

GARCIA DE ORTA

SÉRIE DE GEOLOGIA

VOL. 4 • N.º 1 e 2 • 1980



REVISTA DA
JUNTA DE INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS DO ULTRAMAR

L I S B O A

Sala _____
Est. _____
Tab. _____
N.º _____

JUNTA DE INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS DO ULTRAMAR

GARCIA DE ORTA

SÉRIE DE GEOLOGIA

Vol. 4 • N.ºs 1 e 2 • 1980

CORPO EDITORIAL

M. MONTEIRO MARQUES
A. SERRALHEIRO
L. CELESTINO SILVA

Preço de cada número 50\$00

Os pedidos de assinatura, ou de número avulso, devem ser dirigidos ao Serviço de Publicações da
JUNTA DE INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS DO ULTRAMAR, Rua da Junqueira, 86
1300 LISBOA



Note on the occurrence of niobium-rich zirconolite in carbonatitic rocks of Santiago island (Cape Verde Republic)

L. CELESTINO SILVA

LEPPU, Junta de Investigações Científicas do Ultramar

M. O. FIGUEIREDO

LTFQMP, Junta de Investigações Científicas do Ultramar

(Recebido em 12-XII-1980)

A new terrestrial occurrence of Nb-rich non-metamict zirconolite is reported. The mineral is an accessory phase in carbonatites (sövites and beforsites) of the Canafistula carbonatitic plug in «ribeira da Barca», Santiago island, Republic of Cape Verde. A brief geological and petrographic description is presented. Electron-probe microanalysis gives the following proportions of cations per 14 oxygens: $M^{2+} = 1.69 Ca$; $0.71 Fe$; $0.07 Mg$; $0.03 Mn$; $M^{3+} = 0.24 RE$; $0.02 Al$; $M^{4+} = 2.45 Ti$; $1.98 Zr$; $0.06 U$; $0.04 Th$; $0.02 Hf$; $0.01 Si$; $M^{5+} = 0.73 Nb$; $0.06 Ta$. X-ray powder data is listed, prominent reflections occurring at 2.94, 2.83, 2.52, 1.82 and 1.75 Å. The mineral is monoclinic, cell dimensions $a = 12.33$ Å, $b = 7.27$ Å, $c = 11.44$ Å and $\beta = 100.5^\circ$, calculated density 5 g.cm^{-3} and possible space groups $C 2/c$ and Cc , on the basis of single-crystal X-ray study. Crystals are generally euhedral, flattened parallel (001), mean grain size between 0.1 and 0.2 mm. As far as known, it is the first recording of zirconolite in oceanic environment.

Descreve-se uma nova ocorrência de zirconolite, não metamítica e rica de nióbio. O mineral é uma fase acessória em carbonatitos (sövitos e beforsitos) do pitão carbonatítico da ribeira da Barca, na ilha de Santiago, República de Cabo Verde. Apresenta-se um resumo breve do ambiente geológico e da petrografia da rocha hospedeira. A análise química por microsonda electrónica forneceu as seguintes proporções catiónicas para 14 oxigénios: $M^{2+} = 1,69 Ca$; $0,71 Fe$; $0,07 Mg$; $0,03 Mn$; $M^{3+} = 0,24 RE$; $0,02 Al$; $M^{4+} = 2,45 Ti$; $1,98 Zr$; $0,06 U$; $0,04 Th$; $0,02 Hf$; $0,01 Si$; $M^{5+} = 0,73 Nb$; $0,06 Ta$. Listam-se as equidistâncias medidas em diagramas Debye-Scherrer, observando-se as reflexões mais intensas a 2,94, 2,83, 2,52, 1,82 e 1,75 Å. O estudo radiográfico de cristais únicos mostra que o mineral é monoclinico, com parâmetros reticulares $a = 12,33$ Å, $b = 7,27$ Å, $c = 11,44$ Å, $\beta = 100,5^\circ$, densidade calculada 5 g.cm^{-3} e grupos espaciais possíveis $C 2/c$ e Cc . Os cristais são geralmente eudricos, tabulares segundo (001) e com dimensões médias entre 0,1 e 0,2 mm. Uma pesquisa bibliográfica que se desejava exaustiva mostrou que a zirconolite é pela primeira vez assinalada em ambiente oceânico.

INTRODUCTION

Zirconolite is a quite rare mineral with simplified formula $CaZrTi_2O_7$, first described in 1956 by Borodin, Nazarenko & Richter (*Min. Mag.*,

1958, 31, 975), who found it in metamict state in nepheline pyroxenites from Afrikanda massif, Kola Peninsula. The mineral was reported as being similar to zirkelite, also a Ca-Zr-Ti oxide, previously assigned by Hussak & Prior (1895)



in pyroxenites from Jacupiranga, Brasil. It was latter identified in amphibolized and micatized pyroxenites of Arbarastkh massif in Aldan (Borodin, Bykova, Kapitonova & Pyatenko, 1960), and as a niobian variety, named niobozirconolite, in apatite-magnetite rocks of Vuoriyarvi massif in Kola (Borodin *et al.*, 1960). Recently, minute crystals of zirconolite, associated with baddeleyite, zircon, apatite, chlorite, uralite, biotite and kaersutite, were found in mesostasis areas of basaltic rocks in Rhum layered pluton (Williams, 1978).

Although rarely mentioned in terrestrial occurrences, zirconolite has often been reported as an accessory phase in late-stage mesostasis areas of lunar basalts (Lovering & Wark, 1971; Roedder & Weiblen, 1973; Wark, Reid, Lovering & El-Goresy, 1973; Meyer & Boctor, 1974; El-Goresy, Ramdohr, Medenback & Bernhardt, 1974; Frondel, 1975).

Some questions of nomenclature concerning this complex oxide still await clarification. Zirconolite has been referred as synonymous of polymignite on the basis of similar chemical analyses and X-ray powder patterns after heating at 1100°C and 1000°C, respectively (Lima-de-Faria, 1964). However, this similarity is not completely clear, calling for further study. Recently, the IMA Subcommittee on nomenclature of the pyrochlore group (Hogarth, 1977) considered zirconolite and niobozirconolite as synonymous of zirkelite, and, in fact, a structural criterion suggests the identity of the two minerals (Pudovkina, Dubakina, Levedeva & Pyatenko, 1974, quoted by Ringwood *et al.*, 1979), thus enlarging the terrestrial occurrences of zirconolite, as already accepted by several authors (e. g. Williams, 1978).

Recently, the synthetic analog of the mineral zirconolite — the compound $\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$ — has attracted much attention, as a component of a synthetic rock, named «Synroc», used to immobilize some chemical elements occurring in high-level nuclear reactor wastes (Ringwood, Kesson, Ware, Hibberson & Major, 1979). This oxide retains preferably actinide elements and rare earths, which are fixed in dilute solid solution, and safely immobilized. A similar behaviour was ascribed to the mineral in respect to its natural environment, thus showing a very flexible composition and retaining incompatible elements, like *U*, *Y*, *Th* and *REE*, as minor chemical components (Williams, 1978).

The present note reports an occurrence of non-metamict zirconolite in Cape Verde islands which, to our knowledge, is the first finding of this mineral in oceanic environment.

OCCURRENCE

A preliminary reference to zirconolite from Cape Verde (still quoted zirconolite-polymignite) appeared as a footnote in Silva (1979, p. 283).

The mineral was first identified in blocks of carbonatitic rocks collected near the mouth of «ribeira da Barca», Santiago island, Cape Verde Republic. Latter on, this material was recognized to pertain to the carbonatitic plug of Canafistula (fig. 1), already described in the literature (Alves, Serralheiro, Macedo, Cramez, Sousa, Mendes & Gomes, 1971; Serralheiro, 1975-1976; Silva, 1979). It is a large plug about 450 m in diameter, well exposed along the slope of the river border (plate I, fig. 1).

Zirconolite occurs as an accessory mineral in some domains of the main body of the magnesian biotite apatite sövite and in some dykes of pyroxene-apatite-magnetite-magnesian biotite sövite

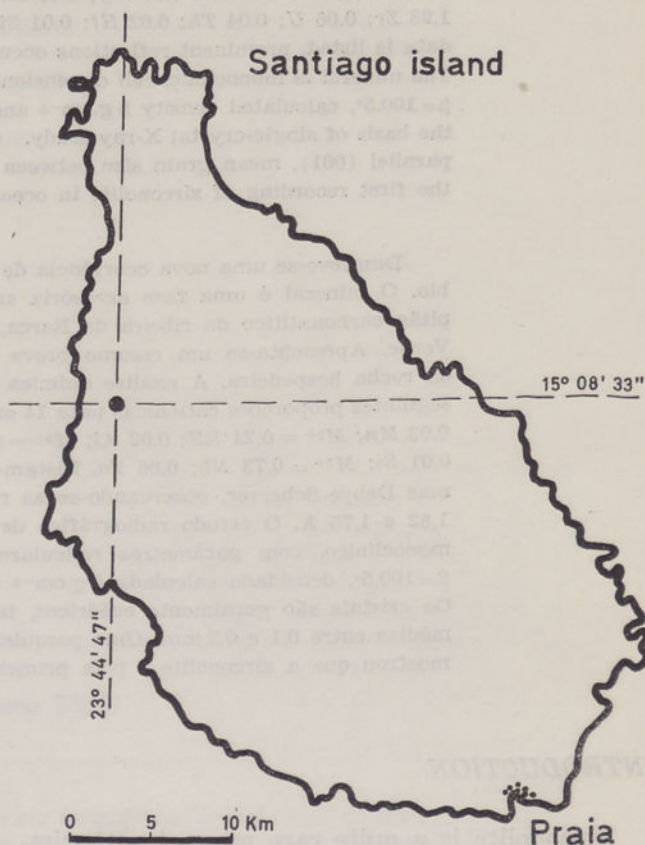


Fig. 1 — ● Situation of Canafistula carbonatitic plug, in «ribeira da Barca»

and of magnesian biotite-apatite beforite, as well as in small concentrates of calcite-amphibole-pyroxene-apatite-glimmerite. The mineral association pyrochlore-zirconolite was remarked in some samples of sövitic rocks.

The host rocks present some degree of tectonization, shown up by kink bands in magnesian biotite and fractures in other minerals, namely in carbonates, apatite and zirconolite (plate 1, fig. 2).

Zirconolite was reported as a late-stage crystallization mineral in lunar basalts and as one of the last minerals to form from the original magma in Rhum, where the associated hydrothermal minerals (chlorite, uralite, etc.) indicate relatively low temperatures of crystallization (Williams, 1978). However, the conditions of formation of the corresponding synthetic phase point towards much higher temperatures of crystallization (Ringwood *et al.*, 1979; Rossell, 1980). In the Canafistula paragenesis, zirconolite seems to be one of the earlier minerals to crystallize within the host rocks. In some sövitic samples zirconolite is clearly earlier than pyrochlore and it seems also earlier than the carbonates and apatite, but tectonization and recrystallization of the rocks makes it difficult to follow the crystallization sequence. These findings support Williams' suggestion (1978) that further study of this unusual mineral is needed.

In thin section, zirconolite from Canafistula carbonatitic plug is translucent, sometimes semi-opaque, with a dark reddish brown colour, presenting relatively high relief and irregular fractures (cleavage is not clear). In reflected light the colour of the mineral is grayish, more similar to rutile than to ilmenite; it displays a distinct reflection pleochroism and anisotropism, showing reddish, yellowish and/or greenish-yellow internal reflections.

Cape Verdean zirconolite usually occurs as isolated euhedral crystals and/or parallel aggregates of crystals, the habit being flattened, with average dimensions between 0.1 to 0.2 mm, and grain sizes not seldom up to 1 to 2 mm.

CHEMICAL CONSTITUTION

A first picture of the chemical constitution of the mineral from Canafistula — which very much helped its identification as zirconolite — was provided by a semi-quantitative X-ray fluorescence analysis conducted by Dr. J. Lima-de-Faria from the authors' Institution. Detailed chemical information was latter obtained through an electron-probe microanalysis performed by Dr. C. T. Williams of the British Museum, U. K., in a Cambridge Instruments Mark 9 electron probe using wavelength-dispersive spectrometers. Pure metals, synthetic and natural minerals were used as standards, and the values obtained have been corrected for ZAF matrix effects by the five major elements (e. g. *Ca*, *Ti*, *Zr*, *Nb*, *Fe*). Four grains were analysed and an average of the results is listed in table 1, together with previous chemical data on terrestrial zirconolites from various origins.

The high Nb_2O_5 content of Cape Verde zirconolite places it midway between the niobian variety described by Borodin *et al.* (1960) and the remaining zirconolites, including the so-called «zirkelites». However, the sum of Nb_2O_5 and TiO_2 contents shows a good constancy in typical zirconolites, being not significantly different in the Cape Verde mineral, which therefore seems to be a *Nb*-rich zirconolite rather than a niobozirconolite. Comparatively to this variety, the Cape Verde mineral shows a similar *Th* plus *U* content but the uranium content alone is relatively higher than usually found in zirconolites.

It seems reasonable that the crystal structure of the mineral will show the general crystallochemical trends of the synthetic material (Rossell, 1980): the cubic coordinated position concentrating *Ca*; *Zr* filling the seven coordinated position but spreading a little over *Ti* positions. In the natural compound, the structural behaviour of a few elements can be assessed with a certain confidence on crystallochemical grounds, but it is not so for *Th*, *U* and Fe^{II} , which may enter at least two structural positions in the crystal structure attributed to synthetic $CaZrTi_2O_7$. One possibility should give the following structural formula:

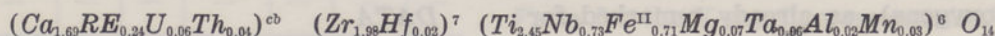


TABLE 1
Chemical data on terrestrial zirconolites

Oxides	Cape Verde (1)	Aldan (2)	Kola (3)	Kola (4)	Arbarastkh (5)	Rhum (6)	Kola (7)
CaO	12.10	12.03	11.05	10.79	12.61	10.46	11.00
ZrO ₂	31.07	35.75	32.84	31.17	35.54	36.76	25.00
TiO ₂	24.95	32.25	31.69	29.91	31.57	36.98	18.19
Nb ₂ O ₅	12.39	4.25	3.26	2.86	4.80	—	24.84
FeO	(a) 6.53	2.85	—	0.36	2.30	5.83	6.00
Fe ₂ O ₃	—	3.44	5.49	4.60	2.78	0.64	1.11
MgO	0.36	0.53	0.45	0.50	0.14	—	—
Al ₂ O ₃	0.14	2.23	1.03	1.04	0.10	0.35	—
SiO ₂	0.06	1.18	2.05	4.50	—	0.30	—
P ₂ O ₅	0.02	—	—	—	—	—	—
MnO	0.28	0.12	0.06	0.13	—	—	0.38
Y ₂ O ₃	0.50	—	—	—	0.28	2.06	—
La ₂ O ₃	0.15	—	—	—	—	—	—
Ce ₂ O ₃	1.29	(b) 3.36	(b) 6.22	(b) 6.00	(d) 4.88	(d) —	(b) 4.00
Pr ₂ O ₃	0.24	—	—	—	—	—	—
Nd ₂ O ₃	1.26	—	—	—	—	—	—
Sm ₂ O ₃	0.57	—	—	—	—	—	—
Eu ₂ O ₃	0.17	—	—	—	—	—	—
Gd ₂ O ₃	0.34	—	—	—	—	—	—
Dy ₂ O ₃	0.22	—	—	—	—	—	—
Er ₂ O ₃	0.21	—	—	—	—	—	—
Yb ₂ O ₃	0.06	—	—	—	—	—	—
Ta ₂ O ₅	1.81	0.09	—	—	0.75	—	2.00
ThO ₂	1.44	0.37	0.58	0.46	1.70	—	2.90
UO ₂	2.07	(c) 0.10	(c) 1.53	(c) 1.75	0.70	> 100 ppm	(c) 0.40
HfO ₂	0.42	—	—	—	0.55	—	—
PbO ₂	0.10	—	—	—	0.15	—	—
H ₂ O ^(t)	—	1.65	3.35	5.66	—	—	2.48
Total	98.72	100.44	99.98	100.20	98.85	93.38	100.30
F	—	—	—	—	—	—	0.60
K ₂ O	—	0.24	—	—	—	—	—
Na ₂ O	—	—	0.37	0.46	—	—	1.40
CaO/ZrO ₂	0.389	0.337	0.337	0.346	0.355	0.285	0.440
Nb + Ti	37.34	36.50	34.95	32.77	36.37	36.98	43.03

(a) Total Fe as FeO.

(b) Σ Ce₂O₃.(c) As U₃O₈.(d) Total RE₂O₃.

(1) Zirconolite from Canafistula carbonatitic plug. «ribeira da Barca», Cape Verde Republic.

(2) Dark zirconolite, Aldan, USSR (Borodin *et al.*, 1960: table 2, nr. 1).(3) Brown zirconolite, Kola Peninsula, USSR (*id.*, table 2, nr. 2).(4) Light brown zirconolite, Kola Peninsula, USSR (*id.*, table 2, nr. 3).(5) Zirconolite, Arbarastkh, USSR (Wark *et al.*, 1973, according to data in Williams, 1978).

(6) Rhum pluton, U. K. (Williams, 1978).

(7) Niobozirconolite, Kola Peninsula, USSR (Borodin *et al.*, 1960, table 2, nr. 4).

There is a slight excess of cations (8.1 instead of 8 for 14 oxygens), as already remarked for other zirconolites (Williams, 1978).

The low value of the Ti/Zr ratio (1.24) suggests a relatively high temperature of formation for the mineral if compared to data from synthetic material (Ward *et al.*, 1973).

CRYSTAL GEOMETRY AND X-RAY POWDER DATA

X-ray powder diffraction of Canafistula zirconolite was obtained with a Debye-Scherrer Camera (114.6 mm diameter) using CuK α radiation ($\lambda=1.542$ Å). The measured reflections,

together with the visually estimated intensities, are listed in table 2 and compared with powder data from synthetic $\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$ (Pyatenko & Pudovkina, 1964) and from heated metamict zirconolites from Aldan and Afrikand massifs (Borodin *et al.*, 1960).

Single-crystal study was also undertaken. Laue symmetry was found to be $2/m$, and the systematic absences observed in Weissenberg photographs ($h1l$ absent for $h = 2n$ and $h0l$ absent for $l = 2n + 1$) are consistent with the diffraction symbol $2/m C-c$, that is the possible space groups are Cc and $C 2/c$.

Unit cell parameters were derived from rotation photographs with rotation axis b , and from Weissenberg photographs for the zero layer

TABLE 2
X-ray powder data

Zirconolite Cape Verde		$\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$ ASTM: 17-495			Zirconolite heated to 1100°C			
					Aldan		Afrikanda	
d (Å)	I	d (Å)	I	hkl	d (Å)	I	d (Å)	I
4.1	< 1	—	—	—	—	—	—	—
3.8	< 1	—	—	—	—	—	—	—
3.35	< 1	—	—	—	3.37	< 1	—	—
3.25	< 1	—	—	—	—	—	—	—
2.94	10	2.929	100	221	2.97	10	2.94	10
—	—	2.903	78	402	—	—	—	—
2.83	2	2.789	55	004	2.83	2	2.80	2
2.52	3	2.508	55	223	2.52	2	2.52	2
—	—	2.490	20	402	—	—	—	—
2.30	1	—	—	—	2.30	1	2.29	< 1
2.07	< 1	—	—	—	2.04	< 1	—	—
2.02	< 1	—	—	—	—	—	—	—
1.87(?)	—	—	—	—	—	—	—	—
1.82	5	1.815	25	040	1.82	5	1.81	5
—	—	1.798	65	621	—	—	—	—
1.75	3	1.740	65	225	1.75	3	1.75	3
—	—	1.737	60	406	—	—	—	—
1.55	1	1.541	30	442	1.548	1	1.542	1
1.525	2	1.528	12	800	1.522	1	1.522	2
—	—	1.522	20	044	—	—	—	—
1.495	1	1.512	40	625	—	—	—	—
—	—	1.479	18	227	1.481	1b	—	—
1.47	1b	1.475	25	406	—	—	1.474	1b
—	—	1.469	14	442	—	—	—	—
—	—	1.457	16	804	—	—	—	—
—	—	1.398	2	008	—	—	—	—
1.36	< 1	—	—	—	—	—	—	—

along this axis ($h0l$ reflections). Measured values give $a=12.33(6)$ Å, $b=7.27(4)$, $c=11.44(7)$, $\beta=100^\circ(5)$.

The calculated density (5 g. cm^{-3}) is a little higher than the values reported for zirconolites from other sources (4.5 g. cm^{-3}).

CRYSTAL MORPHOLOGY

Zirconolite from Canafistula shows well developed crystal forms, most frequently combinations of $\{001\}$, $\{hol\}$ and $\{hkl\}$. The crystals are tabular, flattened parallel to (001) and slightly elongated along [010] (plate I, fig. 3). The usual dimensions of isolated crystals range from 0.1 mm to 0.2 mm along b axis, not seldom attaining 1-2 mm. As mentioned before, parallel aggregates of crystals with composition surface (001) are common (plate I, fig. 3, b, c, d).

FINAL REMARKS

Zirconolite is still an enigmatic mineral. Beyond the already mentioned question related to nomenclature, other features concerning zirconolite are yet to be solved, namely its crystal structure and crystal chemistry. The niobium-rich mineral from Cape Verde is suitable for a structural study, whose results will contribute to clarify the relationships with the pyrochlore group and other affine minerals, like zirkelite (?), calzirtite (Zdorik, Sidorenko & Bykova, 1962) and polymignite. Further more, it is planned to study the distribution of trace elements in mineral phases of the host carbonatitic rocks. With these studies it is expected to throw some light on the structure-controlling character of zirconium, as well as on the structural rôle of niobium, uranium and other elements present in the mineral.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are greatly indebted to Dr. C. T. Williams, of the Department of Mineralogy, British Museum, for the electron-probe microanalysis, and also to their colleague Dr. J. Lima-de-Faria for the X-ray fluorescence analysis.

REFERENCES

- ALVES, C. A. Matos; SERRALHEIRO, A.; MACEDO, J. R.; CRAMEZ, P.; SOUSA, A.; MENDES, F. & GOMES, R. A. D. — «Carbonatitos de Santiago (Cabo Verde)». *Actas do 1.º Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica*, Lisboa, tomo II, secção 1., 1971, 563-576.
- BLAKE, G. S. & SMITH, G. F. H. — «On varieties of zirkelite from Ceylon». *Miner. Mag.*, 16, 1913, 309-316.
- BORODIN, L. S.; NAZARENKO, I. I. & RICHTER, T. L. — «Twenty-first list of new mineral names». *Miner. Mag.*, 31, 1958, 975.
- BORODIN, L. S.; BYKOVA, A. B.; KAPITONOVA, T. A. & PYATENKO, Y. A. — «New data on zirconolite and its niobium variety». *Dokl. Acad. Sci. USSR, Earth Sci. Sect.*, 134, 1960, 1022-1024.
- EL-GORESY, A.; RAMDOHR, P.; HEDENBACH, O. & BERNHARD, H. J. — «Taurus-Littrow crystalline rocks: opaque mineralogy and geochemistry» (abs.). In: *Lunar Science*, V, 1974, 417-418. Houston: The Lunar Science Institute.
- FRONDEL, J. W. — «Lunar Mineralogy». *Wiley-Interscience*, New York, 1975, 122-131.
- HOGARTH, D. D. — «Classification and nomenclature of the pyrochlore group». *Amer. Min.*, 62, 1977, 403-410.
- HUSSAK, E. & PRIOR, G. T. — «Lewisitite and zirkelite, two new Brazilian minerals». *Miner. Mag.*, 11, 1895, 80-88.
- LIMA-DE-FARIA, J. — *Identification of metamict minerals by X-ray powder photographs*. Estudos, Ensaios e Documentos, Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar, 112, 1964, 75 p.
- LOVERING, J. F. & WARK, D. A. — «Uranium-enriched phases in Apollo 11 and Apollo 12 basaltic rocks». *Procd. 2nd Lunar Sci. Conf., Geochim. Cosmochim. Acta*, suppl. 2, vol. 1, 1971, 151-158.
- MEYER, H. O. A. & BOCTOR, N. Z. — «Opaque mineralogy: Apollo 17, rock 75035». *Procd. 5th Lunar Sci. Conf., Geochim. Cosmochim. Acta*, suppl. 5, vol. 1, 1974, 707-716.
- PUDOVKINA, Z.; DUBAKINA, L.; LEVEDEVA, S. & PYATENKO, Y. — «Study of Brazilian zirkelite». *Zap. Vses. Mineral. Obshch.*, 103, 1974, 368-372 (quoted by RINGWOOD *et al.*, 1979).
- PYATENKO, Y. A. & PUDOVKINA, Z. V. — «The lattice metric of $\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$ crystals». *Sov. Phys. Cryst.*, 9, 1964, 76-77.
- ROEDDER, E. & WEIBLEN, P. W. — «Petrology of some lithic fragments from Luna 20». *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 1973, 1031-1052.
- RINGWOOD, A. E.; KESSON, S. E.; WARE, N. G.; HIBBERSON, W. & MAJOR, A. — «Immobilization of high level nuclear reactor wastes in SYNROC». *Nature*, 278, 1979, 219-223.
- ROSSEL, H. J. — «Zirconolite — a fluorite-related super structure». *Nature*, 283, 1980, 282-283.
- SERRALHEIRO, A. — «A Geologia da ilha de Santiago (Cabo Verde)». *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências*, Lisboa, vol. 14, fasc. 2.º, 1975-1976, 218 p.
- SILVA, L. Celestino — «Considerações geológicas e estudos preliminares sobre inclusões primárias, fluídas e sólidas, em apatites de rochas carbonatíticas e ijolíticas da ilha de Santiago (República de Cabo Verde)». *Comunic. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LXIV, 1979, 261-268.
- WARK, D. A.; REID, A. F.; LOVERING, J. F. & EL-GORESY, A. — «Zirconolite (versus Zirkelite) in lunar rocks» (abst.). In: *Lunar Science*, IV, 1973, 764-766. Houston: The Lunar Science Institute.
- WILLIAMS, C. T. — «Uranium-enriched minerals in mesostasis areas of the Rhum layered pluton». *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 1978, 29-39.
- ZDORIK, T. P.; SIDORENKO, G. A. & BYKOVA, A. V. — «A new titanozirconate of calcium — calzirtite». *Dokl. Acad. Sci. USSR, Earth Sci. Sect.*, 137, 1962, 443-446.

