



## **Estudo de Avaliação do Potencial de Geração de Drenagem Ácida na Mineração Riacho dos Machados**

### ***Evaluation Study of the Potential of Acid Drainage Generation in Riacho Dos Machados Mining***

Flávio de Moraes Vasconcelos Ph.D. e  
Igo de S. Tavares/Hidrogeo Eng. & Gest. de Proj.  
Ltda;  
Rodrigo D. Santos/ Equinox Gold;  
Luiz Fregadolli/Equinox Gold.

**Belo Horizonte, 24 de Novembro de 2021**



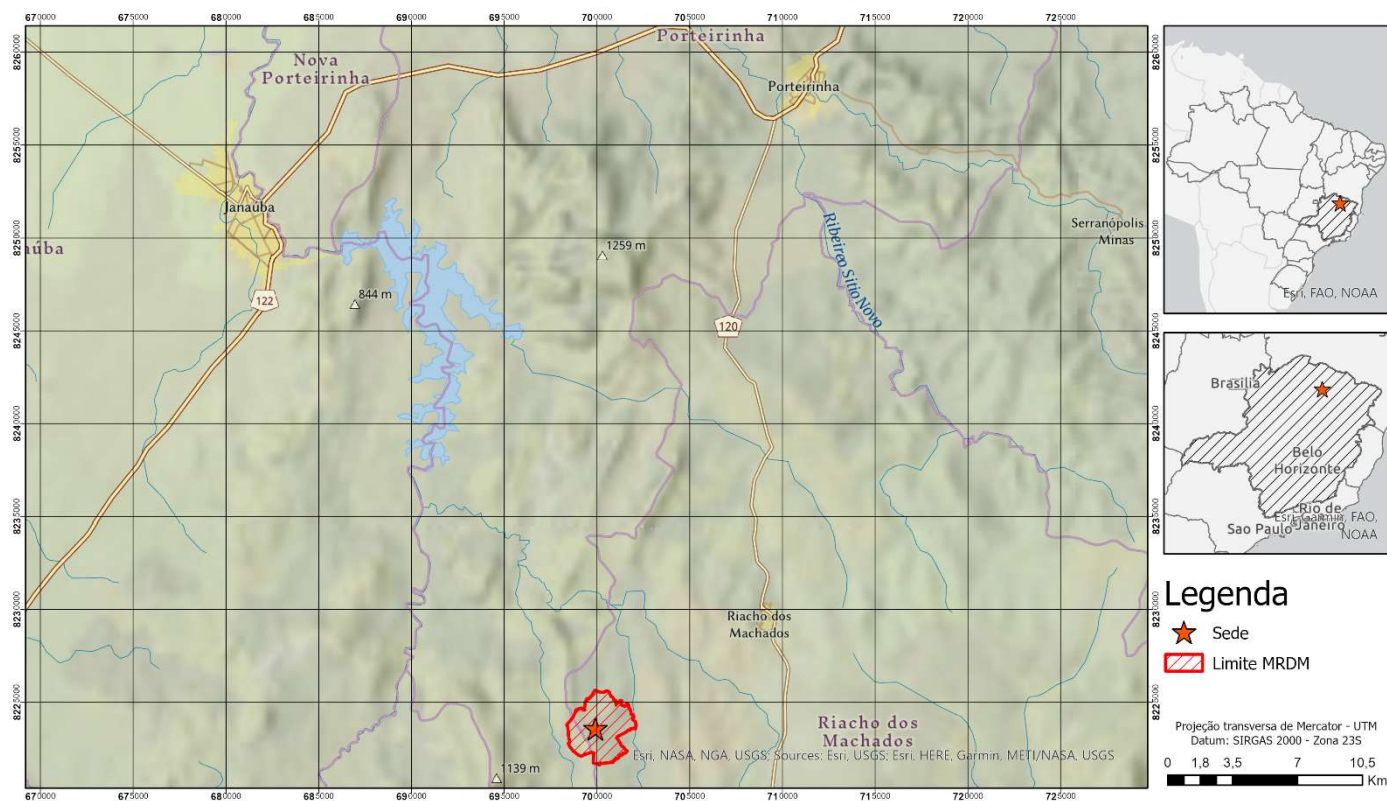


1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA  
1<sup>ST</sup> LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS  
1<sup>ER</sup> CONGRESSO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



