

OCORRÊNCIA DE SAFIRINA EM SALVADOR, BAHIA

Por

SHIGUEMI FUJIMORI(*) e GILLES O. ALLARD

RESUMO

Foi identificada em Salvador, Bahia, a primeira ocorrência de safirina no Brasil. Esse mineral de poucas ocorrências conhecidas no mundo, acha-se associado a um pequeno bloco de rocha ultrabásica encravado em rochas granulíticas pertencentes ao Precambriano.

Foram determinadas algumas das propriedades óticas do mineral e feita uma análise com raio X cujos resultados coincidem com as propriedades das outras safirinas conhecidas na literatura.

Embora a origem dessa safirina seja discutível, verificaram-se as associações mineralógicas safirina-ortopiroxênio, safirina-ortopiroxênio-cordierita, safirina-ortopiroxênio-cordierita-espinelio.

ABSTRACT

This article describes the first occurrence in Brazil of sapphirine found in Salvador, State of Bahia. This rare mineral of few known occurrences in the world, is associated to a small block of ultrabasic rock in the granulites of the Precambrian age.

Some optical properties of the mineral were determined and an X ray analysis was made and the results coincide with the other known sapphirines of literature.

The origin of sapphirine is not clear, but the following mineral associations were found: sapphirine-orthopyroxene, sapphirine-orthopyroxene-cordierite, sapphirine-orthopyroxene-cordierite-spinel.

INTRODUÇÃO

Em 1961 procedeu-se o reconhecimento geológico da zona litorânea de Salvador pelos alunos do Curso de Geologia do Petróleo do CENAP, dentro do seu programa de treinamen-

(*) Atualmente da Escola de Geologia da Universidade Federal da Bahia.

to em trabalhos práticos de campo. Em uma das amostras coletadas verificou-se no microscópio a presença de um mineral azul fortemente pleocróico e que foi identificado como safirina, um silicato de alumínio e magnésio.

As ocorrências conhecidas desse mineral no mundo inteiro são bastante reduzidas (Fig. 1), sendo citadas na literatura, entre outras, as seguintes: Mac Robertson, Antártica (Segnit, 1957), Cortlandt, Nova York, EE. UU. (Friedman, 1952), Bug, Ucrânia, USSR (Nalivkina, 1961), Madras, Índia (Walker e Coolins, 1907), Madura, Índia (Muthuswami, 1949), Dangin, Austrália, Prider, 1945), Sukkertoppen, Groenlândia Ocidental (Ramberg, 1948), St. Urbain, Quebec, Canadá, (Warren, 1912), Madagascar, África Oriental (Lacroix, 1929, 1939, 1940), Blinkwater, Transvaal (Mountain, 1939), Fiskernaes, Groenlândia (Ussing, 1889^a, 1880^b).

O presente artigo apresenta alguns dados preliminares sobre a primeira ocorrência desse mineral no Brasil.