Note added after proofs

Recent field work realized by one of the authors (L. C. S.) has shown that the carbonatitic outcrop and the associated theralitic fenites and ijolites extend further down the left slope of ribeira da Barca at Canafistula, with a total extension of about 1 km. In Canafistula area, where the outcrop is well exposed, the carbonatitic material has a plug-like structure.



Fig. 1 — A partial view of the Canafistula carbonatitic plug, covered by basaltic flows, on the slope of the left bank of «ribeira da Barca»

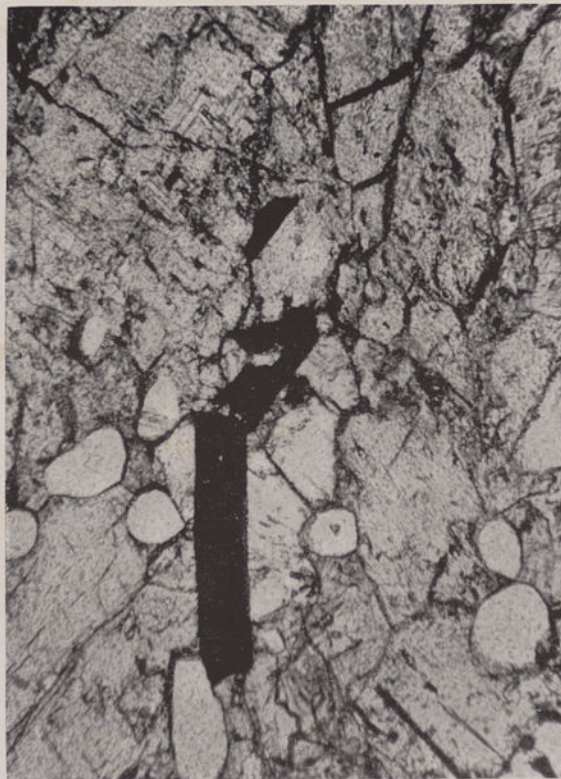


Fig. 2 — A fractured zirconolite crystal (black), in apatite dolomitic carbonatite. Photomicrograph $\times 90$

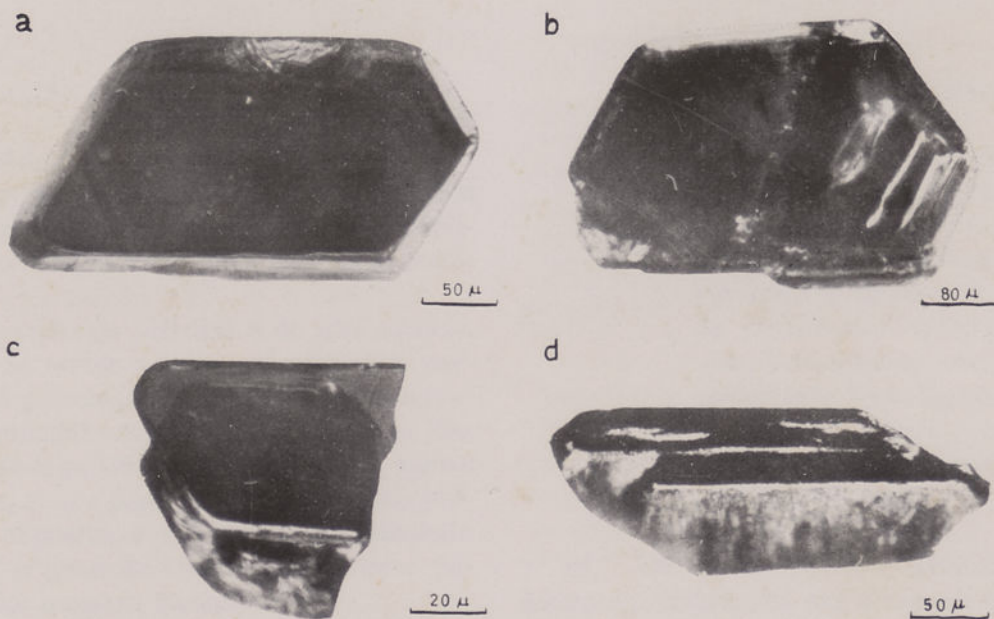


Fig. 3 — Zirconolite crystals of sövitic and dolomitic carbonatites: an euhedral crystal (a) and parallel crystal aggregates (b, c, d)

Bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo petrológico dos carvões

M. J. LEMOS DE SOUSA

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

(Recebido em 4-XII-1980)

O autor apresenta uma bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo petrológico dos carvões. Esta bibliografia foi reunida no decurso das investigações que está a efectuar sobre o assunto, com vista ao melhor conhecimento e à utilização sistemática, em Portugal, dos métodos de previsão laboratorial i) da aptidão de carvões individuais e das suas misturas (pastas) à coqueificação e ii) da qualidade dos coques a obter.

L'auteur présente une bibliographie spécialisée sur l'optimisation de la fabrication du coke sidérurgique ayant comme base l'étude pétrologique des charbons. Cette bibliographie a été réunie pendant des recherches en cours sur le sujet, en vue d'une meilleure connaissance et de l'utilisation systématique, au Portugal, des méthodes de prévision au laboratoire i) de l'aptitude des charbons et de leurs mélanges (pâtes) à la cokéfaction et ii) de la qualité des coques.

APRESENTAÇÃO

A importância de que, hoje em dia, se revestem as investigações relativas à petrologia dos caustobiólitos resulta, em grande parte, da aplicação prática das mesmas nos seguintes domínios:

i) Prospecção do petróleo e do gás natural, assim como de certos minérios metálicos, a partir do estudo petrológico do estado de conservação das partículas de «matéria orgânica dispersa» (MOD-organólitos) contidas nas bacias sedimentares, o que permite definir — pelo processo mais expedito e económico de momento conhecido — o grau de anquimetamorfismo patenteado pelas mesmas bacias;

ii) Estudo petrológico dos carvões fósseis, por sua vez, com importância prática nos seguintes aspectos principais:

- 1) Conhecimento das condições genéticas e geológicas das bacias carbonífe-

ras e, conseqüentemente, do seu interesse económico;

- 2) Melhoria das condições de *exploração* (estudo da «auto-inflamação» e dos «desprendimentos instantâneos»; peritagem de acidentes mineiros resultantes de explosões, etc.), de *tratamento* (preparação mecânica, lavabilidade, etc.) e de *aproveitamento tecnológico* destes combustíveis fósseis (carbonização, briquetagem, combustão, oxidação, gasificação, etc.);

iii) Estudo da poluição atmosférica e das doenças profissionais nas zonas em que se encontram implantados complexos mineiros e siderúrgicos, a partir da identificação petrográfica das partículas responsáveis.

Dentre as aplicações práticas principais que, esquematicamente, se indicaram para as investi-

gações directamente ligadas à petrologia dos carvões destaca-se, sem dúvida, o estudo do processo de carbonização ou de coqueificação, isto é, da via que conduz ao fabrico do coque, nomeadamente do coque siderúrgico, para a produção do qual os carvões são a matéria-prima fundamental.

Ora, como é hoje bem sabido, só o estudo petrológico pormenorizado pode definir, de modo assaz satisfatório, com rapidez, economia e segurança, quer a aptidão à coqueificação dos carvões e suas misturas (pastas), quer o comportamento durante o processo dos diferentes constituintes elementares. Além disso, são os mesmos métodos de investigação que permitem prever a qualidade dos coques a obter e efectuar o seu próprio estudo petrológico.

Neste sentido pode, pois, afirmar-se que a optimização do fabrico do coque siderúrgico é, fundamentalmente, um problema de petrologia dos carvões, cujos métodos de investigação têm, aliás, de igual modo, de ser utilizados para verificação dos carvões chegados às coqueiras.

Nas circunstâncias apontadas, dentre os temas de petrologia dos caustobiólitos do âmbito da linha de investigação que temos vindo a desenvolver no Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto (MLMGFCP), tem o problema merecido a nossa melhor atenção.

Assim, é já grande o somatório de informação bibliográfica por nós reunido e estudado a respeito do assunto, isto para além da experiência adquirida, quer no decurso de pesquisas efectuadas sobre a aptidão à coqueificação dos carvões da Zambézia (Moçambique), nomeadamente dos da Bacia Carbonífera de Chicó-Mecúcoè (sub-bacia de Mucanha-Vuzi) ⁽¹⁾, quer, mais recentemente, com colaboração prestada à Siderurgia Nacional.

(1) SOUSA, M. J. Lemos de — «Contribuição para o conhecimento das bacias carboníferas da Zambézia — Moçambique. Estudo petrológico das camadas de carvão cortadas pelas sondagens A3, C3 e E2 na bacia carbonífera de Chicó-Mecúcoè. Parte I — A concepção do plano de investigações». *Garcia de Orta, Sér. Geol.*, Lisboa, 2 (1), 1977, 1-12.

SOUSA, M. J. Lemos de — «Contribuição para o conhecimento das bacias carboníferas da Zambézia — Moçambique. Estudo petrológico das camadas de carvão cortadas pelas sondagens A3, C3 e E2 na bacia carbonífera de Chicó-Mecúcoè. Parte II — Resultados obtidos nas análises químicas e nos ensaios físico-químicos». *Garcia de Orta, Sér. Geol.*, Lisboa, 2 (1), 1977, 13-36.

É manifesto o interesse de que se reveste a bibliografia por nós reunida até à data para o estudo da optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do conhecimento da petrologia dos carvões. Trata-se, todavia, de literatura muito especializada, de difícil acesso aos não especialistas. Por isso, decidimos, desde já, dar à estampa o presente repertório, cientes da utilidade da sua divulgação para o progresso tecnológico de que tanto carecemos.

A bibliografia inventariada — que constitui, outrossim, o ponto de partida de um projecto de «Investigação e desenvolvimento» patrocinado pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT) sobre a «optimização do fabrico do coque siderúrgico na Siderurgia Nacional» — existe, na totalidade, no MLMGFCP e está à disposição dos interessados.

Por fim, fazemos notar que a lista bibliográfica agora publicada — organizada por ordem alfabética de autores, mas à qual se segue um índice por assuntos ⁽²⁾ — se refere, apenas, ao tema especializado que de momento nos interessa, pressupondo-se, portanto, para o estudo da mesma conhecidos previamente todos os fundamentos da petrologia dos carvões.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAMSKI, Carl & MACKOWSKI, Marie Therese (1952) — «Methoden und Ergebnisse der angewandten Koksmikroskopie». In: FREUND, Hugo — *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Bd. 2 — *Mikroskopie der Bodenschätze*. Tl. 1 — *Mikroskopie der Steinkohle, der Kokes und der Braunkohle*, p. 311-410, Umschau, Frankfurt am Main.
- AGRAWAL, P. L.; FITZGERALD, F. & SARRANT, R. J. (1953) — «Studies in coke formation and properties». *Fuel*, London, 32 (4): 397-414.
- AHLAND, E. & PETERS, W. (1975) — «Le procédé BFL pour la production de coke moulé à l'essai». *Rév. Métallurg.*, Paris, 72 (9): 653-658. (Mém. Sémin. «L'état des problèmes posés par la cokéfaction», Fos-sur-Mer, 1974.)

(2) O autor não quer deixar de expressar o seu agradecimento à D. Maria Manuela Mergulhão de Castro Tavares, do MLMGFCP, que teve papel de relevo na organização formal da lista bibliográfica e do respectivo índice por assuntos.

- ALPERN, Boris (1954) — «Etude microscopique quantitative et représentation graphique de la structure cellulaire de quelques cokes». *C. R. Congr. Ind. Gaz.* (70° — Nice — 1953), p. 942-961, Association Technique de l'Industrie du Gaz en France.
- (1955) — *L'anisotropie des cokes. Application au problème des mélanges*. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (Document intérieur Cerchar No. 623.)
- (1956 a) — «Die Anisotropie der Kokse als Kriterium für ihre Beurteilung und Klassifizierung». *Brennst.-Chem.*, Essen, 37 (13/14): 194-198.
- (1956 b) — «Microdureté des charbons et des cokes en fonction du degré de houillification». *C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, 242: 653-656.
- (1956 c) — «Propriétés physico-chimiques et cokéfiantes des macéraux de quelques charbons en fonction de leur degré de houillification». *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. No. 2 (2° Meet. — Liège — 1955)*, p. 43-46, R. Louis, Bruxelles.
- (1956 d) — «Propriétés physico-chimiques et cokéfiantes des macéraux de quelques charbons en fonction de leur degré de houillification». *Rév. Ind. minér.*, Paris, 38 (638): 170-181.
- (1966) — «Etude de la fusibilité de l'inertinite». *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 86 (4): 225-230.
- (1969) — «Le pouvoir réflecteur des charbons français. Applications et répercussions sur la théorie de A. Duparque». *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 89 (2): 143-166.
- (1979) — «Essai de classification des combustibles fossiles solides». *Publ. techn.*, Verneuil-en-Halatte, 3: 195-210. (Publication Cerchar No. 2810.)
- (S. d.) — «Sur quelques propriétés chimiques et cokéfiantes des constituants pétrographiques élémentaires du charbon». *C. R. Congr. internat. Chim. ind.* (27° — Bruxelles — 1954), Vol. 2, p. 9-12.
- ALPERN, Boris & DURIF, Simone (1954) — «Etude optique et radiocristallographique de quelques cokes». *C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, 238: 2099-2101.
- AMMOSSOV, I. I.; EREMIN, I. V. & GRECISNIKOV, N. P. (1973) — «Prédiction de la qualité du coke basée sur l'étude des particularités pétrographiques du charbon». *Khim. Tvjord. Topl.*, Leningrad, 6: 81-90. (Texto em russo. Trad. francesa Cerchar No. 238-74.)
- AMMOSSOV, I. I.; EREMIN, I. V.; SOUKHENKO, S. I. & OCHOURKOVO, L. S. (1957) — «Calcul de pâte à coke sur la base des particularités pétrographiques des houilles». *Koks Kim.*, Kharkov, 12: 9-12. (Texto em russo. Trad. francesa Cerchar No. 438-58.)
- ASAI, K. & TANNO, H. (1955) — «Fabrication de cokes métallurgiques à partir de charbon birman par le procédé de carbonisation en deux temps du Coal Research Institute». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1955 (6): 971-980. (Journ. Applicat. Pétrol. Cokéfact., Liège, 1955.)
- ASTIER, J. (1975) — «Commentaires sur les besoins futurs en coke dans le monde tels qu'ils résultent de l'évolution des techniques sidérurgiques». *Rév. Métallurg.*, Paris, 72 (9): 623-635. (Mém. Sémin. «L'état des problèmes posés par la cokéfaction», Fos-sur-Mer, 1974.)
- BANDOPADHYAY, J.; TARAFDER, T. C.; GUPTA, N. N. Das & LAHIRI, A. (1960) — «Studies on the blending of coals for the production of metallurgical coke». *J. Inst. Fuel*, London, 33: 592-597.
- BANERJEE, B.; BAGCHI, D. & GHOSE, S. (1968) — «Blendable coal for coking in India». *J. Min. Metals Fuels*, Calcutta, 16 (11): 401-412.
- BARSOTTI, A.; DAMIANI, R.; GARDINI, T. & PEIRÈ, S. F. (1973) — *Prediction of coke mechanical properties. Evaluation of some methods*. Italsider, Central Laboratory for Raw Materials.
- BECK, K. G. (1976) — «Technique de la cokéfaction 1975. Conclusions des Journées d'Information de la Commission des Communautés Européennes, Luxembourg, 6-7 mai 1975». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1976 (1): 41-55.
- BECK, K. G. & WESKAMP, W. (1970) — «Accroissement de la productivité de batteries de fours à coke». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 119-139, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- BENEDICT, Louis G. & BERRY, William F. (1966) — «Further applications of coal petrography». In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 577-601, American Chemical Society, Washington (D. C.).
- BENEDICT, L. G.; THOMPSON, R. R.; SHIGO III, J. J. & AIKMAN, R. P. (1968) —

- «Pseudovitrinite in Appalachian coking coals». *Fuel*, London, 47 (2): 125-143.
- BENEDICT, L. G.; THOMPSON, R. R. & WENGER, R. O. (1968) — «Relationship between coal petrographic composition and coke stability». *Blast Furn. Steel Plant*, Pittsburg (Pa.), 56: 217-224.
- BENNETT, A. J. R. (1968) — «The reflectance and coking behaviour of vitrinite-semifusinite transition material». *Fuel*, London, 47 (1): 51-62.
- BENNETT, A. J. R. & TAYLOR, G. H. (1970) — «A petrographic basis for classifying Australian coals». *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg.*, Parkville, 233: 21-31.
- BERG, Heinz (1956) — «Contribución a la técnica dilatométrica para el estudio de las hullas». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 5 (28): 151-161.
- BERKOWITZ, N. (1979) — *An introduction to coal technology*. Academic Press, New York (N. Y.), San Francisco (Cal.), London.
- BETHE, W. P. & KUTZNER, R. (1975) — «Blending and homogenising stockyards for raw coal and coking coal». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 19-31, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- BLANCO, E. Perez (1955) — «El estudio microscópico del coque». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 4 (20): 77-83.
- BOND, R. L.; CHANDRA, D. & DRYDEN, I. G. C. (1958) — «Etude des indices de réfraction des charbons carbonisés». *Rév. Ind. minér.*, Saint-Etienne, N° spéc. 15 Juillet 1958: 171-181. (C. R. Colloq. internat. Pétrol. appl. Charb., Paris, 1957.)
- BOYER, André; DURIF, Simone & ALPERN, Boris (1954) — «Interactions physicochimiques de deux charbons pendant leur carbonisation». *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, 239: 1791-1792.
- BRIATORE, G. (1975) — «Use of petrographic and reflectometric analyses for routine control of charged blends». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 45-53, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- BROOKS, J. D. & TAYLOR, G. H. (1966) — «Development of order in the formation of coke». *In: Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 549-563, American Chemical Society, Washington (D. C.).
- BROWN, H. R.; TAYLOR, G. H. & COOK, A. C. (1964) — «Prediction of coke strength from the rank and petrographic composition of Australian coals». *Fuel*, London, 43: 43-54.
- BUSSO, R.; BOUCHEZ, B.; WAES, M. & ALPERN, B. (1970) — «Qualification automatique du rang des charbons cokéfiants par le système Reflex à réflectance globale». *Rév. Ind. minér.*, Saint-Etienne, 52 (6): 404-414.
- CALLCOTT, T. G. (1970) — «Coking with a seven cubic foot capacity coke oven». *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg.*, Parkville, 233: 21-31.
- CALLCOTT, T. G. & BROWN, N. A. (1970) — «Coking Australian coals». *Conf. Inst. Fuel (Brisbane — 1970)*, Paper 16 (9 p.).
- CALLCOTT, T. G. & JONES, R. H. (1959) — «Problems in using small scale coking tests to improve N. S. W. cokes». *Sympos. Inst. Fuel (1959)*, Paper B10 (25 p.).
- CAMERON, A. R. & BOTHAM, J. C. (1966) — «Petrography and carbonization characteristics of some Western Canadian coals». *In: Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 564-576, American Chemical Society, Washington (D. C.).
- CARBONE, W. E. & FABER, P. V. (1970) — «Coke-oven charging. Part 1: modern conventional methods». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. B — Cokemaking*, p. 69-72, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- CARSON, D.; IGNASIAK, B. S. & BERKOWITZ, N. (1976) — «Production of coke from blends containing weakly caking or non-caking coals». *CIM Bull.*, Montreal, 69.
- CARTER, W. A. P. (1970) — «Raw material evaluation and selection: small-scale test ovens». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969) Sess. B — Cokemaking*, p. 21-29, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- CHAMBERS, R. H. & ALDERMAN, L. (1970) — «Coal preheating as applied to coking installations». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. B — Cokemaking*, p. 63-67, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- CHANDRA, D. (1969) — «Refractive indices of coal carbonized under pressure». *Econ. Geol.*, New Haven (Conn.), 64 (3): 338-340.
- CHICHE, Pierre (1963) — «Evolution de la structure interne des houilles au cours de leur car-

- bonisation. I — La texture interne des houilles et des cokes». *J. Chim. Phys.*, Paris, 60: 792-798.
- CHICHE, Pierre; DURIF, Simone & PREGERMAIN, Simone (1963) — «Evolution de la surface interne des houilles au cours de leur carbonisation. IV — Discussion générale des résultats». *J. Chim. Phys.*, Paris, 60: 825-841.
- COPPENS, P. L. (1967) — *Synthèse des propriétés chimiques et physiques des houilles. Les houilles belges*. Institut National de l'Industrie Charbonnière (Inichar), Liège.
- DAVIS, Alan (1978) — *The measurement of reflectance of coal macerals — Its automation and significance*. Coal Research Section, The Pennsylvania State University, Pennsylvania. (Technical Report No. 10.)
- DONATI, G.; RUSSO, E.; CASTELLI, M. & PALUMBO, L. (1970) — «Experimental background and industrial practice in the field of coking coals blending». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. B — Cokemaking*, p. 39-45, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- DUHAMEAU, W.; FASSOTTE, W. & SAUSSEZ, M. (1969) — «Modifications des propriétés cokéfiantes et des indices de matières volatiles des oxycharbons». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1969 (7/8): 797-812.
- DULHUNTY, J. A. & HARRISON, B. L. (1953) — «Some relations of rank and rate of heating to carbonization properties of coal». *Fuel*, London, 32 (4): 441-450.
- DURIF, Simone (1963) — «Evolution de la surface interne des houilles au cours de leur carbonisation. III — Application de la diffusion des rayons X aux petits angles». *J. Chim. Phys.*, Paris, 60: 816-824.
- ELLIOTT, D. R. (1970) — «Blast-furnace irregularities caused by coke-quality variations». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. C — Coke usage*, p. 131-134, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- FALQUE, J. (1972) — «Le procédé coaltek. Technique franco-américaine pour l'alimentation des fours à coke en charbon préchauffé». *Techn. mod.*, Paris, 1972: 2-4.
- FE, F. Pintado (1971) — *La utilización del carbon asturiano por la industria siderúrgica española*. Instituto Nacional del Carbon y sus Derivados — INCAR, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo — ETSIMO, Oviedo.
- FERNANDEZ, J. B. Escudero (1954 a) — «Contribución a la técnica operatoria del ensayo en el dilatómetro Audibert-Arnu». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 3 (16): 33-43.
- (1954 b) — «Establecimiento de un índice para expresar correctamente el hinchamiento de los carbones en el dilatómetro Audibert-Arnu». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 3 (17): 18-46.
- (1956) — «Aplicación del dilatómetro Audibert-Arnu al estudio de las propiedades coquizantes de las mezclas constituidas por dos hullas aglutinantes y un carbon seco». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 5 (25): 25-35.
- (1957) — «Hacia una clasificación científica de las hullas». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 6 (34): 175-184.
- FLASCHE, K. H.; GROSS, R.; KELLER, H.; LASK, G.-W.; PETAK, H. & RÜBEL, K. (1975) — «Stamp charging. A tried and tested method of processing blends of low coking capacity». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 9-17, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publication EUR 5342 — Part 1.)
- FOCH, P. (1970 a) — «Dry charging and preheating of coking blends: development of the processes». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. B — Cokemaking*, p. 47-52, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- (1970 b) — «Le préchauffage des pâtes à coke». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction»*. (Luxembourg — 1970), p. 75-118, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- (1973) — «Recherche et développement dans l'industrie du coke en France». *Fifth Carbonisation Science Lecture — 1973* (27 p.).
- (1974 a) — «Critères pour la comparaison et l'évaluation de diverses qualités de charbon à coke». *Rév. gén. Therm.*, Paris, 146: 121-129.
- (1974 b) — «Préparation du mélange de charbons pour la cokerie. Application à l'enfournement préchauffé». *Rév. gén. Therm.*, Paris, 148: 311-318.
- (1977) — «Fabrication du coke. Coke métallurgique, coke de fonderie, coke moulé». *Ind. minér.*, Saint-Etienne, 59 (2): 93-98.
- FOCH, P.; GEOFFROY, J. & MELTZHEIM, C. (1965) — «Etude expérimentale du charge-

- ment des fours à coke avec un charbon préchauffé». *Rév. gén. Therm.*, Paris, 1965: 1-22.
- FOCH, P. & MARCELLINI, R. (1973) — «Rapport sur l'activité de la station expérimentale de Marienau em 1970 et 1971». *Ind. minér.*, Saint-Etienne, Mine 1/73 — Suppl. *Rév. Ind. minér. Février 1973*: 58-72. (Charbonnages de France. Note Technique No. 1/73.)
- FOCH, P. & MELTZHEIM, C. (1967) — «Comment aborder un problème de cokéfaction avec un nouveau charbon». *C. R. Congr. internat. «Le Coke en Sidérurgie» (Charleroi — 1966)*, p. 170-184, Centre National de Recherches Métallurgiques, Institut National de l'Industrie Charbonnière, Liège.
- GAYOL, R. Martinez & PIRE, L. Rodriguez (1953) — «Nuevo modelo de horno eléctrico para la determinación del índice de hinchamiento al crisol de las hullas». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 2 (12): 12-22.
- GHOSH, T. K. (1969) — «Petrography and coking potentiality of Indian coals». *Econ. Geol.*, New Haven (Conn.), 64 (6): 683-690.
- GIBSON, J. & GOLECZKA, J. (1975) — «Mechanical properties and bulk permeability of coke». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 275-284, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- GIEDROYC, V. & MATHIESON, I. M. (1970) — «Influence of the physical quality of coke on blast-furnace performance». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. C — Coke usage*, p. 123-130, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- GOLDRING, D. C. (1970) — «Petrography of coal and its application to coking». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. B — Cokemaking*, p. 11-20, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- GOODARZI, F. & MURCHISON, D. G. (1972) — «Optical properties of carbonized vitrinites». *Fuel*, London, 51: 322-328.
- (1977) — «A note on spherical structures in chars from vitrinites of coking rank». *J. Microsc.*, Oxford, 109 (1): 159-163. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications».)
- GRAHAM, J. P. (1970) — «Specification of the properties of coke for ironmaking». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. C — Coke usage*, p. 141-148, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- GRAHAM, J. P. & PATER, V. J. (1975) — «The study and development of coal preheating in the United Kingdom». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 173-191, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- GRAHAM, J. P.; PATER, W. J. & LEE, G. W. (1970) — «Preheating of coals prior to carbonization». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. B — Cokemaking*, p. 53-62, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- GRANGE, C. C. la (1962) — «Some coking experiments aimed at coke improvement and using mainly certain Natal coking anthracitic coals». *J. South African Inst. Min. Metallurg.*, Johannesburg, 63 (5): 151-169.
- GRAY, R. J.; RHOADES, A. H. & KING, D. T. (1976) — «Detection of oxidized coal and the effect of oxidation on the technological properties». *Trans. Soc. min. Engng. AIME*, Salt Lak City (Utah), 260 (4): 334-341.
- GREENHALGH, F. & RILEY, C. (1970) — «Coke cutting at Workington». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969). Sess. C — Coke usage*, p. 135-139, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- GREGORY, D. H. & FREEMAN, D. T. (1975) — «Influence of preheating on blend composition, carbonization behaviour and coke quality». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 163-172, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- HABERMEHL, D.; LASK, G. W. & PETAK, H. (1975) — «New findings for coke manufacture with preheated coal using the Precarbon process». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 217-225, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- HACQUEBARD, P. A. (1960) — «The value of a quantitative separation of the maceral vitrinite into its constituents telinite and collinite for the petrography of coking coals». *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. No. 3 (Internat. Congr. Coal Petrol. — 1.º — Heerlen — 1958)*, p. 131-139, Ernest van Aelst, Maastricht.
- HARRISON, J. A. (1961) — «Coal petrography applied to coking problems». *Proc. Illinois Min. Inst.*, Urbana (Ill.), 69: 17-43.

