

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA
SEDE - SÃO PAULO

BOLETIM

DA

SBG - BIBLIOTECA	
n.º	P17
data	08/8/84

***Sociedade Brasileira
de
Geologia***

VOLUME

9



NÚMERO

2

SETEMBRO DE 1960

SÃO PAULO — BRASIL

BOLETIM

DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

VOLUME 9

—

SETEMBRO DE 1960

—

NÚMERO 2

ÍNDICE

Beta-uranofânio de Perus, São Paulo, SP. Por WILLIAM G. R. DE CAMARGO e J. MOACIR V. COU- TINHO	5
Notas preliminares sobre a Geologia e Estrutura da Serra de Santana, Estado de São Paulo Por JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETO	13
Notas sobre a Geologia da Serra do Tombador Por PAULO ANIBAL MARQUES DE ALMEIDA ROLFF	25
Origin of certain cangas of the "Quadrilátero Ferrífero" of Mi- nas Gerais, Brazil Por GEORGE C. SIMMONS	37
Intensity and extensity of Minerals from Barra Verde and Brejui Mines, Currais Novos, RN Por A. BHASKARA RAO	61
Novo método para diferenciar calcita de dolomita Por JUAN C. GOÑI	71
A new cromyocrinid from Brazil Por HARRELL L. STRIMPLE	75
Vale pré-glacial ao norte de Lavras do Sul, R.G.S. Por HENRY MAU	79

Este Boletim foi impresso com auxílio do CONSELHO
NACIONAL DE PESQUISAS

BETA-URANOFÂNIO DE PERUS, SÃO PAULO, SP

Por

WILLIAM G. R. DE CAMARGO e J. MOACYR V. COUTINHO

Departamento de Mineralogia e Petrografia, Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras, Universidade de São Paulo

ABSTRACT

Beta-uranophane has been identified in a pegmatite dike from Perus, São Paulo SP, Brazil, occurring in cavities as a secondary mineral.

The pegmatite dikes contain the following primary minerals: quartz, microcline black tourmaline, albite, apatite, garnet, pink tourmaline, lepidolite, and rare morganite. Other secondary uranium minerals occur mostly along cracks and fissures, such as autunite, phosphuranylite?, torbenite, uraniferous opal, and some other minerals not yet identified.

The small (about 0,2 mm) and needlelike beta-uranophane crystals show the crystallographic forms (100), (010), and (102). The cleavages (010) and (100) favour the fibrous character of crystals.

The optical constants, measured for Na light, revealed to be: $X (n_\alpha) = 1,657$; $Y (n_\beta) = 1,682$; $Z (n_\gamma) = 1,703$ (calculated); maximum birefringence = 0,046; $2V_x = 57^\circ$, extinction angle $Z/c = 18-41^\circ$. Strong crossed optic plane dispersion being $Z/c (r) > Z/c (v.)$.

Pleochroic colors: X = colorless; Y = yellow; Z = lemon yellow.

Darkest X ray lines: (A): 7, 75 — 3,90 — 3,51 — 3,20 (in a decreasing sequence of intensity).

INTRODUÇÃO

O mineral aqui descrito, também designado beta-uranotila, foi pela primeira vez identificado por Novacek (11) em ocorrência de Joachimsthal, Checoslováquia. Anteriormente, já havia sido estudado ópticamente por outros autores, que confundiram o mineral com o carbonato schroeckingerita (9). Outras ocorrências de beta-uranofânio são conhecidas em Bedford, N. Y. (2), erroneamente rotulado como schroeckingerita, em Mitchell, N. C. (15), Boulder Batholith, Montana (4), em Wölsendorf, Bavária (14), em Queensland, Austrália (5), em Sankara, Nellore (10), e em Kenora, Ontário (13), além de outras ocorrências de menor importância.

OCORRÊNCIA

O beta-uranofânio ocorre em Perus em cavidades poliédricas (Fig. 1) com 1 a 2 cm de diâmetro, lembrando moldes negativos de cristais dissolvidos. O mineral é aí encontrado em agregados entrelaçados, crostas e tufos radiados isolados, implantados nas paredes da cavidade. Além do beta-uranofânio, podem ocorrer em associação na mesma cavidade, sílica amorfa e albita secundária, formando compartimentos que dão uma estrutura celular à cavidade.

Apenas 4 pequenas drusas foram encontradas e coletadas na amostra de rocha obtida. Em nenhuma delas, entretanto, encontrou-se associado ao beta-uranofânio, qualquer vertígio de uraninita ou qualquer outro mineral uranífero primário.