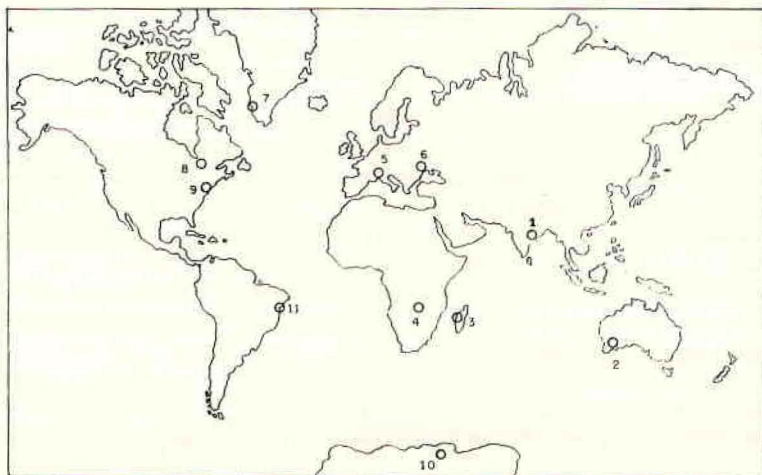


Fig. 1 — Ocorrências conhecidas de safirina no Mundo. 1 — MADRAS — Índia (Walker e Coolins, 1907); 2 — DANGIN — Austrália (Prider, 1945); 3 — ITRONGAY — Madagascar (Lacroix, 1929); 4 — TRANSVAAL — África (Mountain, 1939); 5 — VALE CODERA — Itália (Cornelius e Diftler, 1929); 6 — RIO BUG — Rússia (Nalivkina, 1961); 7 — GROENLÂNDIA OCIDENTAL (Ramberg, 1948); 8 — QUEBEC — Canadá (Warren, 1912); 9 — NOVA YORK — Estados Unidos (Friedman, 1957); 10 — MACROBERTSON — Antártica (Segnit, 1957); 11 — SALVADOR — Bahia - Brasil (Fujimori e Allard, 1962).

LOCALIZAÇÃO

A rocha com safirina aflora em Salvador nas proximidades da Bacia das Moças, entre os bairros da Ondona e do Rio Vermelho. Encontra-se a ocorrência a 150 m aproximadamente a oeste da referida Bacia das Moças, na linha de costa e a cerca de dois metros acima do batente de preamar (Fig. 2). Pode-se atingir facilmente o afloramento tanto na preamar como na baixa-mar.

PETROGRAFIA GERAL

Afloram na área de Salvador rochas metamórficas na sua grande maioria das fácies do granulino (Turner e Verhoogen, 1960, p. 553) pertencentes ao Precambriano. A sua composição mineralógica é bastante variável mesmo num pequeno espaço, mas predominam dois grupos litológicos principais classificados como granulitos ácidos ou quartzo-feldspáticos e granulitos básicos.

Os granulitos ácidos se caracterizaram pela presença abundante de quartzo azulado e feldspato potássico com ou sem granada, e muito pouco plagioclásio e piroxênio. Os granulitos básicos apresentam predominantemente plagioclásio e minerais ferromagnesianos, principalmente ortopiroxênio, clinopiroxênio e hornblenda, com quantidades subordinadas de quartzo, biotita, feldspato potássico.

Em associação acentuada com os granulitos básicos ocorrem blocos lenticulares e esféricos de rochas básicas e ultrabásicas de tamanho variável, apresentando as seguintes associações mineralógicas: clinopiroxênio-quartzo, biotita-granada-cordierita-espinélio, clinopiroxênio-espinélio, ortopiroxênio-biotita-cordierita-espinélio.

Cortando essas rochas anteriores ocorrem veios de pegmatito de granulação grosseira com quartzo azulado e feldspato róseo, e de aplito de grão fino a médio. A espessura desses veios é geralmente pequena tendo alguns até 30 centímetros.