- (1963) — «Application of coal petrography to coal preparation». *Trans. Soc. Min. Eng.*, 1963: 346-358.
- HARRISON, J. A.; JACKMAN, H. W. & SIMON, J. A. (1964) — *Predicting coke stability from petrographic analysis of Illinois coals*. Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Circular No. 366.)
- HERMANN, Wolfgang (1975) — «Technical and economical optimization of coking coal blends». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 2, p. 45-58, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 2.)
- HOFFMANN, H. (1955) — «Progrès dans l'étude et le contrôle de la constitution physique du coque sidérurgique». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1955 (6): 956-971. (*Journ. Applicat. Pétrol. Cokéfact.*, Liège, 1955.)
- HOLGATE, J. K. & PINCHBECK, P. H. (1973) — «Use of formed coke: BSC experience 1971/1972». *J. Iron Steel Inst.*, London, 1973: 547-566.
- HOU, H. L. & ORNING, A. A. (1954) — «Reactivity of cokes to carbon dioxide as measured by adiabatic cooling». *Fuel*, London, 33 (1): 42-50.
- IGNASIAK, B. & BERKOWITZ, N. (1974) — «Studies on coal blends: Preparation and mechanical strengths of some experimental cokes». *CIM Bull.*, Montreal, 67 (747): 72-76.
- IGNASIAK, B.; CARSON, D.; JADERNIK, P. & BERKOWITZ, N. (1979) — «Metallurgical cokes from oxidized highly caking coals». *CIM Bull.*, Montreal, 72.
- INOUYE, Katsuya & ROPPOGI, Akira (1955) — «Structure of coke. II — Physical properties of cokes produced from various blended slacks». *Fuel*, London, 34 (4): 471-479.
- INOUYE, Katsuya & TANI, Hideo (1955) — «Structure of coke. I — Structure and properties of a blast furnace coke». *Fuel*, London, 34 (3): 356-362.
- JURANEK, G. (1970) — «Optimisation des pâtes à coke sur la base du modèle mathématique de cokéfaction dans les fours à coke classique». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 345-367, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- KANDLER, Wilhelm & BRADACS, Leopold-Kurt (1973) — «Vorausberechnung der Koksqualität nach praktischen Erfahrungen und Betriebsergebnissen». *Glückauf*, Essen, 109 (24): 1024-1208.
- KARBOVIAC, D. (1975) — «Méthodes de prévision de la qualité des cokes à partir des analyses pétrographiques». *Circ. Inform. techn. Centre Doc. sidérurg.*, Paris, 32 (11): 2343-2357.
- KASPERCZYK, Jürgen (1973) — «Zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung südafrikanischer Koks-Kohlenmischungen». *Glückauf*, Essen, 109 (15): 777-780.
- KAYE, J. C. A. & HORTON, A. E. (1975) — «Composition and preparation of blends for making metallurgical coke». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 35-44, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- KREVELEN, D. W. van (1961) — *Coal. Typology, Chemistry, Physics, Constitution*. Elsevier, Amsterdam.
- KREVELEN, D. W. van; CHERMIN, H. A. G.; DORMANS, H. N. M. & HUNTJENS, F. J. (1958) — «Charakterisierung von kokskohlen-gemischen». *Brennst.-Chem.*, Essen, 39: 77-83.
- KREVELEN, D. W. van; HUNTJENS, F. J. & DORMANS, H. N. M. (1956) — «Chemical structure and properties of coal. XVI — Plastic behaviour on heating». *Fuel*, London, 35 (4): 462-475.
- LAHIRI, A. (1951) — «Colloidal structure of coal and mechanism of coke formation». *Fuel*, London, 30 (11): 241-247.
- LEDENT, P.; BURTON, G. & MARCOURT, M. (1970) — «Le développement du procédé INIEX pour la fabrication du coque moulé». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 187-205, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- LEE, G. W. & PATER, W. J. (1966) — «Use of pilot plants by the British Coke Research Association». In: INMAN, C. H. — *Pilot plants in the iron and steel industry*, p. 112-136, The Iron and Steel Institute. (Special Report 96.)
- LEGRAYE, M. (1933) — *Les constituants des charbons. Leur influence sur quelques propriétés industrielles*. Georges Thone, Liège.
- LOISON, Roger & FOCH, P. (1966) — «Use of a 400 kg coke oven to determine the operating characteristics of coke ovens». In: INMAN, C. H. — *Pilot plants in the iron and steel in-*

- dustry*, p. 137-156, The Iron and Steel Institute. (Special Report 96.)
- LOISON, Roger; FOCH, Pierre & BOYER, André (1970) — *Le coke. Principes de la fabrication, Recherche de la qualité*. Dunod, Paris.
- MACKOWSKY, Marie-Therese (1955) — «Possibilités d'utilisation dans le domaine pratique de l'étude microscopique de la houille et du coke». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1955 (6): 981-985. (Journ. Applicat. Pétrol. Cokéfact., Liège, 1955.)
- (1962) — «Méthode d'étude des pâtes à coke et nouveaux résultats de recherches sur les problèmes de la cokéfaction». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1962 (11): 1121-1132. (Séanc. Inform. Applicat. récentes Pétrol. Cokéfact., Liège, 1962.)
- (1964) — «Warum die Praxis ein kohlenpetrographisches Laboratorium braucht». *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.*, Krefeld, 12: 589-606. (Sympos. «Paläobotanische, kohlenpetrographische und geochemische Beiträge zur Stratigraphie und Kohlengeneese».)
- (1977) — «Prediction methods in coal and coke microscopy». *J. Microsc.*, Oxford, 109 (1): 119-136. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications».)
- MACKOWSKY, Marie-Therese & SIMONIS, Wolfgang (1969) — «Die Kennzeichnung von Kokskohlen für die mathematische Beschreibung der Hochtemperaturverkokung in Horizontal-kammerofen bei Schüttbetrieb durch Ergebnisse mikroskopischer Analysen». *Glückauf-Forschungsh.*, Essen, 30 (1): 25-37.
- MACKOWSKY, Marie-Therese & WOLFF, Eva-Marie (1966) — «Microscopic investigations of pore formation during coking». In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 527-548, American Chemical Society, Washington (D. C.).
- MAHAJAN, O. P. & WALKER Jr., P. L. (1978) — «Reactivity of heat-treated coals». In: KARR Jr., Clarence — *Analytical methods for coal and coal products*, Vol. 2, p. 465-494, Academic Press, New York (N. Y.), San Francisco (Cal.), London.
- MARCELLINI, R. & DELESSARD, S. (1975) — «La fabrication du coke moulé». *Rév. Métallurg.*, Paris, 72 (9): 637-644. (Mém. Sémin. «L'état des problèmes posés par la cokéfaction», Fos-sur-Mer, 1974.)
- MARCELLINI, R. & PRUDHON, G. (1975) — «Preheated charging — Systematic study of the effect of various parameter». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 193-203, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- MARSH, Harry & SMITH, Janet (1978) — «The formation and properties of anisotropic cokes from coals and coal derivatives studied by optical and scanning electron microscopy». In: KARR Jr., Clarence — *Analytical methods for coal and coal products*, Vol. 2, p. 371-414, Academic Press, New York (N. Y.), San Francisco (Cal.), London.
- MARSHALL, C. E.; HARRISON, J. A.; SIMON, J. A. & PARKER, M. A. (1958) — *Petrographic and coking characteristics of coal*. Laboratory study of Illinois coal seams Nos. 5 and 6. Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Bulletin No. 84.)
- MARSHALL, C. E. & TOMPKINS, D. K. (1960) — «Coking characteristics of selected Australian and Japanese coals». *J. Proc. roy. Soc. New South Wales*, Sydney, 94: 121-172. (1960, Department of Geology and Geophysics, University of Sydney, N. S. Publication No. 181.)
- MARSHALL, C. E. & TOMPKINS, D. K. (1969) — «Small scale carbonization and coke studies in coalfield exploration and mine development». *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg.*, Parkville, 232: 11-25.
- MARSHALL, Robert J. (1976) — «Classification of coking coals». *Fuel*, London, 55: 346-348.
- MARTING, D. G. & BALCH, G. E. (1970) — «Coke-oven charging. Part 2: Charging preheated coal to coke ovens». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969)*. Sess. B — *Cokemaking*, p. 73-76, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- MARTING, D. G. & MARCELLINI, R. (1975) — «Charging preheated coal into coke ovens using the Coaltek Process». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 205-216, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- MATSUOKA, Hiroshi (S. d.) — «Requirements for coals in Japanese coking blends». *Aus. I. M. M. Illawarra Branch A. B. C. Sympos.*, p. 251-261.
- MCCARTNEY, J. T. & TEICHMÜLLER, M. (1972) — «Classification of coals according to degree of coalification by reflectance of the vitrinite component». *Fuel*, London, 51: 64-68.

- MELTZHEIM, C. (1970) — «Elargissement de l'éventail des charbons cokéfiantes». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 317-343, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- (1971) — «Disponibilités mondiales en charbon à coke — Incidence sur la fabrication du coque sidérurgique». *Rév. Métallurg.*, Paris, 68 (1): 7-16.
- MIDDLETON, Bruce Donald; INOUE, Katsuya & SPACKMAN, William (1961) — *A preliminary investigation into the application of coal petrography in the blending of anthracite and bituminous coals for the production of metallurgical coke*. Department of Geology, College of Mineral Industries, The Pennsylvania State University. (Special Research Report No. SR-27.)
- MIYAZU, Takashi; OKUYAMA, Yasuo; FUKUYAMA, Tatsuo & SUGIMURA, Hidehiko (1971) — «Petrographic study on coal and its application for coke making». In: *Nippon Kokan tech. Rep.-Overseas*, p. 15-22.
- MONTGOMERY, W. J. (1978) — «Standard laboratory test methods for coal and coke». In: KARR Jr., Clarence — *Analytical methods for coal and coal products*, Vol. 1, p. 191-246, Academic Press, New York (N. Y.), San Francisco (Cal.), London.
- MORAN, Raymond F. & JOSEPH, Robert T. (1976) — «Applicability of coals to the FMC coke process». *Trans. Soc. Min. Eng. AIME*, Salt Lake City (Utah), 260 (1): 29-32.
- MURCHISON, Duncan G. (1978) — «Optical properties of carbonized vitrinites». In: KARR Jr., Clarence — *Analytical methods for coal and coal products*, Vol. 2, p. 415-464, Academic Press, New York (N. Y.), San Francisco (Cal.), London.
- MYAR, Emilio Alvarez (1972) — *La coquización de carbones y de mezclas*. Oviedo, (Tese.)
- NANDI, Biswanath N. & MONTGOMERY, Douglas S. (1975) — «Nature and thermal behaviour of semi-fusinite in Cretaceous coal from Western Canada». *Fuel*, London, 54: 193-196.
- NIXON, E. W. & BROOKS, S. H. (1970) — «Effect of chemical and physical properties of coke on blast-furnace performance». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969)*. Sess. C — *Coke usage*, p. 105-112, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- OTTE, Margrit-Ursula & JURANEK, Günther (1964) — «Möglichkeiten der Steinkohlen-Petrographie im Zusammenhang mit verkokungstechnischen Fragen». *Bergbauwissenschaften*, Goslar, 11 (12): 269-273.
- PAREEK, H. S. (1969) — «The application of coal petrography to coking property of Indian coals». *Econ. Geol.*, New Haven (Conn.), 64 (7): 809-821.
- (1975) — «A review of the techniques developed to study the coking characteristics of coals, and the application of coal petrography to determine coking properties of certain Indian coals». *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif. (7° — Krefeld — 1971)*, Vol. 4, p. 39-63, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- PATRICK, John W.; REYNOLDS, Malcolm J. & SHAW, Frederick H. (1973) — «Development of optical anisotropy in vitrains during carbonization». *Fuel*, London, 52: 198-204.
- PATRICK, J. W.; SIMS, M. J. & STACEY, A. E. (1977) — «Quantitative characterization of the texture of coke». *J. Microsc.*, Oxford, 109 (1): 137-143. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications».)
- PATRICK, John W. & WILKINSON, Herbert C. (1978) — «Analysis of metallurgical cokes». In: KARR Jr., Clarence — *Analytical methods for coal and coal products*, Vol. 2, p. 339-370, Academic Press, New York (N. Y.), San Francisco (Cal.), London.
- PETERS, W.; AHLAND, E. & LANGHOFF, J. (1970) — «Développement d'un procédé continu de fabrication de coque moulé par la Bergbauforschung GmbH». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 207-230, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- PREGERMAIN, Simone & CHICHE, Pierre (1963) — «Evolution de la surface interne des houilles au cours de leur carbonisation. II — Application des méthodes d'adsorption de vapeurs (méthanol, eau) et de gaz (azote, hélium)». *J. Chim. Phys.*, Paris, 60: 799-815.
- RAINONE, E.; LONDI, M.; PAPI, V. & PUCINI, R. (1976) — «Previsione delle caratteristiche meccaniche del coque prodotto. Metodo petrografico di Mackowsky». *Boll. tecn. Finisider*, Genova, 349: 173-177.
- SANDOR, J. (1944) — «The electrical conductivity of carbonized coals». *Proc. Conf. Ultra-fine*

- Structure of Coals & Cokes (London — 1943)*, p. 342-349, The British Coal Utilization Research Association, London.
- SCHAPIRO, N. & GRAY, R. J. (1963) — «Relation of coke structure to reactivity». *Blast Furn. Steel Plant*, Pittsburg (Pa.), 1963: 273-280.
- (1964) — «The use of coal petrography in coke making». *J. Inst. Fuel*, London, 37: 234-242.
- SCHAPIRO, N.; GRAY, R. J. & EUSNER, G. R. (1961) — «Recent developments in coal petrography». *Proc. Soc. min. Eng. AIME*, New York (N. Y.), 20: 89-112. (Conf. «Blast Furnace, Coke Oven, and Raw Materials», 1960.)
- SCHNEIDER, M. (1975 a) — «Utilisation de coques moulés au haut fourneau». *Rév. Métallurg.*, Paris, 72 (9): 659-673. (Mém. Sémin. «L'état des problèmes posés par la cokéfaction», Fos-sur-Mer, 1974.)
- (1975 b) — «Utilisation of formed coke in blast furnaces». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 251-262, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- SCHUMM, Oskar (1970) — «Problèmes d'une politique communautaire dans le domaine des charbons à coke et des cokeries de la C. E. C. A.». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 33-70, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- SIMONIS, Wolfgang (1968) — «Mathematische Beschreibung der Hochtemperaturverkokung von Koks-kohle im Horizontalkammerofen bei Schüttbetrieb». *Glückauf-Forschungsh.*, Essen, 29 (3): 103-119.
- (1970) — «Carbonisation à hautes températures de charges enfournées en vrac dans le four classique considérée comme une réaction en fonction de la température et du temps». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 171-182, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- SIMONIS, W.; GNUSCHKE, G. & BECK, K.-G. (1966) — «Über die Herstellung von optimalen Koks-kohlenmischungen zur Erzielung maximaler Koks-festigkeitswerte M40». *Glückauf-Forschungsh.*, Essen, 27: 181-192.
- SMITH, A. H. V. (1973) — *Calculation of MICUM 40 from petrographic data based on 250 kg test oven results*. National Coal Board, Yorkshire Regional Laboratory, Rotherham. (Relatório não publicado.)
- SOUBRIER, Louis (1970) — «Coke moulé. Recherches et essais effectués par les houillères du Bassin du Nord & du Pas-de-Calais (H. B. N. P. C.) et la Société Fusion et Volatilisation (FUVO). Aspects économiques». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 231-275, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- (1974) — «La fabrication du coke moulé. Procédé H. B. N. P. C.». *Rév. Ind. minér.*, Saint-Etienne, 56 (12): 557-565.
- (1975 a) — «The H. B. N. process for formed coke manufacture». *Inform. Sympos. «Coke oven techniques» (Luxembourg — 1975)*, P. 1, p. 229-239, Commission of the European Communities, Luxembourg. (Publicação EUR 5342 — Part 1.)
- (1975 b) — «Le procédé des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (H. B. N. P. C.) pour la fabrication du coke moulé». *Rév. Métallurg.*, Paris, 72 (9): 645-652. (Mém. Sémin. «L'état des problèmes posés par la cokéfaction», Fos-sur-Mer, 1974.)
- SOULÉ, J. L. (1955) — «The process of fissuring in coke». *Fuel*, London, 34 (1): 68-77.
- SPAAK, [F.] (1970) — «La politique énergétique de la Commission et l'encouragement de la Recherche dans le domaine des techniques de cokéfaction dans la Communauté». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 17-32, Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- SPACKMAN, William; BERRY, William F.; DUTCHER, Russel R. & BRISSE, A. H. (S. d.) — «Coal and coal seam composition as related to preparation and carbonization». *Region. techn. Meet. Amer. Iron Steel Inst. (Birmingham — 1960)*, p. 403-449. (The Pennsylvania State University, College of Mineral Industries, Department of Geology, Contribution No. 60-53.)
- STACH, E.; MACKOWSKY, M.-Th.; TEICHMÜLLER, M.; TAYLOR, G. H.; CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R. (1975) — *Stach's*

- Textbook of Coal Petrology*. 2.^a ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- STANKEVICH, A. S. (1964) — «Predicting the coking properties of coals on the basis of petrographic features». *Coke Chem.*, Washington (D. C.), 8: 6-8.
- STANKEVIC, A. S. & MYKOLNIKOV, I. A. (1973) — «Préparation des charges de fours à coke et prévision de leur pouvoir cokéfiant à partir des propriétés chimiques et pétrographiques des charbons». *Koks Kim.*, Karkov, 1973: 3-7. (Texto em russo. Trad. francesa Cerchar n° 461 — T-73.)
- TAYLOR, G. H. (1961) — «Development of optical properties of coke during carbonization». *Fuel*, London, 40: 465-472.
- TAYLOR, G. H.; MACKOWSKY, M. Th. & ALPERN, B. (1967) — «The behaviour of inertinite during carbonization». *Fuel*, London, 46: 431-440.
- THOMPSON, Richard R. (S. d.) — *Subdivision of the vitrinite macerals*.
- THOMPSON, Richard R. & BENEDICT, Louis G. (1968) — «Goals, accomplishments, and limitations of petrographic methods of coal evaluation». *J. Metals*, New York (N. Y.), 1968: 79-84.
- THOMPSON, R. R. & BENEDICT, L. G. (1974) — «Vitrinite reflectance as an indicator of coal metamorphism for cokemaking». In: DUTCHER, Russell R.; HACQUEBARD, Peter A.; SCHOPF, James M. & SIMON, Jack A. — *Carbonaceous materials as indicators of metamorphism*, p. 95-108, Geological Society of America, Boulder (Colo.). (Special Paper No. 153.)
- TOGNANA, A. (1970) — «Problèmes inhérents aux charbons utilisés dans les cokeries italiennes». *Journ. Inform. «Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction» (Luxembourg — 1970)*, p. 303-316. Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Commission, Luxembourg. (Publicação EUR 4520 d, f, e.)
- TONDEUR, A. & MARCOURT, M. (1971) — «Les besoins en coke de la Communauté Européenne et l'évolution technologique de la cokéfaction». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1971 (1): 9-21.
- WATERS, P. L. (1971) — «Coal carbonization». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 45: 25-33.
- WATERS, P. L. & HESP, W. R. (1961) — «Strength of cokes from blends of high-volatile coals with carbonaceous inert additives». *J. Inst. Fuel*, London, 34 (247): 323-340.
- WEISZ, H. L. & ORNING, A. A. (1952) — «Reactivity of cokes». *Fuel*, London, 31 (3): 288-301.
- WILKINSON, H. C. (1970) — «Prediction of coke quality from the laboratory examination of coal». *Proc. Conf. «Coke in ironmaking» (London — 1969)*. Sess. B — Cokemaking, p. 31-37, The Iron and Steel Institute, London. (ISI Publication 127.)
- WOLFF, Evamarie (1963) — *Mikroskopische Untersuchungen über die Koksbildung unter besonderer Berücksichtigung von Kornverteilung und Packungsdichte*. Münster, (Tese.)
- WU, W. R. K. & FREDERIC, W. H. (1971) — *Coal composition, coal plasticity and coke strength*. United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington (D. C.). (Bulletin No. 661.)
- YABLOKOV, V. S. & BOGOLIUBOVA, L. I. (1960) — «Einige neue Merkmale der Klassifikation von Humuskohlen». *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. No. 3 (Internat. Congr. coal Petrol. — 1° — Heerlen — 1958)*, p. 35-43, Ernest van Aelst, Maastricht.
- (1973) — *1973 annual book of ASTM standards. Part 19 — Gaseous fuels; coal and coke*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia (Pa.).
- (1951) — *Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*. Glückauf, Essen.
- (1952) — «Características generales de la planta experimental de coquización proyectada para el Instituto». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 1 (2): 9-12.
- (1970) — «Classifying coals on rank and petrographic composition». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 41: 2-5.
- (1974) — *Coke — Analyse granulométrique (dimension supérieure nominale supérieure à 20 mm)*. ISO 728. International Organization for Standardization.
- (1973) — *Coke dont la dimension supérieure ne dépasse pas 60 mm — Détermination de la cohésion*. ISO 1881. International Organization for Standardization.
- (1950) — *Combustibles solides. Classification d'après leur nature, des houilles, des anthracites et de leurs mélanges*. NF M 10-001. Association Française de Normalisation — AFNOR, Paris.
- (1962) — *Combustibles solides. Essai de cohésion du coke au tambour (essai IRSID) (500 tours)*. NF M 03-023. Association Française de Normalisation, Paris.