## 1. INTRODUÇÃO

- Área de estudo
- MRDM - Mineração Riacho dos Machados, localizada a cerca de 580 km de Belo Horizonte, ao norte do Estado de Minas Gerais.





## 1. INTRODUÇÃO

- Desde 2010 existe um programa de investigação do potencial de reatividade das pilhas de estéril e minério de baixo teor
- Reatividade dos materiais movimentados – geração de drenagem ácida? lixiviação de metais nas pilhas?

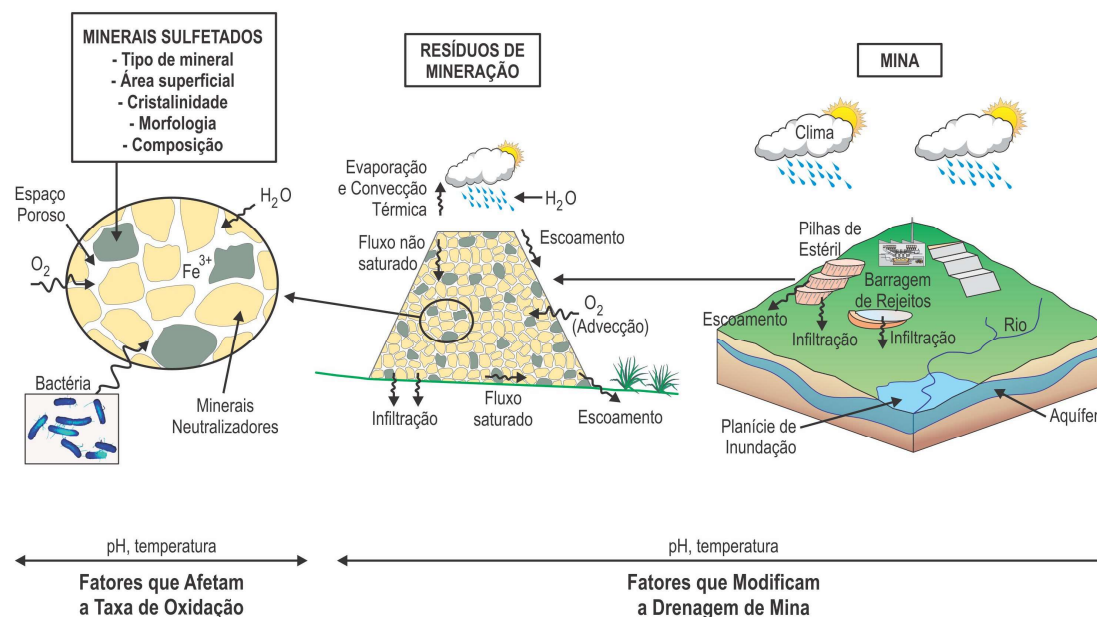


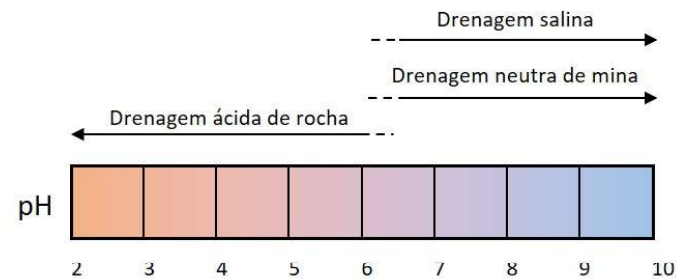
Figura 1: Representação esquemática do processo de geração de DAM.



