

ATAPULGITA DO PIAUI PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

64

*José Pereira Neto
Salvador L. M. de Almeida
Ronaldo de Miranda Carvalho*

PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Itamar Franco

MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

José Israel Vargas

PRESIDENTE DO CNPq

Lindolpho de Carvalho Dias

DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

José Ubirajara Alves

DIRETOR DE PROGRAMAS

Eduardo Moreira da Costa

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO - CTC

Roberto C. Villas Bôas (Presidente); Peter Rudolf Seidl (Vice-Presidente); Antônio Dias Leite Junior; Arthur Pinto Chaves; Octávio Elísio Alves de Brito; Saul Barisnik Suslick; Ronaldo Luiz Correa dos Santos; João Alves Sampaio e Fernando Antonio Freitas Lins.

DIRETOR

Roberto C. Villas Bôas

DIRETOR ADJUNTO

Peter Rudolf Seidl

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM

Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME

Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI

Roberto Rodrigues Coelho

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES

Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD

Denyr Pereira da Silva

ATAPULGITA DO PIAUÍ PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

José Pereira Neto *

Salvador L. M. de Almeida **

Ronaldo de Miranda Carvalho ***

*Eng° de Minas MSc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais - (UFRGS)

**Eng° Metalúrgico, Pós-Graduado em Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa (COPPE/UFRJ)

***Prof. Titular do Departamento de Tecnologia Farmacêutica e Livre Docência (UFRJ)

SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL N°64

CETEM/CNPq

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL
Francisco R. C. FernandesREVISÃO
Dayse Lúcia M. LimaEDITORAÇÃO ELETRÔNICA
Maria de Fátima MelloILUSTRAÇÃO
Jacinto Frangella

Pedidos ao:
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
Departamento de Estudos e Desenvolvimento - DES
Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Ilha do
Fundão
21541590 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil
Fone: (021) 260-7222 - Ramal: 218 (BIBLIOTECA)
Fax: (021) 2602837 / 2909196

Solicita-se permuta.
We ask for change.

Pereira Neto, José

Atapulgita do Piauí para a indústria
farmacêutica/ Por José Pereira Neto, Salvador L. M.
de Almeida e Ronaldo de Miranda Carvalho. - Rio de
Janeiro: CETEM/CNPq, 1993.

21 p. (Série Tecnologia Mineral, 64)

1. Minerais industriais - Piauí. 2. Indústria
farmacêutica - Piauí. 3. Atapulgita Piauí. I. Almeida,
Salvador L. M. de . II. Carvalho, Ronaldo de Miranda.
III. Centro de Tecnologia Mineral. IV. Título. V. Série.

ISBN 85-7227-040-X

ISSN 0103-7382

CDD 338.268122

ATAPULGITA DO PIAUI PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

64

*José Pereira Neto
Salvador L. M. de Almeida
Ronaldo de Miranda Carvalho*

APRESENTAÇÃO

A atapulgita pertence ao grupo dos minerais argilosos que possuem uma estrutura em cadeia, tendo o seu uso como adsorvente para a remoção de misturas de água e óleo, como purificadora e clareadora de águas, isolante térmico e na composição de removedores de manchas de roupas, tapetes, etc...

Seu interesse na indústria farmacêutica, requerendo especificações mais restritas, vem das formulações de agentes anti-ácidos e no seu uso como excipiente específico, dado sua enorme capacidade de adsorção dos alcalóides, toxinas em geral e bactérias.

Dando seqüência aos seus desenvolvimentos tecnológicos voltados à incorporação de maior valor aos produtos minerais brasileiros, bem como à busca de aplicações para bens que podem ser utilizados na base industrial brasileira atual e do futuro, o CETEM, que em 1988 já havia promovido o uso da atapulgita como fluido de perfuração de petróleo e descorante de óleos vegetais, apresenta agora os resultados da sua aplicação na farmacologia.

Rio de Janeiro, 05 de outubro de 1993.

Roberto C. Villas Bôas
Diretor

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo desenvolver processos para o aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI, visando sua aplicação na indústria farmacêutica. As amostras estudadas apresentavam teores de impureza acima dos limites aceitáveis. Inicialmente as amostras foram submetidas a ensaios de beneficiamento físico e, posteriormente, lixiviação ácida, onde foram estudadas as seguintes variáveis: temperatura, concentração de HCl e tempo de lixiviação. Os teores de Fe, Cr, e Ni foram reduzidos substancialmente, ficando com valores menores que 0,05% para Fe e abaixo de 25ppm para Cr e Ni. Após a lixiviação obteve-se em média um acréscimo de 100% na superfície específica em relação à amostra natural. Foi observado que atapulgita ativada apresentou um capacidade de adsorção de azul de metileno superior à da bentonita e à do caulim. Em relação à quinina, a atapulgita ativada mostrou capacidade de adsorção superior à do caulim e aproximadamente igual à da bentonita.

ABSTRACT

This work aimed at developing a purification process in order to remove the main impurities by means of physical and chemical operations on attapulgite clay from Guadalupe-PI for pharmaceutical purpose. The samples in the present studies showed impurities contents above the maximum accepted. The samples were submitted to physical beneficiation tests followed by acid leaching time studies. The iron, chromium and nickel contents were brought down keeping contents to less than 0,05% (Fe) and 25ppm (Cr, Ni). After acid leaching specific surface increased about 100% in relation natural sample. It was observed that activated attapulgite had higher methylene blue adsorption capacity than bentonite and kaolin. However, quinine adsorption on attapulgite was higher than adsorption on kaolin and was similar on bentonite.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho objetivou o desenvolvimento de um processo para o aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI, visando sua aplicação na indústria farmacêutica, principalmente na formulação e preparação de adsorventes intestinais. A justificativa deste estudo deve-se ao fato de que existe no Brasil um mercado significativo de uso de argilas na indústria farmacêutica, sendo que até o momento somente têm sido usadas argilas estrangeiras.