- (1954) — «La coqueria experimental del Instituto». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 3 (14): 39-47.
- (1955) — «Determinación del índice de hinchamiento al crisol de la hullas». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 4 (23): 278-282.
- (1967) — *Détermination des indices de chute du coke*. ISO/R 616. International Organization for Standardization.
- (1967) — *Détermination des indices MICUM des cokes*. ISO/R 556. International Organization for Standardization.
- (1955) — *Etude physico-chimique de la carbonisation de six types de houille. (Par le Groupe de Recherches sur la Carbonisation)*. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France-CERCHAR. (Document intérieur No. 617.)
- (1965) — «Factors affecting coke strength». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 25: 2-3.
- (1962) — «Fungal remains in coke». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 17: 14-15.
- (1974) — *Houille — Détermination du pouvoir agglutinant — Essai Roga*. ISO 335. International Organization for Standardization.
- (1975) — *Houille — Essai au dilatomètre Audibert — Arnu*. ISO 349. International Organization for Standardization.
- (1956) — *International classification of hard coals by type*. United Nations, Genève.
- (1963) — *Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons*. 2.^a ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Académie des Sciences de l'URSS, Paris, Moscou.
- (1971) — *Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons. Supplément à la 2^e éd.* Centre National de la Recherche Scientifique, Académie des Sciences de l'URSS, Paris, Moscou.
- (1967) — *Methodes of analyzing and testing coal and coke*. United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington (D. C.). (Bulletin No. 638.)
- (1952) — «Método eléctrico para la determinación del índice de hinchamiento al crisol de las hullas». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 1 (4): 11-27.
- (1974) — *Note sur le procédé coaltek pour l'alimentation des fours à coke en charbon préchauffé*. Cerchar-Irsid, Station Expérimentale de Marienau, Marienau.
- (1965) — «Optical properties of cokes and carbons». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 25: 13-16.
- (1958) — «Parameters of the National Coal Board Classification system as a criterion of the rank of coal». *Coke and Gas*, London, 1958: 106-110.
- (1974) — «Perspectives d'évolution des marchés du charbon à coke et du coke». *Ann. Min. Belg.*, Liège, 1974 (3): 323-332.
- (1979) — «Politique Charbonnière. Perspectives à moyen et à long terme pour le charbon communautaire. Rapport du Comité consultatif de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, élaboré par M. H. J. Thomas». *J. off. Communautés européen.*, C 161: 3-10. (Suppl. à *Euro Abstracts*.)
- (1971) — *Proposition de critères de comparaison et d'évaluation de différentes qualités de charbon à coke et de coke*. Commission des Communautés Européennes, Bruxelles. (Document No. XVII/56/71-F. Orig. D.)
- (S. d.) — *Report of the 1st Meeting of the Working Group on the Application of Coal Petrology in the Coking Industry (1^o — Chesterfield — 1971)*. International Commission for Coal Petrology, Industrial Application Sub-Commission.
- (1969) — «Selection of Australian coals for specific industrial purposes». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 38: 5-9.
- (1966) — *Standard specification for classification of coal by rank*. ASTM designation D 388-66. American Society for Testing and Materials, Philadelphia (Pa.).
- (1967) — «A theory of the mechanism of coking». *Coal Res. CSIRO*, Melbourne, 31: 10-12.
- (1957) — «Trabajos de la National Coal Board sobre el método del Instituto del Carbon para la determinación en horno eléctrico del índice de hinchamiento al crisol de las hullas». *Bol. inform. Inst. nac. Carb.*, Oviedo, 6 (33): 103-114.

INDICE POR ASSUNTOS

Classificação dos carvões e sua selecção para diferentes utilizações

- ALPERN (1969).
 ALPERN (1979).
 BENNETT & TAYLOR (1970).
 BUSSO, BOUCHEZ, WAES & ALPERN (1970).
 FE (1971).
 FERNANDEZ (1957).

- FOCH (1974 a).
 LOISON, FOCH & BOYER (1970).
 R. J. MARSHALL (1976).
 McCARTNEY & M. TEICHMÜLLER (1972).
Classifying coals on rank and petrographic composition (1970).
Combustibles solides. Classification d'après leur nature, des houilles, des anthracites et de leurs mélanges (1950).
International classification of hard coals by type (1956).
Parameters of the National Coal Board classification system as a criterion of the rank of coal (1958).
Selection of Australian coals for specific industrial purposes (1969).
Standard specification for classification of coal by rank (1966).
- Estudo petrológico e das características tecnológicas dos coques**
- ABRAMSKI & MACKOWSKY (1952).
 AGRAWAL, FITZGERALD & SARJANT (1953).
 ALPERN (1954).
 ALPERN (1955).
 ALPERN (1956 a).
 ALPERN (1956 b).
 ALPERN & DURIF (1954).
 BLANCO (1955).
 BOYER, DURIF & ALPERN (1954).
 ELLIOTT (1970).
 GIBSON & GOLECZKA (1975).
 GIEDROYC & MATHIESON (1970).
 GRAHAM (1970).
 GREENHALGH & RILEY (1970).
 HOFFMANN (1955).
 HOU & ORNING (1954).
 INOUE & ROPPOGI (1955).
 INOUE & TANI (1955).
 MACKOWSKY (1955).
 MAHAJAN & WALKER Jr. (1978).
 NIXON & BROOKS (1970).
 PATRICK, SIMS & STACEY (1977).
 SCHAPIRO & GRAY (1963).
 WEISZ & ORNING (1952).
Etude physico-chimique de la carbonisation de six types de houille (1955).
Optical properties of cokes and carbons (1965).
Report of the 1st Meeting of the Working Group on the Application of Coal Petrology in the Coking Industry (1.º — Chesterfield — 1971) (S. d.).
- Estudo petrológico da formação do coque; comportamento dos diferentes constituintes dos carvões (normais e oxidados) à carbonização**
- AGRAWAL, FITZGERALD & SARJANT (1953).
 ALPERN (1956 c).
 ALPERN (1956 d).
 ALPERN (1966).
 ALPERN (S. d.).
 BENEDICT & BERRY (1966).
 BENEDICT, THOMPSON, SHIGO III & AIKMAN (1968).
 BENNETT (1968).
 BOND, CHANDRA & DRYDEN (1958).
 BROOKS & TAYLOR (1966).
 CHANDRA (1969).
 CHICHE (1963).
 CHICHE, DURIF & PREGERMAIN (1963).
 DUHAMEAU, FASSOTTE & SAUSSEZ (1969).
 DULHUNTY & B. L. HARRISON (1953).
 DURIF (1963).
 GOODARZI & MURCHISON (1972).
 GOODARZI & MURCHISON (1977).
 GRAY, RHOADES & KING (1976).
 HACQUEBARD (1960).
 KREVELEN (1961).
 KREVELEN, HUNTJENS & DORMANS (1956).
 LAHIRI (1951).
 LEGRAYE (1933).
 MACKOWSKY (1955).
 MACKOWSKY (1962).
 MACKOWSKY & WOLFF (1966).
 MARSCH & SMITH (1978).
 MURCHISON (1978).
 NANDI & MONTGOMERY (1975).
 OTTE & JURANEK (1964).
 PATRICK, REYNOLDS & SHAW (1973).
 PREGERMAIN & CHICHE (1963).
 SANDOR (1944).
 SOULÉ (1955).
 STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER (1975).
 TAYLOR (1961).
 TAYLOR, MACKOWSKY & ALPERN (1967).
 THOMPSON (S. d.).
 THOMPSON & BENEDICT (1974).
 WOLFF (1963).
 YABLOKOV & BOGOLIUBOVA (1960).
Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie (1951).
Fungal remains in coke (1962).
Lexique international de pétrographie des char-

bons du Comité International de Pétrographie des Charbons. 2^e éd. (1963).
Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons. Supplément à la 2^e éd. (1971).
Optical properties of cokes and carbons (1965).
A theory of the mechanism of coking (1967).

Fabrico do coque siderúrgico

Aspectos gerais em coqueria clássica; disponibilidades em matérias-primas e evolução da tecnologia da coqueificação; preparação de pastas

ASTIER (1975).
 BECK (1976).
 BECK & WESKAMP (1970).
 BENEDICT & BERRY (1966).
 BETHE & KUTZNER (1975).
 BERKOWITZ (1979).
 BOYER, DURIF & ALPERN (1954).
 BUSSO, BOUCHEZ, WAES & ALPERN (1970).
 CALLCOTT & N. A. BROWN (1970).
 CARBONE & FABER (1970).
 COPPENS (1967).
 DONATI, RUSSO, CASTELLI & PALUMBO (1970).
 FE (1971).
 FLASCHE, GROSS, KELLER, LASK, PETAK & RÜBEL (1975).
 FOCH (1973).
 FOCH (1977).
 FOCH & MARCELLINI (1973).
 FOCH & MELTZHEIM (1967).
 J. A. HARRISON (1963).
 HERMANN (1975).
 IGNASIAK, CARSON, JADERNIK & BERKOWITZ (1979).
 KAYE & HORTON (1975).
 KREVELEN, CHERMIN, DORMANS & HUNTJENS (1958).
 LOISON, FOCH & BOYER (1970).
 MACKOWSKY (1964).
 MATSUOKA (S. d.).
 MELTZHEIM (1970).
 MELTZHEIM (1971).
 MYAR (1972).
 SCHUMM (1970).
 SIMONIS (1970).
 SIMONIS, GNUSCHKE & BECK (1966).
 SPAAK (1970).
 THOMPSON & BENEDICT (1968).
 TOGNANA (1970).

TONDEUR & MARCOURT (1971).
 WATERS (1971).
Etude physico-chimique de la carbonisation de six types de houille (1955).
Perspectives d'évolution des marchés du charbon à coke et du coke (1974).
Politique Charbonnière. Perspectives à moyen et à long terme pour le charbon communautaire. Rapport du Comité consultatif de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, élaboré par M. H. J. Thomas (1979).
Proposition de critères de comparaison et d'évaluation de différentes qualités de charbon à coke et de coke (1971).

Coque moldado

AHLAND & PETERS (1975).
 ASAI & TANNO (1955).
 FOCH (1977).
 HOLGATE & PINCHBECK (1973).
 LEDENT, BURTON & MARCOURT (1970).
 MARCELLINI & DELESSARD (1975).
 MATSUOKA (S. d.).
 MORAN & JOSEPH (1976).
 PETERS, AHLAND & LANGHOFF (1970).
 SCHNEIDER (1975 a).
 SCHNEIDER (1975 b).
 SOUBRIER (1970).
 SOUBRIER (1974).
 SOUBRIER (1975 a).
 SOUBRIER (1975 b).

Enfornamento pré-aquecido

CHAMBERS & ALDERMAN (1970).
 FALQUE (1972).
 FOCH (1970 a).
 FOCH (1970 b).
 FOCH (1974 b).
 FOCH, GEOFFROY & MELTZHEIM (1965).
 GRAHAM & PATER (1975).
 GRAHAM, PATER & LEE (1970).
 GREGORY & FREEMAN (1975).
 HABERMEHL, LASK & PETAK (1975).
 LOISON, FOCH & BOYER (1970).
 MARCELLINI & PRUDHON (1975).
 MARTING & BALCH (1970).
 MARTING & MARCELLINI (1975).
 MATSUOKA (S. d.).
Note sur le procédé coaltek pour l'alimentation des fours à coke en charbon préchauffé (1974).

Métodos, baseados no estudo petrológico, de previsão laboratorial: i) da aptidão de carvões individuais e de pastas à coqueificação, e ii) da qualidade dos coques a obter

AMMOSOV, EREMIN & GRECISNIKOV (1973).
 AMMOSSOV, EREMIN, SOUKHENKO & OCHOURKOVO (1957).
 BANDOPADHYAY, TARAFDER, GUPTA & LAHIRI (1960).
 BANERJEE, BAGCHI & GHOSE (1968).
 BARSOTTI, DAMIANI, GARDINI & PEIRÈ (1973).
 BENEDICT, THOMPSON & WENGER (1968).
 BRIATORE (1975).
 H. R. BROWN, TAYLOR & COOK (1964).
 BUSSO, BOUCHEZ, WAES & ALPERN (1970).
 CALLCOTT & N. A. BROWN (1970).
 CAMERON & BOTHAM (1966).
 CARSON, IGNASIAK & BERKOWITZ (1976).
 CARTER (1970).
 COPPENS (1967).
 DAVIS (1978).
 FERNANDEZ (1956).
 FOCH (1974 a).
 GHOSH (1969).
 GOLDRING (1970).
 J. A. HARRISON (1961).
 J. A. HARRISON, JACKMAN & SIMON (1964).
 IGNASIAK & BERKOWITZ (1974).
 JURANEK (1970).
 KANDLER & BRADACS (1973).
 KARBOVIAC (1975).
 KASPERCZYK (1973).
 KAYE & HORTON (1975).
 MACKOWSKY (1977).
 MACKOWSKY & SIMONIS (1969).
 C. E. MARSHALL, HARRISON, SIMON & PARKER (1958).
 C. E. MARSHALL & TOMPKINS (1960).
 MATSUOKA (S. d.).
 MIDDLETON, INOUE & SPACKMAN (1961).
 MIYAZU, OKUYAMA, FUKUYAMA & SUGIMURA (1971).
 PAREEK (1969).
 PAREEK (1975).
 RAINONE, LONDI, PAPI & PUCCINI (1976).
 SCHAPIRO & GRAY (1964).
 SCHAPIRO, GRAY & EUSNER (1961).
 SIMONIS (1968).
 SMITH (1973).
 SPACKMAN, BERRY, DUTCHER & BRISSE (S. d.).

STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER (1975).

STANKEVICH (1964).
 STANKEVIC & MYKOLNIKOV (1973).
 THOMPSON & BENEDICT (1968).
 THOMPSON & BENEDICT (1974).
 WATERS & HESP (1961).
 WILKINSON (1970).
 WU & FREDERIC (1971).
Factors affecting coke strength (1965).
Report of the 1st Meeting of the Working Group on the Application of Coal Petrology in the Coking Industry (1.º — Chesterfield — 1971) (S. d.).

Utilização de fornos experimentais

CALLCOTT (1970).
 CALLCOTT & N. A. BROWN (1970).
 CALLCOTT & JONES (1959).
 CARTER (1970).
 GRANCE (1962).
 LEE & PATER (1966).
 LOISON & FOCH (1966).
 LOISON, FOCH & BOYER (1970).
 C. E. MARSHALL & TOMPKINS (1969).
 MYAR (1972).
 OTTE & JURANEK (1964).
 SMITH (1973).
Características generales de la planta experimental de coquización proyectada para el Instituto (1952).
La coqueria experimental del Instituto (1954).

Normas para ensaios laboratoriais

BERG (1956).
 FERNANDEZ (1954 a).
 FERNANDEZ (1954 b).
 GAYOL & PIRE (1953).
 GIBSON & GOLECZKA (1975).
 LOISON, FOCH & BOYER (1970).
 MONTGOMERY (1978).
 PATRICK & WILKINSON (1978).
1973 annual book of ASTM standards. Part 19 — Gaseous fuels; coal and coke (1973).
Coke — Analyse granulométrique (dimension supérieure nominale supérieure à 20 mm) (1974).

Coke dont la dimension supérieure ne dépasse pas 60 mm — Détermination de la cohésion (1973).
Combustibles solides. Essai de cohésion du coke du tambour (essai IRSID) (500 tours) (1962).
Determinación del índice de hinchamiento al crisol de las hullas (1955).
Détermination des indices de chute du coke (1967).
Détermination des indices MICUM des cokés (1967).
Houille — Détermination du pouvoir agglutinant — Essai Roga (1974).

Houille — Essai au dilatomètre Audibert-Arnu (1975).
International classification of hard coals by type (1956).
Methodes of analyzing and testing coal and coke (1967).
Método eléctrico para la determinación del índice de hinchamiento al crisol de las hullas (1952).
Trabajos de la National Coal Board sobre el método del Instituto Nacional del Carbon para la determinación en horno eléctrico del índice de hinchamiento al crisol de las hullas (1957).

Contribuição (3.^a) para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia

A. TAVARES ROCHA

Departamento de Ciências da Terra do Instituto de Investigação Científica da Universidade de Angola

(Recebido em 4-XII-1980)

O autor apresenta a 3.^a contribuição para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal e das suas antigas colónias de África e da Ásia. Os dados bibliográficos reunidos referem-se a estudos que contenham citações, breves ou não, da existência de microrganismos (animais e vegetais) fósseis ou recentes.

A 3rd contribution to the knowledge of the micropaleontological bibliography of Portugal and its ancient African and Asian colonies. These bibliographic data concern studies containing references to the existence of fossil or recent microorganisms (animals or plants).

I — INTRODUÇÃO

A apresentação desta «3.^a contribuição para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal» (1) inclui referências a trabalhos ou estudos contendo citações sobre a presença de microrganismos (animais e vegetais) fósseis ou recentes de territórios de expressão portuguesa que obtiveram, nos últimos tempos, a sua independência (Repúblicas de Guiné-Bissau, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe, Angola e Moçambique).

Relativamente a Angola, país onde trabalhamos, é nossa intenção divulgar muito brevemente a «1.^a contribuição para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Angola», trabalho que se encontra concluído.

Queremos manifestar o nosso reconhecimento pela colaboração amigável e desinteressada que nos foi prestada por alguns colegas, de que destacamos o Prof. Doutor Miguel Telles Antunes, Dr. Miguel Marques de Magalhães Ramalho e Dr.^{as} Maria de Lourdes Ubaldo, Filomena Diniz, Emerita Marques, Teresa Soares Neto, Inácia de Paiva e Maria Helena Vilela.

O nosso agradecimento é extensivo à Sr.^a D. Maria Rosalina Violante Dias Lopes (do Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Investigação Científica de Angola), a qual não só nos prestou preciosa colaboração na organização desta lista, como também se encarregou da parte dactilográfica deste trabalho.

Finalmente, não esqueçamos que foi o Prof. Doutor Ivan de Klasz que, com os seus excelentes trabalhos sobre a bibliografia micropaleontológica africana, nos deu a ideia de organizarmos as listas que temos vindo a publicar, dando-lhe, por

(1) Trabalho efectuado em Luanda, durante o ano de 1975, no Instituto de Investigação Científica de Angola.

sua vez, a oportunidade de em futuras compilações poder incluir uma informação mais completa acerca de Guiné-Bissau, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe, Angola e Moçambique.

Registamos aqui com grata satisfação as referências muito gentis feitas por de Klasz no 4.º Colóquio Africano de Micropaleontologia (Abidjan, 1970) (2) acerca da nossa «1.ª contribuição para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica» (Rocha, 1968).

II — INDICE ONOMÁSTICO

A

- ADEGOKE, O. S. — 72.
 ANTUNES, Miguel Telles — 1, 2, 3, 4.
 AUDLEY-CHARLES, Michael Geoffrey — Veja CHARLES, M. G. A.

B

- BAPTISTA, Joaquim Alberto da Paz — 5.
 BELFORD, D. J. — 95, 96, 97, 98, 99, 104.
 BJORKLUND, Kjell R. — 11, 42, 44, 48, 52, 70, 73, 79.
 BRANCO, Fernando Castello — 89.

C

- CARVALHO, António Marcos Galopim de — 31.
 CASTELLO BRANCO, Fernando — Veja BRANCO, F. C.
 CASTRACANE, Francesco — 41, 50, 94.
 CHARLES, Michael Geoffrey Audley — 100.
 CHOFFAT, Léon Paul — 77.
 CITA, Maria Bianca — 51.
 COLOM, Guillermo — 6.
 CRAMER, F. H. — 66.
 CRAMER, M. del C. R. D. — 66.
 CRESPIN, Irene — 101, 102, 103, 104.

D

- DELOFFRE, R. — 7.
 DESSAUVÉGIE, T. F. J. — 72.
 DINIZ, Filomena — 8, 9.

(2) Veja de Klasz, 1970.

F

- FARIA, Jorge Barreto Machado Maciel Alves de — 38.
 FAYOSE, E. A. — 78.
 FERREIRA, Octávio da Veiga — 39.
 FONSECA, Beatriz Lopes Marques — 1, 10.
 FORJAZ, Vítor Hugo — 31.
 FRADE, Fernando — 67.
 FREITAS, Manuel João Leitão de — 71, 87.
 FREUDENTHAL, Thomas — 68.
 FURON, Raymond — 69.

G

- GINSBURG, Léonard — 2.
 GLAESSNER, Martin F. — 105.
 GOLL, Robert M. — 11, 42, 44, 48, 52, 70, 73, 79.
 GOMES, José do Nascimento — 59.

H

- HEGEDÜS, M. — 12, 13, 16.
 HELMDACH, Friedrich-Franz — 14.

J

- JANVIER, Ph. — 15.

K

- KEDVES, Miklós — 12, 13, 16.
 KLASZ, Ivan de — 80.
 KOGBE, C. A. — 72.
 KUDRASS, H. R. — 17.

L

- LAPÃO, Luís Projecto — 81.
 LLOYD, A. R. — 106.
 LORIOL, Percival de — 77.

M

- MANUPPELLA, Giuseppi — 18, 39.
 MARQUES, Emerita — 53, 74, 75, 82.
 MATEU, Guillermo — 43, 45, 49, 60.
 MEIJER, Max M. J. — 83.
 MEIN, P. — 3.
 MELGUEM, Marthe — 76.

MORIN, Ronald W. — 90.
 MOUTERDE, René — 19, 29.

N

NETO, Teresa Soares — 54, 55.
 NEUMANN, Madeleine — 20, 21, 84, 91.
 NOGAMI, Y. — 107.

P

PAIVA, Inácia de — 56.
 PÁRDUTZ, Á. — 12, 13.
 PAREDES, Jorge Falcão — 57, 58.
 PASTOURET, Léo — 76.
 PAULO, Leopoldina F. — 22.

R

RAMALHO, Miguel Marques de Magalhães — 7,
 19, 23, 24, 25, 26, 27.
 RÉRAT, D. — 80.
 ROCHA, Arménio Tavares — 28, 29, 43, 45, 49,
 59, 60, 71, 85, 86, 87.
 ROCHA, Rogério Eduardo Bordalo da — 1, 9.
 ROMARIZ, Carlos — 30, 31, 46, 61, 62, 108.
 RUGET, Christiane — 19.

S

SAMPAYO, Maria Antónia M. — 32.
 SERRALHEIRO, António Morais Romão — 63.
 SILVA, José Horta da — 88.
 SILVA, Manuel — 31.

T

THEYER, Fritz — 90.
 THIEDE, Jörn — 17, 33, 34, 35, 76.
 TINTANT, Henri — 19, 29.
 TORQUATO, Joaquim Raúl — 2.

U

UBALDO, Maria de Lourdes — 2, 31, 47, 64, 92.

V

VERRIER, Georges — 89.
 VILELA, Maria Helena — 36.

VINCENT, Edith — 90, 93.
 VINOGRADOV, A. P. — 65.

Z

ZBYSZEWSKI, Georges — 4, 37, 38, 39.

III — LISTA ALFABÉTICA DAS PUBLICAÇÕES E ABREVIATURAS USADAS NO TEXTO

A

Acta biologica. Szeged, Hungria. — 13.
Advancing Frontiers of Plant Sciences. — 12.
 An. Fac. Ciênc. Porto — Anais da Faculdade de Ciências do Porto. Porto. — 40.

B

Bol. Inst. esp. Oceanogr. — Boletín del Instituto Español de Oceanografía. Madrid. — 6.
Bol. Inst. Invest. cient. Angola — Boletim do Instituto de Investigação Científica de Angola. Luanda. — 85.
Bol. Közlem. Budapeste. — 16.
Bol. Mus. Lab. miner. geol. Fac. Ciênc. Lisboa — Boletim do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências de Lisboa. Lisboa. — 8, 46.
Bol. Soc. geol. Portugal — Boletim da Sociedade Geológica de Portugal. Lisboa. — 4, 23.
Bol. Soc. port. Ciênc. natur. — Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais. Lisboa. — 9.
Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. — Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma. — 66, 93.
Bull. Centre Rech. Pau — SNPA — Bulletin du Centre de Recherches de Pau. Pau, França. — 7.
Bul. Mus. nat. Hist. natur. — Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. — 69.

C

C. R. Acad. Sci. Paris — Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. Paris. — 2, 76.
 IV *Colloque Africain de Micropaléontologie*. Abidjan. — 68.

Comun. Serv. geol. Portugal — *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa. — 5, 26, 27, 59.

I Cong. Hisp.-Luso-Amer. Geol. econ. — *I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica*. Madrid e Lisboa. — 19, 89.

Contr. Cush. Found. Foram. Res. — *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*. Ithaca, New York. — 78.

Cuadernos Geol. Ibérica — *Cuadernos Geología Ibérica*. Madrid. — 25.

E

Estud., Ens. e Docum. (Junta Invest. Colon.) — *Estudos, Ensaio e Documentos* (Junta de Investigações Coloniais). Lisboa. — 67.

Estud., Notas e Trab. (Serv. Fom. Mineiro) — *Estudos, Notas e Trabalhos* (Serviço de Fomento Mineiro). Porto. — 18, 38, 83.

F

Fac. Sci. Paris — *Faculté des Sciences de Paris*. Paris. — 92.

Fomento — *Centro de Documentação Técnico-Económica*. Lisboa. — 88.

G

Garcia de Orta. *Rev. Junta Invest. Ultram.* — *Garcia de Orta*. *Revista da Junta de Investigações do Ultramar*. Lisboa. — 53, 62, 71, 74, 82, 87.

Geol. Rundschau — *Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau*. Stuttgart. — 17.

Geol. Soc. American Bull. — *Geological Society of America Bulletin*. Boulder, Colorado. — 35.

I

Inst. Invest. cient. Angola — *Instituto de Investigação Científica de Angola*. Luanda. — 43, 45, 49, 60.

J

Journ. Foram. Res. — *Journal of Foraminiferal Research*. Washington. — 34.

Journ. Geol. Soc. India — *Journal of the Geology of the Society of India*. Bangalore. — 105.

L

Letter to Timor Oil, Ltd. — 103.

M

Mem. Coll. Sci. Kyoto Univ. — *Memoirs of Kyoto University*. Kyoto (Japão). — 107.

Mem. geol. Soc. London — *Memoirs of the Geological Society of London*. Londres. — 100.

