

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO MINÉRIO FOSFÁTICO DE ANGICO DOS DIAS/CARACOL (BA/PI)

Daniel Quintino Lopes Júnior

Bolsista de Iniciação Científica, Eng. Química, UFRJ

Arnaldo Alcover Neto

Orientador, Geoquímico, D. Sc.

Reiner Neumann

Co-orientador, Geólogo, D. Sc.

RESUMO

Neste estudo, fez-se a análise qualitativa do minério fosfático proveniente de Angico dos Dias/Caracol (BA/PI). A amostra foi fracionada por tamanho de partícula e, as frações assim obtidas separadas em meios denso e eletromagnético.

De todas as frações geradas foram obtidas as análises química (Ca e P), por DRX e MEV/EDS. Pôde-se

constatar simples constituição mineralógica, com predominância de apatita e quartzo em grãos quase sempre liberados. Nas condições de bancada, pode-se concentrar: 1) mais de 80% do total do fosfato em menos de 60% da massa ou, 2) quase 87% do fosfato, em menos de 66% da massa.

1. INTRODUÇÃO

O depósito fosfático de Angico dos Dias/Caracol está localizado no distrito de Campo Alegre de Lourdes (BA). Trata-se de uma cobertura laterítica desenvolvida sobre rochas alcalino-carbonatítica pré-cambrianas com reservas da ordem de 12,5 Mt de fosfato residual com teor médio de 15,4% de P_2O_5 e 0,75% de OTR. Vem sendo estudado no CETEM, em parceria com a empresa Galvani S.A, atual detentora da jazida, dentro do projeto "Caracterização Tecnológica do Minério de Angico dos Dias/Caracol (BA/PI), Visando o Aproveitamento de Fosfato e Terras Raras", contemplado na chamada GTM-01/97-02/03 do PADCT.

A concentração do minério de Angico dos Dias por separação magnética e flotação foi anteriormente estudada por Kahn et al. (1990). Neste estudo, os autores obtêm, para minérios lavado, concentrados de respectivamente 30 e 36% de P_2O_5 , recuperação de 80 e 60-70% do fósforo contido, em campos magnéticos de baixa e média intensidade. Na flotação, concentraram 80% do fósforo contido em produto com 36% de P_2O_5 .

Atualmente, no projeto em desenvolvimento no CETEM, vem sendo priorizada a separação magnética com a finalidade de viabilização técnico-econômica da jazida por processos a seco, ou com mínima utilização de água, que possibilitem a obtenção de, pelo menos, um pré-concentrado de fosfato para posterior transporte e beneficiamento final a úmido para a indústria de fertilizantes.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol, visando a obtenção de informações que possam subsidiar os ensaios de sua concentração.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

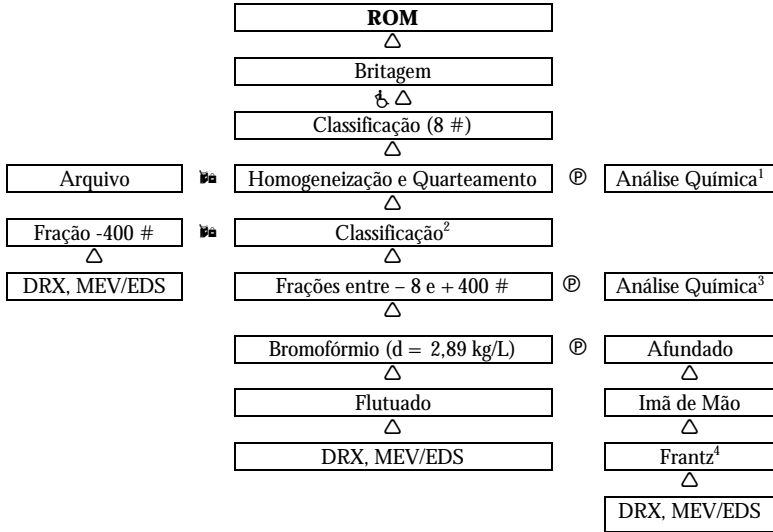
A amostra foi cominuída em britador de mandíbulas de modo que todo o produto passasse em peneira de 8 malhas (2.382 μ m). Aliquotas do produto devidamente homogeneizado e quarteado foram enviadas para análise química e o produto foi então classificado em peneiras de 1.651, 1.168, 833, 589, 417, 295, 208, 147, 104, 74, 53, 44 e 37 μ m.

Todas as frações foram submetidas à separação em meio denso, utilizando bromofórmio de densidade 2,89 kg/L, gerando o flutuado e o afundado de cada granulometria. Os produtos afundados foram separados em ímã de mão e separador magnético isodinâmico Frantz, em campos de 3, 5 e 10 kG. Os produtos obtidos, assim como os flutuados, foram analisados em lupa binocular e por difratometria de raio X (DRX).