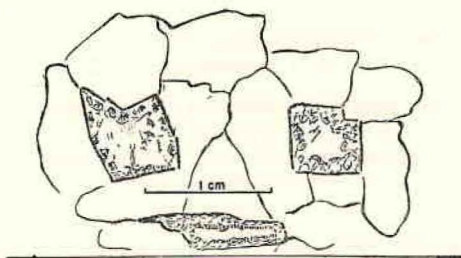


Fig. 1 — Forma das cavidades contendo beta-uranofânio.

As pequenas cavidades de dissolução aparecem em jazida de feldspato constituída por pegmatito inalterado, que forma bolsas ou lentes irregulares desenvolvidas em granito turmalínífero, por sua vez encaixado em micaxistos e hornfels calcosilicático.

Os minerais primários do pegmatito são principalmente os seguintes: quartzo, microclínio branco, turmalina preta, albita azulada, apatita esverdeada, granada e mais subordinadamente ou em concentração localizada: turmalina rósea (rubelita), lepidolita e raríssima morganita.

As paredes das cavidades poliédricas descritas fazem contáto brusco, sem transição, com os minerais frescos do pegmatito.

Ainda, como mineral primário desses pegmatitos já foi relatada a ocorrência de uraninita (Knecht, 8), porém não encontrada pelos autores.

Além do beta-uranofânio, tem-se registrada a ocorrência relativamente abundante, ao longo de fraturas, de diversas variedades de minerais secundários, quase todos uraníferos: autunita, torbenita, phosphuranylita?, opala uranífera e outros ainda não determinados.

MORFOLOGIA E PROPRIEDADES FÍSICAS GERAIS

Os tufo e agregados são constituídos por cristais alongados, aparentemente primáticos (Figs. 2 e 3), devido ao extraordinário desenvolvimento dos pinacóides (100) e (010). As agulhas são minúsculas, não medindo mais do que 0,2 x 0,03 mm.

Os cristais mais bem formados constam das formas simples (100), (010) e do pinacóide oblíquo (h01).

As medidas angulares, conseguidas ao microscópico, revelaram os seguintes valores:

$$100 / 010 = 90^\circ$$

$$100 / hol = 43^\circ$$

O ângulo de 43° , obtido diversas vezes na platina do microscópico, com os cristais apoiados sobre a face de (010), indica uma grande discrepância em confronto com o resultado médio de $48^\circ 36'$, determinado por Steinocher e Novacek (15), e $46^\circ 01'$, obtido por Gorman e Nuffield (6). Considerando, entretanto, que as medidas ao microscópio são mais imprecisas, e que nos próprios desenhos de Novacek, exibe-se o ângulo de 43° (suplementar de 137°) entre as diversas faixas de zoneamento, sub-paradelas às faces (100) e (hol), não temos dúvida em estabelecer para (hol) dos cristais de Perus, o símbolo numérico (102), que Gorman atribue ao cristais de Ontário.

As faces (102) são totalmente corróidas, o que fornece aos cristais, quando observados lateralmente ao microscópio, indícios de fibrosidade.

Essa fibrosidade é ainda favorecida pelas clivagens (100) e (010).

Geminados de contáto, segundo (100), comuns em outras ocorrências, não foram observados nos cristais de Perus.

Os cristais são em geral zonados, (Fig. 3).

A cor dos cristais de Perus é amarelo gema de ovo. Com luz ultravioleta (Minerallight), o mineral exibe fraca, mas bem caracterizada fluorescência de cor amarelo sujo. Dureza 2-3.

PROPRIEDADES ÓPTICAS

Os índices de refração, obtidos com luz monocromática de sódio, pelo método de imersão no microscópio, são em geral concordantes com os da literatura (Fron del, 5) (Tabela 1).