Mem. Inst. Invest. cient. Moçamb. — *Memórias do Instituto de Investigação Científica de Moçambique*. Lourenço Marques. — 57, 58.

Mem. Lab. Eng. Angola — *Memórias do Laboratório de Engenharia de Angola*. Luanda. — 88.

Mem. Sears Found. for Marine Research. Yale Univ. — *Memoirs Sears Foundation for Marine Research*, Yale University. Yale. — 65.

Mem. Serv. geol. Portugal — *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa. — 14, 24.

Mém. Soc. Phys. Hist. Natur. Genève — *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève*. Genebra. — 77.

Micropaleontology — *Revista publicada pelo Department of Micropaleontology of American Museum of Natural History*. New York. — 11, 20, 21, 42, 44, 48, 52, 70, 72, 73, 79, 84, 91.

N

Naturália. *Rev. Soc. port. Ciênc. natur.* — *Naturália*. *Revista da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais*. Lisboa. — 30, 61, 108.

Notas Centro Biol. aquát. trop. (Junta Invest. Ultram.) — *Notas do Centro de Biologia Aquática Tropical* (Junta de Investigações do Ultramar). Lisboa. — 55.

Notas e Estud. Inst. Biol. marít. — *Notas e Estudos do Instituto de Biologia Marítima*. Lisboa. — 32, 36.

P

Ph. D. Thesis Univ. London — *Ph. D. Thesis University of London*. Londres. — 99.

Proc. II Plankt. Conf. (Rome, 1970) — *Proceed-*

- inas of the II Planktonic Conference (Roma, 1970). Edição de A. Farinacci. Roma. — 33.
- Publ. Centro Estud. Geol. Fac. Ciênc. Lisboa — Publicação do Centro de Estudos de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa (Fundação do Instituto de Alta Cultura). Lisboa. — 28.
- Publ. Inst. Invest. cient. Angola — Publicação do Instituto de Investigação Científica de Angola. Luanda. — 86.
- Publ. Inst. Zool. «Dr. Augusto Nobre». Fac. Ciênc. Porto — Publicações do Instituto de Zoologia «Dr. Augusto Nobre». Faculdade de Ciências do Porto. Porto. — 22.
- Publ. Junta Invest. Ultram. — Publicação da Junta de Investigações do Ultramar. Lisboa — 63, 75.

R

- Rap. et Proc. verb. Cons. internat. Explor. Mer. — Rapports et Procès verbaux. Conseil International pour l'Exploration de la Mer. — 54, 56.
- Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys. — Records Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics. Canberra. — 95, 96, 97, 98, 101, 102, 104.
- Rep. Sci. Res. Voy. *Challenger* — Reports of the Scientific Results of the Voyage of H. M. S. *Challenger*. Londres, Edimburgo e Dublin. — 41, 50, 94.
- Rep. Timor Oil, Ltd., from the Bur. miner. Resour. Geol. Geophys. Australia — Report Timor Oil, Ltd., from the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysic. Canberra. — 106.
- Rev. Fac. Ciênc. Lisboa — Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa. Lisboa. — 1, 3, 10 15, 29, 31, 47, 64.
- Rev. Micropaléont. — Revue de Micropaléontologie. Paris. — 51, 80.

S

- Science. Washington. — 90.
- Serv. geol. Portugal — Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa. — 37, 39.
- Serv. Geol. Minas Angola — Serviços de Geologia e Minas de Angola. Luanda. — 81.

IV — ÍNDICE POR GRUPOS ZOOLOGICOS E BOTANICOS

- Acantários — 58.
- Algas — 7, 23, 24, 25, 26, 27, 46.
- Carófitas — 25, 26, 27.
- Cocolitoforídeos — 10.
- Conodontes — 56.
- Copépodes — 36, 53, 67, 74, 75, 82.
- Diatomáceas — 32, 41, 50, 57, 67, 94.
- Dinoflagelados — 32, 57, 67.
- Foraminíferos — 1, 2, 5, 6, 7, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 43, 45, 46, 47, 49, 51, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 76, 77, 78, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108.
- Micromamíferos — 3, 4, 15.
- Ostrácodos — 14, 22, 24, 25, 26, 67, 92, 100, 102.
- Palinologia — 8, 9, 12, 13, 16, 37, 66, 100.
- Quetognatas — 67.
- Radiolários — 11, 42, 44, 48, 52, 58, 70, 73, 79, 92, 100, 101, 102, 103, 104.
- Silicoflagelados — 57.
- Sifonóforos — 54, 55.
- Tintinídeos — 32, 58, 67.

V — BIBLIOGRAFIA ORDENADA POR TERRITÓRIOS E, EM CADA UM DESTES, CLASSIFICADA POR ORDEM ALFABÉTICA DE AUTORES.

1 — Portugal continental

1. ANTUNES, M. T.; FONSECA, B. & ROCHA, R. B. — «Notes sur la Géologie et la Paléontologie du Miocène de Lisbonne. XII — Coupe de l'Avenida Paulo VI, Lumiar: Stratigraphie et Paléontologie. Conclusions générales». *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa, 2.ª Sér., C. — Ciênc. Natur.*, 17 (2): 459-514. Lisboa, 1973.
2. ANTUNES, M. T.; GINSBURG, L.; TORQUATO, J. R. & UBALDO, M. L. — «Age des couches à Mammifères de la basse vallée du Tage (Portugal) et de la Loire moyenne (France)». *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 277, Sér. D, p. 2313-2316. Paris, 1973.
3. ANTUNES, M. T. & MEIN, P — «Notes sur la Géologie et la Paléontologie du Miocène de Lisbonne. IX — Rongeurs et insectivo-

- res (Burdigalien inférieur et Helvétien inférieur)». *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.^a Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 16 (2): 327-349. Lisboa, 1971.
4. ANTUNES, M. T. & ZBYSZEWSKI, G. — «Le Méotien-Pontien de la basse vallée du Tage (Rive droite) Portugal». *Bol. Soc. geol. Portugal*, Lisboa, 18: 203-217. Lisboa, 1973.
 5. BAPTISTA, J. A. P. — «Alguns aspectos petrográficos das rochas carbonatadas do Malm inferior da região de Santiago do Cacém-Sines». *Comun. Serv. geol. Portugal*, 55: 5-22. Lisboa, 1971.
 6. COLOM, G. — «Foraminíferos de las costas de Galicia (Campañas del 'Xauen' en 1949 y 1950)». *Bol. Inst. esp. Oceanogr.*, 51: 59 p. Madrid, 1952.
 7. DELOFFRE, R. & RAMALHO, M. — «*Macroporella (Macroporella) espichelensis* n. sp. Dasycladacée portlandienne du Portugal et observations sur le genre *Macroporella* Pia, 1912». *Bull. Centre Rech. Pau*, 5 (2): 189-201. Pau, 1971.
 8. DINIZ, F. — «Notas palinológicas sobre formações cenozoicas portuguesas. I — O espectro polínico de Pampilhosa do Botão». *Bol. Mus. Lab. miner. geol. Fac. Ciênc. Lisboa*, 13 (1): 83-95. Lisboa, 1972.
 9. DINIZ, F. — «Panorama da Palinologia. Alguns aspectos morfológicos». *Bol. Soc. port. Ciênc. natur.*, 14: 121-135. Lisboa, 1972.
 10. FONSECA, B. — «Notes sur la Géologie et la Paléontologie du Miocène de Lisbonne. XIII — Quelques Cocolithes de l'Helvétien VI-a». *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.^a Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 17 (2): 569-580. Lisboa, 1973.
 11. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.
 12. HEGEDÜS, M.; KEDVES, M. & PÁRDUTZ, Á. — «Ultrastructural investigation on fossil *Angiosperms* exines of Upper Cretaceous». *Advancing Frontiers of Plant Sciences*, 28: 317-325. 1971.
 13. HEGEDÜS, M.; KEDVES, M. & PÁRDUTZ, Á. — «Ultrastructural investigation of Upper Cretaceous *Angiosperm* exines II». *Acta biologica*, 18 (1-4): 55-69. Szeged, 1972.
 14. HELMDACH, F.-F. — «Contribuição para o conhecimento da Fauna do Kimeridgiano da Mina de Lignito Guimarota (Leiria, Portugal). II parte. IV — Stratigraphy and Ostracod. Fauna from the Coalmine Guimarota (Upper Jurassic)». *Mem. Serv. geol. Portugal*, 17 (nova série): 41-88. Lisboa, 1971.
 15. JANVIER, Ph. — «Notes sur la Géologie et la Paléontologie du Miocène de Lisbonne. VIII — Lagomorphes (*Lagomorpha*, *Mammalia*)». *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.^a Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 16 (2): 311-321. Lisboa, 1971.
 16. KEDVES, M. & HEGEDÜS, M. — «Periporát Pollenszemek Portugal Felső Krétakori Uledékokbol». *Bol. Közlem.*, Budapeste, 59. Kötet 1. füzet 1972.
 17. KUDRASS, H. R. & THIEDE, J. — «Stratigraphische Untersuchungen an Sedimentkernen des ibero-marok Kanischen Kontinentabrandes». *Geol. Rundschau*, 60 (1): 294-301. Stuttgart, 1970.
 18. MANUPPELLA, G. — «Rochas dolomíticas da Serra de Aire». *Estud. Notas e Trab. (Serv. Fom. Mineiro)*, 20 (1-2): 129-151. 1971.
 19. MOUTERDE, R.; RAMALHO, M.; ROCHA, R. B.; RUGET, Ch. & TINTANT, H. — «Escala zonal do Jurássico português». *I Cong. Hisp.-Luso-Amer. Geol. econ. (Madrid-Lisboa, 1971)*, t. II, Sec. 1 — *Geol.*, p. 507-523. Madrid-Lisboa, 1971.
 20. NEUMANN, M. — «News Report. France». *Micropaleontology*, 16 (4): 494. New York, 1970.
 21. NEUMANN, M. — «News Report. France». *Micropaleontology*, 17 (3): 379. New York, 1971.
 22. PAULO, L. F. — *Contribution à l'étude des ostracodes du Portugal. Note sur une nouvelle espèce du genre «Herpetocypris»*. *Publ. Inst. Zool. «Dr. Augusto Nobre»*. *Fac. Ciênc. Porto*, 108: 39 p. Porto, 1969.
 23. RAMALHO, M. M. — «*Cylindroporella lusitanica* n. sp., une nouvelle *Dasycladacée* du Jurassique supérieur portugais». *Bol. Soc. geol. Portugal*, 17: 123-127. Lisboa, 1970.
 24. RAMALHO, M. M. — «Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur des environs de Lisbonne (Por-

- tugal)». *Mem. Serv. geol. Portugal*, 19 (nova série): 1-218. Lisboa, 1971.
25. RAMALHO, M. M. — «Observations micropaléontologiques sur le Malm à l'Ouest de Sezimbra (Portugal)». *Cuadernos Geol. Ibérica*, 2: 615-620, Madrid, 1971.
26. RAMALHO, M. M. — «Observações micropaleontológicas sobre o Malm a Oeste de Sesimbra (Portugal)». *Comun. Serv. geol. Portugal*, 55: 133-138. Lisboa, 1971.
27. RAMALHO, M. M. — «Observações micropaleontológicas sobre o Malm do Algarve ocidental (Portugal)». *Comun. Serv. geol. Portugal*, 56: 451-470, Lisboa, 1972-73.
28. ROCHA, A. T. — «Métodos de estudo de foraminíferos». *III Curso de Extensão Universitária de Ciências Geológicas*. Publ. Centro Estud. Fac. Ciênc. Lisboa, p. 157-184. Lisboa, 1971.
29. ROCHA, R. B. da; MOUTERDE, R. & TINTANT, H. — «Formations recifales dans le Jurassique moyen d'Algarve occidental». Vol. Hom. Prof. Doutor C. F. Torre de Assunção. *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.ª Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 17 (1): 45-58. Lisboa, 1972.
30. ROMARIZ, C. — «Rochas sedimentares carbonatadas. Considerações gerais e importância económica». *Naturália*, 10 (11): 41-130. Lisboa, 1970.
31. ROMARIZ, C.; CARVALHO, A. M. G. de; FORJAZ, V. H.; SILVA, M. & UBALDO, M. L. — «Alguns elementos sobre o cenozoico de St. André (Santiago do Cacém)». Vol. Hom. Prof. Doutor C. F. Torre de Assunção. *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.ª Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 17 (1): 207-219. Lisboa, 1972.
32. SAMPAYO, M. A. M. — *Diatomáceas do Estuário do Sado. Estudo Qualitativo e Quantitativo; Variações Sazonais*. Notas e Estud. Inst. Biol. marít., 39: 104 p. Lisboa, 1970.
33. THIEDE, J. — «Planktonische Foraminifera in Sedimentkernen vom portugiesischen Kontinentalhang». *Proc. II Plankt. Conf. (Rome, 1970)*, 3: 1201-1212. Roma, 1971.
34. THIEDE, J. — «Dominance and diversity of planktonic foraminiferal faunas in Atlantic Ibero-Marrocan continental slope sediments». *Journ. Foram. Res.*, 2 (2): 93-102. Washington, 1972.
35. THIEDE, J. — «Planktonic Foraminifera in Hemipelagic Sediments: Shell Preservation off Portugal and Marocco». *Geol. Soc. America Bull.*, 848: 2749-2754. Boulder, Colorado, 1973.
36. VILELA, M. H. — *The developmental stages of the marine calanoid copepod «Acartia grani» Sars bred in the laboratory*. Notas e Estud. Inst. Biol. marít. 40: 20 p. Lisboa, 1972.
37. ZBYSZEWSKI, G. — *Carta Geológica do Quaternário de Portugal, na Escala de 1:1 000 000. Notícia explicativa*. Serv. geol. Portugal, 39 p. Lisboa, 1971.
38. ZBYSZEWSKI, G. & FARIA, J. B. — «O sal-gema em Portugal metropolitano; suas jazidas, características e aproveitamento». *Estud. Notas e Trab. (Serv. Fom. Mineiro)*, 20 (1-2): 5-105. Porto, 1971.
39. ZBYSZEWSKI, G.; MANUPPELLA, G. & FERREIRA, O. V. — *Carta Geológica de Portugal na Escala de 1:50 000. Notícia explicativa da folha 27-C — TORRES NOVAS*. Serv. geol. Portugal, 46 p. Lisboa, 1971.
40. ZBYSZEWSKI, G.; MANUPPELLA, G. & FERREIRA, O. V. — *Lutuosa. Dr. José Maria Braga*. An. Fac. Ciênc. Porto, 55 (1-2): 6 p. Porto, 1972.

2 — Arquipélago dos Açores

41. CASTRACANE, F. A. — *Report on the «Diatomaceae» collected by H. M. S. «Challenger» during the years 1873-1876*. Rep. Sci. Res. Voy. Challenger, Bot. 2: 178 p. Londres, Edimburgo e Dublin, 1886.
42. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.
43. ROCHA, A. T. & MATEU, G. — *Contribuição para o Conhecimento dos Foraminíferos Actuais da Ilha de Maio (Arquipélago de Cabo Verde)*. Inst. Invest. cient. Angola, 108 p. Luanda, 1971.

3 — Arquipélago da Madeira

44. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.

45. ROCHA, A. T. & MATEU, G. — *Contribuição para o Conhecimento dos Foraminíferos Actuais da Ilha de Maio (Arquipélago de Cabo Verde)*. Inst. Invest. cient. Angola, 108 p. Luanda, 1971.
46. ROMARIZ, C. — «Notas petrográficas sobre rochas sedimentares portuguesas. XI. Os biocalcaritos neríticos de S. Vicente (ilha da Madeira)». *Bol. Mus. Lab. miner. geol. Fac. Ciênc. Lisboa*, 12 (1): 27-35. Lisboa, 1971.
47. UBALDO, M. L. — «Contribuição para o estudo dos foraminíferos recentes do arquipélago dos Açores». *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.^a Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 15 (1): 35-63. Lisboa, 1967.
- 4 — Arquipélago das Selvagens
48. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.
49. ROCHA, A. T. & MATEU, G. — *Contribuição para o Conhecimento dos Foraminíferos Actuais da Ilha de Maio (Arquipélago de Cabo Verde)*. Inst. Invest. cient. Angola, 108 p. Luanda, 1971.
- 5 — Arquipélago de Cabo Verde
50. CASTRACANE, F. A. — *Report on the «Diatomaceae» collected by H. M. S. «Challenger» during the years 1873-1879*. Rep. Sci. Res. Voy. *Challenger*, Bot. 2: 178 p. Londres, Edimburgo e Dublin, 1886.
51. CITA, M. B. — «Biostratigraphy, chronostratigraphy and paleoenvironment of the Pliocene of Cape Verde (North Atlantic)». *Rev. Micropaléont.*, 14 (5): 17-42. Paris, 1971.
52. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.
53. MARQUES, E. — «Contribuição para o conhecimento dos copépodes marinhos de Cabo Verde (ilhas: Brava, Fogo, Santiago e Maio). 1.^a parte — *Copepoda calanoida*». *Garcia de Orta*. Rev. Junta Invest. Ultram. *Série Zool.*, 3 (1): 7-20. Lisboa, 1974.
54. NETO, T. S. — «Sur les Siphonophores calycophores des îles du Cap Vert». *Rap. et Proc. verb. Cons. internat. Explor. Mer.*, 159: 118. 1970.
55. NETO, T. S. — «Sifonóforos calicóforos do arquipélago de Cabo Verde». *Notas Centro Biol. aquát. trop. (Junta Invest. Ultram.)*, 33: 1-55. Lisboa, 1973.
56. PAIVA, I. — «Nouvelle contribution à l'étude des Copépodes de l'Archipel du Cap Vert». *Rap. et Proc. verb. Cons. internat. Explor. Mer.*, 159: 116-117. 1970.
57. PAREDES, J. F. — «Subsídios para o conhecimento do plâncton marinho do arquipélago de Cabo Verde — I. Diatomáceas, Silicoflagelados e Dinoflagelados». *Mem. Inst. Invest. cient. Moçambique*, 10, sér. A, p. 1-107. Lourenço Marques, 1969-70.
58. PAREDES, J. F. — «Subsídios para o conhecimento do plâncton marinho do arquipélago de Cabo Verde — II. Tintinídeos, Foraminíferos, Radiolários e Acanthários». *Mem. Inst. Invest. cient. Moçambique*, 10, sér. A. Lourenço Marques, 1969-70.
59. ROCHA, A. T. & GOMES, J. N. — «Ensaio crítico sobre a morfologia e ocorrência de *Iberina lusitanica* (Egger) (Foraminífero)». *Comun. Ser. geol. Portugal*, 51: 169-211. Lisboa, 1967.
60. ROCHA, A. T. & MATEU, G. — *Contribuição para o Conhecimento dos Foraminíferos Actuais da Ilha do Maio (Arquipélago de Cabo Verde)*. Inst. Invest. cient. Angola, 108 p. Luanda, 1971.
61. ROMARIZ, C. — «Rochas sedimentares carbonatadas. Considerações gerais e importância económica». *Naturália*, 10 (11): 41-130. Lisboa, 1970.
62. ROMARIZ, C. — «Litofácies do arquipélago de Cabo Verde. II — Calcaritos dos ilhéus Rombos». *Garcia de Orta*. Rev. Junta Invest. Ultram., 18 (1-4): 247-252. Lisboa, 1970.
63. SERRALHEIRO, A. — *Geologia da Ilha de Maio (Cabo Verde)*. Publ. Junta Invest. Ultram. 107 p. Lisboa, 1970.
64. UBALDO, M. L. — «Contribuição para o estudo dos foraminíferos recentes do arquipélago dos Açores». *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2.^a Sér., C — *Ciênc. Natur.*, 15 (1): 35-63. Lisboa, 1967.

65. VINOGRADOV, A. P. — «The elementary chemical composition of marine organisms». *Mem. Sears Found. for Marine Research., Yale Univ., Mem. 2*: 1-647. Yale, 1953.

6 — Guiné-Bissau

66. CRAMER, F. H. & CRAMER, M. C. R. D. — «Subsurface Section from Portuguese Guinea Dated by Palynomorphs as Middle Silurian». *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 56 (11), part I of II. Tulsa, Oklahoma, 1972.
67. FRADE, F. — *Notas de Zoogeografia e de História das Explorações Faunísticas da Guiné Portuguesa*. *Estud. Ens. e Docum. (Junta Invest. Colon.)*, 8: 32 p. Lisboa, 1950.
68. FREUDENTHAL, Th. — «On some larger Orbitoidal Foraminifera in the Tertiary of Senegal and portuguese Guinea (Western Africa)». *IV Colloque Africain de Micropaléontologie (Abidjan, 1970)*, p. 144-162. Abidjan, 1970.
69. FURON, R. — «Découverte, Paléontologie et Stratigraphie des grands Foraminifères du Tertiaire de l'Ouest Africain». *Bull. Mus. nat. Hist. natur., 2^e Sér.*, 3: 313-320. Paris, 1958.
70. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.
71. ROCHA, A. T. & FREITAS, M. J. L. — «Notícia sobre a presença de Heterosteginas no Miocénico da Guiné Portuguesa». *Garcia de Orta. Rev. Junta Invest. Ultram.*, 17 (3): 321-332. Lisboa, 1969.

7 — Ilhas de S. Tomé e Príncipe

72. ADEGOKE, O. S.; DESSAUVEGIE, T. F. J. & KOGBE, C. A. — «Planktonic foraminifera in Gulf of Guinea sediments». *Micropaleontology*, 17 (2): 197-213. New York, 1971.
73. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.

74. MARQUES, E. — «Nota sobre duas famílias de copépodes marinhos da costa ocidental africana». *Garcia de Orta. Rev. Junta Invest. Ultram.*, 16 (4): 393-398. Lisboa, 1968.

75. MARQUES, E. — «Copépodes marinhos das águas de S. Tomé e do Príncipe». *Livro de Homenagem ao Prof. Fernando Frade*. Publ. Junta Invest. Ultram., p. 231-260. Lisboa, 1973.

76. THIEDE, J.; PASTOURET, L. & MELGUÉM, M. — «Sédimentation profonde au large du delta du Niger (Golfe de Guinée)». *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 278, Sér. D. Paris, 1974.

8 — Angola

77. CHOFFAT, P. & LORIOU, P. de — «Matériaux pour l'étude stratigraphique et paléontologique de la province d'Angola». *Mém. Soc. Phys. Hist. natur. Genève*, 30 (2): 116 p. Genève, 1888.

78. FAYOSE, E. A. — «A note on the taxonomic status of the genus *Afroboливina* Reyment 1959». *Contr. Cush. Found. Foram. Res.*, 20 (4): 145-146. Ithaca, 1969.

79. GOLL, R. M. & BJORKLUND, K. R. — «Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean». *Micropaleontology*, 17 (4): 434-454. New York, 1971.

80. KLASZ, I. de & RÉRAT, D. — «Quelques nouveaux Foraminifères du Crétacé et du Tertiaire du Gabon (Afrique équatoriale)». *Rev. Micropaléont.*, 4 (4): 175-189. Paris, 1962.

81. LAPÃO, L. P. — *Carta Geológica de Angola, na escala de 1:100 000. Notícia explicativa da folha n.º 206 — EGITO PRAIA*. Serv. Geol. Min. Angola, 42 p. Luanda, 1971.

82. MARQUES, E. — «Nota sobre duas famílias de copépodes marinhos da costa ocidental africana». *Garcia de Orta, Rev. Junta Invest. Ultram.*, 16 (4): 393-398. Lisboa, 1969.

83. MELJER, M. M. J. — «Breve estudo da biosstratigrafia planctónica do Oligocénico-Miocénico da Bacia do Cuanza. Angola (África Ocidental)». *Estud. Notas e Trab. (Serv. Fom. Mineiro)*, 21 (3-4): 147-164. Porto, 1972.

84. NEUMANN, M. — «News Report. France». *Micropaleontology*, 17 (3): 381. New York, 1971.

85. ROCHA, A. T. — «Notas micropaleontológicas sobre as formações sedimentares da orla meso-cenozóica de Angola. I — Sobre a presença de *Eponides eshira* (foraminífero) no Miocénico inferior da bacia do Cuanza (Angola)». *Bol. Inst. Invest. cient. Angola*, 9 (2): 119-132. Luanda, 1972.

86. ROCHA, A. T. — «Contribution à l'étude des Foraminifères paléogènes du Bassin du Cuanza (Angola)». *Memórias e Trabalhos*, Publ. Inst. Invest. cient. Angola, 12: 1-309 (incluindo a tradução do original francês em português). Luanda, 1973.

87. ROCHA, A. T. & FREITAS, M. J. L. — «Notícia sobre a presença de Heterosteginas no Miocénico da Guiné Portuguesa». *Garcia de Orta. Rev. Junta Invest. Ultram.*, 17 (3): 321-332. Lisboa, 1969.

88. SILVA, J. H. — «Sobre a composição e génese das argilas expansivas da Cazenga (Luanda — Angola)». *Mem. Lab. Eng. Angola*, 119. Luanda, 1970. *Fomento*, 8 (2): 161-164. Lisboa, 1970.

89. VERRIER, G. & BRANCO, F. C. — «A Fossa Terciária e o Jazigo petrolífero de Quenguela Norte (Bacia do Cuanza)». *I Cong. Hisp.-Luso-Amer. Geol. econ. (Madrid-Lisboa, 1971), Sec. 2 — Geol. Petrol.*, p. 187-209. Madrid-Lisboa, 1971.

