

"INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO ÁCIDO/MINÉRIO  
NO TRATAMENTO DE MINÉRIO URANO-SILICATADO"

Autores: CARLOS ANTAKI (\*)  
MOACIR CIPRIANI (\*\*)  
JOÃO BATISTA BRUNO (\*\*\*)

(\*) Engenheiro do Departamento de Engenharia de Processos/SPEN.PM da NUCLEBRÁS

(\*\*) Químico do Departamento de Engenharia de Processos/SPEN.PM da NUCLEBRÁS

(\*\*\*) Chefe da Divisão de Tecnologia de Processos/SPEN.PM da NUCLEBRÁS

BR8715355

INIS-BR--772

ABSTRACT

This work presents the estimation of acid addition effect (kg of  $H_2SO_4$ /t of ore) in uranium extraction from an uranium-silicate ore, with a view to the control of silica concentration in leach under 0,6g/L.

The analysis was effected based on bench-scale tests, with different quantities of sulfuric acid addition.

**"INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO ÁCIDO/MINÉRIO  
NO TRATAMENTO DE MINÉRIO URANO-SILICATADO"**

**RESUMO**

O trabalho apresenta a avaliação da influência da relação ácido/minério na recuperação de urânio de minério urano-silicatado, visando a manutenção da concentração de sílica na lixívia em valores inferiores a 8,6g/l.

A análise foi efetuada com base em estudos em bancada, com diversos valores da relação ácido sulfúrico/minério.

## 1. INTRODUÇÃO

A presença da sílica nas lixílvias obtidas na hidrometalurgia de minérios de urânio apresenta um problema operacional na etapa posterior de extração por solventes de urânio contido na lixívia.

Com o objetivo de minimizar o efeito da sílica presente na lixívia, foram desenvolvidos no Laboratório de Processos de Poços de Caldas, da Superintendência de Engenharia da NUCLEBRAS, os seguintes estudos:

- Melhoria no controle das condições operacionais durante a extração por solvente e aumento das áreas de decantação no sistema fase aquosa-fase orgânica para evitar a formação de emulsões /1/.
- Pré-tratamento das lixílvias através da adição de floculantes específicos na etapa de clarificação /2/.

Por outro lado, foram também desenvolvidos estudos com o objetivo de reduzir a solubilidade de sílica durante a abertura química do minério. Esses estudos incluíram:

- Substituição do processo de lixiviação ácida convencional pela cura ácida, a qual produz a insolubilização da sílica, reduzindo sensivelmente a concentração de sílica solúvel na lixívia /3,4,5,6/.
- Aumento da relação ácido/minério na lixiviação agitada, baseado no fato que níveis elevados de acidez livre provocam insolubilização da sílica na etapa de abertura química /7/.

Os estudos foram conduzidos com minério de urânio da jazida de Lagoa Real - Bahia. Estudos anteriores com este minério haviam indicado uma relação ácido/minério de 50kg de  $H_2SO_4$  por tonelada para uma recuperação de 85% dos valores de urânio na etapa de abertura química /8,9/.

O presente trabalho procura avaliar a influência do aumento da relação ácido/minério na insolubilização da sílica e na recuperação do urânio.

## 2. AVALIAÇÃO TÉCNICA - PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Os ensaios de lixiviação foram realizados com amostra de minério de urânio, analisando 0,86% de  $U_3O_8$ .

A amostra foi preparada para caracterização e ensaios de lixiviação, de acordo com o diagrama apresentado na Figura 01.

### 2.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A Tabela I apresenta a análise granulométrica e a distribuição do urânio nas diversas frações da amostra cominuída a -20 malhas.

### 2.3 ANÁLISE QUÍMICA

Na Tabela II estão apresentados os resultados da análise química da amostra estudada, tendo-se utilizado métodos de via úmida e análise instrumental para a determinação dos elementos.

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

A caracterização mineralógica da amostra foi efetuada através da técnica de microscopia por luz polarizada, acompanhada da identificação por difratometria de raios X.

Foram também empregadas as técnicas de separação em líquidos densos e separador Frantz.

Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela III.

## 2.5 ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO EM BANCADA

Foram realizados ensaios de lixiviação ácida agitada, para diversos valores da relação ácido sulfúrico/minério e para diversos tempos de lixiviação.