Neste trabalho procurou-se investigar a capacidade de adsorção da atapulgita ativada com ácido clorídrico e comparar o seu desempenho ao da bentonita e caulim comerciais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. - Atapulgita: Aplicações e Ocorrências

A atapulgita é um silicato de magnésio hidratado cuja fórmula mais aproximada da célula unitária cristalina é: $R_5 Si_8 O_{20} (OH)_2 (OH_2)_4 \cdot 4H_2O$. Nessa fórmula, R é o cátion Mg^{2+} , o qual pode ser substituído parcialmente por Al^{3+} , Fe^{3+} e Fe^{2+} (1). A atapulgita apresenta algumas propriedades importantes: elevada superfície específica, alta capacidade de sorção, poder descorante e manutenção das propriedades tixotrópicas na presença de eletrólitos, o que lhe confere propriedades adequadas aos diferentes usos industriais: (2) fluido de perfuração de poços de petróleo em ambientes marinhos ou em perfurações que atravessem camadas de sais solúveis; descorante de óleos vegetais, minerais e animais; refino e processamento químico de derivados de petróleo; tintas; adsorventes para limpeza e preservação de pisos; agente anti-ácido estomacal em produtos farmacêuticos; defensivos agrícolas, recuperação secundária de papel; agente tixotrópico estabilizante para carga de plástico etc.

As ocorrências de atapulgita no Brasil estão situadas em Santos-SP, Marília-SP, Rubião Júnior-SP, Ponte Alta-MG; estas, no entanto, não apresentam valor comercial. ⁽¹⁾ Em 1982 foi descoberta uma série de depósitos no Município de Guadalupe, Estado do Piauí. ⁽³⁾

O Centro de Tecnologia Mineral-CETEM no período de 1985/88 executou, por solicitação do DNPM, estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI visando a sua utilização como fluido de perfuração e descorante de óleos vegetais e minerais, obtendo resultados bastantes promissores. ^(4, 5)

2.2. - Ativação Ácida de Argilas

Na ativação ácida de argilas, têm sido utilizados ácidos fortes, como o clorídrico e o sulfúrico. ^(6, 7, 8)

As argilas, quando ativadas com ácidos, podem melhorar as suas propriedades físico-químicas sem destruir as camadas da estrutura cristalina. Com o ataque ácido, os sais solúveis são dissolvidos parcialmente, resultando numa redução dos teores de ferro e alumínio; os íons sódio e potássio entram em solução, salvo se estiverem presentes na estrutura dos silicatos. O íon cálcio presente solubiliza-se total ou parcialmente, enquanto que o íon magnésio pode permanecer quase que integralmente na argila. ⁽⁶⁾

A argila tratada com ácidos adquire poder descorante; logo, o ácido não somente remove certas quantidades de sais, mas age também de modo a melhorar as propriedades descorantes.

Alguns autores concluíram que: ^(6, 7, 8, 9)

- a) a capacidade adsorvente da argila fica mascarada devido à obstrução dos poros por sais e outras impurezas, e o ácido põe em

evidência a superfície adsorvente;

- b) a elevação de temperatura e o ácido quebram os grãos da argila dando-lhes maior superfície específica.

2.3. - Estudo de Adsorção em Argilas

As farmacopéias ^(10, 11, 12) têm citado o caulim, a bentonita e a atapulgita como adsorventes no combate de irritações intestinais, sendo indicados no tratamento de diarreias. Geralmente a disfunção intestinal se instala quando se ingerem alimentos estragados ou contaminados. Os alimentos são contaminados, na maioria, das vezes, pelo estafilococo, muitas vezes toxigênico. As toxinas agridem o trato intestinal, resultando em um quadro diarrêico. Conseqüentemente, pode ocorrer um desidratação com perdas de eletrólitos: HCl (Cl^-), por via gástrica, e K^+ , por via intestinal. As argilas atuam de duas formas: a primeira, mecânica, recobrando a mucosa do aparelho digestivo e impedindo o contato da mesma com os agentes agressores; a segunda, usando suas propriedades adsorventes (as toxinas são adsorvidas não tendo mais condições de agredir a mucosa recoberta pela argila; a argila também envolve bactérias, facilitando sua eliminação pelo organismo).

Durante muitos anos, o caulim tem sido empregado como adsorvente para agentes tóxicos. Porém, estudos realizados com atapulgita ativada mostraram que esta tem uma capacidade de adsorção de 5 a 8 vezes maior para alcalóides (estricnina e quinina), bactérias e toxinas; assim sendo, justifica-se o uso de atapulgita ativada na composição de produtos farmacêuticos. ^(13, 14, 15)

As farmacopéias ^(10, 11, 12) empregam como adsorvato de referência o azul de metileno; estabelecem que uma solução de azul de metileno a 0,15% (p/v), quando em contato com 2g de argila, deve dar um sobrenadante incolor.

A farmacopéia italiana ⁽¹²⁾ estabelece que quando se mistura 1,0g de argila com 20ml de uma solução de azul de metileno 0,1mol/l, agitando-se por 2 minutos e, em seguida, é feita uma separação por centrifugação, a solução sobrenadante diluída na proporção de 1:100 não deverá ter uma intensidade de cor maior que a de um padrão de concentração igual a 8×10^{-5} mol/l de azul de metileno.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. - Materiais

Neste trabalho foram selecionadas três amostras de atapulgita: São Pedro, Cabo Chico e Terra Branca, de maneira a representar os diferentes tipos de depósitos conhecidos no município de Guadalupe-PI. A Tabela I mostra a composição química das amostras estudadas. Foram utilizadas, também, amostras comerciais de bentonita e caulim para comparar o desempenho da atapulgita frente a esses produtos.

No estudo de ativação (lixiviação) da atapulgita foi utilizado HCl (pureza analítica).

Nos ensaios de adsorção utilizou-se azul de metileno e cloridrato de quinina.

Para detecção de quinina foi utilizado o bismuto iodeto de potássio-Reativo de Draggendorff. ⁽¹⁰⁾

Tabela I - Composição química das amostras de atapulgita de Guadalupe-PI.

Componentes	AMOSTRAS		
	São Pedro	Cabo Chico	Terra Branca
SiO ₂	60,04	63,65	47,67
TiO ₂	0,60	0,65	0,74
Al ₂ O ₃	11,40	7,98	8,56
Fe ₂ O ₃	4,86	3,15	3,42
MgO	6,07	5,42	3,55
CaO	0,08	0,10	15,27
Na ₂ O	0,08	0,18	0,05
K ₂ O	0,36	0,28	1,53
P.F.	16,50	18,60	19,20

P.F.: perda ao fogo

3.2. - Metodologia

As três amostras estudadas apresentavam teores de impurezas acima dos limites de tolerância, ou seja, quartzo maior que 2%, ferro maior que 0,05% (500ppm) e metais pesados, níquel e cromo, maiores que 25ppm.