Uma alíquota de cada fração, antes da separação em meio denso, assim como após a separação magnética, foi embutida em resina epoxy,

desbastada, polida e recoberta com carbono, para serem analisadas ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV/EDS).

A Figura 1 representa esquematicamente o comentado.



¹ SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, CaO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, P.F., TR₂O₃, F, Sr, Ba, Th e U;

² 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200, 270, 325 e 400 #

³ CaO, P₂O₅ e OTR

⁴ 3.0, 5.0 e 10.0 kg

Figura 1 - Fluxograma esquemático da metodologia utilizada na caracterização tecnológica do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol.

As análises por difração de raios X foram executadas em equipamento Siemens AXS modelo D5005, equipado com espelho de Goebel e trocador automático de amostras de 40 posições. A condição padrão de análise utilizada é: radiação de Cu K α ($\lambda = 1.54184 \text{ \AA}$), 40 kV, 40 mA, geometria $\nabla/2\nabla$, range de análise 4 a 100 $\rightarrow 2\nabla$, passo de 0,015 $\rightarrow 2\nabla$, tempo de análise 3 s por passo, e amostra em rotação durante a análise a 60 rpm. A interpretação dos espectros de difração de raios X foi realizada por comparação com padrões internacionais tabelados em CD-ROM (International Center on Diffraction Data, 1996), utilizando software específico.

O microscópio eletrônico de varredura utilizado foi um LEO S440, equipado com sistema de microanálise por dispersão de energia Link ISIS L300 com detector de SiLi Pentafet, janela ultrafina ATW II, de resolução de 133 eV para 5.9 keV. Todas as análises foram executadas com 20 kV de tensão de aceleração de elétrons. As imagens foram geradas predominantemente por detector de elétrons retro-espalhados (backscatter electrons detector – BSD), onde os níveis de cinza são proporcionais ao peso atômico médio dos elementos excitados pelo feixe de elétrons durante a varredura, sendo portanto imagens composicionais, com os tons mais claros representando as fases de peso atômico médio mais elevados. A resolução da microanálise por EDS é da ordem de 1 μ m de raio do ponto desejado, e uma profundidade da ordem de 1,5 a 3,5 μ m, dependendo da densidade do material no ponto analisado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química para elementos maiores, F, Sr, Ba, Th, U, óxidos de terras raras totais e Perda ao Fogo da amostra estudada é mostrada na Tabela 1. A relação CaO/P₂O₅ do minério é de 1,17. A Tabela 2 mostra a distribuição granulométrica, respectivas concentrações de P₂O₅ e CaO e distribuição de P₂O₅ por fração.

Tabela 1 – Composição química da amostra representativa do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol.

Óxidos	Concentração	Óxidos/Elementos	Concentração
SiO ₂	26,00%	P ₂ O ₅	17,70%
TiO ₂	0,70%	P.F.	7,85%
Al ₂ O ₃	10,00%	TR ₂ O ₃	0,75%
Fe ₂ O ₃	12,10%	Total	97,19%
MgO	0,28%	F	1150 ppm
MnO	0,67%	Sr	> 5000 ppm *
CaO	20,70%	Ba	> 5000 ppm *
K ₂ O	0,29%	Th	< 5 ppm
Na ₂ O	0,15%	U	< 10 ppm

*os valores exatos estão sendo devidamente analisados.

Tabela 2 - Distribuição granulométrica, respectivas concentrações de P₂O₅, CaO, relação CaO/P₂O₅ e distribuição de P₂O₅ por fração.

Peneira	Retido	Retido Acum.	Passante Acum.	P ₂ O ₅	CaO	CaO/P ₂ O ₅	Distr. P ₂ O ₅
mm	%	%	%	%	%		
1,68	5,98	5,98	94,02	23,64	20,9	0,88	7,85
1,19	6,93	12,92	87,08	24,41	28,7	1,18	9,39
0,841	7,59	20,51	79,49	26,03	30,4	1,17	10,96
0,589	7,01	27,51	72,49	26,21	31,3	1,19	10,19
0,417	7,47	34,99	65,01	26,48	32,2	1,22	10,97
0,295	5,32	40,31	59,69	26,15	32,4	1,24	7,72
0,210	5,34	45,64	54,36	25,29	30,9	1,22	7,49
0,149	7,60	53,24	46,76	23,81	29,3	1,23	10,03
0,105	4,52	57,76	42,24	21,97	27,0	1,23	5,51
0,074	4,44	62,20	37,80	16,98	22,1	1,30	4,18
0,053	3,35	65,54	34,46	13,69	17,1	1,25	2,54
0,044	2,70	68,24	31,76	11,69	17,4	1,49	1,75
0,037	1,28	69,52	30,48	11,73	16,0	1,36	0,83
-0,037	30,48	100,00	0,00	6,27	6,3	1,00	10,60

As análises por DRX mostraram a predominância de quartzo e apatita, seguidos por caolinitas, fosfatos de alumínio da família da crandallita e goethita. Pôde-se constatar também, nas frações separadas eletromagneticamente, a presença de feldspatos, ilmenita, magnetita e hematita. As frações afundadas não magnéticas a 10 kG mostraram ser constituídas basicamente por fluorapatita.