9 — Moçambique

90. MORIN, R. W.; THEYER, F. & VINCENT, E. — «Pleistocene Climates in the Atlantic and Pacific Oceans: A reevaluated comparison based on deep-sea sediments». *Science*, 169: 365-366. Washington, 1970.

91. NEUMANN, M. — «New Report. France». *Micropaleontology*, 16 (4): 494. New York, 1970.

92. UBALDO, M. L. — *Etude des foraminifères de sondages du Canal de Mozambique (Océan Indien)*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle. Fac. Sci. Paris, vol. I (Texto): 178 p., vol. II (Quadros). Paris, 1971.

93. VINCENT, E. — «Pleistocene — Holocene boundary in Southwestern Indian Ocean». *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 54 (3): 558-559. Tulsa, Oklahoma, 1970.

10 — Macau

94. CASTRACANE, F. A. — *Report on the «Diatomaceae» collected by H. M. S. «Challenger» during the years 1873-1876*. Rep. Sci. Res. Voy. Challenger, Bot. 2: 178 p. Londres, Edimburgo e Dublin, 1886.

11 — Timor

95. BELFORD, D. J. — *Micropaleontology of samples from Ossulari No. 1 and No. 1-A bores, Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 33 (1-2) (Rel. inéd.). Canberra, 1960.

96. BELFORD, D. J. — *Micropaleontology of samples from Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 98 (1-6) (Rel. inéd.). Canberra, 1960.

97. BELFORD, D. J. — *Micropaleontology of samples from Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 6 (1-4) (Rel. inéd.). Canberra, 1961.

98. BELFORD, D. J. — *Micropaleontology of samples from Matai No. 1 bore, Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 31 (1-2) (Rel. inéd.). Canberra, 1961.

99. BELFORD, D. J. — *The Geology of Portuguese Timor*. Ph. D. Thesis Univ. London, 401 p. (Rel. inéd.). Londres, 1965.

100. CHARLES, M. G. A. — «The Geology of Portuguese Timor». *Mem. geol. Soc. London*, 4. Londres, 1968.

101. CRESPIAN, I. — *Micropaleontological examination of rock specimens from Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 65 (1-3) (Rel. inéd.). Canberra, 1956.

102. CRESPIAN, I. — *Micropaleontological examination of rock specimens from Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 92 (1-3) (Rel. inéd.). Canberra, 1959.

103. CRESPIAN, I. — *Microfossils in rocks from Portuguese Timor*. Letter to Timor Oil, Ltd. (Rel. inéd.). 1961.

104. CRESPIAN, I. & BELFORD, D. J. — *Micropaleontology of further rock samples from Portuguese Timor*. Rec. Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 118 (1-3) (Rel. inéd.). Canberra, 1959.

105. GLAESSNER, M. F. — «Tertiary stratigraphic correlation in the Indo-Pacific region and Australia». *Journ. Geol. Soc. India*, 1: 51-67. Bangalore, 1959.
106. LLOYD, A. R. — *Micropaleontological examination of samples from Portuguese Timor*. Rep. Timor Oil, Ltd., from the Bur. miner. Resour. Geol. Geophys., 106F/1 (1-4) (Rel. inéd.). Camberra.
107. NOGAMI, Y. — «Fusulinids from Portuguese Timor». *Mem. Coll. Sci. Kyoto Univ.*, B, 30 (2): 59-67. Kyoto, 1963.
108. ROMARIZ, C. — «Rochas sedimentares carbonatadas. Considerações gerais e importância económica». *Naturália*, 10 (1): 41-130. Lisboa, 1970.
2. KLASZ, I. de — «Cinquième contribution à la bibliographie micropaléontologique d'Afrique Noire et de Madagascar». *IV Colloque Africain de Micropaléontologie (Abidjan, 1970)*, p. 88-108.
3. RIBEIRO, M. C. F. & SILVA, A. T. S. F. da — *Bibliografia Geológica de Angola*. Publ. Serv. Geol. Minas Angola, 29 p. Luanda, 1973.
4. ROCHA, A. T. — «Contribuição para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal». *Bol. Inst. Invest. cient. Angola*, 5 (1): 67-92. Luanda, 1968.
5. ROCHA, A. T. — «Contribuição (2.^a) para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal». *Bol. Inst. Invest. cient. Angola*, 8 (1): 1-15. Luanda, 1971.

VI — BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. GROSDIDIER, E. & KLASZ, I. de — *Quatrième liste de bibliographie micropaléon-*

to presente trabalho tem referências às técnicas de prospecção remota que se podem aplicar em Moçambique para explorar a sua área petrolífera oculta. Descrevem-se as diversas técnicas de deteção remota por critério de produtividade e importância, começando pela aerofotogrametria para deteção de rochas magmáticas, sedimentares e metamórficas para a prospecção de minerais radioactivos e os métodos criados para a resolução de problemas geológicos-estruturais em geral. A par destas técnicas, descrevem-se outras, cujo custo não relativamente elevado em relação aos métodos criados, mas podem compensar no contexto operacional adequando as circunstâncias locais, tais como a coligação urgente de informações geológicas estruturais e a importância económica de certos tipos de litologia, que utiliza a reflectão infravermelha e a radiometria dos gases, que deteção remota de gases em estruturas sedimentares de importância de hidrocarbonetos e de outros hidrocarbonetos voláteis, a aerofotogrametria, utilizada para a deteção de minerais fluorescentes e finalmente, a radar, que utiliza as microondas para obter imagens do terreno, sendo este principalmente para estudos estruturais.

This work deals the remote sensing techniques available to develop the mining survey of Mozambique. Descriptions of the main remote sensing methods are given, such as: the aerogrammetry to prospect the magmatic ore bodies, the aerofotogrametry to radioactive minerals, and the created methods to general resolution of mining and geological problems. Other relatively expensive methods are described, but the high cost can have compensation when employed to properly circumstances conditioned to economic importance of ore body or other resolution of applied geology situations. They are: the infrared, the radiometric, the fluorescence and radar.

INTRODUÇÃO

A deteção remota pode modificar profundamente as condições técnicas de exploração dos recursos minerais de Moçambique e desta maneira poderão resultar vantagens imprevisíveis para a economia moçambicana, quer pelo aumento da produtividade da actividade geológico-minera ou si mesma, quer pela possibilidade de se iden-

tificarem e colocar em exploração novos recursos minerais cuja existência até hoje não tem sido possível determinar com a devida precisão.

No decurso dos últimos 20 anos a deteção remota fez progressos verdadeiramente espetaculares, nomeadamente na cartografia geológica, prospecção mineral, hidrogeologia, geologia do ambiente, geologia de engenharia, etc.

Contribuição da detecção remota para o conhecimento geológico-mineiro de Moçambique

RUI S. AFONSO

Laboratório de Estudos Petrológicos e Paleontológicos do Ultramar (LICU)

(Recebido em 4-XII-1980)

O presente trabalho faz referência às técnicas de detecção remota que se podem aplicar em Moçambique para acelerar o seu desenvolvimento mineiro. Descrevem-se as diversas técnicas de detecção remota por ordem de prioridade e importância, começando pela aeromagnetometria para detecção de minérios magnéticos, seguindo-se a aerocintilometria para a prospecção de minerais radioactivos e os métodos orbitais para a resolução de problemas geológico-mineiros em geral. A par destes métodos, descrevem-se outros, cujos custos são relativamente elevados em relação aos métodos citados, mas podem compensar no contexto operacional adequado às circunstâncias locais, tais como a solicitação urgente não condicionada às intempéries atmosféricas e a importância económica do jazigo. São eles: a termografia, que utiliza a radiação infravermelha; a aerodetecção dos gases, que detecta vestígios de gases na atmosfera, denunciadores de concentrações de hidrocarbonetos e de corpos mineralizados oxidados; a aerofluorescência, utilizada para a detecção de minerais fluorescentes; e, finalmente, o radar, que utiliza as microondas para obter imagens do terreno, muito úteis principalmente para estudos estruturais.

This work deals the remote sensing techniques available to develop the mining survey of Mozambique. Descriptions of the main remote sensing methods are given, such as: the airmagnetometry to prospect the magnetic ore bodies; the aircintilometry to radioactive minerals; and the orbital methods to general resolution of mining and geological problems. Other relatively expensive methods are described, but the high cost can have compensation when employed to properly circumstances conditioned to economic importance of ore body or other resolution of applied geology situations. They are thermography, gas airdetection, airfluorescence and radar.

INTRODUÇÃO

A detecção remota pode modificar profundamente as condições técnicas de exploração dos recursos mineiros de Moçambique e desta alteração poderão resultar vantagens imprevisíveis para a economia moçambicana, quer pelo aumento da produtividade da actividade geológico-mineira em si mesma, quer pela possibilidade de se iden-

tificarem e colocar em exploração novos recursos mineiros cuja existência até hoje não tem sido possível determinar com a desejável precisão.

No decurso dos últimos 25 anos, a detecção remota fez progressos verdadeiramente espectaculares, nomeadamente na cartografia geológica, prospecção mineira, hidrogeologia, geologia do ambiente, geologia de engenharia, etc.

Foi neste contexto que muitos países, beneficiando de tecnologia de detecção remota, progrediram economicamente no campo geológico-mineiro, como é o caso, nomeadamente, dos Estados Unidos da América, África do Sul, Austrália, Brasil, Venezuela, etc.

Assim, considerando esses factos e atendendo que existem várias empresas especializadas que se dedicam a trabalhos de detecção remota, apresentam-se neste trabalho algumas técnicas de detecção remota com interesse para Moçambique. São elas: aeromagnetometria, aerocintilometria, métodos orbitais, termografia, método de detecção aérea dos gases, método de aerofluorescência, e radar.

AEROMAGNETOMETRIA

Na aeromagnetometria o sensor utilizado é o magnetómetro. Este aparelho acusa as perturbações ou anomalias do campo magnético da Terra que são devidas à variação de concentração de minerais com susceptibilidade magnética ligada às rochas.

Nesta técnica de teledetecção foram experimentados primeiramente, na década de vinte, os magnetómetros terrestres, cuja precisão foi insuficiente. Durante a II Guerra Mundial desenvolveu-se o magnetómetro de saturação com o objectivo de detectar submarinos e mais tarde utilizado para fins geológico-mineiros.

Em 1959 Packard & Varian anunciaram o primeiro protótipo de magnetómetro nuclear, que depois de aperfeiçoado foi largamente utilizado para a prospecção de minerais magnéticos e hidrocarbonetos.

Nas versões mais recentes (L. Victor, 1976) utilizam-se magnetómetros ou gradiómetros empregando o princípio de bombagem óptica do vapor de rubídio, de cézio ou de hélio. Os primeiros indicam valores absolutos da intensidade do campo magnético terrestre e os segundos fornecem valores do gradiente vertical do campo.

O magnetómetro é muito utilizado na prospecção de minérios de ferro e o gradiómetro é recomendado para estudos geológicos, nomeadamente contactos, falhamentos, dobramentos e comportamento de sedimentos em relação ao *bed-rock* da bacia.

Os sensores magnéticos acima referidos são instalados em plataformas de aviões voando a altitudes adequadas de acordo com a teoria do potencial. Os valores do campo magnético ou do

seu gradiente vertical obtido ao longo das linhas de voo permitir-nos-ão o cálculo de valores anómalos responsáveis por formações magnéticas distribuídas heterogeneamente ao longo da superfície voada.

No caso de os valores obtidos se referirem à intensidade do campo magnético, as anomalias calculam-se quer a partir do campo regional que elas próprias definem, quer a partir do International Geomagnetic Reference Field.

A aeromagnetometria é também utilizada para detectar jazigos minerais situados nas zonas hidrotermais através de detecção de anomalias negativas ou positivas na zona. Estas anomalias resultam pelo facto de a alteração hidrotermal das rochas poder converter materiais magnéticos em não magnéticos.

Em Moçambique, nomeadamente nas províncias de Tete, Manica e Sofala, foram detectados minérios de ferro por levantamentos aeromagnéticos já efectuados (F. Real, 1966). Conviria estender os referidos levantamentos para norte do paralelo de Quelimane, abrangendo as províncias de Zambézia, Nampula, Niassa e Cabo Delgado, para as seguintes finalidades:

1 — Localização de jazigos magmáticos de injeção, relacionados com os maciços básicos e ultrabásicos situados a norte de Balama, na faixa compreendida entre os meridianos 38° e 39° E., limitados a sul pelo paralelo de Balama e a norte pelo rio Rovuma.

2 — Detecção de outros maciços máficos dispersos na região em questão e dos jazigos ferríferos relacionados com eles.

3 — Localização de jazigos pré-câmbricos metassedimentares, conhecidos por «taconitos». Estes estão relacionados com a Série Metassedimentar da Província Tectónica de Moçambique, designada na *Carta Geológica de Moçambique, 1977, 2.ª ed., 1:2 000 000 por M2 (azul)*. Estes metassedimentos distribuem-se profusamente pelos graus quadrados de Murrupula, Nacala, Muecate, Namapa, Montepuez e Murrupa e o grau quadrado situado a N. E. de Vila Nova de Montalegre.

4 — Detecção de jazigos pirometassomáticos no contacto das intrusões máficas com os calcários cristalinos da Série Metassedimentar (M2).

5 — A cartografia aeromagnética ajudaria imenso o conhecimento geológico da referida região, detectando nomeadamente os *greenstones belts*, corpos intrusivos a pequena profundidade, grandes falhas e estruturas.

5.1 — Os *greenstones belts*, conhecidos por «cinturões verdes», representam raízes orogénicas arcaicas e são idênticos às rochas da Formação de Macequece, do Sistema de Manica. Os referidos cinturões são sede de mineralizações de ouro, cobre, níquel e zinco, como acontece na região de Manica.

5.2 — Os corpos intrusivos à pequena profundidade são indicadores, por vezes, de mineralizações pegmatíticas associadas à parte apical do batólito. Podem ocorrer, como acontece no Alto Ligonha, minérios de nióbio, tântalo, berílio, lítio, bismuto, urânio, zircão, corundo, cassiterite, sheelite, etc.

5.3 — As grandes fracturas detectadas pelo aeromagnetismo podem ser canais por onde tenham circulado fluidos mineralizadores, e portanto de grande importância na prospecção mineira. Chama-se a atenção dos cruzamentos das referidas fracturas, pois a probabilidade de concentração de mineralizações naquela região é muito grande.

A magnetometria poderá localizar as falhas de bordadura do Precâmbrico com as formações mais recentes, desde Angoche ao rio Rovuma, e ainda confirmar o *graben* de grande extensão a sul de Mocímboa de Rovuma.

5.4 — No que diz respeito às grandes estruturas, o mesmo levantamento pode servir, no campo tectónico, para confirmar o *klippe* do rio Monapo e outras estruturas desgarradas do mesmo tipo situadas imediatamente a N. O. de Murrupula (R. Afonso, 1977). Estas estruturas têm interesse na localização de pegmatitos mineralizados.

Pelas razões atrás expostas, considera-se muito importante uma cobertura aeromagnética de alta sensibilidade da região referida na escala 1 : 50 000 e por redução na escala 1 : 250 000. A razão da preferência daquelas escalas provém de aquelas serem as escalas utilizadas para a cartografia geológica de Moçambique e assim se poder facilmente correlacioná-las.

AEROCINTILOMETRIA

A aerocintilometria, também conhecida por espectrometria de raios gama, baseia-se na medição de radiação gama emitida por radioisótopos urânio-235, urânio-238, tório-232 e potássio-40, permitindo a medição relativa dos teores de urânio, tório e potássio das zonas mais superficiais da crosta terrestre.

A medição da radiação gama utilizando plataformas de aviões difere da terrestre principalmente no que respeita ao procedimento operativo.

A intensidade da radiação proveniente das fontes radioactivas decresce rapidamente com a altura acima do solo do ponto de observação. Este efeito deve-se em parte à absorção e difusão no ar. Por isso os sensores radioactivos aéreos necessitam de uma sensibilidade maior que os sensores terrestres. Um dos sensores aéreos mais utilizados é o de cristal de iodeto de sódio activado por tálio, que tem a propriedade de absorver, quase totalmente, a radiação gama devido à sua grande densidade (3,67 g/cm³) e transformá-la em impulsos luminosos directamente relacionados com a incidência dos raios gama.

A sensibilidade e a eficiência dos detectores são controladas pelo volume e o comprimento dos cristais utilizados. Assim, os instrumentos utilizados no Instituto Geológico dos Estados Unidos da América empregam 6 cristais de iodeto de sódio activado por tálio de 10 cm de diâmetro e 5 cm de espessura acoplados em paralelo. Este tipo de sistema tem a possibilidade de detectar o teor até 10 partes por milhão do conteúdo do urânio nas rochas.

A medição da radiação da superfície terrestre é interferida por outras fontes de radiação gama, nomeadamente de origem cósmica. Para impedir a interferência cósmica, os detectores instalados nos aviões são protegidos por uma blindagem de chumbo exceptuando a parte inferior do cristal.

Os valores de intensidade da radiação gama obtidos ao longo das linhas do voo são registados e processados automaticamente. Os valores anómalos são traduzidos em cartas de anomalias na escala adequada.

Em Moçambique, a cintilometria teria interesse quer no reconhecimento e apoio da cartografia geológica, quer na prospecção directa dos jazigos minerais radioactivos e ainda na prospecção indirecta como guia.

Este método não acarreta despesas extraordinárias, podendo-se operar simultaneamente com a aeromagnetometria, pois, uma vez adquirido o equipamento cintilométrico, não exige mais despesas operacionais.

A área a cobrir seria a mesma indicada para a aeromagnetometria em virtude de naquela área se situarem numerosos plutões graníticos (Y), metassedimentos (M2) e sedimentos cretácicos (K) (veja-se a *Carta Geológica de Moçambique, 1 : 2 000 000, 1976, 2.ª ed.*). Destas rochas, as primeiras são importantes, por estarem relacionados

com elas jazigos radioactivos magmáticos, pegmatíticos e hidrotermais; com o segundo tipo de rochas, jazigos metamorfógenos, e com as últimas, jazigos puramente sedimentares e de infiltração.

Fora da área anteriormente indicada, seria também útil a cintilometria ao longo da faixa do *rift* do rio Chire, do *rift* do Urema e ao longo do *rift* dos Libombos em virtude da possível localização de rochas alcalinas e carbonatitos com as quais estão relacionadas as mineralizações de fósforo (apatite), nióbio (pirocloro), terras raras (monazite e bastnaezite), flúor (fluorite), ferro (magnetite), bário (barite), estrôncio (estroncianaite), cobre, urânio, zircónio, etc.

Para a mesma área, paralelamente à cintilometria e sem despesas operacionais extras, operar-se-ia a aeromagnetometria, que ajudaria a resolver os seguintes problemas:

- Melhor definição da tectónica do *rift* de baixo das aluviões recentes;
- Localização dos plutonitos alcalinos e dos carbonatitos à pequena profundidade;
- Detecção de corpos mineralizados com susceptibilidade magnética.

A cobertura cintilométrica deve ser também na escala 1 : 50 000 e reduzida à 1 : 250 000, a fim de ser comparada com as cartas geológicas na mesma escala.

MÉTODOS ORBITAIS

Os métodos orbitais abriram uma nova era na exploração da Terra por meio de fotografias que muito contribuíram para o estudo e planeamento dos recursos naturais. As primeiras fotografias orbitais foram obtidas pelo satélite *Sputnik I* em 4 de Outubro de 1957. Mais tarde foram lançados diversos outros satélites por outros países, dos quais se destacam os satélites da série *Landsat*. Estes apresentam os seguintes parâmetros orbitais:

- A órbita é quase polar, com uma inclinação de 99°;
- A altitude da órbita varia entre 900 km e 950 km;
- É sincrónico com o Sol, o que significa que o satélite passa regularmente sobre cada região à mesma hora solar;
- A cobertura repetitiva é feita em períodos de 18 dias;

O período orbital é de aproximadamente 103 min;

O peso bruto do satélite é de 865 kg e o peso útil de 240 kg;

Tem 3 m de altura e 4 m de largura quando os painéis se encontram estendidos;

A potência fornecida pelos painéis solares varia de 350 W a 400 W;

Banda de transmissão: 20 MHz, S band;

Possui registos a bordo;

A largura da faixa do terreno coberta em cada órbita pelos sistemas detectores instalados nos satélites é de 185 km e possui uma sobreposição lateral no sentido leste-oeste de 14% a latitude do equador e uma sobreposição de 10% no sentido norte-sul.

1 — Sensores nos satélites «Landsat»

Os sensores instalados a bordo dos satélites *Landsat* são: Sistema Multiespectral de Varrimento (MSS); Sistema de Câmaras RBV (Return Beam Videcon); e Sistema de Recolha de Dados (DCS). A seguir fazem-se referências aos sistemas tomando em consideração o trabalho de C. Henriques, 1976.

1.1 — Sistema Multiespectral de Varrimento (MSS)

O MSS é um radiómetro de varrimento que regista a energia solar reflectida pela superfície da Terra em quatro bandas do espectro electromagnético, entre os comprimentos de onda de 0,5 μ e 1,1 μ .

As quatro bandas detectadas pelo MSS são, respectivamente: 0,5 μ a 0,6 μ (banda 4); 0,6 μ a 0,7 μ (banda 5); 0,7 μ a 0,8 μ (banda 6); 0,8 μ a 1,1 μ (banda 7).

O radiómetro funciona da seguinte maneira: um espelho giratório faz incidir a energia reflectida pelo terreno e captada pelo MSS na direcção de um elemento óptico que decompõe a energia nas bandas referidas. Para cada movimento oscilatório do espelho em torno da sua posição média, equivalente a um ângulo de visão de 11,56°, a energia reflectida pelo terreno é detectada ao longo de 6 linhas, sendo registada em 6 detectores por cada uma das 4 bandas do espectro.

Os sinais registados pelos 24 detectores do MSS correspondem à energia reflectida nas ban-

das respectivas por cada rectângulo elementar do terreno, de dimensões aproximadas de 57 m por 79 m. Estes sinais são seguidamente digitalizados, agrupados e enviados para a Terra, onde são captados por estações de recepção especialmente concebidas para recolher a informação emitida pelos satélites *Landsat*.

A detecção da energia reflectida pela superfície do terreno ao longo das faixas de 185 km de largura é efectuada de forma contínua no sentido norte-sul. Com efeito, no instante em que o espelho inicia um novo ciclo de movimento, a primeira linha do terreno a ser detectada fica adjacente à última linha percorrida no ciclo anterior, ficando, pois, assegurada a continuidade das imagens.

1.2 — Sistema de câmaras RBV

Este sistema é constituído por três câmaras, funcionando de forma semelhante aos sistemas de televisão, que detectam a energia solar reflectida pela superfície da Terra em três bandas ou canais, a saber: canal 1, de 0,475 μ a 0,575 μ (verde); canal 2, de 0,580 μ a 0,680 μ (vermelho); e canal 3, de 0,690 μ a 0,830 μ (infravermelho).

O sistema RBV está montado de tal forma que a área do terreno detectada, em forma de quadrado de 185 km de lado, é a mesma nas três câmaras e coincide com a área varrida pelo MSS.

1.3 — Sistema de Recolha de Dados (DCS)

Este sistema foi concebido e projectado para permitir uma rápida obtenção de dados recolhidos por estações de medição localizados em locais remotos ou de difícil acesso.

Os componentes do DCS são: o sistema receptor-emissor instalado nos satélites; as plataformas de recolha de dados (DCP) localizados em vários pontos da superfície da Terra; e o sistema de processamento dos dados.

A DCP pode possuir oito aparelhos de medição, recolhendo e registando os dados sob a forma analógica ou digital.

Por cada período de 3 min são emitidos para o espaço pela DCP os dados recolhidos pelos aparelhos de medição, sendo captados pelos satélites *Landsat* sempre que estes se encontrem no campo de acção da antena emissora.

2 — Aplicações das imagens orbitais em Moçambique

As fotografias dos satélites teriam as seguintes finalidades para o território de Moçambique (fig. 1):

a) Acrescentar novos elementos tectónicos, nomeadamente fracturas e estruturas às áreas estudadas pelos métodos clássicos.

Das falhas, não só se detectariam as que estão cobertas por formações recentes e as falhas profundas, muito importantes na prospecção mineira, como também se poderia fazer o estudo estatístico da fracturação do Precâmbrico para relacionar o sistema direccionado da fracturação com a direcção predominante dos pegmatitos mineralizados.

