



## Extração íons da pilha de minério e bota-fora 4 da mina de Osamu Utsumi (MG) em circuito fechado utilizando drenagem ácida de mina

Luís Gustavo Trettel Pelisam - IG/UNICAMP  
Aline Renee Coscione - IAC  
Heber Luiz Caponi Alberti - LAPOC/CNEN  
Rodrigo Leandro Bonifacio - LAPOC/CNEN  
Ricardo Perobelli Borba - IG/UNICAMP

Belo Horizonte, 25 de Novembro de 2021





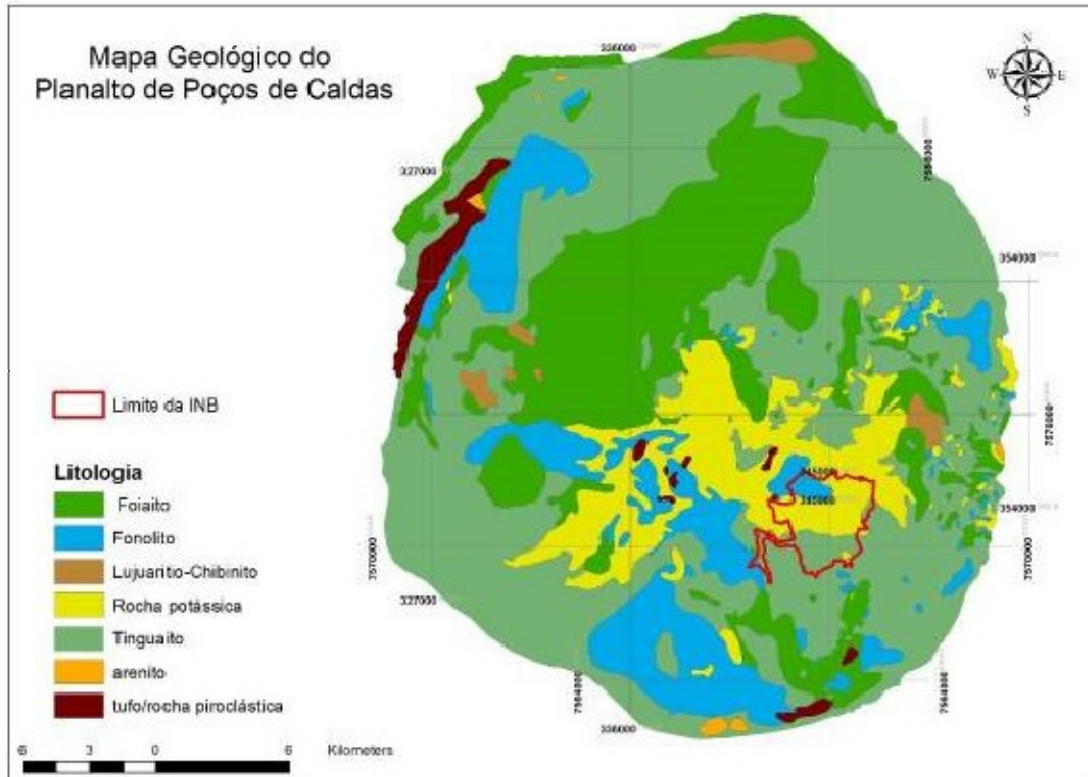
1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA  
1<sup>ST</sup> LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS  
1<sup>ER</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

- **A mina Osamu Utsami**
  - INB, Município de Caldas (MG)
  - Exploração de Urânio – Lavra a céu aberto - início em 1982 – término 1996
  - Situação atual: descomissionamento