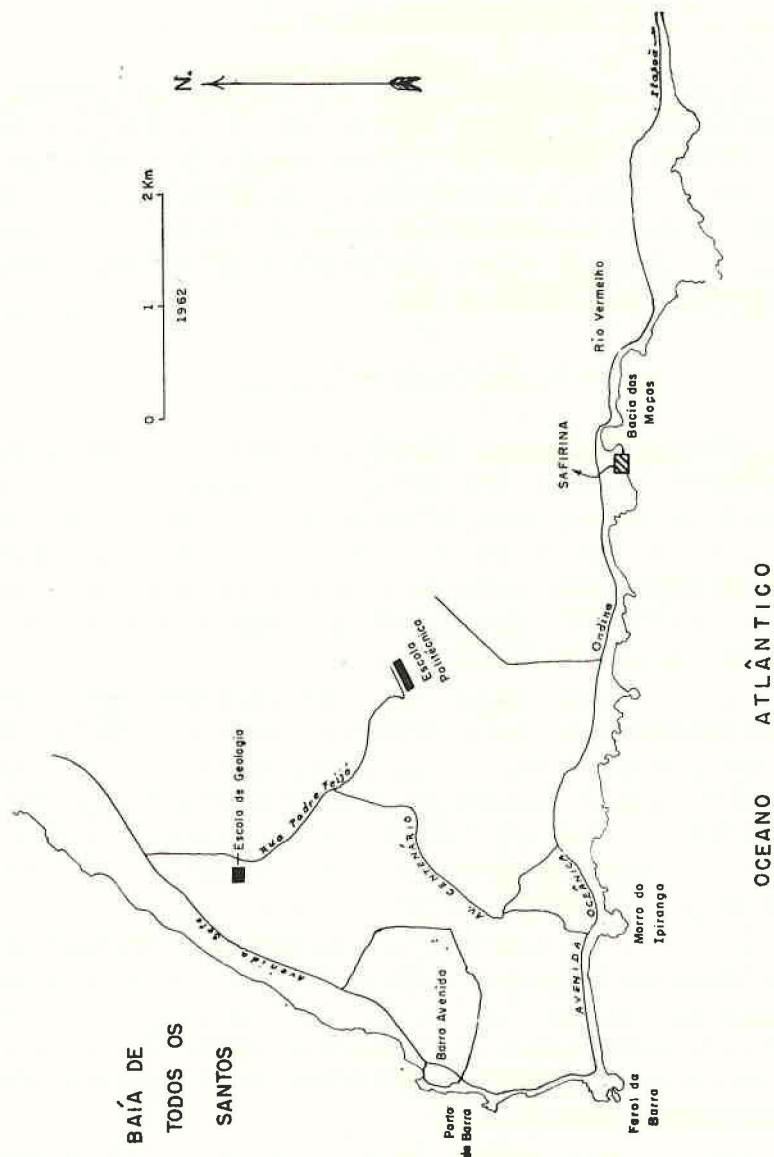


Fig. 2 — Ocorrências de safirina, Salvador, Ba.

De ocorrência frequente são também diques de diabásio. Aparentemente êsses diques cortam tôdas as rochas anterior-

res, mas a sua idade é ainda desconhecida. A espessura desses diques varia de poucos centímetros até 50 m.

Os granulitos são as rochas predominantes da área. Os granulitos ácidos geralmente de cor clara a rosada, se intercalam com os granulitos básicos de coloração cinza marrom a azulada escura. A foliação nessas rochas é conspícua e é caracterizada pelo arranjo em camadas de diversos minerais, principalmente fêmicos, feldspatos potássicos, granada, e orientação de agregados lenticulares de quartzo. Essas estruturas aliadas à composição mineralógica sugerem para rochas originais uma seqüência de sedimentos pelíticos, quartzo-feldspáticos, carbonatados, e possivelmente rochas vulcânicas. Alguns dos blocos lenticulares ou esféricos de rochas básicas e ultrabásicas poderiam constituir originalmente camadas contínuas que pela deformação plástica das rochas encaixantes menos competentes foram fraturadas em vários blocos.

Dobras e zonas de cisalhamento além de inúmeras falhas pequenas e grandes, tornam a estrutura dessas rochas extremamente complicada. Entre as falhas da região ocorre a do Salvador de direção NE a cerca de 4,5 km a oeste do afloramento de safirina e constitui a margem oriental da bacia sedimentar do Recôncavo Baiano.

OCORRÊNCIA DE SAFIRINA

A safirina foi encontrada num bloco de rocha ultrabásica incrustado nos granulitos básicos. Esse bloco possui uma forma alongada com cerca de 5,5 m de comprimento por 2,0 m de largura e se orienta na direção N 70° E, paralelamente à foliação geral. É interessante observar que em torno do bloco, a foliação da rocha encaixante tende a contorná-lo. A sua superfície externa é bastante irregular indicando que o bloco sofreu fraturamento sob escoamento plástico da rocha encaixante.

A rocha possui uma granulação grosseira, e tamanho máximo atingindo cerca de 2 centímetros e a sua cor é mar-

rom escuro quase preto que se contrasta com a da rocha encaixante de coloração ligeiramente mais clara.

Verifica-se uma variação mineralógica da periferia para o núcleo do bloco indicando um nítido zoneamento concêntrico. A camada mais externa cuja espessura vai até 60 cm, é rica em granada rosa, biotita, ortopiroxênio, cordiorita e espinélio, com uma pequena quantidade de safirina. Certas partes dessa zona são ricas em feldspato grosseiro. Segue-se uma camada com 20 a 30 cm de largura contendo ortopiroxênio, biotita, safirina, espinélio e cordierita. A superfície exposta dessa camada caracteriza-se pelo aspecto relativamente liso e regular. A parte central é constituída de ortopiroxênio, biotita, espinélio, e a sua superfície exposta é bastante irregular.