Os ensaios foram realizados conforme o esquema apresentado na Figura 02, através do qual foi simulada a etapa de abertura química do minério incluindo a lixiviação e filtração.

Os seguintes parâmetros foram mantidos constantes em todos os ensaios efetuados:

• massa de amostra	200g
• sólidos na lixiviação	60t
• granulometria do minério	-20 malhas
• temperatura	80°C
• relação de lavagem na filtração	1,2m <sup>3</sup> /t
• ácido utilizado	sulfúrico

Os resultados obtidos para a recuperação do urânio e para a concentração de sílica na lixívia estão registrados na Tabela IV e nas Figuras 03 a 06.

Trabalhos anteriormente efetuados revelaram que concentrações de sílica inferiores a 0,6g/l não acarretam problemas operacionais na etapa de extração por solventes.

Conforme destacado na Figura 05, o valor de 0,6g/l para a concentração de sílica na lixívia corresponde a uma relação ácido sulfúrico/minério de 100kg/t e a um tempo de lixiviação de 9 horas.

Nessas condições, por outro lado, a recuperação do urânio atinge valores da ordem de 96%.

## 3. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação preliminar para o minério existente na região originária da amostra contemplava a viabilidade econômica para o tratamento do minério, adotando-se a relação ácido/minério de 50kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t e rendimento de extração da ordem de 85 dos valores de urânio contidos.

Nesse sentido, utilizando-se para o tratamento do minério uma relação superior à prevista, o incremento na relação ácido/minério e, conseqüentemente, o maior consumo de calcário e cal na neutralização de efluentes devem ser compensados por maior extração de urânio.

Portanto, considerando-se que uma concentração de sílica na lixívia, em valores inferiores a 0,6g/L, não provoca acentuada influência na etapa de extração por solventes /10/, procurou-se determinar, através de modo matemático, o rendimento de extração teórico do urânio para acompanhar os custos operacionais, segundo as condições para produzir lixívias com as características citadas.

Com base nos ensaios de laboratório, adotou-se uma relação ácido/minério de 100kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (incremento de 50kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t em relação às condições anteriores) e tempo de lixiviação de 9 horas, sob agitação mecânica, cuja recuperação mínima de urânio necessária encontra-se computada na Tabela V.

Conforme registrado na Tabela V, a recuperação mínima de urânio é de 86,15%, dentro das premissas admitidas.

#### 4. CONCLUSÕES

A avaliação técnica permitiu constatar que a concentração de sílica na lixívia diminui quando se emprega relações ácido/minério mais elevadas.

Por outro lado, um tempo de lixiviação mais prolongado também favorece a insolubilização da sílica, provavelmente por facilitar a desidratação do ácido silícico formado.

A viabilidade econômica preliminar do processo proposto foi confirmada, em virtude da recuperação de urânio obtida em laboratório (96%) superando, com folga, o mínimo necessário de 85,15% obtidos pela aplicação do programa.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

01. RANGEL JR., H. et alii - Ensaio contínuo com amostra superficial do minério de anomalia 03 de Lagoa Real. Corrida piloto nº 16. Nota Técnica LABPR.EM Nº 006/83, 130p.
02. CIPRIANI, M. - Lixiviação ácida agitada em meio sulfúrico, de minérios das anomalias 03, 06, 07 e 13 de Lagoa Real, BA. Nota Técnica LABPR.EM Nº 007/83, Poços de Caldas, NUCLEBRAS, 1982, 168p.
03. CIPRIANI, M. - Cura ácida em meio sulfúrico de minérios das anomalias 03, 06, 07 e 13 de Lagoa Real, BA. Nota Técnica LABPR.EM Nº 008/83, Poços de Caldas, NUCLEBRAS, 1983, 74p.
04. CIPRIANI, M. & DELLA TESTA, A. - Corrida semipiloto de cura ácida nº 01 - Anomalia 03 - Projeto Lagoa Real. Nota Técnica LABPR.EM Nº 005/84, Poços de Caldas, NUCLEBRAS, 1984, 55p.
05. CIPRIANI, M. & DELLA TESTA, A. - A cura ácida como alternativa para recuperação de urânio de minérios silicificados. X Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia. Belo Horizonte, 23-25 de maio, 1984.
06. DELLA TESTA, A. & CIPRIANI, M. - Ensaios piloto de cura ácida com amostras de minerais de Lagoa Real (anomalia 06). Nota Técnica LABPR.EM Nº 015/83, Poços de Caldas, NUCLEBRAS, 1983, 43p.
07. CIPRIANI, M. - Avaliação da solubilidade da sílica em condições drásticas de lixiviação de minério de Lagoa Real - BA. Nota Técnica LABPR.EM, Poços de Caldas, NUCLEBRAS, em redação.