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



## Mina Osamu Utsumi

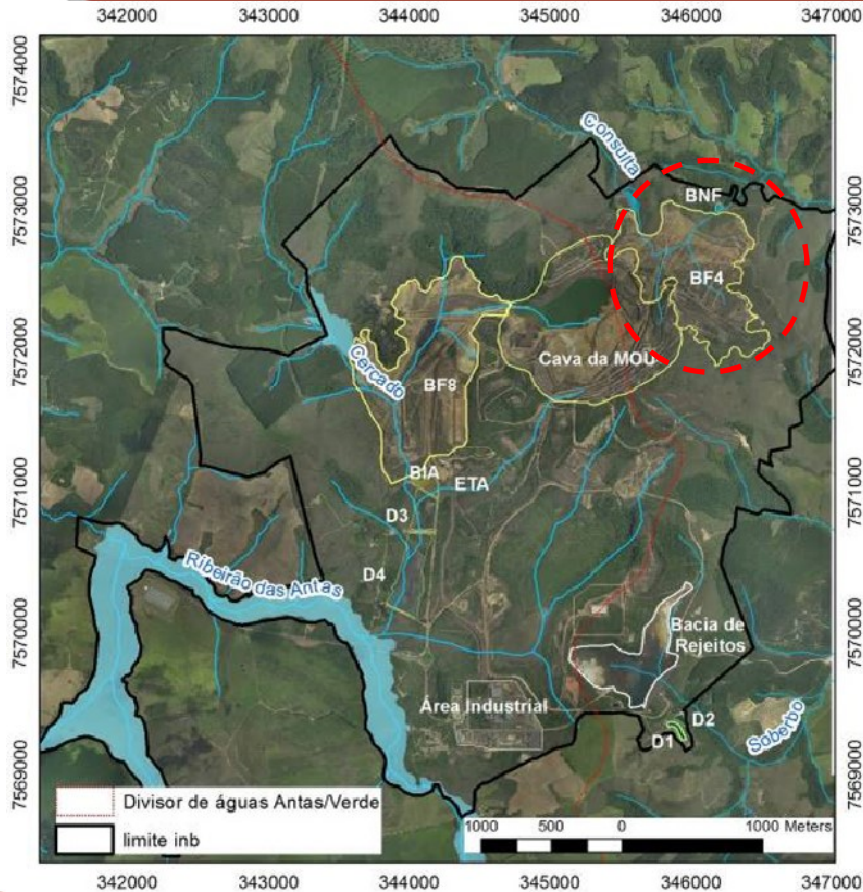
Suíte Alcalina de Poços de Caldas – fonólitos  
(feldspato potássico,  
sericita, **pirita**, fluorita,  
minerais de urânio  
(processos hidrotermais))

Fonte: Caponi, 2016





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



Visão geral do complexo industrial da INB/Caldas.  
Em destaque a pilha de estéril BF4 e a bacia Nestor Figueiredo (BNF) de contenção da DAM do BF4.

Fonte: Caponi, 2016



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

## Mina Osamu Utsumi



Fonte: Caponi, 2016





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

## Mina Osamu Utsumi



Fonte: Caponi, 2016



- No período de operação da mina foram **removidas  $94,5 \times 10^6$  toneladas de rocha**, sendo que **apenas 2%** deste material foram enviados para **processamento**
- **2.395.820 ton de rejeitos contendo pirita** depositados em pilhas de estéreis denominados **bota-foras-BF**.
- O principal BF é o BF4, ocupa 56,9 ha e contém **12,4 milhões  $m^3$  de estéril**, com altura de talude de 90 metros
- No material que constitui o BF4 Wiikmann (1998) identificou As, Ce , Co , Cs , Eu , Fe, Hf , K, La, Lu, Na, Nd, Rd, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn.
- Vazão mensal média de drenagem ácida é de  $80.000m^3/mês$



O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de extração de elementos terras raras (ETR's) e K pela da DAM do BF4 da própria pilha de estéril do BF4 da mina Osamu Utsami, da INB no município de Caldas (MG) em experimentos de laboratório de circulação.





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

## Etapa de campo

- Coleta de brechas vulcânicas do BF4 e de DAM.



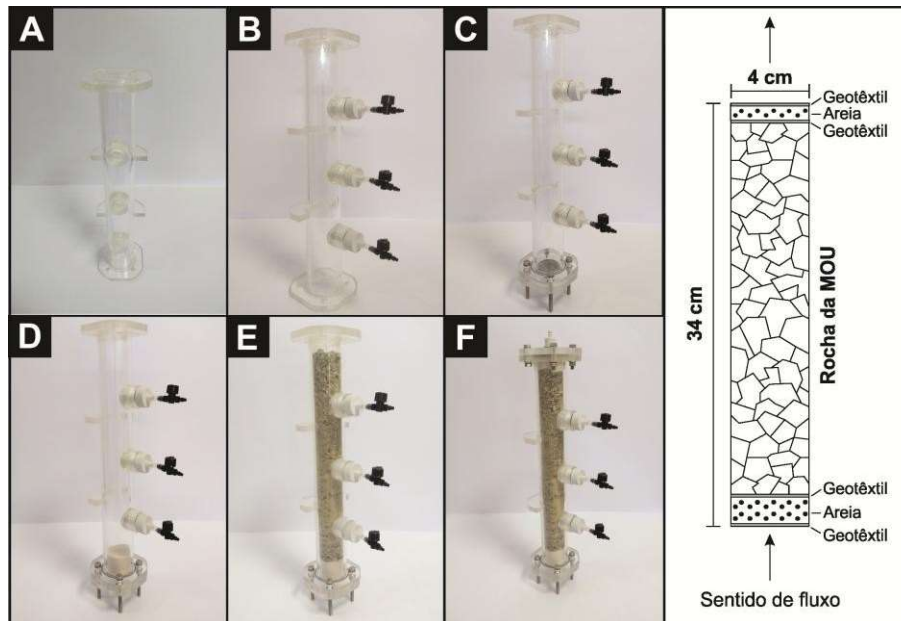


## MATERIAIS E MÉTODOS

- Caracterização mineralógica (DRX).
  - Método de pó total e quantificação por modelagem de Rietveld (1969).
- Composição química total (FRX).
  - Análise de elementos maiores e menores;
  - Método da pastilha prensada;
- Extração parcial (EPA-3051)
  - Solubilização parcial através de  $\text{HNO}_3$  e aquecimento por micro-ondas.