Inicialmente, as amostras foram submetidas a ensaios de beneficiamento físico para redução do teor de quartzo através de pré-hidratação/escrubagem e classificação do material abaixo de 325 malhas (Figura 1). Para determinar o teor de quartzo foram realizadas análises quantitativas por difratometria de raios-X.

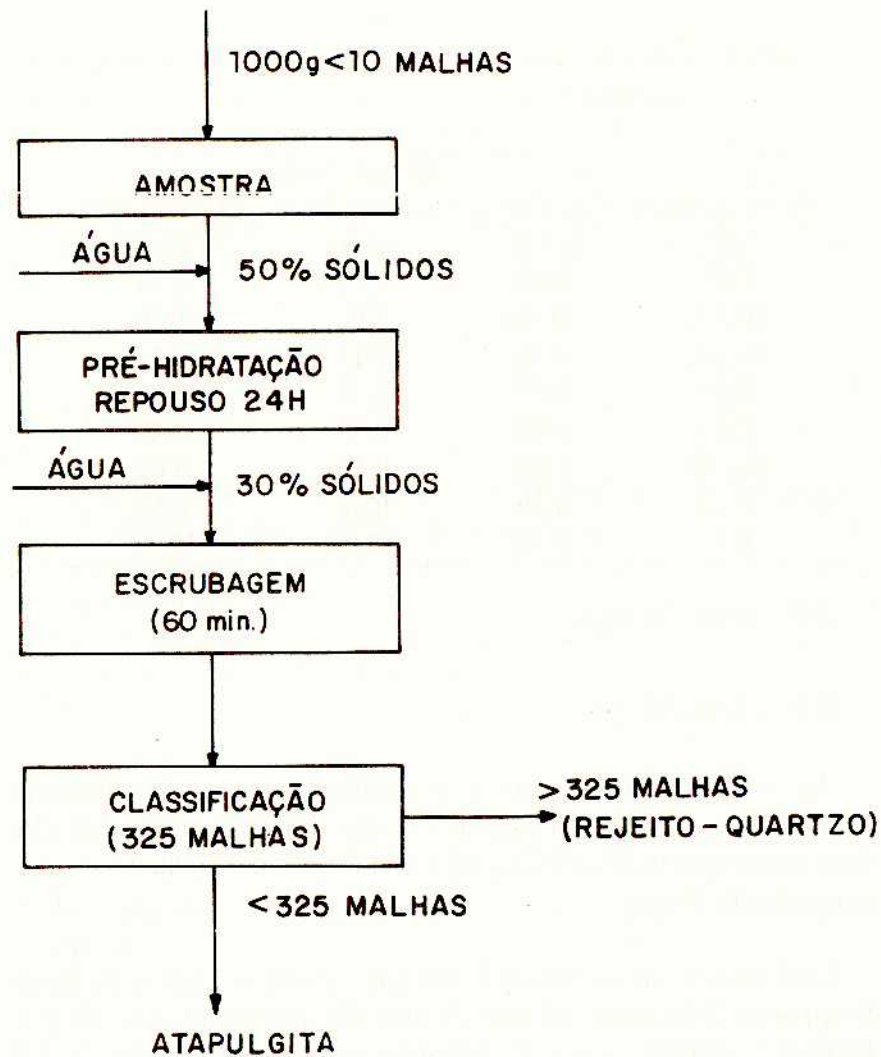


Figura 1 - Fluxograma utilizado para reduzir o teor de quartzo da atapulgita.

Na redução dos teores de níquel, cromo e ferro foram realizados ensaios de lixiviação em bancada com ácido clorídrico em um sistema composto por reator (frasco kettle) com capacidade para 500ml, chapa aquecedora, termômetro e agitador mecânico com haste de vidro (Figura 2).

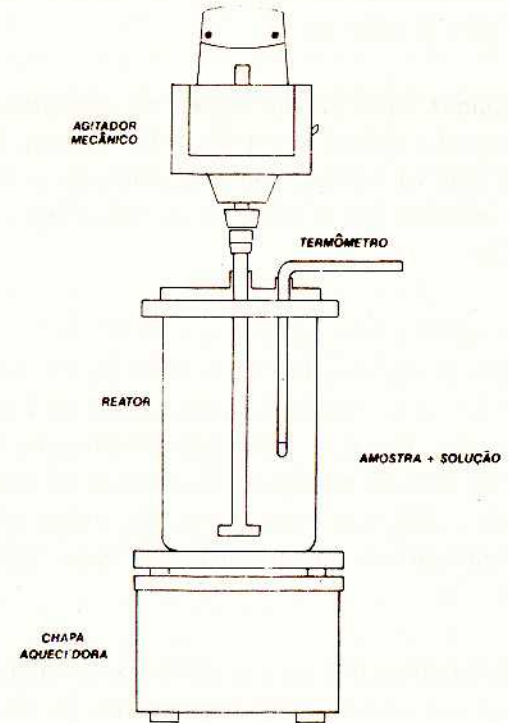


Figura 2 - Representação esquemática do sistema de ativação (lixiviação) da atapulgita.

Nos testes de lixiviação da maioria das amostras, a solução era aquecida até atingir a temperatura desejada. A seguir, adicionava-se a atapulgita no reator, formando uma polpa com 10% de sólidos em peso.

Após a lixiviação, as amostras eram filtradas e lavadas quatro vezes com água deionizada para retirada do ácido residual. A seguir, as amostras eram secadas em estufa a 100 °C, desagregadas e analisadas quantitativamente os teores de Ni, Cr e Fe por espectrofotometria de absorção atômica.

Foram efetuadas medidas de superfície específica, através do método BET, antes e após a lixiviação das amostras. Foram realizados, ainda, estudos ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), visando obter informações a respeito da morfologia das amostras após a lixiviação.