08. BRUNO, J. B. & ANTAKI, C. - Caderno de dados do projeto Lagoa Real. NUCLEBRÁS, 1983.
09. CAHAROTA, M. - Avaliação preliminar do projeto Lagoa Real. NUCLEBRÁS, 1982.
10. HERRIT, R. C. - The extractive metallurgy of uranium. Golden, Colorado School of Mines, Research Institute, 1971. 576p.

MALHAS (Mesh Tyler)	PERCENTAGEM DE PESO ACUMULADA (%)	DISTRIBUIÇÃO DO URÂNIO (%)
20	0,19	0,1
28	7,55	1,8
35	24,80	21,0
48	40,20	12,0
60	49,10	9,0
100	67,50	16,0
150	75,50	6,6
250	84,00	7,5
325	90,02	6,0
400	94,05	4,0
-400	100,00	11,0

TABELA I - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA AMOSTRA UTILIZADA NOS ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO

ESPECIES	TEOR (%)
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,80
SiO <sub>2</sub>	55,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,00
TiO <sub>2</sub>	0,60
CO <sub>2</sub>	0,40

TABELA II - ANÁLISE QUÍMICA DA AMOSTRA UTILIZADA NOS ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO

ESPECIES	TEOR (%)
ALBITITO	76
PIROXENIO	4
GRANADA	3
ANFIBÓLIO	10
CALCITA	1
TITANITA	1
SIOTITA	traços
CAGLINITA	traços
MAGNETITA	traços
URANINITA	traços
COFINITA	traços

TABELA III - CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA AMOSTRA UTILIZADA NOS ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO



RAM (kg/t)	TEMPO DE LIXIVIAÇÃO (h)							
	3		6		9		12	
	SU (%)	SiO <sub>2</sub> (g/l)	SU (%)	SiO <sub>2</sub> (g/l)	SU (%)	SiO <sub>2</sub> (g/l)	SU (%)	SiO <sub>2</sub> (g/l)
30	83	2,5	80	2,0	80	1,9	83	1,9
60	89	3,1	88	2,8	90	2,0	89	2,3
90	94	2,6	92	2,5	96	0,6	95	0,6
120	96	0,9	95	0,8	97	0,5	98	0,5
150	97	4,8	97	0,7	98	0,5	98	0,5

TABELA IV - RESULTADOS DE SOLUBILIZAÇÃO DO URÂNIO (SU) E DA SÍLICA SOLÚVEL NA LIXÍVIA (SiO<sub>2</sub>) EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO ÁCIDO/MINÉRIO (RAM) PARA DIFERENTES TEMPOS DE LIXIVIAÇÃO

CÁLCULO DA RECUPERAÇÃO MÍNIMA DE URÂNIO NECESSÁRIA PARA REMUNERAR O INCREMENTO DE ÁCIDO SULFÚRICO ADICIONADO

Incremento da quantidade de ácido sulfúrico a ser adicionado	50kg/t
Custo do ácido sulfúrico	102.00US\$/t
Custo do calcário	3.50US\$/t
Custo do cal	38.00US\$/t
Recuperação química do urânio obtida anteriormente	85%
Preço estimado do concentrado de urânio	25.00US\$/lb
Teor de urânio no minério original	8.600ppm