Das estruturas, as fotografias orbitais poderiam pôr em evidência as que são indicadoras dos batólitos à pequena profundidade, importantes na prospecção mineira de volfrâmio, estanho e outros minerais pegmatíticos. Os carbonatitos que são rochas mães dos fosfatos, de minerais de cobre e de terras raras, cuja localização provável é ao longo do *rift* Chire-Urema, podem ser reconhecidos pelas referidas imagens;

b) Da visão das imagens orbitais ao norte do paralelo 13° espera-se detectar a «ilha do Cratão» algures na Província Tectónica de Moçambique, à semelhança do que acontece a norte do rio Rovuma, na Tanzânia, onde a referida formação arcaica está perfurada por quimberlitos diamantíferos;

c) Detecção de áreas mineralizadas, localizando manchas na superfície da Terra causadas por:

Alteração ou enriquecimento secundário, como é exemplo os chapéus de ferro (caso de sulfuretos nas rochas metalvulcânicas do Precâmbrico);

Vegetação ligada a pigmentos metálicos (caso de crómio nas rochas ultrabásicas de Tete e os casos de chumbo, cobre, níquel e manganês nas rochas ferromagnesianas do Precâmbrico);

Rarefacção de vegetação provocada por solos ricos em minerais de pirocloro e em minerais cupríferos, como é o caso das faixas que bordejam o *rift* Chire-Urema;

Morfologias ligadas a jazigos de enriquecimento secundário, como acontece com as bauxites e laterites ferro-niquelíferas. Com essa finalidade me-

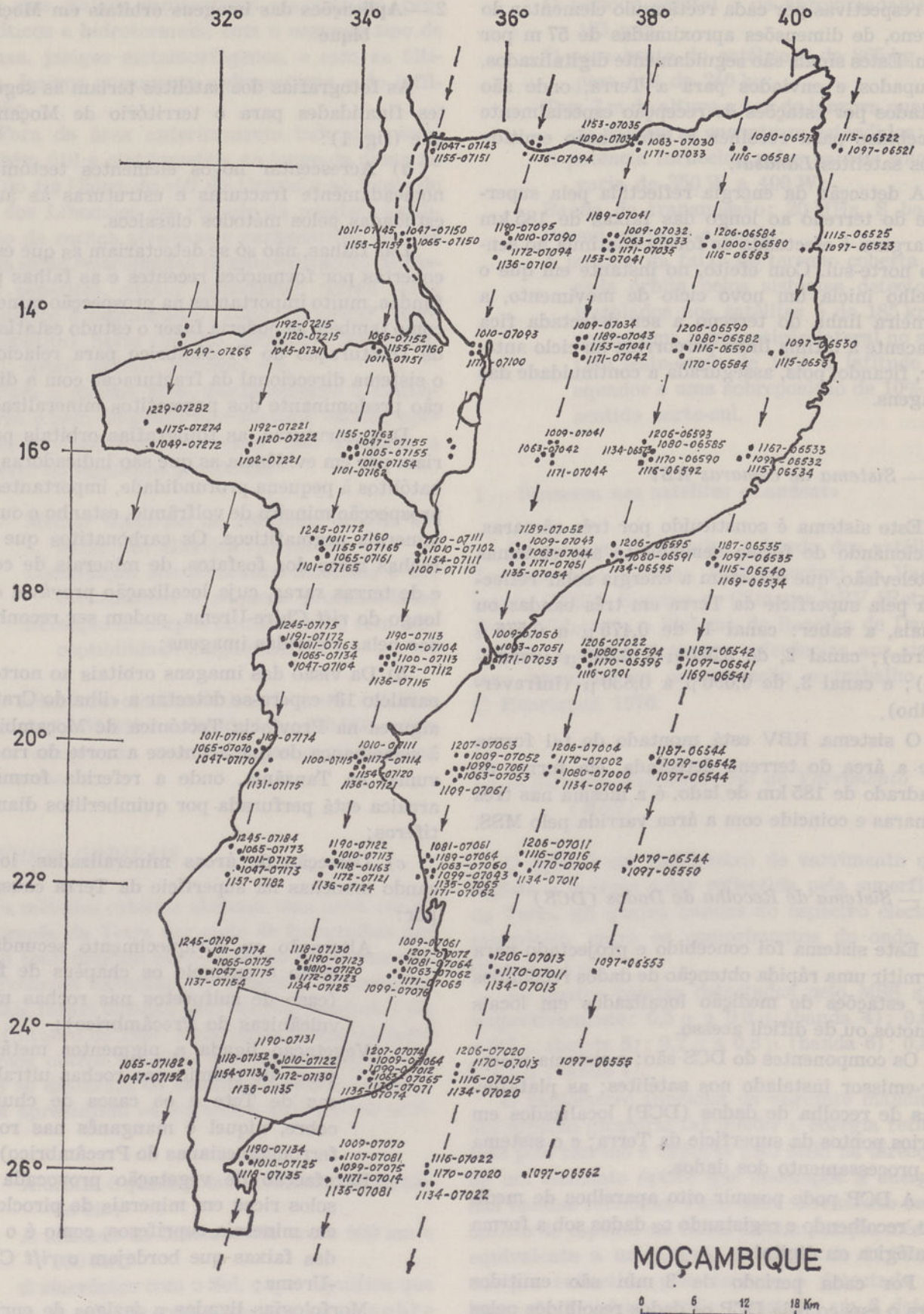


Fig. 1 — Esquema da cobertura das fotografias dos satélites Landsat (seg. Madureira, 1972)

rece dar atenção aos sienitos de Mecula, por causa das bauxites, e aos maciços básicos e ultrabásicos situados a 100 km a N. O. de Montepuez, para a prospecção de laterites ferro-niquelíferas;

d) Finalmente, as imagens dos satélites contribuirão ao sul do rio Save para localizar:

Colectores de águas subterrâneas através de lineamentos;

Toalhas aquíferas a pequena profundidade através do grau de concentração de humidade, fácies litológica, vegetação associada e ainda pelo sistema de drenagem;

Águas superficiais, bacias hidrográficas e áreas inundadas.

TERMOGRAFIA

A termografia utiliza a radiação infravermelha térmica e fundamenta-se no seguinte princípio: todos os corpos cuja temperatura excede o zero absoluto emitem radiação electromagnética, a maior parte da qual em frequências superiores às ondas milimétricas de rádio e inferiores às de zona vermelha da radiação visível.

No campo de geociências utiliza-se a radiação infravermelha térmica nas bandas 2-6 μ e 8-14 μ para obtenção de imagens. Para esse efeito, os sensores térmicos são instalados em plataformas de aviões ou satélites.

O sistema detector que se utiliza é o de infravermelho térmico de varrimento (Thermal Infra-red Scanning System), que varre o terreno por meio do espelho rotativo em faixas perpendiculares à linha de voo e com um ângulo de varrimento entre 90° e 120°, dependendo da altitude do voo.

O detector recebe a radiação do terreno conforme o ângulo de varrimento e transforma-a em sinal eléctrico. Este sinal é ampliado e transformado em sinal luminoso, que, depois de passado por prisma, é projectado no filme que move sincronicamente com a velocidade de avião. A resolução geométrica depende do tamanho do detector e da altitude do voo. A resolução térmica varia entre 0,1°C e 0,25°C para superfícies sólidas e de 0,01°C para superfícies líquidas.

Um exemplo típico do detector térmico empregado comercialmente é o de Bendix Aerospace

System Thermal Mapper, CCCC, com as seguintes características:

Resolução térmica: 0,1°C;

Ângulo de varrimento: 120°;

rotações do espelho: 6000 rpm;

Filme: 70 mm; Tri X;

Detector: 8-14 μ mercúrio/cádmio/telúrio;
3,7-5,5 μ índio/antimónio.

1 — Aplicações no campo de geociências

A tecnologia do infravermelho térmico aplica-se em diversos campos de geociências, tais como: prospecção de energia geotérmica, previsão vulcanológica, hidrologia, hidrogeologia, mapeamento geológico e prospecção mineira.

No tocante à prospecção de energia geotérmica, bem como para a previsão vulcanológica, procura-se apoiar na emissividade e reflectividade das camadas superficiais do solo.

Os sensores colocados nas plataformas dos aviões ou nas dos satélites podem detectar configurações do campo relacionadas com zonas de elevado fluxo de calor. Esse fluxo provém das camadas profundas através de fissuras que põem em comunicação a câmara geotérmica com o exterior. Esse afluxo de calor, embora com o contraste pequeno em relação à rocha regional, é detectável pelos sensores instalados a bordo de aviões a uma altitude de 4000 pés.

Em Moçambique, as imagens de infravermelho térmico podem servir para localizar nascentes termominerais, nomeadamente na província de Manica e ao longo dos flancos leste e oeste do *rift* Urema-Chire. As janelas espectrais utilizadas para esse efeito são bandas 3-5,5 μ e 8-14 μ e as imagens devem ser obtidas antes de amanhecer, pois as zonas geotérmicas apresentam-se mais quentes que os terrenos encaixantes.

No caso do mapeamento geológico, os dados obtidos da inércia termal e da reflectância espectral permitem diferenciar os tipos litológicos, alteração, cobertura do solo, etc., em virtude de a condutividade térmica das rochas ser uma função da composição, textura, estrutura, porosidade e humidade. Frise-se aqui uma especial importância na diferenciação dos mármore calcíticos dos dolomíticos na banda de 8-14 μ em virtude de os últimos serem relativamente mais quentes que os primeiros. Esta característica poderá ser utilizada no distrito de Montepuez para diferenciar os diferentes tipos de mármore.

No que diz respeito às estruturas e à fracturação, os detectores actualmente usados permitem com uma resolução térmica de 0,25°C a 0,5°C visualizar o campo de anomalias associadas a domos diapíricos, importantes na prospecção de hidrocarbonetos e à fracturação, mesmo que esteja coberto pelas aluviões. Neste contexto seria útil a cobertura do infravermelho térmico ao sul do rio Zambeze, cobrindo todos terrenos sedimentares.

No caso de hidrogeologia, em virtude de os canais colectores de água apresentarem um contraste térmico em relação à rocha regional, é fácil detectar a anomalia térmica e portanto útil na prospecção de águas, nomeadamente ao sul do paralelo da Beira.

Finalmente, relacionado com a prospecção mineira, os corpos mineralizados oxidados são facilmente detectados em virtude de o afluxo térmico produzido pelos sulfuretos em contacto com água ser elevado em relação à rocha encaixante. Por isso em zonas do Precâmbrico de Moçambique, onde ocorrem os vulcanitos, é indicada a cobertura do infravermelho térmico.

DETECÇÃO REMOTA DE GASES

Esta técnica baseia-se na identificação e quantificação de vestígios de gases provenientes dos depósitos de minerais e de concentração de hidrocarbonetos. Estes gases, tais como vapores de mercúrio, iodetos, cloretos e outros halogéneos, são detectáveis em comprimentos de onda que variam de 2537 Å a 6000 Å.

O iodeto, o metano e o etano são utilizados na prospecção de hidrocarbonetos, quer líquidos, quer gasosos. No campo da oceanografia, o iodeto é utilizado na detecção da vida marinha.

O anidrido sulfuroso, o cloreto e outros halogéneos são indicadores de grandes concentrações de corpos mineralizados, nomeadamente os depósitos de sulfuretos oxidados.

O instrumento básico empregue nesta tecnologia é o espectrómetro de correlação, que pode ser montado na plataforma do avião ou na do satélite e funciona da seguinte maneira: a radiação solar reflectida da superfície da Terra é captada pela objectiva telescópica virada verticalmente para a Terra. Essa radiação passa através duma fenda do espectrómetro do tipo *Ebert*, produzindo um espectro de absorção que é correlacionado com a réplica fotográfica do espectro do iodeto ou dos outros gases que sirvam de compa-

ração. Se houver na radiação reflectida da Terra a presença de iodeto ou de outro gás que se pretenda identificar, o espectro de absorção será correlacionável com o padrão empregado e obter-se-á um impulso eléctrico detectável no fotomultiplicador colocado atrás do padrão. O referido impulso é quantificável por meio de um órgão altamente sensível. Assim é possível detectar a concentração em partes por bilião (10⁹).

A tecnologia de detecção dos gases é aplicável também ao estudo da poluição do ambiente, nomeadamente para a detecção dos poluentes, tais como anidrido sulfuroso, dióxido de azoto e monóxido de carbono.

A detecção remota dos gases também é feita pelo método de linhas de Fraunhofer. Esta técnica baseia-se no facto de o espectro normal do sol conter numerosas linhas de Fraunhofer que representam bandas de absorção causadas pela presença de vestígios de gases na luz solar reflectida da Terra.

Em Moçambique, a tecnologia de detecção de vestígios de gases poderá ser utilizada para a prospecção de hidrocarbonetos nas áreas sedimentares, nomeadamente ao sul do rio Save, na região da Beira, Quelimane e Mocímboa da Praia.

No caso de zonas mineralizadas oxidadas e alteradas hidrotermalmente, recomendam-se áreas previamente seleccionadas na Formação de Macequece e no Cinturão do Lúrio.

MÉTODO DE AEROFLUORESCÊNCIA

A fluorescência associada a tipos mineralógicos é medida pelo discriminador de linhas de Fraunhofer. Esta técnica baseia-se no facto de o espectro solar obtido da luz reflectida da Terra conter numerosas linhas de Fraunhofer que representam bandas de absorção causadas pela fluorescência dos determinados tipos mineralógicos existentes na superfície da Terra. O aparelho pode ser montado quer no avião, quer no satélite.

A aplicação do discriminador de linhas de Fraunhofer é especialmente indicada para a prospecção dos seguintes minerais: scheelite, fluorite, vilemita, autonite e calcite.

As áreas onde o referido discriminador poderá actuar, no caso de scheelite, são:

As áreas do Complexo granito-gnáissico (Yg) do Sistema de Manica (veja *Carta Geológica de Moçambique*, 1:2 000 000, 2.^a ed.);

A faixa leste da bordadura precâmbrica que vai de Dombe a Gorongosa, passando por Inchope; e

A área dos granitos (Y) situados nas províncias tectónicas de Moçambique e Niassa.

As áreas a cobrir no caso das fluorites:

Na Província Tectónica do Médio Zambeze, toda a área da bordadura precâmbrica que contacta com as formações do Karroo e pós-Karroo; e

Na Província Tectónica de Moçambique, a área da bordadura precâmbrica que contacta com as formações basálticas e recentes estendendo-se da região de Angoche a região de Nacala.

No caso das autonites, recomenda-se a mesma área indicada para a scheelite.

Finalmente, no caso de calcite, a fluorescência deste mineral pode servir na região de Balama-Montepuez, para distinguir os mármore calcíticos dos dolomíticos.

RADAR

Os sensores de radar que operam das plataformas dos aviões são conhecidos pela sigla SLAR (Side Looking Airborn Radar) e funcionam da seguinte maneira: um transmissor gera certos impulsos intermitentes de energia (3×10^8 m/s), os quais são orientados por uma antena colocada lateralmente no avião para a superfície da Terra. A energia reflectida pelo terreno é captada pelo receptor, que a amplifica e converte em sinal óptico, que é registado na película fotográfica. Neste sinal, a posição de cada ponto no terreno é determinada pelo tempo que a energia levou para ir e regressar da antena ao receptor depois de reflectir no terreno. A amplitude do sinal depende da intensidade da reflexão e é uma função da frequência usada e das propriedades reflexivas do terreno.

O registo contínuo dos sinais reflectidos pelo terreno é impresso num filme a uma velocidade proporcional à velocidade do avião, traduzindo assim uma imagem contínua da faixa do terreno.

A escala das imagens do radar não depende da altitude do voo, mas sim das características da óptica do sistema.

Os sistemas de radar utilizam amplitudes de frequência entre 230 Mhz e 40 000 Mhz e com o comprimento da onda que varia de 1 m a vários milímetros. A frequência e os comprimentos de onda agrupam-se em várias bandas, as quais se designam pelas letras Q, K e X, por razões específicas de cada companhia operadora.

O SLAR, como sensor activo, em virtude de ter a sua própria energia, tem a capacidade de penetrar a neblina e as nuvens, podendo actuar de dia e de noite. É por isso recomendado em países com condições climáticas muito adversas, como acontece nos países tropicais húmidos e equatoriais.

As imagens obtidas pelo SLAR podem ser monoscópicas ou estereoscópicas. Estas últimas, com 60 % de sobreposição, são muito úteis em virtude de facilitar a fotointerpretação geológica. A escala das imagens de radar varia de 1 : 100 000 a 1 : 1 000 000.

1 — Aplicações do SLAR em Moçambique

Estudos litológicos — As imagens do SLAR poderão ser aplicadas para separar grandes unidades litológicas, nomeadamente as unidades que, devido à erosão diferencial, apresentam um relevo característico. Nesse contexto, o radar seria útil para separar nos terrenos precâmbrios as séries metassedimentares do Complexo gnaisso-migmatítico. Dentro dos metassedimentos poder-se-ia diferenciar os psamitos, os pelitos e as rochas metavulcânicas.

Análise de fracturas — O estudo de fracturação através de imagens do radar sobre terrenos sedimentares e metamórficos é útil não só para a distinção do tipo litológico pela densidade de fracturas, como também para o estudo de orogénias e para a localização de fracturas profundas responsáveis pela circulação de fluidos mineralizadores. Prestará também um grande contributo para o estudo do *rift* que se estende do lago Niassa ao sul do rio Save.

Análise estrutural — O SLAR é muito útil para as áreas palinsépticas, em virtude de detectar, através de anomalias de drenagem, tom, textura e lineamentos, as diversas fases de pregueamento. Nesse contexto, as imagens de radar dariam indicações sobre as orogénias Pan-Africana, Quibariana, Shanvaiana e Bulvaiana no Precâmbrio das províncias de Zambézia, Cabo Delgado e Niassa.

Geologia de engenharia — O radar pode ser útil para a escolha de zonas favoráveis para as obras de engenharia civil. Devido à sensibilidade do radar e à rugosidade do terreno, as imagens deste método por microondas seleccionam terrenos homogéneos dos heterogéneos. Estas indicações são preciosas para a implantação de estradas e ferrovias no interior de Moçambique.

Geologia do ambiente — As imagens do radar são utilizadas para o ordenamento físico e rural, nomeadamente para a escolha de locais apropriados para a implantação de aldeias.

Estudos morfológicos — Elaboração de mapas de declives para efeitos de agricultura e estudo de bacias hidrográficas dos grandes rios de Moçambique.

Estudos hidrológicos — A capacidade de penetração e de reflexão de ondas (25-120 mm) permite diferenciar terrenos pantanosos e delimitar as áreas de inundações dos rios.

2 — Vantagens e desvantagens do SLAR

a) Devido às escalas reduzidas, as imagens do radar proporcionam uma vista sinóptica das estruturas e dos padrões regionais.

b) Em áreas grandes inexploradas e de difícil acesso, a velocidade de cobertura do radar tem

vantagem sobre os outros sensores, por obter muita informação em pouco tempo.

c) Os sensores de radar podem actuar de dia e de noite.

d) Nas regiões onde as nuvens e a neblina são persistentes, o SLAR pode dar uma informação valiosa em virtude de a fotografia convencional ser impotente em face das condições atmosféricas referidas.

e) Um dos factores limitantes das imagens do radar é a pequena distorção em relação às imagens que ficam paralelas à direcção do voo.

f) Nas áreas áridas e semiáridas, as imagens do radar têm desvantagens sobre as imagens coloridas ou de falsa cor dos satélites, proporcionando estas muito mais informações que aquelas.

g) Certas características são bem mais visíveis nas imagens do SLAR do que nas fotografias aéreas. Para outras características o inverso é verdadeiro.

h) Tratando-se de áreas pequenas, longe da base dos aviões equipados com radar, o custo é elevado em relação aos sensores fotográficos convencionais.

i) Os mosaicos de radar provenientes de áreas planas ou de relevo pouco acentuado podem ser usados como mapas básicos para reconhecimentos temáticos.

Lisboa, Novembro de 1980

BIBLIOGRAFIA

- AFONSO, R. S. — *A Geologia de Moçambique*. Direc. Serv. Geol. Minas, Maputo, 1976.
- *Contribuição para o conhecimento da Tectónica de Moçambique*. Direc. Serv. Geol. Minas, Maputo, 1977.
- BARRINGER, A. R. — «Remote sensing techniques for mineral discoveries». *Ninth Commonwealth Mining and Metallurgical Congress*, London, 1969.
- BAUMGARDNER, M. F. — *Applications of computer assisted analyses of multispectral data*. Enschede, 1975.
- BODECH, J. & GIERLOFF-EMIEN, H. G. — «Space experiments as milestones in geography, geology, meteorology and cartography». *The earth from space*, Dorvid & Charles.
- FERREIRA DA COSTA, L. — *Sensores da Radiação Infravermelha*. JNICT-CPEEE, Lisboa, 1973.
- FEVANDOWSKY, D. W.; JENNINGS, T. V. & LEHMAN, W. T. — *Applications of ERTS-1 imagery to mapping of lineaments favorable to the localization of ore deposits in North Central Nevada*. Pardue University, West Lafayette, Indiana, 1973.
- GRABMAIER; HEMPENIUS; MOLENAAR & MULDER — *Lectures on remote sensing for the advanced course photogrametry*. Enschede, 1975.
- GRANT, K. et al. — *Side-looking radar system and their potential application to earth resources survey*. European space research organization, 1973.
- GREEN, G. W.; MOXHAM, R. M. & HARVEY, A. H. — *Aerial infrared survey and borehole temperature measurements of coal mines fire in Pensilvania*. U. S. Geological Survey and U. S. Bureau of Mines.
- HENRIQUES, R. G. — «Satélites Landsat». *Sem. Det. Rem.*, JNIT-CPEEE, Lisboa, doc. n.º 14, 1976.
- JAFFE, L. — *The earth resources survey program*. International Workshop on Earth Resources Survey System, U. S. Government Sponsor, 1, 1971.
- KOOPMANS, B. N. — «Side-Looking radar and infrared Line Scanner as operational Surveying System for geology and hidrogeology». *Seminar on the application of remote sensing technology to natural resources development*, Bankok, 1974.
- «Should stereo SLAR imagery be preferred to single strip imagery for thematic mapping?». *I. S. P. Commission VII Symposium*, Banff, Canada, 1974.
- «Remote sensing meeting the requirements of geological and hidrogeological Surveying». *Seminar on the application of remote sensing technology to natural resources development*, Bankok, 1974.

- «Future development and training in remote sensing for the ESCAP region». *Seminar on the application of remote sensing technology to natural resources development*, Bangkok, 1974.
- MARINET, J. — *Coordination et planification des ressources naturelles*. Lisbon, 1964.
- MEKEL, J. F. M. — «The geological interpretation of radar images». *I. T. C. text-book of photo-interpretation*, VIII, Enshede, The Netherlands.
- MITCHELL, A. H. G. & GARSON, M. S. — «Mineralization of plate boundaries». *Mineral Science and Engineering*, 8 (2), Johannesburg, 1976.
- MOXAM, R. M. — *Thermal surveillance of vulcanos*. Alexandria, U. S.
- MOREIRA-LOPES, M. E. S. A. — «O interesse dos documentos obtidos por teledetecção no estudo do ambiente geográfico natural». *Sem. Det. Rem. — JNIT-CPEEE*, Lisboa, doc. n.º 5, 1976.
- PARASINIS, D. S. — *Principios de geofísica aplicada*. Madrid, 1970.
- PEÑA, F. G. — *La fotografía aplicada a exploración minera*. Int. Inst. Aerial Survey and Earth Science. Enshede.
- REEVES, R. G.; ANSON, A. & LANDEN, D. — *Manual of remote sensing*. The American Society of Photogrametry, Virginia, 1 (11), 1975.
- REAL, F. — *Geologia da Bacia do Zambeze*. Junta Inv. do Ultramar, Lisboa, 1966.
- ROBINOVE, C. — «Remote sensing in geology, hidrology and geography». *Associate Program Manager, Earth Resources Observation Systems*. U. S. Geological Survey.
- ROWAN, C. L. — *Discrimination of rock types and detection of hydrothermally altered zones in South Central Nevada*. Rap. 883, 1974.
- ROWAN, C. L.; OFFFIELD, T. W.; WATSON, K.; CANON, P. J. & WATSON, R. D. — *Thermal infrared investigations, Arbuckee Mountains*. Oklahoma, Geological Society of America, bul. v, 81, 1970.
- SELLIN, L. & SVENSSON, H. — *Airborn thermography*. The Royal University of Lung, Sweden, Department of geography, 1970.
- SILVA E CASTRO, A. — «Projecto A. P. R. T.». *Sem. Det. Rem.*, JNIT-CPEEE, Lisboa, doc. n.º 11, 1976.
- VICTOR, L. A. M. — «A detecção remota em pesquisa geotérmica». *Sem. Det. Rem.*, JNIT-CPEEE, Lisboa, 1976.

Um grupo apresentado das relações de Niggli no per-
centagem volúmica e as composições de base mais um método indicado por
C. Barri para cálculo dos parâmetros Q-L-M a partir das relações de Niggli com
as razões volumétricas. Apresenta-se alguns resultados.

The calculation of the total group values Q-L-M from Niggli values is
reviewed and some modifications are suggested.

Os parâmetros Q-L-M, cujo emprego pode facilitar grandemente a comparação das composições químicas e mineralógicas das rochas ígneas, foram definidas em função das composições da base de Niggli pelas expressões seguintes, indicadas por Barri (1964), p. 158-160:

$$Q = Q$$

$$L = Kp + Na + Ca$$

$$M = Ks + Na + Cs + Fo + Pa + Sp + Hs + Pa + U + Th + Cr$$

$$Q = \frac{Q}{2} \cdot 100 \quad L = \frac{L}{2} \cdot 100 \quad M = \frac{M}{2} \cdot 100$$

$$Z = Q + L + M = q + al + ab + h + sp + t + 100$$

Para estabelecer melhor a natureza de L e M, cujo cálculo envolve, como é visível, várias componentes de base, Barri sugere o emprego de

cinco outros parâmetros, que são definidos, igualmente, em função das composições de base:

$$K = \frac{Ca}{Ca + Kp + Na}$$

$$Ks = \frac{Cs}{Cs + Pa + Fo + Hs}$$

$$Kp = \frac{Kp}{Ca + Pa + Fo + Hs}$$

$$Ksp = \frac{Sp}{Kp + Na}$$

$$Khs = \frac{Hs}{Kp + Na + Pa}$$

A grandeza das componentes que intervêm nas definições de todos estes parâmetros é determinada pelas regras de combinação das percentagens cálcicas indicadas por Barri (p. 60-67). Essas regras consistem em associar o Al^{IV} disponível primitivo ao K^+ , e depois, sucessivamente, ao Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} . Será, portanto, a possibilidade de concretizar, ou não, tais combinações que irá condicionar a formação, respectivamente, de Kp (e/ou Ks), de Na (e/ou Na), de Ca (e/ou Ca), de Sp (e/ou Sp) e de Hs (e/ou Pa).