Inúmeros outros blocos de rochas ultrabásicas da região apresentam zoneamento análogo com periferia rica em granada, porém sem safirina.

MINERALOGIA

Segue-se descrição da safirina e de alguns outros minerais que a acompanham no bloco da rocha ultrabásica.

Safirina — Ocorre geralmente em lamelas orientadas (Fig. 3) nos ortopiroxênios e em continuidade ótica formando uma textura simplectítica. A sua cor é azul e fortemente pleocróica com as seguintes variações: X rosa clara; Y — azul claro; Z — azul celeste. A absorção apresenta a fórmula $X < Y < Z$, e a clivagem é obscura. A cor de interferência é anômala, cinza azulada e a birrefringência ligeiramente inferior à do quartzo. É biaxial negativo com $2V$ próximo de 60° . Os dois índices principais determinados com luz branca são: $N_z = 1,725 \pm 0,003$; $N_x = 1,720 \pm 0,003$. A dispersão dos eixos óticos é forte com vermelho $<$ azul ($r < v$).

As lamelas de safirina são às vezes substituídas por espinélio verde com formação de uma coroa de reação de cordierita entre espinélio e ortopiroxênio (Fig. 4). Essa coroa de reação se dá também em tórno de safirina sem formação de espinélio (Fig. 3).

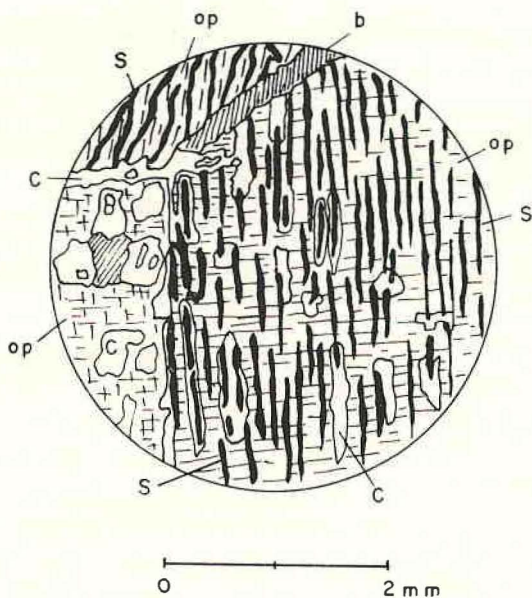


Fig. 3 — Lamelas de safirina (S) no ortopiroxênio (op); C. Cordierita; b, biotita.

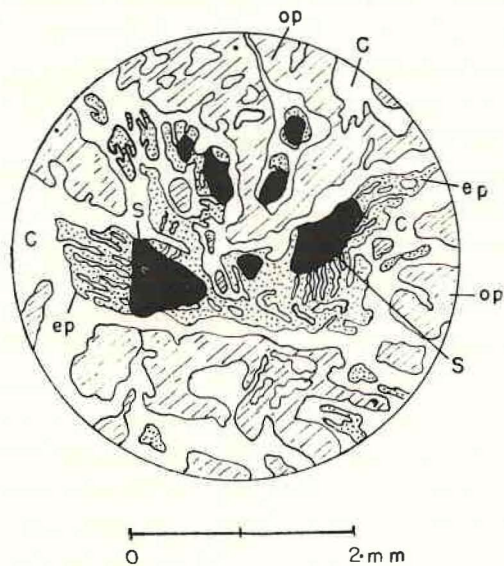


Fig. 4 — Relação entre safirina(S), espinélio(ep), cordierita(C) e ortopiroxênio(op).

A safirina ocorre também em formas granulares formando um mosaíco com ortopiroxênio e biotita.

Essas características óticas da safirina de Salvador estão resumidas na Tabela 1 juntamente com as de algumas outras safirinas conhecidas.

Uma pequena quantidade do mineral foi separada por meio de líquidos pesados e separador magnético isodinâmico Frantz e analisada com raio X nos laboratórios do Centro de Pesquisas da Escola Politécnica de Montreal, Canadá, por Guy Perrault. Os seus resultados estão apresentados na Tabela 2 onde acham também dados da safirina padrão da ASTM. Essa análise demonstra a presença de algumas impurezas na amostra enviada.