## MATERIAIS E MÉTODOS



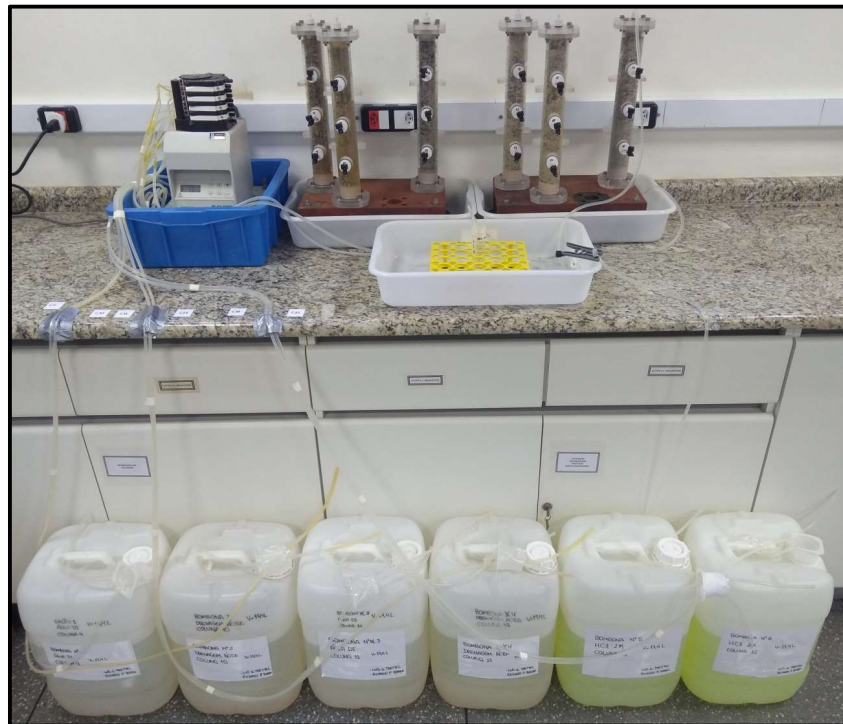
- A coluna de acrílico usada no experimento possuía 34 cm de comprimento e diâmetro de 4 cm.
- O material britado do BF4 foi reconstituído segundo EPA - 1627 (2011). A coluna foi preenchida com 580 g do material reconstituído.
- O topo e a base da coluna recebeu uma camada de areia quartzosa recobertas por geotêxtil.
- A coluna possuía a porosidade total de 0,196L, denominada volume de poros (VP).





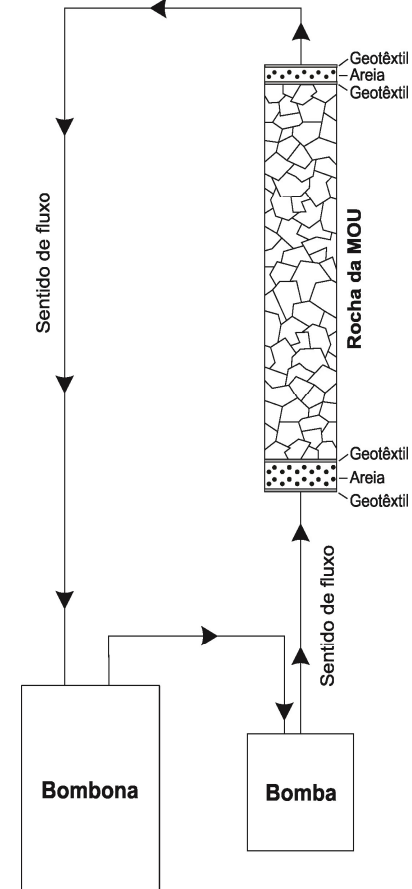
1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA  
1<sup>ST</sup> LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS  
1<sup>ER</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

## • Circulação.



(Circuito fechado)

## MATERIAIS E MÉTODOS





## MATERIAIS E MÉTODOS

**Tabela 1:** Correspondências entre litotipo, fluído, identificação da coluna e da bombona, volume de poros da coluna (VP), volume total e volume de poros circulados no experimento de circulação.