Resposta - A RECUPERAÇÃO MÍNIMA DE URÂNIO NECESSÁRIA É DE 86,1515%

TABELA V - RESULTADO DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA FORNECIDA PELO COMPUTADOR

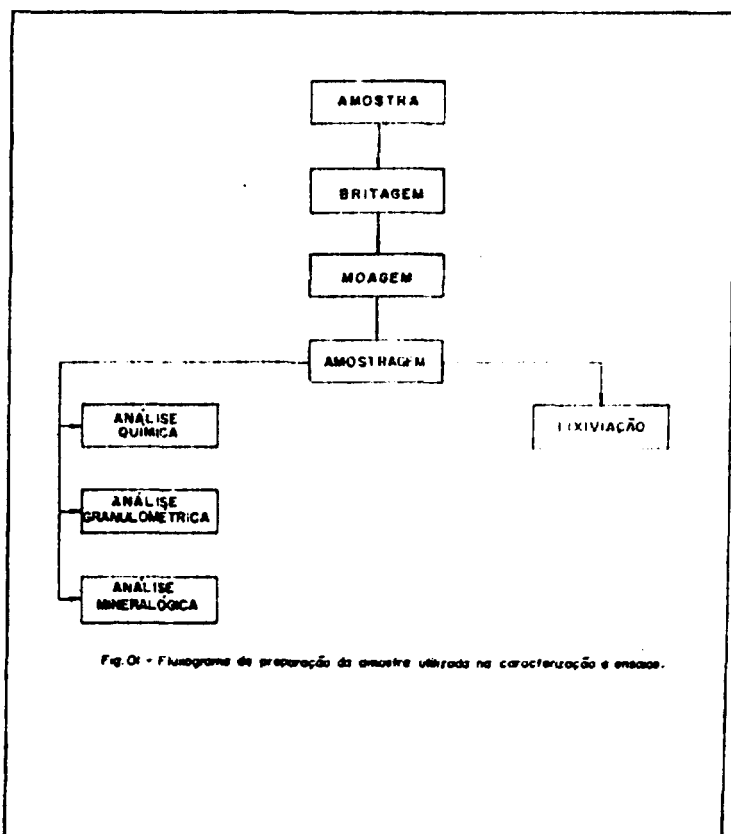


Fig. 01 - Fluxograma de preparação da amostra utilizada na caracterização e ensaio.

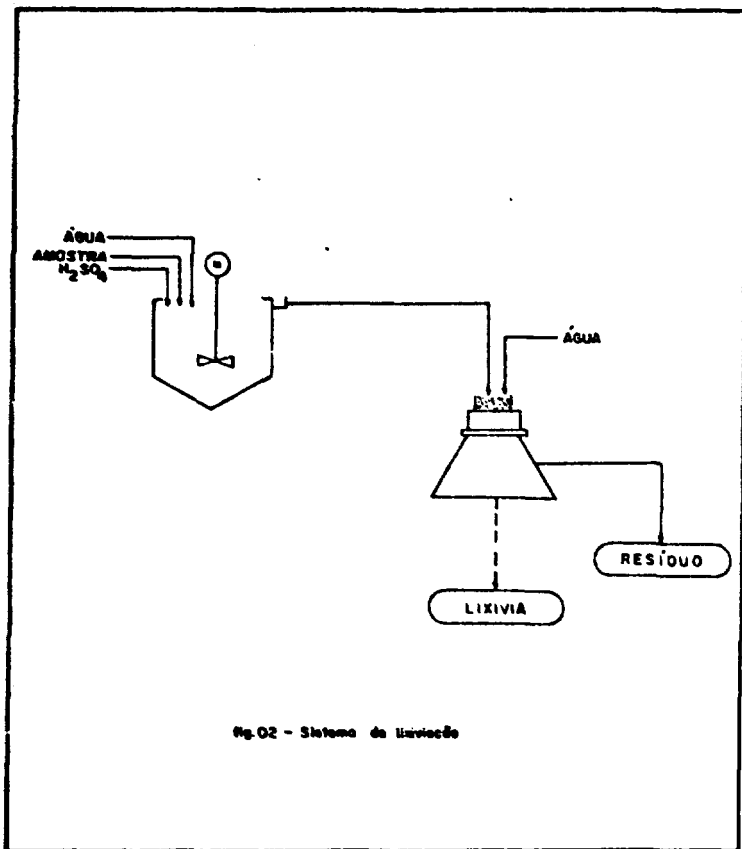


Fig.02 - Sistema de lixiviação