Para os ensaios de adsorção com azul de metileno, foram pesados 4,0g das diferentes argilas (atapulgita ativada, bentonita e caulim) em balança analítica e transferidos para balão de 100ml com 50ml de água deionizada. A seguir, adicionou-se em cada balão 20ml de solução teste de azul de metileno. O volume foi completado com água deionizada a 100ml e homogeneizado. Após a separação das fases, o sobrenadante foi comparado à solução de referência de azul de metileno ^(11, 12).

Nos estudos preliminares de adsorção da quinina foi observado que a bentonita e o caulim apresentavam reação alcalina nos seus sobrenadantes quando em suspensão em água deionizada. Essa alcalinidade era suficiente para precipitar o alcalóide livre. Logo, optou-se por trabalhar em meio tamponado. O tampão escolhido foi uma mistura nas seguintes proporções: 0,4moles/l de fosfato de sódio e 0,2moles/l de ácido cítrico para um valor de pH 6,6. ⁽¹⁶⁾

Para os ensaios de adsorção da quinina, foram pesados 4,0g das diferentes argilas (atapulgita ativada, caulim e bentonita) em balança analítica, transferidas para quatro balões aferidos de 100ml com tampão fosfato de sódio/ácido cítrico. A seguir, volumes crescentes (1, 5, 10 e 20ml) da solução padrão de quinina 0,2% (p/v), medidos em pipetas volumétricas, foram adicionados. Completou-se o volume de cada balão com a solução tampão e foi feita homogeneização. Após a separação das fases, os sobrenadantes foram iluminados, em sala escura, com luz ultravioleta (365nm), para verificar-se a existência de fluorescência azul característica da quinina em meio ácido. Foi utilizado, também, o teste com Reagente de Draggendorff para a detecção de quinina nos sobrenadantes, pois a presença desse Reagente provoca a precipitação da quinina. O teste consiste de tomar 1ml de sobrenadante e adicionar 1ml de HCl 3N; 1ml de água deionizada; 1ml do Reagente Draggendorff.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Pelos resultados apresentados na Tabela II, observa-se que as amostras globais "Head Sample" apresentam teores de quartzo variando de 15,0 a 19,0%, o que não permite que essas atapulgitas sejam utilizadas na indústria farmacêutica, sem que sejam previamente beneficiadas com a finalidade de alcançar os teores de quartzo (< 2%) aceitáveis na formulação e preparação de adsorventes intestinais. Pode ser observado, ainda, que após uma pré-hidratação/escubragem e classificação do material abaixo de 325 malhas, a maioria do quartzo encontrava-se na fração grosseira. Conseguiu-se, então, reduzir o teor de quartzo, o que colocou as amostras dentro das especificações exigidas.

Tabela II - Teor de quartzo em peso na amostra global "Head Sample" e na fração < 325 malhas.

Amostras	Quartzo (%) em peso	
	Amostra global	Fração < 325 malhas
São Pedro	15,3	1,77
Cabo Chico	16,0	1,63
Terra Branca	19,0	1,50

A Figura 3 mostra a extração percentual de ferro da atapulgita São Pedro em função do tempo de lixiviação, para diferentes concentrações de ácido clorídrico em temperatura ambiente.

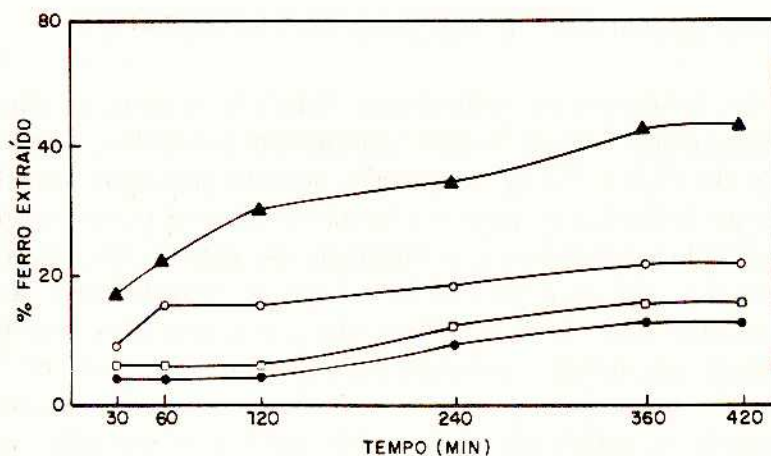


Figura 3 - Extração de ferro da atapulgita São Pedro, à temperatura ambiente, em função do tempo de lixiviação, com diferentes concentrações de HCl: ● = 0,05N; □ = 2N; ○ = 3N; ▲ = 7N.

Observa-se, nessa figura, que a porcentagem de extração de ferro aumenta à medida que aumenta a concentração de HCl em função do tempo de lixiviação de até 360 minutos.

A Figura 4 mostra os resultados obtidos no estudo da influência da temperatura na extração de ferro da atapulgita São Pedro. Observa-se que a porcentagem de ferro extraído aumenta em função do tempo de lixiviação e da temperatura.

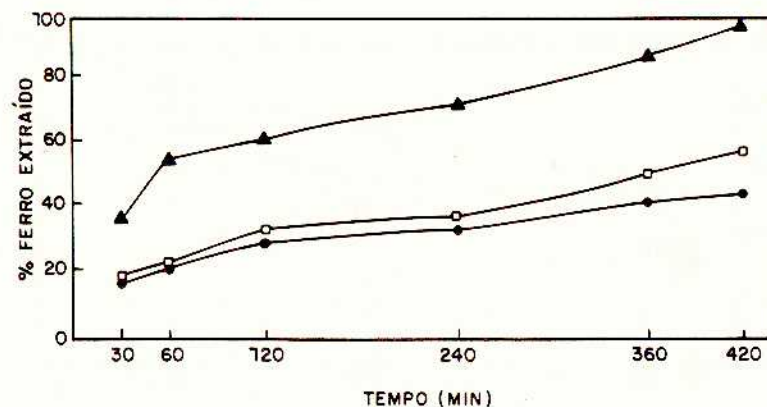


Figura 4 - Extração de ferro da atapulgita São Pedro em função do tempo de lixiviação, a diferentes temperaturas, com HCl 7N: ● = temperatura ambiente; □ = 50°C; ▲ = 70°C.