TABELA 1

	<i>Bedford</i>	<i>Mitchell</i>	<i>Wölsendorf</i>	<i>Joachimsthal</i>	<i>Argentina</i>
Nx	1,658	1,663	1,668	1,661-1,671	1,660
Ny	1,682	1,688	1,686	1,682-1,694	1,683
Nz	1,685	1,697	1,695	1,689-1,702	1,697
Bir.	0,027	0,034	0,027	0,028-0,031	0,037
2Vx	40-45°	62°	peq.	71°	50°
Z/c	30°	32°	36°	44-57°	24-36°
	<i>Portugal</i>	<i>França</i>	<i>Utah</i>	<i>Montana</i>	<i>Perus</i>
Nx	1,670-1,678	1,665	1,665	1,652-1,656	1,657
Ny	1,698-1,723	1,687	1,684	1,678-1,682	1,682
Nz	1,715-1,730	1,695	1,695	1,682-1,686	1,703 (calc.)
Bir.	0,045-0,052	0,030	0,030	0,030	0,046
2Vx	até 40°	?	35°	10-20°	57°
Z/c	18-30°	40°	30°	30-40°	18-41°

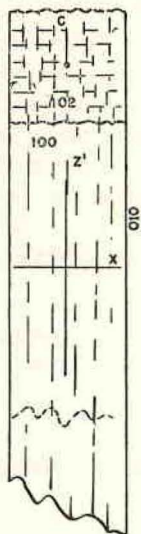


FIG. 2 — Projecção do cristal sobre 100, exibindo clivagens e orientação óptica.

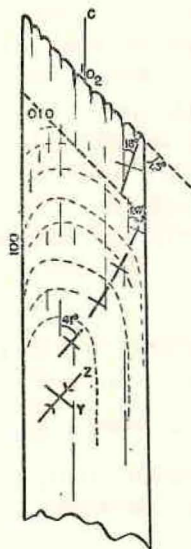


FIG. 3 — Projecção do cristal sobre 010 exibindo clivagens, orientação óptica e zoneamento com modificação gradual dos ângulos de extinção. Na última camada superior, a extinção muda bruscamente.

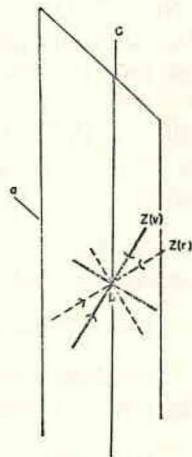


FIG. 4 — Dispersão cruzada do plano dos eixos ópticos.

Embora os cristais de Perus sejam zonados, os índices de refração quase não variam nas zonas mais internas, sendo os índices relacionados na tabela anexa, os referentes às zonas intermediárias. Já nas zonas externas, os índices são sensivelmente inferiores aos descritos.

O ângulo de extinção, pode variar acentuadamente desde 41° , nas partes mais internas, 26° nas zonas intermediárias, até $16-18^\circ$ nas zonas externas.

O beta-uranofânio é, muito provavelmente, mineral de mistura isomorfa, como bem acentuam Novacek e Steinocher. Todavia, as características e a distribuição das diversas camadas descritas por aqueles autores, em cristais de Joachimsthal, não concordam com os dados observados nos cristais de Perus, o que se pode ver facilmente pela comparação abaixo (para medições com luz monocromática de sódio):

índices de refração Z/c	Zonas mais internas Joachimsthal Perus		Zonas mais externas Joachimsthal Perus	
	maiores	menores	menores	maiores
	44-48°	16-18°	52-57°	41-26°

A extinção, observada com luz branca, nunca é completa, verificando-se grande dispersão da bisetriz obtusa (dispersão cruzada do plano dos eixos ópticos). A relação é: Z/c (vermelho) maior do que Z/c (violeta). (fig.4).

Côr de interferência anômala pode aparecer na extinção das placas deitadas sobre a face 010.

Em geral, na maioria dos casos descritos na literatura, o beta-uranofânio mostra fraco pleocroísmo, com $X = Y$ (amarelo limão) e X (incolor). Nos cristais de Perus, o pleocroísmo observado foi o seguinte: Z (amarelo limão), Y (amarelo), X (incolor).

DETERMINAÇÃO RÖNTGENOGRÁFICA

A determinação röntgenográfica foi executada em aparelho Norelco, tubo com anticátodo de Co, 30 kV, 10 mA, filtro de Fe, utilizando-se o método do pó de Debye-Scherrer, com câmara Philips de 114,6 mm de diâmetro.

O mineral reduzido a pó impalpável em almofariz de ágata (cêrca de 200 mesh) foi misturado com colódio Dupont (colatudo), confeccionando-se cilindros com 1,5 cm de comprimento por cêrca de 1/4 mm de diâmetro.

Foi utilizado filme Kodak comum, para raios X, empregado em radiografia médica, filme de pouca sensibilidade que exigiu 24 horas de exposição. Aliás sendo o material um composto de urânio, a absorção foi bem acentuada.

