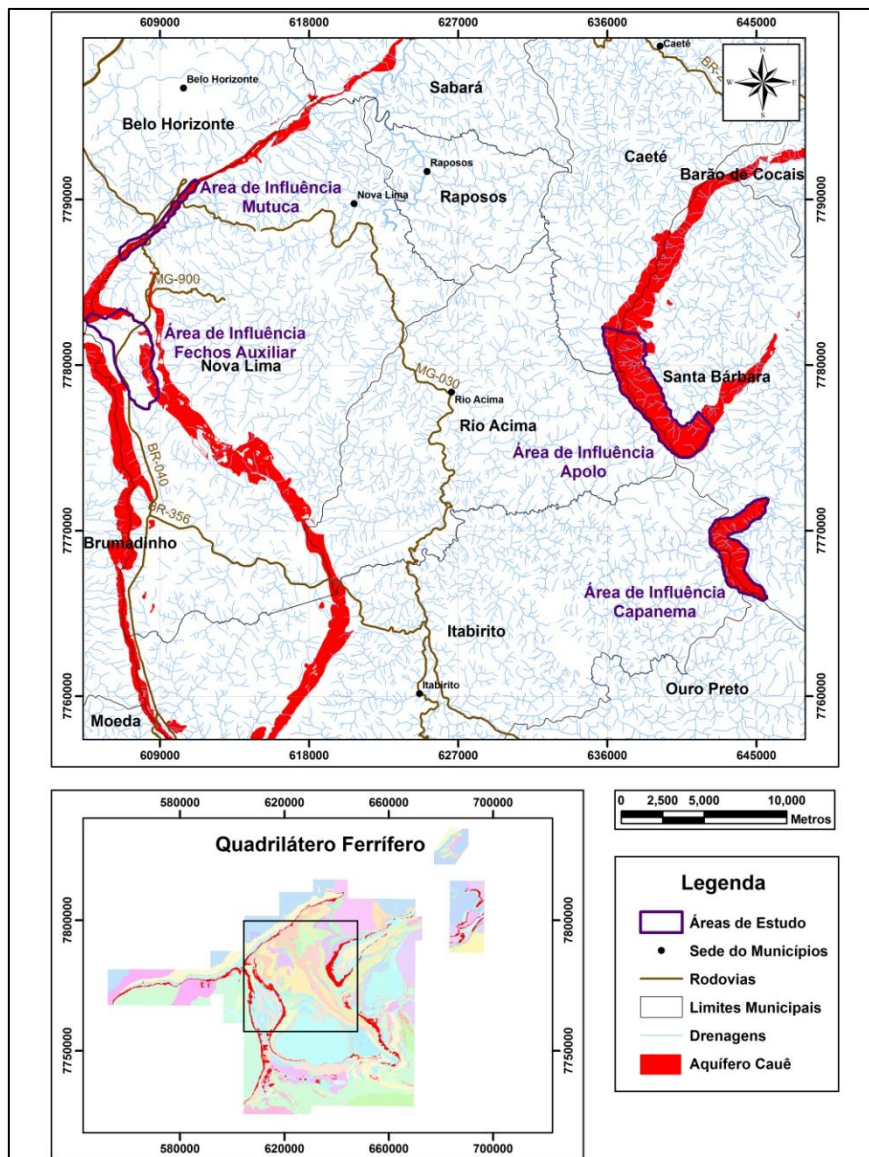


Figura 1: Localização das áreas utilizadas no estudo.

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M. R. 2001. Hidrologia Subterrânea. 2ed. Barcelona: Omega. p. 274.
- MDGEO. 2009. Relatório de Acompanhamento Hidrogeológico – Mina de Capão Xavier. Relatório **Interno VALE**. Belo Horizonte. REL-VALE-MONIT-CPX-01-09.
- MDGEO. 2011. Relatório de Monitoramento Quali-quantitativo de Água Superficial na Região do Projeto Apolo. **Relatório interno VALE**. Belo Horizonte-MG. RL-MG13APL-10-188
- MOURÃO, M. A. A. Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG. **Tese (doutorado)** - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2007.