A Figura 5 mostra a influência da temperatura na extração percentual de ferro das atapulgitas: São Pedro, Cabo Chico e Terra Branca. Pelos resultados obtidos, verificou-se que na concentração de HCl 7N e em uma temperatura de 70°C, conseguiu-se reduzir os teores de ferro substancialmente. O teor de ferro foi reduzido de 3,4 para 0,03% na atapulgita São Pedro; de 2,2 para 0,04% na atapulgita Cabo Chico e de 2,4 para 0,03% atapulgita Terra Branca. Observa-se, também, que a porcentagem de ferro extraído aumentou em função do tempo de lixiviação.

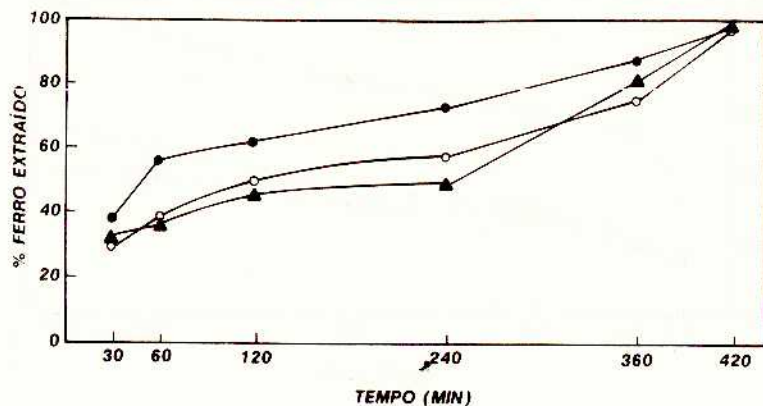


Figura 5 - Extração de ferro das diferentes atapulgitas à temperatura de 70°C, com HCl 7N, em função do tempo de lixiviação. Atapulgita: ▲ = Cabo Chico; ○ = Terra Branca; ● = São Pedro.

A Tabela III mostra os teores de Cr e Ni nas atapulgitas naturais e ativadas com solução de HCl 7N à temperatura de 70°C durante 420 min. Observa-se que houve redução dos teores destes metais com a lixiviação das amostras.

Tabela III - Teor de Cr e Ni das atapulgitas naturais e ativadas.

Amostras	Cromo (ppm)		Níquel (ppm)	
	natural	ativada	natural	ativada
São Pedro	200	<0,5	300	<0,1
Cabo Chico	200	<0,5	300	<0,1
Terra Branca	100	<0,5	300	<0,1

A Tabela IV apresenta os resultados da medida de superfície específica, obtidos através do método BET.

Tabela IV - Superfície específica das amostras de atapulgita, na fração < 325 malhas.

Amostras	Superfície Específica (m ² .g ⁻¹)	
	natural	ativada
São Pedro	105	209
Cabo Chico	130	297
Terra Branca	125	240

Pode ser observado, na Tabela IV, um acréscimo significativo na superfície específica das atapulgitas. Esse fenômeno pode ser explicado devido ao tratamento químico (lixiviação) que removeu as impurezas contidas na sua superfície.

A Figura 6 apresenta a morfologia dos argilominerais presentes nas diferentes atapulgitas antes da ativação, visualizadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Pode ser verificado que as amostras A e B analisadas contêm predominantemente o argilomineral atapulgita com morfologia bem desenvolvida por estruturas fibrosas e fibras entrelaçadas, diferentemente da amostra C, que tem aspecto maciço.

A Figura 7 mostra que a estrutura morfológica das amostras foi basicamente mantida, após a lixiviação com HCl 7N, em uma temperatura de 70°C, durante 420 minutos.

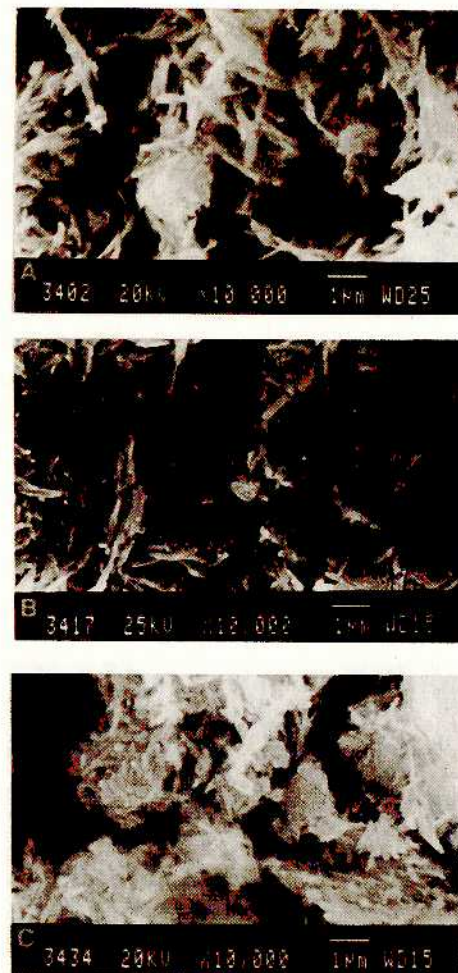


Figura 6- Fotomicrografias mostrando a morfologia dos argilominerais presentes antes da ativação (lixiviação): A - São Pedro; B - Cabo Chico; C - Terra Branca.