## 1. INTRODUÇÃO

- Drenagem Ácida de Mina

### Relação típica com o pH da drenagem:



### Características típicas da drenagem:

#### Drenagem ácida de rocha

- pH ácido
- Metais moderadamente elevados
- Sulfato elevado
- Tratamento para neutralização ácida e remoção de metais e sulfato

#### Drenagem neutra de mina

- pH próximo ao neutro para o alcalino
- Baixo para moderado metais. Pode ter elevado: zinco, cádmio, manganês, antimônio, arsênio e selênio
- Baixo a moderado sulfato
- Tratamento para metais e as vezes remoção de sulfato

#### Drenagem salina

- pH neutro a alcalino
- Baixo metais. Pode ter moderado ferro
- Moderado sulfato, magnésio e cálcio
- Tratamento para sulfato e as vezes remoção de metais



## 1. INTRODUÇÃO

- **Geologia regional e local:**
  - A geologia é a base de todo estudo de avaliação de potencial de drenagem ácida de mina;
  - A MRDM está inserida na Faixa de Dobramentos Araçuaí, ao longo da margem oriental do Cráton São Francisco, estruturalmente deformada por um sistema de falhas de empurrão imbricadas, dirigidas para oeste, que colocam a sequência em contato com as rochas do embasamento gnáissico;
  - A zona de cisalhamento dúctil gerada pelo empurrão possibilitou que fluidos hidrotermais percolassem e formassem texturas e assembleias minerais responsáveis pela mineralização de ouro na área.

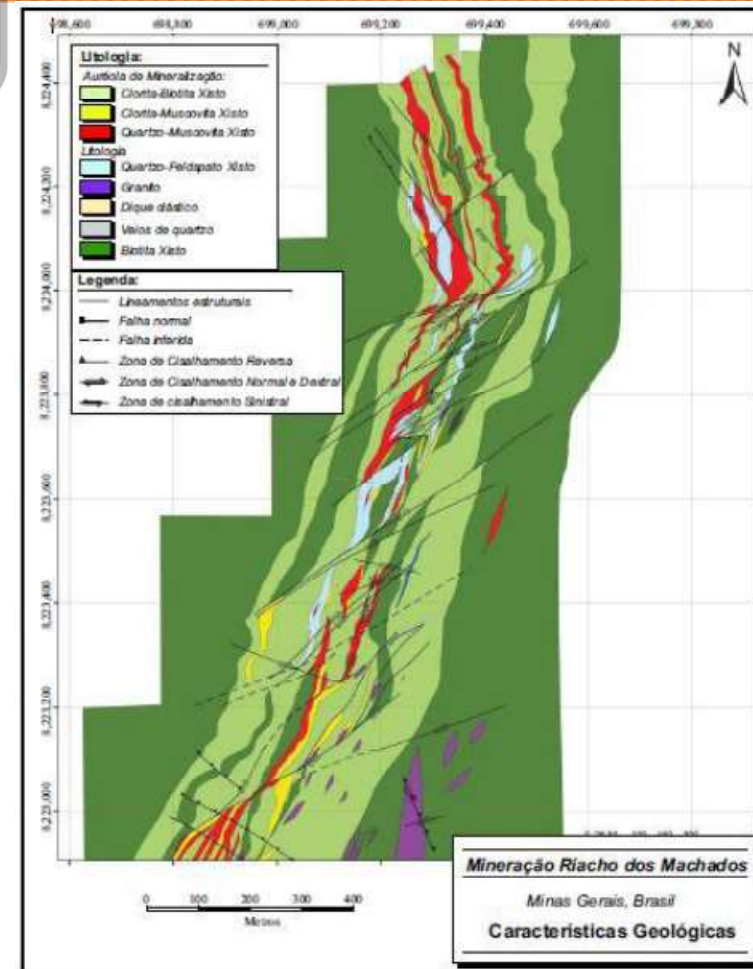


## 1. INTRODUÇÃO

- Geologia local da área da cava

- **Litologia (Faixa de Dobramentos Araçuaí):**

- 1- Biotita xisto (BX);
- 2- Clorita Biotita Xisto (CBX);
- 3- Clorita Muscovita Xisto (CMX);
- 4- Quartzo Feldspático Xisto (QFX); e
- 5- Quartzo Muscovita Xisto (QMX).