Prêviamente foi obtido um diagrama do colódio puro, revelando-se dois halos cinzentos, largos e difusos, próximos ao orifício de saída do feixe primário de raios X ($\theta = 0^\circ$). Tais halos são característicos das substâncias amorfas, e pouco interferem nas medições das substâncias cristalizadas.

Tabela 2 — Beta-uranofânio, Perus, São Paulo, SP, Brasil

Dados do diagrama de pó

ANTICÁTODOS: Co		FILTRO: Fe		$\lambda = 1,7902 \text{ \AA}$	
FRONDEL (5)		GORMAN & (6)		CAMARGO &	
(JOACHIMSTHAL)		NUFFIELD		COUTINHO	
(JOACHIMSTHAL)		(JOACHIMSTHAL)		(PERUS)	
$d(\text{\AA})$	<i>I</i>	$d(\text{\AA})$	<i>I</i>	$d(\text{\AA})$	<i>I</i>
7,83	10	7,49	10	7,75	10
6,66	4	6,50	2	6,59	4
6,15	4	5,98	5	6,14	4
5,07	4	5,04	8	5,13	6
4,85	4	—	—	4,85	4
4,55	4	4,53	8	4,58	6
4,11	3	4,11	3	4,05	4
3,90	9	3,83	9	3,90	9
3,75	1	—	—	3,82	2
3,51	6	3,51	8	3,51	8
3,41	1	—	—	3,39	1
3,35	2	—	—	3,32	2
3,19	5	3,17	7	3,20	7
3,04	4	3,02	8	2,98	6
2,99	3	—	—	2,95	3
2,91	2	—	—	2,88	1
2,78	3	2,80	9	2,80	5
2,83	4	—	—	2,74	2
2,59	5	2,58	6	2,57	5
2,41	2	—	—	2,38	2
2,36	2	2,36	4	2,35	2
2,29	1	2,27	1/2	2,27	1
2,21	2	2,19	4	2,21	2
2,20	2	—	—	—	—
2,17	1	—	—	2,17	1
2,13	1	2,13	2	2,14	1
2,11	1	—	—	2,11	1
2,08	2	2,07	2	2,06	2
2,04	1	—	—	2,02	1
2,01	1	2,00	4	2,00	1
1,98	3	1,971	2	1,959	3
1,93	3	1,924	5	1,926	4
1,877	3	1,872	4	1,865	3
1,841	3	1,823	2	1,827	3
1,807	3	—	—	—	—
1,778	2	1,783	2	1,769	2
1,734	3	1,727	3	1,727	3
1,701	3	1,690	2	1,692	2
1,658	1	1,651	1	1,649	1
1,623	2	1,614	5	1,616	4
1,590	1/2	1,579	1/2	1,587	1/2
1,551	1	1,540	2	1,543	1
1,528	1	1,518	2	—	—
1,506	1	—	—	—	—
1,484	1	1,478	1	—	—
1,461	1	1,458	1/2	—	—

1,441	1	1,442	1/2	—	—
1,417	1	1,411	1/2	—	—
1,388	1	—	—	1,369	1
1,358	2	1,347	4	—	—
1,310	1	—	—	1,305	1
1,293	1	1,298	1	1,289	1
1,274	2	1,263	4	1,268	3
1,264	1	1,240	1	1,257	1
1,186	1	1,183	2	—	—
1,161	2	1,158	4	1,156	3
—	—	1,138	2	1,136	3
		1,115	2	1,115	2
		1,085	3	1,086	3
		1,064	2	1,062	1
		1,045	1	1 056	1
		1,032	1	1,027	1
		1,013	1	1,011	1
		1,000	2	—	—
		0,990	1	0,987	1
		0,976	1	—	—
		0,967	2	0 965	2
		0,957	1	0,954	1
		0,947	3	0,946	3
		0,934	1	0,940	1
		0,920	—	—	—

A confirmação do beta-uranofânio por via röntgenográfica foi executada por comparação com dados fornecidos por Frondel (5) e por Gorman & Nuffield (6), de acôrdo com a tabela 2, anexa.

Algumas raias, as mais fracas, não apareceram, talvez por falta de exposição suficiente. Entretanto, uma exposição mais prolongada provocaria um escurecimento do filme por difusão dos raios X no ar da câmara de pó, dificultando da mesma maneira o aparecimento das raias de intensidade mais fraca. Por tentativa, achamos a exposição de 24 horas, a mais conveniente para o beta-uranofânio, usando-se câmara de 114,6 mm.

As raias que apareceram no filme, entretanto foram mais do que suficientes para confirmar a espécie mineral. As pequenas discrepâncias de valores observadas entre os diversos autores citados, podem ser devidas a erros normais nas medidas.