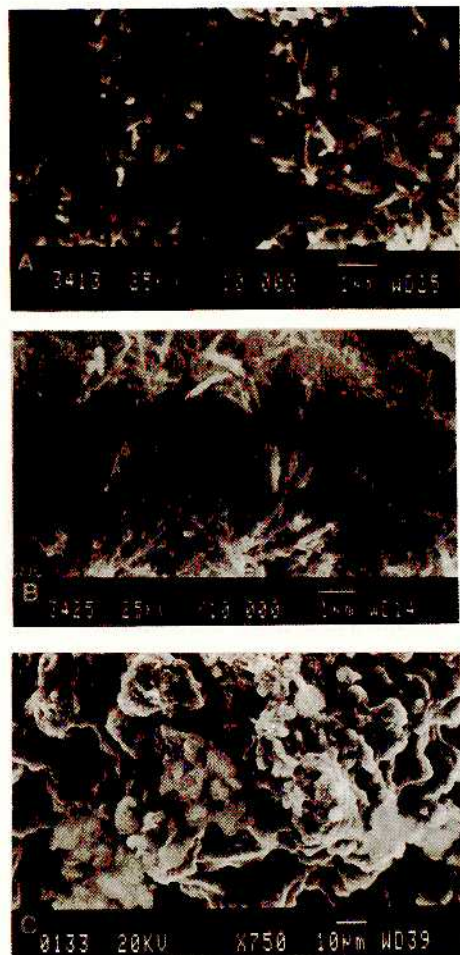


Figura 7 - Fotomicrografias mostrando a morfologia dos argilominerais presentes após a lixiviação (HCl 7N, 70°C, durante 420 min.): A - São Pedro; B - Cabo Chico; C - Terra Branca.

No estudo comparativo de adsorção das diversas argilas, com o padrão de azul de metileno foi observado que: a) no balão contendo o caulim a adsorção de azul de metileno foi quase nula, pois a cor de seu sobrenadante era praticamente igual à da solução padrão de azul de metileno 0,4% (p/v); b) na bentonita, observou-se um sobrenadante de coloração menos intensa que a do padrão; c) nas atapulgitas ativadas foi observado um sobrenadante incolor, significando que houve uma maior adsorção do azul de metileno.

O estudo de adsorção da quinina apresentou diversos resultados para as amostras das diferentes argilas. O caulim não adsorveu praticamente nenhuma quinina. Isto foi detectado através da fluorescência azul no sobrenadante com luz ultravioleta 365nm, que indicou a presença da mesma. No entanto, esses sobrenadantes produziram reações positivas com o Reagente Dragendorff, confirmando a presença da quinina. Os sobrenadantes dos ensaios realizados com a bentonita e com as atapulgitas ativadas não deram fluorescência azul e não reagiram com o Reagente Dragendorff, o que significa que, provavelmente, toda a quinina foi adsorvida por essas argilas.

5. CONCLUSÕES

- Foi possível reduzir os teores de quartzo (2%) a limites aceitáveis às especificações de mercado pela indústria farmacêutica apenas com uma pré-hidratação/ escrubagem e classificação do material abaixo de 325 malhas. A maioria do quartzo encontra-se na fração grosseira, pois o mesmo diminui com a granulometria.
- Os ensaios de lixiviação com HCl 7N e à temperatura de 70°C, durante 420 min, reduziram os teores de ferro substancialmente. Houve uma redução de 3,4 para 0,03% na atapulgita São Pedro; de 2,2 para 0,04% na atapulgita Cabo Chico, e de 2,4 para 0,03% na atapulgita Terra Branca. Os teores de cromo e níquel ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho.

abaixo do limite de detecção do aparelho.

- Houve um acréscimo, em média, de 100% na superfície específica das atapulgitas após os ensaios de lixiviação. Esse fenômeno pode ser explicado devido ao tratamento químico que removeu as impurezas da superfície.
- A análise de microscopia eletrônica de varredura mostrou que a lixiviação com HCl 7N e temperatura de 70°C não causou mudanças significativas na estrutura cristalina das atapulgitas.
- Foi observado que a atapulgita ativada (lixiviação) teve uma capacidade de adsorção para o azul de metileno superior à da bentonita e do caulim. No estudo de adsorção com quinina, a atapulgita mostrou uma capacidade de adsorção superior à do caulim e aproximadamente igual à da bentonita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. SOUZA,S.P., SOUZA,S.H. Ocorrências brasileiras de argilas contendo argilominerais do grupo das hormitas (palygorskita-atapulgita-sepiolita), Cerâmica, São Paulo, vol.30, n. 179, nov, p.319-36, 1984.
02. LUZ,A.B., ALMEIDA,S.L., RAMOS,L.T.S. Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI, Rio de Janeiro: CETEM, 1988 (Série Tecnologia Mineral; 42).
03. CARNEIRO,F.A., BEZERRA,A.T.W., MESQUITA,I.R. Atapulgita de Guadalupe-PI. Um depósito que desperta interesse. In: Congresso Brasileiro de Geologia, n. 33, Resumos das Comunicações. Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 225.
04. LUZ,A.B., ALMEIDA,S.L.M. Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI. (RP-01/86) Rio de Janeiro: CETEM, 1986.
05. ALMEIDA,S.L.M., LUZ,A.B., RAMOS,L.T.S. Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI (2ª fase). Rio de Janeiro: CETEM, 1988. (RP-07/88).
06. STOURDZÉ,Y.E. As Argilas descorantes e sua ativação. Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia-INT, 1941.
07. GRIFFITHS,J. Acid activated bleaching clays. Industrial Minerals, Sept., 1985.
08. CLARK,G.M. Special clays-acid activated montmorillonite. Industrial Minerals, Sept, 1985.
09. CORMA,A., MIFSUD,A., SANZ,E. Influence of the chemical composition and textural characteristics of palygorskite on the acid leaching of octahedral cations. Clay Minerals, v.22, p.225-232, 1987.

10. BRITISH Pharmacopeia. London; Majesty's stationery office, 1980. vol.1, p.41-42, 48, 248-250.
11. PHARMACOPPEE D'etal. 9ed. Moscou: L'Unior des Republiques Socialistes Soviétiques, p. 91-92.
12. FARMACOPEA Ufficiale Della Republica Italiana. 8ed. Roma, vol.2, 1972.
13. BARR MARTIN, ARNISTA,E.S. Adsorption studies on clay I. The adsorption of two alkaloids by activated attapulgite hallosite and kaolin. Journal of the American Pharmaceutical Association, vol. 46, n 8, p.486, 1957.
14. BARR MARTIN, ARNISTA,E.S. Adsorption studies on clays II. The adsorption of bacteria by activated attapulgites, hallosite and kaolin. Journal of the American. Pharmaceutical Association, vol. 46, n 8, p. 490, 1957.
15. BARR MARTIN, ARNISTA,E.S. Adsorption studies on clays III. The adsorption of diphteria toxin by activated attapulgites, halloysite, kaolin. Journal of the American Pharmaceutical Association, 1957.
16. VOGEL, ARTHUR,I.A., Text-book of quantitative inorganic analysis. 2.ed. London: Longmans, p. 869.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