1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA  
1<sup>ST</sup> LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS  
1<sup>ER</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



## 2. OBJETIVOS

- Investigação do potencial de geração de DAM, de trabalhos já relacionados na MRDM com esta finalidade e a avaliação destes resultados em relação os dados de monitoramento ambiental de água subterrânea mais recentes, ou seja dos últimos 3 anos.



### 3. METODOLOGIA



Mine Phase	Number of Samples	Testing
Exploration – Prospect Testing	3 to 5 samples*	Static testing
Exploration – Resource Definition	5 to 10 samples*	Static testing
<b>Pre-Feasibility</b>	<b>Several hundred 1 to 2 samples*</b>	<b>Static testing Kinetic testing</b>
Mine Planning, Feasibility, and Design	As required for block model refinements	As required

- Ensaios estáticos
  - 154 amostras coletadas de testemunhos de sondagem
  - A Hidrogeo reinterpreto o resultado dos ensaios estáticos do tipo Modified Acid Base Accounting (MABA) e Net Acid Generation (NAG)
  - Divisão das amostras:
    - Classificação econômica (Estéril Franco, Estéril Proximal)
    - Litologia - Biotita xisto (BX), Clorita Biotita Xisto (CBX), Clorita Muscovita Xisto (CMX), Quartzo Feldspático Xisto (QFX), Quartzo Muscovita Xisto (QMX)