A fórmula química da safirina varia de autor para autor. Assim, Ford (1955) utiliza a fórmula $Mg_5Al_{12}Si_2O_{27}$ ou $5 MgO.6 Al_2O_3.2 SiO_2$. Porém, Palache, Berman e Frondel (1944) seguidos por Winchell e Winchell (1956) admitem a fórmula $(Mg,Fe)_{15}(Al,Fe)_{34}Si_7O_{80}$ ou $15 (Mg,Fe)0.17 (Al,Fe)_2O_3.7 SiO_2$ para a safirina. Foster (1950) e Keith e Schairer (1952) determinaram para o mineral a fórmula $4 MgO.5 Al_2O_3.2 SiO_2$ e Gossner e Mussnug (1929) e Vogt (1947), a fórmula $2(Mg,Fe) 0.2Al_2O_3.SiO_2$. A fórmula admitida com a mais próxima da safirina natural é aquela fornecida por Gossner e Mussnug.

Qualquer que seja a fórmula química admitida, a safirina é um mineral de baixo teor em sílica que varia de 13% a 18%, aproximadamente, e com elevada porcentagem de alumina a qual varia de 59% a 66%. A quantidade de MgO oscila entre 20% e 24%, porém há substituições por ferro e pequenas porcentagens de B_2O_3 podem estar presentes.

Biotita — É fortemente pleocróica, castanho escuro nas direções Y e Z, e amarelo pálido na direção X, com 2 V muito pequeno. Nota-se uma variação na cor da biotita da periferia para o núcleo do bloco da rocha que contém safirina, sendo mais clara na parte central do que nas camadas externas. Halos pleocróicos em tórno de zircão arredondado são comuns.

Ortopiroxênio — Forma grãos anedrais, pleocróicos com as seguintes cores: X — marrom; Y — cinza esverdeada cla-

ra; Z — verde claro ligeiramente marrom. A absorção é, portanto, $X > Z > Y$. A extinção é paralela na maioria dos grãos com clivagem prismática longitudinal e o ângulo 2V varia de 74° (—) a 87° (+), na periferia e na parte central do bloco que contém a safirina, respectivamente. Inclusões retangulares de cor marrom orientadas geomêtricamente são proeminentes, porém a sua natureza não foi possível determinar, admitindo alguns autores serem inclusões de brookita, hematita ou goethita (Ford, 1955, p. 555). Além dessas inclusões, os ortopiroxênios contém safirina e espinélio frequentemente em forma de lamelas alongadas e paralelas, que às vezes chegam a constituir 50% do grão.

Espinélio — É verde, ocorre em grãos anedrais ou alongados, completamente isotrópico e apresenta muitas inclusões pretas opacas. Ocorre associado com os piroxênios, cordierita, e safirina, às vezes substituindo este último. Quando o espinélio está em contacto com um grão de mineral opaco, as suas inclusões em torno desse mineral opaco desaparecem quase que completamente tornando o espinélio nessa parte bastante limpo.

Cordierita — É incolor, granular, de baixa cor de interferência, próxima da de quartzo e possui baixo relêvo. Apresenta-se frequentemente geminada segundo as leis simples, múltipla, interpenetrante (Venkatesh, 1954) e às vezes geminação cíclica. Halos pleocróicos amarelos em torno do zircão arredondado auxiliaram a identificação da cordierita. A cordierita ocorre frequentemente em rochas ricas em biotita em formas granulares, e formando produtos de reação entre a safirina e espinélio e ortopiroxênio (Figs. 3 e 4).

Granada — Forma os porfiroblastos arredondados na rocha, geralmente com muitas inclusões formando um aspecto poiquiloblástico. O tamanho máximo chega a 7 cm de diâmetro, mas predominantemente em torno de 0,5 cm, e a sua cor é rosa clara quando observada macroscopicamente, mas torna-se vermelho alaranjado quando está ligeiramente alterada. É perfeitamente isotrópica e o seu índice de refração é $n_o = 1,785 \pm 0,003$, determinado com luz branca. O ta-

manho da cela unitária determinado é $a_0 = 11,514 \text{ \AA}$. Não foi determinada a densidade, mas a sua composição é aproximadamente 60% de almandina e 35% de piropo (Sriramadac, 1957).