Ao MEV, as diferentes frações granulométricas do minério mostraram características texturais muito semelhantes, onde grãos de apatita e quartzo encontram-se freqüentemente liberados e grãos de composição mista formados predominantemente por caolinita, fosfatos de alumínio da família das crandalitas (contendo Ba, Sr e Ca) e óxidos/hidróxidos de ferro e, mais raramente, por compostos óxidos com Mn, Ba tipo hollandita e monazita. Liberados ou não, foram também detectados feldspatos potássico eventualmente com sódio, titanita, magnetita/hematita e ilmenita,

corroborando aos dados de difração de raios X. A monazita, outro mineral de interesse no projeto, foi detectada também como microinclusões nas apatitas. A imagem da Figura 3 mostra a característica textural do minério e a Figura 4 exemplifica os microcristais de monazita inclusos na apatita.

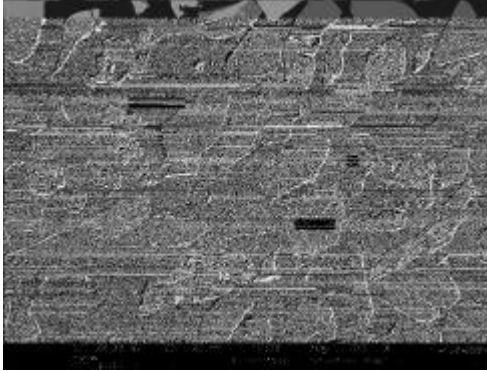


Figura 3 – Característica geral do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol. Grãos de tonalidade cinza escuro lisos representam quartzo, cinza médio lisos apatita, e aglomerados de tonalidades variando do cinza escuro (quartzo) e cinza médio (apatita) e com textura heterogênea representam agregados mistos de caolinita, fosfatos de alumínio, oxido/hidróxidos de ferro e apatita. Monazita está sempre branca, e os minerais de Fe ou Fe/Ti cinza mais claro.

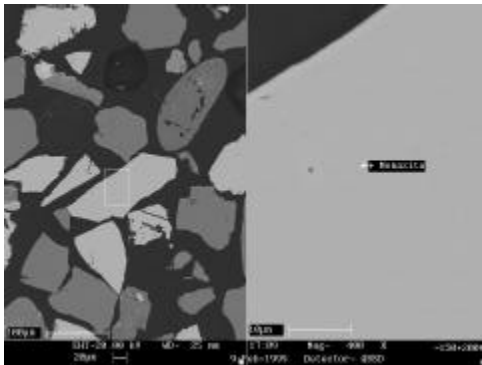


Figura 4 – Inclusão de monazita (inferior a 1 μm) em cristal de apatita do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol.

Também ao MEV-EDS, as únicas fases carreadoras de elementos terras raras identificadas foram monazita e apatita. Análises por EDS nas apatitas mostraram teores de OTR variando de 0,4 a 1,4% (média de 0,8%) e composições médias para as monazitas de 32% de P₂O₅, 65% de OTR, 0,2% de CaO, 0,25% de SrO, 0,5% de Al₂O₃, 0,45% de SiO₂ e 1,5% de F.

O resultado da separação em meio denso para cada granulometria com suas respectivas importâncias (%) na fração e na amostra total deslamada é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição das frações obtidas na separação em meio denso (em % em Massa).

Fração Granulométrica	Flutuado		Afundado	
	% na Fração	% na Amostra	% na Fração	% na Amostra
-1,68+ 1,19	21,82	1,97	78,18	7,05
-1,19+ 0,841	20,58	2,18	79,42	8,41
-0,841+ 0,589	20,75	2,36	79,25	9,01
-0,589+ 0,417	21,44	2,22	78,56	8,15
-0,417+ 0,295	20,31	2,26	79,69	8,85
-0,295+ 0,210	23,50	1,72	76,50	5,61
-0,210+ 0,149	26,73	2,03	73,27	5,57
-0,149+ 0,105	29,63	3,39	70,37	8,04
-0,105+ 0,074	33,92	2,09	66,08	4,08
-0,074+ 0,053	48,64	3,06	51,36	3,23
-0,053+ 0,044	48,85	2,19	51,15	2,29
-0,044+ 0,037	11,89	0,40	88,11	2,93
-0,037+ 0,020	9,62	0,09	90,38	0,83
Amostra deslamada		25,95		74,05

A Tabela 4 mostra a importância percentual em massa dos produtos obtidos da separação magnética nos afundados em cada granulometria e na amostra total deslamada.