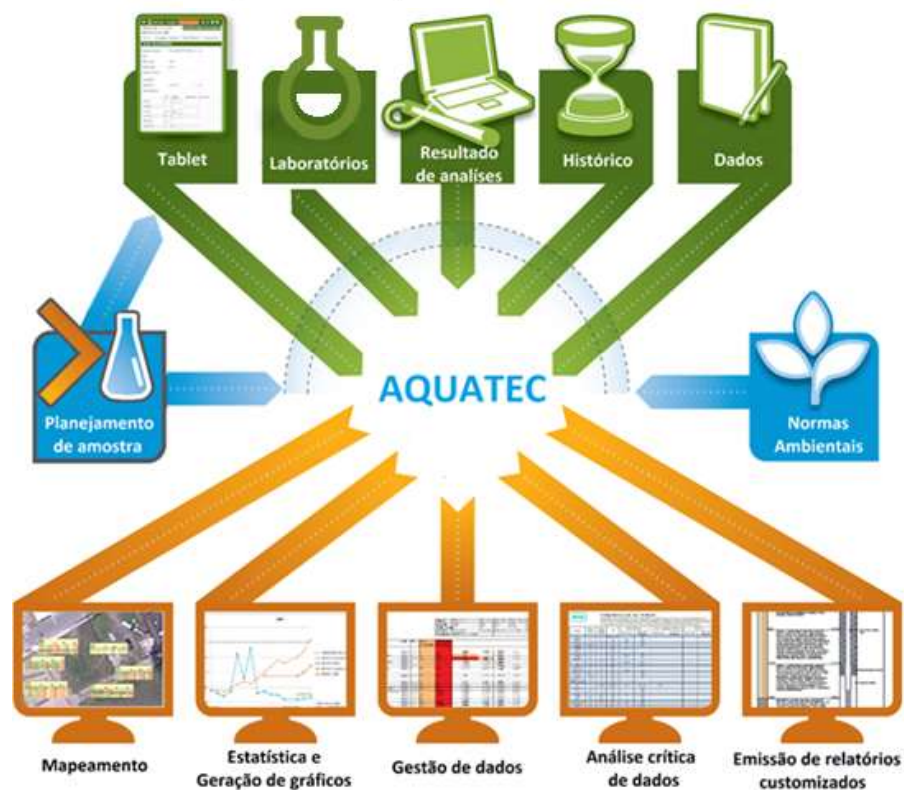




### 3. METODOLOGIA

- **Monitoramento ambiental**

- Campanhas de monitoramento ambiental de água subterrânea da MRDM dos últimos 3 anos (2018/2019/2020)
- Processamento e análise dos dados utilizando a plataforma de gestão de dados de monitoramento hídrico AQUATEC

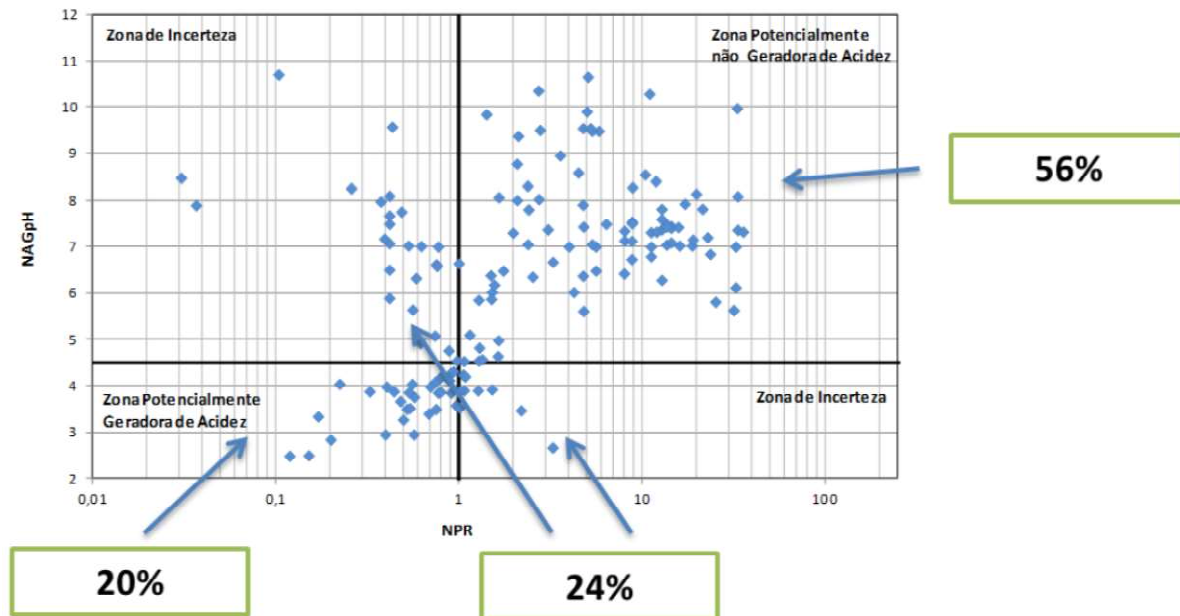




## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Resultados dos ensaios estáticos 154 amostras de estéril franco

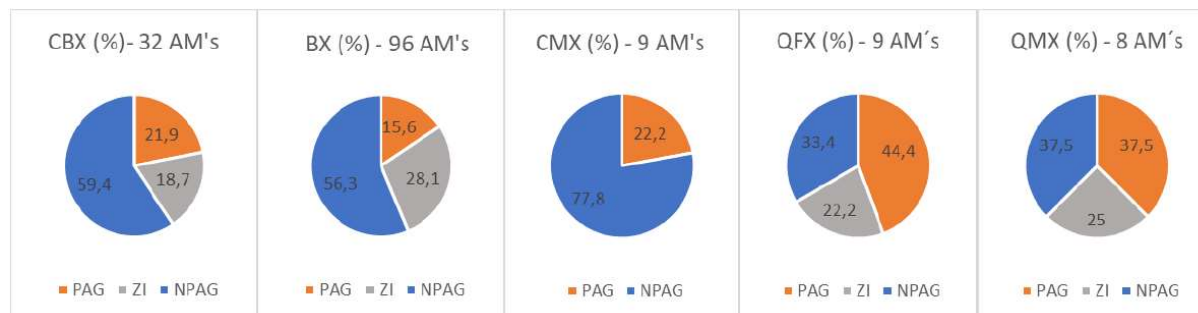
- amostras 20% apresentaram potencial geração de acidez (PAG),
- 24% estão na zona de incerteza (ZI)
- 56% como potencialmente não geradoras de acidez (NPAG)





## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Proporções por litologia dos resultados dos ensaios estáticos



- As litologias mais amostradas (i.e., CBX e BX) foram aquelas que apresentam o maior volume de rochas ou em massa
- Somente 20% das amostras de estéril franco apresentaram potencial de geração de DAM e cerca de 56% não apresentaram potencial.
- Os resultados dos ensaios estáticos sugerem que existe uma capacidade de tamponamento do potencial de geração de acidez.
- A pilha já está em operação a mais de 15 anos e os resultados de monitoramento de água subterrânea continuam dentro do limite legal, entre 6,0 e 8,0 e não se observa concentrações de sulfato distantes da pilha de estéril.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- *Monitoramento água subterrânea*
- Os dados de monitoramento processados e analisados utilizando a plataforma AQUATEC
- pH: os pontos em verde apresentaram todos os valores dentro dos VMPs preconizados no CONAMA 420/2009. Nenhum ponto apresentou um valor acima do VMP desta norma.





## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- *Monitoramento água subterrânea*
- Sulfato:
  - Os pontos de monitoramento para o parâmetro sulfato da água subterrânea apresentam-se dentro de um padrão esperados para valores deste parâmetro em pilha de estéril com rochas sulfetadas;
  - Conforme observado no ponto PA 42, apresentado anteriormente a média e a mediana estão dentro de valores aceitáveis para um ambiente de pilha de estéril sulfetado (i.e., média = 1.031 mg/L e mediana = 324 mg/L);
  - A continuidade do monitoramento ambiental se faz necessária de qualquer forma.



## 5. CONCLUSÕES

- O design de pilha com a separação de litologias com maior teor de sulfetos daquelas com menor teor tem se demonstrado efetivo no sentido de mitigação da geração de acidez.
- Somente 20% das amostras de estéril franco apresentaram potencial de geração de DAM e cerca de 56% apresentaram baixo potencial ou até inexistente.
- Os resultados dos ensaios estáticos sugerem que existe uma capacidade de tamponamento do potencial de geração de acidez.
- Os dados de monitoramento ambiental gerenciado na plataforma AQUATEC demonstram que até o momento não se verifica valores de pH acima do VMP fora dos limites das pilhas de estéril e da cava.



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA  
1<sup>ST</sup> LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS  
1<sup>ER</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



**HidroGeo**  
Engenharia e Gestão de Projetos

## 5. Agradecimentos:

- A Equinox Gold – por permitir a apresentação deste trabalho;
- A todos os técnicos que participaram da elaboração deste trabalho;
- A comissão técnica e científica do CLADAM que aprovou o trabalho para ser apresentado;
- Especial agradecimento ao Prof. Wildeman e ao colega Jim Gusek que muito contribuíram para a minha formação técnica e aprendizado profissional!!!



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA  
1<sup>ST</sup> LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS  
1<sup>ER</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



## 5. AGRADECIMENTOS



Estudantes e professores da  
Colora School of Mines juntos do  
**Prof. Tom Wildeman** quando  
recebeu um prêmio da Sociedade  
de Engenheiros de Mina dos EUA  
pela suas contribuições na área de  
**drenagem ácida de mina (DAM).**

ICARD, 2006 – St. Louis - MO