ORIGEM

Ocorrem encravados nos granulitos básicos, blocos esférico-ídris de rochas ultrabásicas. Esses blocos formavam originalmente uma camada contínua que foi quebrada durante a deformação intensa e metamorfismo que converteu o pacote sedimentar em granulitos, mas podem ter sido, também um tipo de concreção com a forma semelhante à atual. A presença de grãos perfeitamente arredondados de zircão em certas partes desses blocos indica uma origem sedimentar para eles. A maioria desses corpos mostra um zoenamento concêntrico com acumulação de granada na parte periférica e a safirina foi encontrada somente num desses blocos até o momento.

Muito frequentemente a safirina ocorre em intercrescimento lamelar com os ortopiroxênios com uma textura típica de ex-solução e denunciando uma associação proeminente entre esses dois minerais. As lamelas de safirina não seguem necessariamente os planos de fraqueza como as clivagens ou planos de fratura dos ortopiroxênios, e são substituídas por cordierita ou por cordierita e espinélio, conseqüências prováveis da reação entre safirina e ortopiroxênio. Verifica-se também a substituição das lamelas de safirina nos ortopiroxênios somente por espinélio. Uma outra associação muito rara porém verificada é a da safira com granada e cordierita. Essas associações, safirina-ortopiroxênio, safirina-ortopiroxênio-cordierita, safirina-ortopiroxênio-cordierita-espinélio, e safirina-cordierita-granda, estão representadas no diagrama ternário da Fig. 5.

A composição química das rochas que constituem os blocos deve ter influído preponderantemente na formação ou não da safirina. A rocha original altamente magnésiana e relativamente baixa em sílica foi submetida a um intenso metamorfismo regional com formação de minerais de alto grau

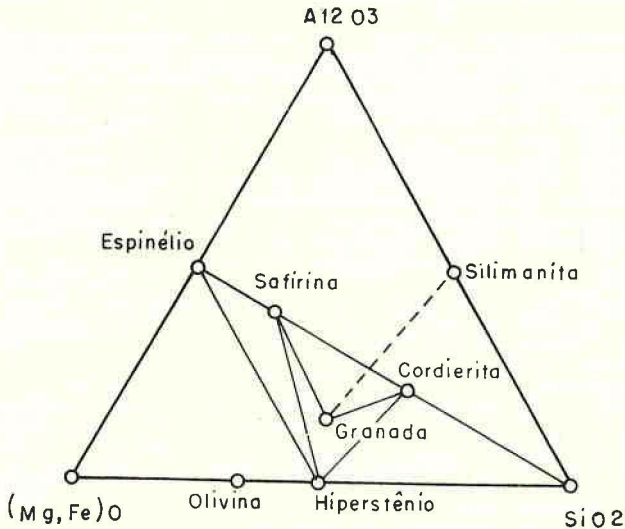


Fig. 5 — Associação mineral da safirina de Salvador, Ba.

de metamorfismo. O processo de resfriamento que se seguiu a essa fase poderá ter causado a precipitação de safirina em lamelas dentro dos ortopiroxênios. Da reação mútua entre êsses minerais resultaram cordierita e espinélio ou cordierita sòmente, dependendo provàvelmente das oscilações na composição química original. A safirina é, portanto, um dos produtos do polimetamorfismo que afetou as rochas do embasamento cristalino que aflora em Salvador.

Nas proximidades do bloco que contém safirina, aflora um corpo pequeno de composição granítica, possivelmente um produto de fusão dos granulitos quartzo-feldspáticos da área. As emanações provenientes dessa rocha poderiam ter influenciado a formação da safirina e de outros minerais presentes nas lentes de rochas ultrabásicas. Entretanto, a relação textural do mineral safirina e o fato de outros corpos semelhantes existentes bem junto daquêle com safirina não apresentarem êsse mineral, indicam que a influência do corpo granítico foi pequena na formação da safirina.

Por outro lado, a presença de granadas na zona periférica do bloco poderá ser indícios de reação entre o bloco da rocha ultrabásica e a rocha encaixante mais básica.