Origem	Fluído	ID Coluna	Volume de Poros (VP)	Volume total circulado	Volume de poros circulado
BF4	DAM	BF4 - C2	0.196 L	18,36 L	93,67

- coleta de amostras do lixiviado diária, duas vezes ao dia, durante os primeiros cinco dias de experimento, e uma vez ao dia até completar os 38 dias.
- determinação de pH, Eh, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.
- as amostras foram filtradas em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  e aciduladas com  $\text{HNO}_3$ .
- As soluções coletadas tiveram sua composição química determinada por ICP-OES.



## RESULTADOS

### •Caracterização mineralógica (DRX – BF4)

Nas brechas vulcânicas foram identificados por DRX:

- o feldspato potássico (64%),
- a ilita (35%)
- e a pirita (1%)





Extração total (FRX) extração parcial (EPA-3051) de elementos de interesse das brechas vulcânicas do BF4

Experimento	FRX Total	EPA-3051 Extração	% extraída pelo EPA 3051
Elementos	mg/kg	mg/kg	%
Al	109.062,30	9.742	8,93
<b>Fe</b>	13.475,40	11.854,40	<b>87,97</b>
<b>Mn</b>	542,10	346	<b>63,83</b>
Mg	3.678,50	84,90	2,31
<b>Ca</b>	4.621,70	1.690,50	36,58
<b>P</b>	584,80	246,30	<b>42,11</b>
S	10.000	14.041	<b>140,41</b>
mg/g	mg/g	mg/g	%
Ba	0,54	0,03	4,94
<b>Ce</b>	0,66	0,28	<b>42,65</b>
<b>La</b>	0,53	0,20	<b>37,72</b>
<b>Nd</b>	0,07	0,03	<b>40,96</b>
<b>Pb</b>	0,07	0,04	<b>61,80</b>
Y	0,08	0,03	34,44
<b>Zn</b>	0,10	0,11	<b>104,27</b>



Elemento	DAM <sup>1</sup> (L1)	Extração experimento <sup>2</sup> (L2)	Balanço <sup>3</sup> (L2-L1)	Total Rocha <sup>4</sup>	Extração ou Retenção <sup>5</sup>
	mg	mg	mg	mg	%
<b>K</b>	150	139	-11	53.410	<b>-7,3</b>
<b>Al</b>	1.713	1.775	62	63.256	<b>0,1</b>
<b>Ca</b>	1261	1.988	727	2.681	<b>27,1</b>
<b>Fe</b>	13	9	-4	7.816	<b>-29</b>
<b>Mg</b>	56	51	-5	2.133	<b>-8,9</b>
<b>Mn</b>	1.081	1.165	84	314	<b>26,8</b>
<b>S</b>	5.028	5.775	747	5.800	<b>12,9</b>
<b>Zn</b>	194	198	4	381	<b>1,0</b>
<b>Ce</b>	365	354	-11	381	<b>-3,0</b>
<b>Y</b>	67	64	-3	43	<b>-4,5</b>
<b>Nd</b>	186	177	-9	40	<b>-4,8</b>
<b>La</b>	529	512	-17	306	<b>-3,2</b>
<b>U</b>	90	90	0	95	<b>0,0</b>

Extração ou retenção dos elementos maiores e traço da brecha vulcânica do BF4 pela DAM durante o experimento de circulação.

**DAM1:** Massa do elemento contida no volume da DAM na bombona, em mg.

**Extração Experimento2:** Quantidade do elemento na bombona, em mg, ao final do experimento.

**Balanço3:** Diferença entre o total do elemento contido na DAM original e na bombona ao final do experimento.

**Total Rocha4:** Massa total do elemento, em mg, contida nas rochas da coluna.

**Extração/Retenção5:** % do elemento removida da rocha / % do elemento retido na coluna por adsorção ou precipitação deste elemento contido na DAM.



## CONCLUSÕES

- A circulação de DAM não foi efetiva na remoção de ETR's e K (houve retenção de ETR's na coluna)
- A ineficiência deve se relacionar com o pH relativamente alto da DAM (pH = 3,5 - 4,0), incapaz de fornecer a energia de ativação das reações de dissolução da uraninita e de fosfatos de ETR's, descritos na literatura nas rochas da mina.
- A retenção de Fe, Al, K ou Mg exclui a possibilidade de reações de alteração da pirita ou do feldspato potássico e illita/sericita.
- A retenção do Fe, provavelmente pela precipitação de hidróxido de ferro, deve ter sido responsável pela retenção dos ETR's por meio de co-precipitação ou adsorção.





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

**Obrigado!!**