Tabela 4 - Distribuição da amostra na separação magnética em relação à fração e à amostra deslamada, para os produtos afundados em cada classe granulométrica (% em massa).

Afundados										
	Imã de Mão		Magnético. 3 kG		Magnético. 5		Magnético. 10		Não Magnético	
	% na fração	% na amostra	% na fração	% na amostra	% na fração	% na amostra	% na fração	% na amostra	% na fração	% na amostra
-1,68+ 1,19	7,15	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,03	6,41
-1,19+ 0,841	6,59	0,70	15,50	1,64	15,16	1,60	11,43	1,21	30,75	3,25
-0,841+ 0,589	9,88	1,12	9,97	1,13	11,22	1,28	9,81	1,12	38,36	4,36
-0,589+ 0,417	12,83	1,33	7,26	0,75	5,64	0,58	8,37	0,87	44,45	4,61
-0,417+ 0,295	12,33	1,37	4,42	0,49	4,99	0,55	7,70	0,85	50,25	5,58
-0,295+ 0,210	9,25	0,68	3,61	0,27	4,19	0,31	6,58	0,48	52,87	3,88
-0,210+ 0,149	8,29	0,63	3,10	0,24	3,46	0,26	5,27	0,40	53,15	4,04
-0,149+ 0,105	7,28	0,83	2,58	0,29	3,39	0,39	5,55	0,63	51,56	5,89
-0,105+ 0,074	6,45	0,40	2,01	0,12	3,54	0,22	6,90	0,43	47,18	2,91
-0,074+ 0,053	4,97	0,31	1,36	0,09	2,09	0,13	6,32	0,40	36,61	2,31
-0,053+ 0,044	3,98	0,18	1,61	0,07	2,99	0,13	9,52	0,43	33,04	1,48
-0,044+ 0,037	4,27	0,14	2,04	0,07	5,24	0,17	15,16	0,50	61,39	2,04
-0,037+ 0,020	3,82	0,04	1,34	0,01	3,00	0,03	25,95	0,24	56,27	0,52
Soma	8,37		5,18		5,66		7,56		47,28	

* amostra deslamada

5. CONCLUSÕES

A caracterização do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol mostrou constituição mineralógica simples e favorável ao processamento. Predominam grãos quase monominerálicos de apatita e quartzo, e mistos de caolinita, fosfatos de alumínio tipo crandalita e óxidos/hidróxidos de ferro com inclusões de quartzo e apatita. Ocorrem também grãos de minerais de ferro (magnetita/hematita) com ou sem ilmenita associada, e feldspatos, titanita e goethita subordinados.

As frações acima de 150 malhas apresentam os melhores teores de P_2O_5 , acima de 20%, e concentram mais de 80% do total do fosfato em menos de 60% da massa. Acima de 270 malhas concentram-se quase 87% do fosfato, em menos de 66% da massa. Os finos (-400 malhas) representam 10% do P_2O_5 em 30% da massa, de maneira que a perda de fosfato em eventual deslamagem é proporcionalmente reduzida.

O total de magnéticos (até 10 kG) na amostra deslamada (+400 malhas) é de 26,8%, e supõe-se que as perdas de fosfato numa eventual separação nesse campo sejam reduzidas. No caso de corte a 150 malhas, a fração magnética

a 10 kG representaria por volta de 23% do total da massa, de maneira que deva ser possível conservar por volta de 80% do fosfato em aproximadamente 35% da massa. Numa eventual amostra classificada em 270 malhas, contendo 87% do P_2O_5 em 66% da massa, uma separação magnética a 10 kG eliminaria mais 25,6% da massa, supostamente com pouca perda de fósforo, concentrando os 87% do fosfato em 40% da massa.

Os únicos minerais carreadores de elementos terras raras detectados foram apatita e monazita. Esta última foi encontrada como inclusão nas apatitas ou, mais freqüentemente, associada às partículas poliminerálicas (agregados com fosfatos tipo crandalita, caolinita, óxidos/hidróxidos de ferro e/ou manganês e bário), em geral susceptíveis ao campo magnético de 10 kG. Num eventual processo de separação magnética, esta monazita estaria eliminada do concentrado apatítico final.

BIBLIOGRAFIA

- Kahn, H, Cassola, M. S., Oba, C. A. I., Liberal, G. S. & Riffel, B. F. – 1990 – Caracterização Tecnológica do Minério Residual de Fosfato de Angico dos Dias, BA. In: XIV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Anais, V.1, pp. 196-211. Salvador (BA), 1990.