Tabela 1 — PROPRIEDADE ÓTICAS DA SAFIRINA

	<i>Salvador, Ba.</i>	<i>Cortlandt, N. Y., E. U. (Friedman, 1952)</i>	<i>Dangin, Austrália (Prider, 1945)</i>	<i>Bug, Rússia (Nalivkina, 1961)</i>	<i>Groenlândia Oci- dental (Ramberg, 1948)</i>	<i>Antártica, (Segnit, 1957)</i>
Clivagem	Obscura	(010) não muito clara.	Ausente	Ausente	—	Ausente
Côr	Azul	Azul	Azul claro	Azul	Azul claro	Azul celeste
Pleocroísmo						
X	Rosa clara	Verde amarelado	Verde pálido amarelado	Incolor	—	—
Y	Azul claro	Azul claro	Azul	Azul claro	—	—
Z	Azul	Azul	Azul profundo	Azul brilhante	—	—
Absorção	X < Y < Z	X < Y < Z	X < Y < Z	X < Y < Z	—	—
Dispersão	Côr de interferência anômala cinza azulada: dispersão dos eixos óticos: vermelho < azul (r < v).	Côr de interferência anômala cinza	Dispersão dos eixos óticos: vermelho < azul (r < v).	Côr de interferência anômala cinza	—	—
2V	Aprox. 60°(—)	—	Aprox. 50°	69° — 70°(—)	—	Aprox. 80°(+)
N _z	1,725 ± 0,003	—	—	1,722	1,7195 ± 0,001	1,710
N _y	—	—	1,720 ± 0,02	—	—	—
N _x	1,720 ± 0,003	—	—	1,717	1,714 ± 0,001	1,703

Tabela 2

DIAGRAMA DE RAIOS X PELO MÉTODO DO PÓ DA SAFIRINA DA BAHIA

Nº da linha	Safirina da Bahia		Material de comparação(§§)	
	d A	Intensidade(§)	Intensidade	d A
1	7,8237	1		
2	7,0696	4 L		
3	6,0951	4 L		
4	5,4069	1 LL		
5	4,5855	2		
6	4,0715	1 LL	10	4,10
7	3,8767	1		
8	3,6157	1		
9	3,5882	1	20	3,56
10	3,3706	1		
11	3,2709	2	10	3,26
12	3,1606	1 L	10	3,07
13	2,9955	50 L	70	2,97
14	2,8394	50 L	40	2,83
15	2,7683	2 L	20	2,75
16	2,7056	1	10	2,68
17	2,6473	1	10	2,63
18	2,5735	4	30	2,56
19	2,4511	100	60	2,44
20	2,3870	1	10	2,38
21	2,3480	20	30	2,34
22	2,2407	1	10	2,21
23	2,1275	1	20	2,12
24	2,0174	80	100	2,01
25	1,9457	1	10	1,95
26	1,8940	2	20	1,89
27	1,8426	1	10	1,82
28	1,7570	1	10	1,757
29	1,7142	1	10	1,702
30	1,6296	1	10	1,632
31	1,5862	1	10	1,594
32	1,5428	20 LLL	50	1,549
			20	1,574
			40	1,538
			10	1,488
33	1,4379	60	90	1,438
34	1,4211	60	60	1,420
35	1,4097	20	30	1,408
			10	1,382
			20	1,355
36	1,3085	1 LL	10	1,310
37	1,2725	1 LL	10	1,270
38	1,2404	1 LLL	10	1,242
39	1,1529	1		
40	1,0316			
41	1,0129			
42	0,83305	1		
43	0,83042	2		
44	0,82330	1		

L: (linha larga). LL: (linha muito larga). (§): (estimativa visual). (§§): ASTM, carta nº 11-607. Safirina de Fiskernaes, Groenlândia. Execução: Guy Perrault, Ph. D., Centro de Pesquisas da Escola Politécnica de Montreal, Canadá.