- 01 - Flotação de Carvão Estudos em Escala de Bancada - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
- 02 - Beneficiamento de Talco Estudos em Escala de Bancada - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 03 - Beneficiamento de Talco Estudos em Usina Piloto - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 04 - Flotação de Cianita da Localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Tulio Herman Araya Luco, 1979.
- 05 - Beneficiamento de Diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
- 06 - Eletrorrecuperação de Zinco uma Revisão das Variáveis Influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
- 07 - Redução da Gipsita com Carvão Vegetal - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
- 08 - Beneficiamento do Diatomito de Canavieira do Estado do Ceará - Franz Xaver Horn Filho e Marcello Mariz da Veiga, 1980. (esgotado)
- 09 - Moagem Autógena de Itabirito em Escala Piloto - Hedda Vargas Figueira e João Alves Sampaio, 1980. (esgotado)
- 10 - Flotação de Minério Oxidado de Zinco de Baixo Teor - Carlos Adolpho M. Baltar e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
- 11 - Estudo dos Efeitos de Corrente de Pulso Sobre o Eletrorrefino de Prata - Luiz Gonzaga Santos Sobral, Ronaldo Luiz Correia dos Santos e Delfin da Costa Laureano, 1980. (esgotado)
- 12 - Lixiviação Bacteriana do Sulfeto de Cobre de Baixo Teor Caraíba - Vicente Paulo de Souza, 1980. (esgotado)
- 13 - Flotação de Minérios Oxidados de Zinco uma Revisão de Literatura - Carlos Adolpho Magalhães Baltar, 1980. (esgotado)
- 14 - Efeito de Alguns Parâmetros Operacionais no Eletrorrefino do Ouro - Marcus Granato e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)

- 15 - Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto - Antonio Rodrigues de Campos e Salvador L. Matos de Almeida, 1981. (esgotado)
- 16 - Aglomeração Seletiva de Finos de Carvão de Santa Catarina Estudos Preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981.
- 17 - Briquetagem e a sua Importância para a Indústria (em revisão) - Walter Shinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
- 18 - Aplicação de Petrografia no Beneficiamento de Carvão por Flotação - Ney Hamilton Porphirio, 1981.
- 19 - Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraíba por Extração por Solventes em Escala Semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sergio M. Soares, 1981. (esgotado)
- 20 - Dynawhirlpool (DWP) e sua Aplicação na Indústria Mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)
- 21 - Flotação de Rejeitos Finos de Scheelita em Planta Piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1982. (esgotado)
- 22 - Coque de Turfa e suas Aplicações - Regina Célia Monteiro da Silva e Walter Schinzel, 1982.
- 23 - Refino Eletrolítico de Ouro, Processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
- 24 - Flotação de Oxidatos de Zinco Estudos em Escala Piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
- 25 - Dosagem de Ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
- 26 - Beneficiamento e Extração de Ouro e Prata de Minério Sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
- 27 - Extração por Solventes de Cobre do Minério Oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio Moreira Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
- 28 - Preparo Eletrolítico de Solução de Ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983.
- 29 - Recuperação de Prata de Fixadores Fotográficos - Luiz Gonzaga Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
- 30 - Amostragem para Processamento Mineral - Mário Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1984. (esgotado)
- 31 - Indicador de Bibliotecas e Centros de Documentação em Tecnologia Mineral e Geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
- 32 - Alternativa para o Beneficiamento do Minério de Manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélío Fellows Filho, 1984.
- 33 - Lixiviação Bacteriana de Cobre de Baixo Teor em Escala de Bancada - Teresinha Rodrigues de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
- 34 - Beneficiamento do Calcário da Região de Cantagalo - RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.
- 35 - Aplicação da Simulação de Hidrociclones em Circuitos de Moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carrisso, 1985.
- 36 - Estudo de um Método Simplificado para Determinação do "Índice de Trabalho" e sua Aplicação à Remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985.
- 37 - Metalurgia Extrativa do Ouro - Marcus Granato, 1986.
- 38 - Estudos de Flotação do Minério Oxidado de Zinco de Minas Gerais - Francisco Wilson Hollanda Vidal, Carlos Adolfo Magalhães Baltar, José Ignácio de Andrade Gomes, Leonardo Apparício da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão Benvindo da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
- 39 - Lista de Termos para Indexação em Tecnologia Mineral - Vera Lucia Vianna de Carvalho, 1987.
- 40 - Distribuição de Germânio em Frações Densimétricas de Carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
- 41 - Aspectos do Beneficiamento de Ouro Aluvionar - Fernando Antonio Freitas Lins e Leonardo Apparício da Silva, 1987.
- 42 - Estudos Tecnológicos para Aproveitamento da Atapulgita de Guadalupe-PI - Adão Benvindo da Luz, Salvador Luiz M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
- 43 - Tratamento de Efluentes de Carvão Através de Espessador de Lamelas - Francisco Wilson Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
- 44 - Recuperação do Ouro por Amalgamação e Cianetação: Problemas Ambientais e Possíveis Alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando Antonio Freitas Lins, 1989. (esgotado)
- 45 - Geopolítica dos Novos Materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)

- 46 - Beneficiamento de Calcário para as Indústrias de Tintas e Plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio Rodrigues de Campos, 1990.
- 47 - Influência de Algumas Variáveis Físicas na Flotação de Partículas de Ouro - Fernando Antonio Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
- 48 - Caracterização Tecnológica de Caulim para a Indústria de Papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 49 - Amostragem de Minérios - Maria Alice Cabral Goes, Mario Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 50 - Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 51 - Eletrôrecuperação de Ouro a Partir de Soluções Diluídas de seu Cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 52 - Talco do Paraná - Flotação em Usina Piloto - Salvador Luiz M. de Almeida, Adão Benvindo da Luz e Ivan Falcão Fontes, 1991.
- 53 - Os Novos Materiais e a Corrosão - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 54 - Aspectos Diversos da Garimpagem de Ouro - Fernando Freitas Lins (coord.), José Cunha Cotta, Adão Benvindo da Luz, Marcello Mariz da Veiga, Fernando Freitas Lins, Luiz Henrique Farid, Márcia Machado Gonçalves, Ronaldo Luiz C. dos Santos, Maria Laura Barreto e Irene C. M. H. Medeiros Portela, 1992. (esgotado)
- 55 - Concentrador Centrífugo - Revisão e Aplicações Potenciais - Fernando Freitas Lins, Lauro S. Norbert Costa, Oscar Cuéllar Delgado, Jorge M. Alvares Gutierrez, 1992.
- 56 - Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 57 - O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionízia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.
- 58 - Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra Mato Grosso - Ney Hamilton Porphório e Fernando Freitas Lins, 1992.
- 59 - Geopolitics of the New Materials: The Case of the Small Scale Mining and New Materials Developments - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 60 - Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1992.
- 61 - Paládio: Extração e Refino, uma Esperiência Industrial - Luís Gonzaga S. Sobral, Marcos Granato e Roberto B. Ogando, 1992.