PARAGÊNESE E GÊNESE

Embora já se tenha mencionado a presença, não reconhecida pelos autores, de uraninita primária (Knecht, 8) nos pegmatitos de Perus, pode-se pensar que a substância uranífera responsável pela mineralização secundária se origine de minerais acidentalmente uraníferos, muito comuns no pegmatito, entre os quais convém ressaltar a apatita.

Na apatita, principalmente na fluor-apatita, os ions de urânio podem substituir parcialmente os ions de cálcio (Heinrich, 7, Altschuler, Clark & Young, 1). O urânio se encontra na apatita provavelmente sob a forma de U^{+4} , pois os raios iônicos do Ca^{+2} (0,99 Å) e do U^{+4} (0,97 Å) são

muito semelhantes. A diferença de raios iônicos é bem inferior ao limite de 15%, estimado por Goldschmidt para substituições isomorfas na estrutura cristalina.

Segundo informações verbais de Henry Mau, a análise fluorimétrica da apatita de Perus, revelou traços de urânio.

Alterando-se a apatita, o urânio tetravalente se oxida a U^{+6} combinando-se com oxigênio e formando o ion uranila UO_2^{+2} , de grande estabilidade, e responsável pela formação da maioria dos minerais secundários de urânio.

Entretanto, achamos que o problema não pode ser definitivamente resolvido, especialmente para o caso do beta-uranofânio, o qual parece provir da alteração "in situ" de cristais primários, como sugere o contorno poliédrico das cavidades. Além disso, os minerais restantes do pegmatito acham-se inalterados, inclusive a própria apatita da qual deveria provir.

É provável pois que o beta-uranofânio tenha se originado através da alteração hidrotermal de mineral uranífero primário mais profundamente situado, como por exemplo a uraninita.

B I B L I O G R A F I A

- 1) ALTSCHULER, Z. S., CLARK, R. S. JR., & YOUNG, E. J. — (1954) *Uranium in apatite*. Geol. Soc. Am. Bull. 65, pp. 1225-1226.
- 2) ARMSTRONG, E. J. (1955) — *Schroëckingerite from Bedford, New York*. Am. Min. 20, pp. 62-63.
- 3) BRANCHE, G., CHEVERT, J. & GUILLEMIN, C. (1951) — *Nouvelles espèces uranifères françaises*. Soc. Fr. Min. Cryst., 74, pp. 457-458.
- 4) EMERSON, D. O., WRIGHT, H. D. (1957) — *Secondary uranium minerals at the W. Wilson mine in the Boulder Batholith, Montana*. Am. Min. 42, pp. 222-239.
- 5) FRONDEL, C. (1958) — *Systematic Mineralogy of uranium and thorium*. USGS Bull. 1064, pp. 307-311.
- 6) GORMAN, D. H. & NUFFIELD, E. W. (1955) — *Studies on radioactive compounds. VIII — Uranophane and beta-uranophane*. Am. Min., 40, 634-645.
- 7) HEINRICH, E. W. (1958) — *Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials*. McGraw Hill Book Co., New York.
- 8) KNECHT, T. (1937) — *Sobre algumas novas ocorrências de minerais no Estado de São Paulo*, Bol. Agricultura, n.º 5.
- 9) LARSEN, E. S. (1921) — *The microscopic determination of non opaque minerals*. USGS Bull. 679.
- 10) MEIXNER, H. (1940) — *Notizen über neue Vorkommen einiger Uran Mineralien*. Zent. Min. Abt. A, p. 145.
- 11) NOVACEK, R. (1935) — *Study on some secondary uranium minerals*. Am. Min. 20, p. 813.
- 12) SATTERLY, J. (1955) — *Radioactive mineral occurrences in the vicinity of Hawk and Richard Lakes*. Ontário Dept. Mines Geol., Circular n. 1.
- 13) SATTERLY, J. (1955) — *Some radioactive mineral occurrences in the Buncroft area*. Ontario Dept. Mines Geol., Circular n. 2.
- 14) SCHOEP, A. & SCHOLZ, A. (1931) — *Sur les minéraux uranifères decouverts à Wölsendorf et sur un nouveau minéral d'uranium*. Bol. Soc. Belge de Geol., 41, pp. 71-75.
- 15) STEINOCHE, V. & NOVACEK, R. (1939) — *On beta-uranotile*. Am. Min., 24, pp. 325-338.