BIBLIOGRAFIA

- FORD, WILLIAM E. — 1955 — *A Textbook of Mineralogy*, John Wiley & Sons Inc., Nova York.
- FOSTER, W. R. — 1950 — *Synthetic sapphire and its stability relations in the system $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$* , Jour. Geol., vol. 58, p. 135.
- FRIEDMAN, GERALD, M. — 1952 — *Sapphirine occurrence of Cortlandt*, New York, Amer. Miner., vol. 37, n°s 3 e 4, p. 244.
- GOSSNER, B., and MUSSGUG, F. — 1928 — *Vergleichende röntgenographische Untersuchungen von Magnesiumsilikaten*, Neues Jahrb. f. Min. BB. 58, A p. 213, Stuttgart.
- KEITH, M. L., e SCHAIRER, J. F. — 1952 — *The stability field of sapphire in the system $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$* , Jour. Geol., vol. 60, p. 181.
- LACROIX, A. — 1929 — *Sur un schiste cristallin, à sapphire de Madagascar et sur les roches à sapphire en général*, Bull. Soc. Fr., vol. 52, p. 76, Paris.
- IDEM — 1939 — *Sur un nouveau type des roches métamorphiques (sakénites) faisant partie des schistes cristallins du Sud de Madagascar*, Comptes Rendus de l'Acad. Sc., vol. 209, p. 609.
- IDEM — 1940 — *Les roches dépourvues de feldspath au cortège des sakénites (Madagascar); composition chimique de cet ensemble*, Comptes Rendus de l'Acad. Sc., vol. 210, p. 193, Paris.
- MOUNTAIN, EDGAR D. — 1939 — *Sapphirine crystals from Blinkwater*, Transvaal, Min. Mag., vol. 25, p. 277, Londres.
- MUTHSWAMI, T. N. — 1949 — *Sapphirine (Madura)*, Indian Acad. Sci. Proc., vol. 30, n° 6 A, p. 295.
- NALIVKINA, E. B. — 1961 — *Metasomatic zonality and genesis of sapphire-bearing rocks in the Bug region*, International Geology Review, vol. 3, n° 4, p. 337.
- PALACHE, C., BERMAN, H. e FRONDEL, C. — 1944 — *Dana's system of Mineralogy*, vol. 1, 7° ed., John Wiley & Sons Inc., Nova York.
- PRIDER, R. T. — 1945 — *Sapphirine from Dargin*, Western Australia, Geol. Mag., vol. 82, p. 49.
- RAMBERG, HANS — 1948 — *On sapphire-bearing rocks in the vicinity of (West Greenland)*, Meddel. om Gronland, vol. 142, n° 5, p. 18.
- SEGNI, E. R. — 1957 — *Sapphirine-bearing rocks from McRobertson Land, Antarctica*, Min. Mag., vol. 31, n° 239, p. 690, Londres.
- SRIRAMADAC, A. — 1957 — *Diagrams for the correlation of unit cell edges and refractive indices with the chemical composition of garnets*, Amer. Miner., vol. 42, p. 294.
- TURNER, F. J., e VERHOOGEN, JOHN — 1960 — *Igneous and metamorphic petrology*, 2 nd ed., McGraw-Hill Book Co., Inc., Nova York.

- USSING, N. V. — 1889 a — *Undersogelse af mineraler fra Fiskernaes in Gronland, Ofversigt af Kgl. Vetensk.* — Akad. Forhandl. 1889 n° 1, Stockholm.
- VENKATESH, V. — 1954 — *Twinning in cordierite*, Amer. Miner., vol. 39, n°s 7 e 8, p. 636.
- VOGT, T. — 1947 — *Mineral assemblages with sapphirine and kornervine*, Comm. Géol. Finlande Bull., vol. 140, p. 15, Helsinki.
- WALKER, T. L., e COOLINS, W. H. — 1907 — *Petrological study of some rocks from the Hill Tracts, Vizagapatam District, Madras Presidency*, Records Geol. Survey of India, vol. 36, P. I.
- WARREN, CHARLES H. — 1912 — *The ilmenite rocks near St. Urbain, Quebec: a new occurrence of rutile and sapphirine*, Amer. Jour. Sci., ser. 4, vol. 32, p. 263, New Haven.
- WINCHELL, ALEXANDER N. e WINCHELL, HORACE — 1956 — *Elements of Optical Mineralogy*, Pt. II, John Wiley & Sons, Inc., Nova York, p. 93.