62- Desempenho de Ciclones e Hidrociclones - Giulio Massarani, 1992.

63- Simulação de Moagem de Talco Utilizando Seixos - Regina Coeli C. Carrisso e Mário Valente Possa, 1993

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

- 01- Quem é Quem no Subsolo Brasileiro - Francisco Rego Chaves Fernandes, Ana Maria B. M. da Cunha, Maria de Fátima Faria dos Santos, José Raimundo Coutinho de Carvalho e Maurício Lins Arcoverde, (2ª edição) 1987
- 02- A Política Mineral na Constituição de 1967 - Ariadne da Silva Rocha Nodari, Alberto da Silva Rocha, Marcos Fábio Freire Montysuma e Luis Paulo Schance Heler Giannini, (2ª edição) 1987
- 03- Mineração no Nordeste - Depoimentos e Experiências - Manuel Correia de Andrade, 1987 (esgotado)
- 04- Política Mineral do Brasil - Dois Ensaio Críticos - Osny Duarte Pereira, Paulo César Ramos de Oliveira Sá e Maria Isabel Marques, 1987 (esgotado)
- 05- A Questão Mineral da Amazônia - Seis Ensaio Críticos - Francisco Rego Chaves Fernandes, Roberto Gama e Silva, Wanderlino Teixeira de Carvalho, Manuela Carneiro da Cunha, Breno Augusto dos Santos, Armando Álvares de Campos Cordeiro, Arthur Luiz Bernardelli, Paulo César de Sá e Isabel Marques, 1987 (esgotado)
- 06- Setor Mineral e Dívida Externa - Maria Clara Couto Soares, 1987
- 07- Constituinte: A Nova Política Mineral - Gabriel Guerreiro, Octávio Elísio Alves de Brito, Luciano Galvão Coutinho, Roberto Gama e Silva, Alfredo Ruy Barbosa, Hildebrando Herrmann e Osny Duarte Pereira, 1988 (esgotado)
- 08- A Questão Mineral na Constituição de 1988 - Fábio S. Sá Earp, Carlos Alberto K. de Sá Earp e Ana Lúcia Villas-Bôas, 1988 (esgotado)
- 09- Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais - Paulo Sá, 1989 (esgotado)
- 10- Política Científica e Tecnológica: No Japão, Coréia do Sul e Israel. - Abraham Benzaquen Sicsú, 1989 (esgotado)
- 11- Legislação Mineral em Debate - Maria Laura Barreto e Gildo Sá Albuquerque, (organizadores) 1990

- 12- Ensaios Sobre a Pequena e Média Empresa de Mineração - Ana Maria B. M. da Cunha, (organizadora) 1991
- 13- Fontes e Usos de Mercúrio no Brasil - Rui C. Hasse Ferreira e Luiz Edmundo Appel, (2ª edição) 1991
- 14- Recursos Minerais da Amazônia - Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas - Francisco R. Chaves Fernandes e Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, 1991
- 15- Repercussões Ambientais em Garimpo Estável de Ouro - Um Estudo de Caso - Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, (2ª edição) 1991
- 16- Panorama do Setor de Materiais e suas Relações com a Mineração: Uma Contribuição para Implementação de Linhas de P & D - Marcello M. Veiga e José Octávio Armani Pascoal, 1991
- 17- Potencial de Pesquisa Química nas Universidades Brasileiras - Peter Rudolf Seidl, 1991
- 18- Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: Dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis - Hildebrando Hermann, 1991
- 19- Uma Abordagem Crítica da Legislação Garimpeira: 1967 - 1989 - Maria Laura Barreto, 1993
- 20- Some Reflections on Science in the Low-Income Economies - Roald Hoffmann, 1993

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

- 01 - Poconé: Um Campo de Estudos do Impacto Ambiental do Garimpo - Marcello M. Veiga, Francisco R. C. Fernandes, Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Antônio Odilon da Silva, Luís Drude de Lacerda, Alexandre Pessoa da Silva, Edinaldo de Castro e Silva, Evaldo F. de Oliveira, Gercino D. da Silva, Hélcias B. de Pádua, Luiz Roberto M. Pedroso, Nelson Luiz S. Ferreira, Salete Kiyoka Ozaki, Rosane V. Marins, João A. Imbassahy, Wolfgang C. Pfeiffer, Wanderley R. Bastos e Vicente Paulo de Souza, (2ª edição) 1991.
- 02 - Diagnóstico Preliminar dos Impactos Ambientais Gerados por Garimpos de Ouro em Alta Floresta/MT : Estudo de Caso (versão Português/Inglês)- Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Marcos P. Gonzaga, Saulo R. Pereira Filho, André Eugênio F. Campos Nelson S. Ferreira, Gersino D. Silva, Carlos R. Tobar, Volney Câmara, Sandra S. Hacon, Diana de Lima, Vangil Silva, Luiz Roberto M. Pedroso; Edinaldo de Castro e Silva, Laís A. Menezes, 1992.

- 03 - Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química ? - Luis Drude Lacerda e Win Salomons, 1992.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

- 01- Qualidade na Formulação de Misturas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 02- La Importância Del Método En La Investigación Tecnológica - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 03- Normalización Minerometalúrgica e Integración Latinoamericana - Romulo Genuino de Oliveira, 1993.
- 04- A Competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas - James M. G. Weiss, 1993