Assim, estabelecem-se, sucessivamente, as expressões que correspondem a percentagens ori-

(*) Trabalho apresentado no Encontro de Geólogos da 1.ª Seção (Geopública), Dezembro de 1973, Lisboa.

Cálculo dos parâmetros $Q-L-M$ a partir dos valores de Niggli⁽¹⁾

R. A. DAVID-GOMES

Laboratório de Técnicas Físico-Químicas Aplicadas à Mineralogia
e Petrologia (JICU)

(Recebido em 4-XII-1980)

Um exame pormenorizado das relações entre os valores de Niggli, as percentagens catiónicas e os componentes de base mostra que o método indicado por C. Burri para cálculo dos parâmetros $Q-L-M$ a partir dos valores de Niggli deve ser revisto cuidadosamente. Sugerem-se algumas modificações.

The calculation of the basis group values $Q-L-M$ from Niggli values is reviewed and some modifications are suggested.

Os parâmetros $Q-L-M$, cujo emprego pode facilitar grandemente a comparação das composições químicas e mineralógicas das rochas ígneas, foram definidos em função dos componentes da «base de Niggli» pelas expressões seguintes, indicadas por Burri (1964), p. 156-160:

$$Q' = Q$$

$$L' = Kp + Ne + Cal$$

$$M' = Ks + Ns + Cs + Fo + Fa + Sp + Hz + Fs + C + Ru + Cp$$

$$Q = \frac{Q'}{Z} \cdot 100 \quad L = \frac{L'}{Z} \cdot 100 \quad M = \frac{M'}{Z} \cdot 100$$

$$Z = Q' + L' + M' = si + al + alk + ti + 2p + 100$$

Para esclarecer melhor a natureza de L e M , cujo cálculo envolve, como é visível, vários componentes de base, Burri sugere o emprego de

cinco outros parâmetros, que são definidos, igualmente, em função dos componentes de base:

$$\pi = \frac{Cal}{Cal + Kp + Ne}$$

$$\gamma = \frac{Cs}{Cs + Fs + Fo + Fa}$$

$$\mu = \frac{Fo}{Cs + Fs + Fo + Fa}$$

$$k' = \frac{Kp}{Kp + Ne} \quad mg' = \frac{Fo}{Fs + Fo + Fa}$$

A grandeza dos componentes que intervêm nas definições de todos estes parâmetros é determinada pelas regras de combinação das percentagens catiónicas indicadas por Burri (p. 90-97). Essas regras consistem em associar o Al^{3+} disponível, primeiro, ao K^+ , e, depois, sucessivamente, ao Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} . Será, portanto, a possibilidade de concretizar, ou não, tais combinações que irá condicionar a formação, respectivamente, de Kp (e/ou Ks), de Ne (e/ou Ns), de Cal (e/ou Cs), de Sp (e/ou Fo) e de Hs (e/ou Fa).

Assim, estabelecem-se, sucessivamente, as expressões que correspondem a percentagens cres-

(1) Trabalho apresentado no Encontro de Geociências, 1.ª Secção (Geoquímica), Dezembro de 1979, Lisboa.

centes de Al^{3+} , desde os valores mais baixos, quando os álcalis se apresentam em excesso relativamente à alumina, até ao caso das percentagens mais elevadas, em que o excesso do Al^{3+} sobre os restantes catiões determina que o corindo figure entre os componentes de base de uma dada rocha.

Tal método corresponderá, em termos de valores de Niggli, à comparação da grandeza de al com as associações dos valores de Niggli que traduzem a maior ou menor abundância dos catiões atrás citados.

Em qualquer dos casos, os domínios em que são aplicáveis as diferentes expressões de Q-L-M e dos outros parâmetros distinguem-se por uma série de desigualdades que relacionam o Al^{3+} com as restantes percentagens catiónicas, ou relacionam o al com os restantes valores de Niggli.

A ligação entre essas duas séries de desigualdades faz-se através das expressões que relacionam os valores de Niggli com as percentagens catiónicas, que são indicadas, igualmente, por Burri (p. 43):

$$Si^{4+} = si$$

$$Al^{3+} = 2al$$

$$Fe^{3+} = w \cdot (1-mg) \cdot fm$$

$$Fe^{2+} + Mn^{2+} = (1-w) \cdot (1-mg) \cdot fm$$

$$Mg^{2+} = mg \cdot fm$$

$$Ca^{2+} = c$$

$$Na^{+} = 2(1-k) \cdot alk$$

$$K^{+} = 2k \cdot alk$$

$$Ti^{4+} = ti$$

$$P^{5+} = 2p$$

É também destas relações que nos servimos para passar das expressões dos componentes de base em função das percentagens catiónicas para as correspondentes expressões em função dos valores de Niggli.

Embora esses cálculos sejam relativamente simples, a semelhança entre os símbolos de certos valores de Niggli, como o al , e os das correspondentes percentagens catiónicas, neste caso o Al , pode por vezes gerar algumas confusões, dado que a relação entre essas grandezas não é $Al = al$, mas sim $Al = 2al$.

Por esse motivo, refizemos cuidadosamente os cálculos que Burri apresenta na obra que temos estado a citar, sob o título «The Direct Calculation of the Basis Group Values Q, L, M, from the Niggli-Values» (p. 172-175).

Verificamos, desse modo, a conveniência de generalizar algumas das expressões e desigualdades referidas por Burri, fazendo intervir nelas o valor w , que traduz o grau de oxidação do ferro.

De facto, uma vez que as análises químicas usuais indicam sempre, separadamente, as percentagens de Fe_2O_3 e de FeO , não nos pareceu justificável desperdiçar essa informação.

Encontramos, por outro lado, algumas expressões incorrectamente calculadas, porventura em consequência das semelhanças entre os símbolos usados, a que já aludimos. Não se trata, de facto, de gralha cometida na tradução, uma vez que as expressões que figuram no original em alemão, Burri (1959), são rigorosamente as mesmas. Trata-se dos valores de Q' e M' e, portanto, de Q e M , no caso A, e do valor de μ , no caso C1, indicados por Burri (1964), p. 173-174.

Apresentamos seguidamente as expressões a que chegámos para o cálculo dos parâmetros Q-L-M em função dos valores de Niggli, e, também, para o cálculo dos parâmetros π - γ - μ , k' e mg' , que, conforme referido em publicação anterior de David-Gomes (1971), foram incorporadas num programa de computador com que foram já calculadas muitas análises [as expressões assinaladas com asterisco são diferentes das propostas por Burri (1964)]:

Caso A:

$$al < alk$$

$$Q' = si - \left[100 - \frac{1}{2} (fm + c + 3p) \right]^*$$

$$L' = 6al$$

$$M' = 3(alk - al) + \frac{3}{2} \left(fm + c + ti + \frac{p}{2} \right)^*$$

$$\pi = 0$$

$$\gamma = \frac{c - 3p}{c + fm - 3p}$$

$$\mu = \frac{mg \cdot fm}{c + fm - 3p}$$

$$k' = 1 \text{ (se } al \leq k \cdot alk)$$

$$k' = \frac{k \cdot alk}{al} \text{ (se } al \geq k \cdot alk)$$

$$mg' = mg$$

Caso B:

$$alk \leq al < alk + c - 3p^*$$

$$Q' = si - \left(50 + 2alk - al - \frac{3p}{2} \right)$$

$$L' = 3(al + alk)$$

$$M' = 3(50 - al) + ti + \frac{p}{2}$$

$$\pi = \frac{al - alk}{al + alk}$$

$$\gamma = \frac{c + alk - al - 3p}{100 - 2al - 3p}$$

$$\mu = \frac{mg \cdot fm}{100 - 2al - 3p}$$

$$k' = k$$

$$mg' = mg$$

Caso C1:

$$\begin{cases} alk + c - 3p \leq al \\ al < alk + c - 3p + mg \cdot fm + (1-w)(1-mg)fm^* \end{cases}$$

$$Q' = si - \left(50 + 2alk - al - \frac{3p}{2}\right)$$

$$L' = 3 [2alk + (c - 3p)]$$

$$M' = 150 - 3(c + alk) + ti + \frac{19p}{2}$$

$$\pi = \frac{c - 3p}{2alk + c - 3p}$$

$$\gamma = 0$$

$$\mu = 1 - \frac{(1 - mg)fm}{100 - 2al - 3p}$$

$$[se\ al < (alk + c - 3p + mg \cdot fm)]^*$$

$$\mu = 0$$

$$[se\ al \geq (alk + c - 3p + mg \cdot fm)]^*$$

$$k' = k$$

$$mg' = \mu$$

Caso C2:

$$al \geq alk + c - 3p + mg \cdot fm + (1-w)(1-mg)fm^*$$

$$Q' = si - 2alk - \frac{w}{2}(1 - mg)fm^*$$

$$L' = 3(2alk + c - 3p)$$

$$M' = 4al - 200 + 11p + ti + 2fm + [(1-w)(1-mg) + mg + \frac{3w}{2}(1-mg)]fm^*$$

$$\pi = \frac{c - 3p}{2alk + c - 3p}$$

$$\gamma = 0$$

$$\mu = 0$$

$$k' = k$$

$$mg' = 0$$

Note-se que a diferença mais importante entre as expressões apresentadas neste trabalho e as indicadas por Burri (1964) corresponde à desigualdade que separa o caso C1 do caso C2.

De facto, enquanto Burri utiliza a desigualdade

$$al > alk + 2c + 2fm$$

para estabelecer essa fronteira, propõe-se aqui a expressão

$$al \geq alk + c - 3p + mg \cdot fm + (1-w)(1-mg)fm$$

Notemos que se nesta introduzirmos a condição $w = 0$, obtém os

$$al \geq alk + c - 3p + fm$$

A diferença entre as duas expressões é considerável e parece-nos que Burri terá sido induzido em erro pela semelhança dos símbolos al e Al que atrás referimos.

De facto, nos casos em que a alumina se mostra francamente em excesso deverá aparecer o corindo entre os componentes de base. Tal condição será expressa, em termos de percentagens catiónicas, pela seguinte desigualdade:

$$Al \geq (K + Na) + 2\left(Ca - \frac{3P}{2}\right) + 2Mg + 2Fe$$

Para exprimir a mesma condição em termos de valores de Niggli, recorre-se à relação entre estes e as percentagens catiónicas e obtém-se a desigualdade

$$2al \geq 2alk + 2(c - 3p) + 2mg \cdot fm + 2(1-w)(1-mg)fm$$

que, simplificada, dá:

$$al \geq alk + c - 3p + mg \cdot fm + (1-w)(1-mg)fm$$

que é a expressão proposta neste trabalho.

Quanto à expressão usada por Burri, parece resultar de ter considerado (incorrectamente) $Al = al$ e $(K + Na) = alk$ ao passar da condição

expressa em percentagens catiónicas para a sua expressão em função dos valores de Niggli. Obter-se-ia assim a relação:

$$al \geq alk + 2(c - 3p) + 2mg \cdot fm + 2(1-w)(1-mg)fm$$

que, se considerarmos $w = 0$, dá

$$al \geq alk + 2(c - 3p) + 2fm$$

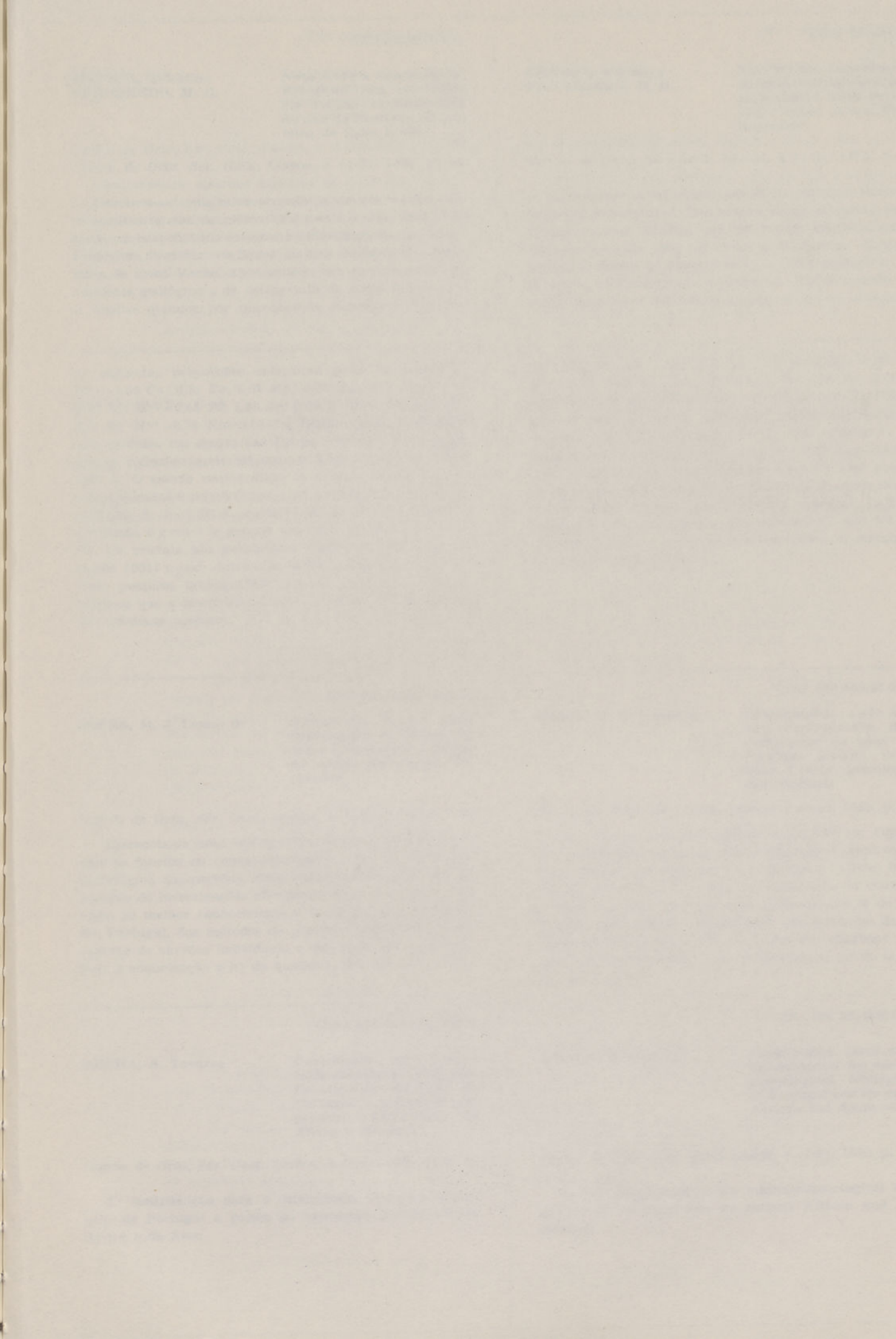
que, à parte o termo $-6p$, é a expressão proposta por Burri.

BIBLIOGRAFIA

BURRI, C. — *Petrochemische Berechnungsmethoden auf Äquivalenter Grundlage (Methoden von Paul Niggli)*. Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, 1959.
 — *Petrochemical Calculations based on equivalents (Methods of Paul Niggli)*. Translated from German. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1964.

DAVID-GOMES, R. A. — «Cálculo da Norma CIPW-Lacroix e de vários parâmetros petroquímicos de rochas ígneas por computador electrónico (programas em Fortran I e Fortran IV)». *I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica*, Madrid, Lisboa, 1971. *Secção 8 — Informática*, 167-186.





SILVA, L. Celestino
FIGUEIREDO, M. O.

Nota sobre a ocorrência de zirconolite rica em nióbio em rochas carbonatíticas da ilha de Santiago (República de Cabo Verde)

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 1-6

Descreve-se uma nova ocorrência de zirconolite, não metamítica e rica de nióbio. O mineral é uma fase acessória em carbonatitos (sövites e beforsitos) do pitão carbonatítico da ribeira da Barca, na ilha de Santiago, República de Cabo Verde. Apresenta-se um resumo breve do ambiente geológico e da petrografia da rocha hospedeira. A análise química por microsonda electrónica forneceu

SILVA, L. Celestino
FIGUEIREDO, M. O.

Note on the occurrence of niobium-rich zirconolite in carbonatitic rocks of Santiago island (Cape Verde Republic)

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 1-6

A new terrestrial occurrence of Nb-rich non-metamictic zirconolite is reported. The mineral is an accessory phase in carbonatites (sövites and beforsites) of the Canafistula carbonatitic plug in «ribeira da Barca», Santiago island, Republic of Cape Verde. A brief geological and petrographic description is presented. Electron-probe microanalysis gives the following proportions of cations per

as seguintes proporções catiónicas para 14 oxigénios: $M^{2+}=1,69 Ca$; $0,71 Fe$; $0,07 Mg$; $0,03 Mn$; $M^{3+}=0,24 RE$; $0,02 Al$; $M^{4+}=2,45 Ti$; $1,98 Zr$; $0,06 U$; $0,04 Th$; $0,02 Hf$; $0,01 Si$; $M^{5+}=0,73 Nb$; $0,06 Ta$. Listam-se as equidistâncias medidas em diagramas Debye-Scherrer, observando-se as reflexões mais intensas a 2,94, 2,83, 2,52, 1,82 e 1,75 Å. O estudo radiográfico de cristais únicos mostra que o mineral é monoclinico, com parâmetros reticulares $a=12,33$ Å, $b=7,27$ Å, $c=11,44$ Å, $\beta=100,5^\circ$, densidade calculada 5 g.cm^{-3} e grupos espaciais possíveis C 2/c e Cc. Os cristais são geralmente euédricos, tabulares segundo (001) e com dimensões médias entre 0,1 e 0,2 mm. Uma pesquisa bibliográfica que se desejava exaustiva mostrou que a zirconolite é pela primeira vez assinalada em ambiente oceânico.

14 oxygens: $M^{2+}=1.69 Ca$; $0.71 Fe$; $0.07 Mg$; $0.03 Mn$; $M^{3+}=0.24 RE$; $0.02 Al$; $M^{4+}=2.45 Ti$; $1.98 Zr$; $0.06 U$; $0.04 Th$; $0.02 Hf$; $0.01 Si$; $M^{5+}=0.73 Nb$; $0.06 Ta$. X-ray powder data is listed, prominent reflections occurring at 2.94, 2.83, 2.52, 1.82 and 1.75 Å. The mineral is monoclinic, cell dimensions $a=12.33$ Å, $b=7.27$ Å, $c=11.44$ Å and $\beta=100.5^\circ$, calculated density 5 g.cm^{-3} and possible space groups C 2/c and Cc, on the basis of single-crystal X-ray study. Crystals are generally euhedral, flattened parallel (001), mean grain size between 0.1 and 0.2 mm. As far as known, it is the first recording of zirconolite in oceanic environment.

CDU 016:552.57.004.68

SOUSA, M. J. Lemos de

Bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo petrológico dos carvões

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 7-22

Apresenta-se uma bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo petrológico dos carvões. Esta bibliografia foi reunida no decurso de investigações efectuadas sobre o assunto, com vista ao melhor conhecimento e à utilização sistemática, em Portugal, dos métodos de previsão laboratorial i) da aptidão de carvões individuais e das suas misturas (pastas) à coqueificação e ii) da qualidade dos coques a obter.

CDU 016:552.57.004.68

SOUSA, M. J. Lemos de

Bibliographie spécialisée sur l'optimisation de la fabrication du coke sidérurgique ayant comme base l'étude pétrologique des charbons

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 7-22

On présente une bibliographie spécialisée sur l'optimisation de la fabrication du coke sidérurgique ayant comme base l'étude pétrologique des charbons. Cette bibliographie a été réunie pendant des recherches en cours sur le sujet, en vue d'une meilleure connaissance et de l'utilisation systématique, au Portugal, des méthodes de prévision au laboratoire i) de l'aptitude des charbons et de leurs mélanges (pâtes) à la cokéfaction et ii) de la qualité des coques.

CDU 016:56(469:469-5)

ROCHA, A. Tavares

Contribuição (3.ª) para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 23-34

3.ª contribuição para a bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia.

CDU 016:56(469:469-5)

ROCHA, A. Tavares

Contribution (3rd) to the knowledge of the micropaleontological bibliography of Portugal and its ancient African and Asian colonies

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 23-34

A 3rd contribution to the micropaleontological bibliography of Portugal and its ancient African and Asian colonies.

Note on the occurrence of niobium-rich zirconolite in carbonatitic rocks of Santiago island (Cape Verde Republic)

SILVA, I. Celestino FIGUEIREDO, M. O.

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 1-6

A new terrestrial occurrence of Nb-rich non-metamict zirconolite is reported. The mineral is an accessory phase in carbonatites (sövites and beforites) of the Canaã-tuba carbonatitic plug in «Ribeira da Barca», Santiago island, Republic of Cape Verde. A brief geological and petrographic description is presented. Electron-probe microanalysis gives the following proportions of cations per

14 oxygens: M²⁺=1.69 Ca; 0.71 Fe; 0.07 Mg; 0.03 Mn; M³⁺=0.24 RE; 0.02 Al; M⁴⁺=2.45 Ti; 1.98 Nb; 0.06 U; 0.04 Th; 0.02 Hf; 0.01 Zr; M⁵⁺=0.73 Nb; 0.06 Ta. X-ray powder data is listed, prominent reflections occurring at 2.94, 2.83, 2.52, 1.82 and 1.75 Å. The mineral is monoclinic, cell dimensions a=12.33 Å, b=7.27 Å, c=11.44 Å and β=100.5°, calculated density 5 g.cm⁻³ and possible space groups C 2/c and Cc, on the basis of single-crystal X-ray study. Crystals are generally euhedral, flattened parallel (001), mean grain size between 0.1 and 0.2 mm. As far as known, it is the first recording of zirconolite in oceanic environment.

Bibliographie spécialisée sur l'optimisation de la fabrication du coke sidérurgique avant comme base l'étude pétrologique des charbons

SOUSA, M. J. Lemos de

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 7-22

On présente une bibliographie spécialisée sur l'optimisation de la fabrication du coke sidérurgique avant comme base l'étude pétrologique des charbons. Cette bibliographie a été réunie pendant des recherches en cours sur le sujet, en vue d'une meilleure connaissance et de l'utilisation systématique, au Portugal, des méthodes de prévision au laboratoire (i) de l'aptitude des charbons et de leurs mélanges (pâtes) à la cokéfaction et (ii) de la qualité des copres.

Contribution (3rd) to the knowledge of the micropaleontological bibliography of Portugal and its ancient African and Asian colonies

ROCHA, A. Tavares

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 23-34

A 3rd contribution to the micropaleontological bibliography of Portugal and its ancient African and Asian colonies.

Nota sobre a ocorrência de zirconolite rica em nióbio em rochas carbonatíticas da ilha de Santiago (República de Cabo Verde)

SILVA, I. Celestino FIGUEIREDO, M. O.

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 1-6

Descreve-se uma nova ocorrência de zirconolite, não metamicta e rica de nióbio. O mineral é uma fase acessória em carbonatitos (sövites e beforitos) do pitão carbonatítico da ribeira da Barca, na ilha de Santiago, República de Cabo Verde. Apresenta-se um resumo breve do ambiente geológico e da petrografia da rocha hospedeira. A análise química por microsonda electrónica fornece

as seguintes proporções catiónicas por 14 oxigénios: M²⁺=1.69 Ca; 0.71 Fe; 0.07 Mg; 0.03 Mn; M³⁺=0.24 RE; 0.02 Al; M⁴⁺=2.45 Ti; 1.98 Nb; 0.06 U; 0.04 Th; 0.02 Hf; 0.01 Zr; M⁵⁺=0.73 Nb; 0.06 Ta. Listam-se as equidistâncias medidas em diagramas Debye-Scherrer, observando-se as reflexões mais intensas a 2.94, 2.83, 2.52, 1.82 e 1.75 Å. O estudo radiográfico de cristais únicos mostra que o mineral é monoclinico, com parâmetros reticulares a=12.33 Å, b=7.27 Å, c=11.44 Å, β=100.5°, densidade calculada 5 g.cm⁻³ e grupos espaciais possíveis C 2/c e Cc. Os cristais são geralmente euhédricos, tabulares segundo (001) e com dimensões médias entre 0.1 e 0.2 mm. Uma pesquisa bibliográfica que se desejava exaustiva mostrou que a zirconolite é pela primeira vez assinalada em ambiente oceânico.

Bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque sidérurgico a partir do estudo petrologico dos charvoes

SOUSA, M. J. Lemos de

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 7-22

Apresenta-se uma bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque sidérurgico a partir do estudo petrologico dos charvoes. Esta bibliografia foi reunida no decurso de investigações efectuadas sobre o assunto, com vista ao melhor conhecimento e à utilização sistemática, em Portugal, dos métodos de previsão laboratorial (i) da aptidão de charvoes individuais e das suas misturas (partes) à coprefacção e (ii) da qualidade dos copres a obter.

Contribuição (3ª) para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia

ROCHA, A. Tavares

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 23-34

3ª contribuição para a bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia.

AFONSO, Rui S.

Contribuição da detecção remota para o conhecimento geológico-mineiro de Moçambique

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 35-46

Descrevem-se diversas técnicas de detecção remota, tais como a aeromagnetometria, a aerocintilometria e os métodos orbitais para a resolução dos problemas geológico-mineiros. Descrevem-se outros mais caros mas compensativos, tais como a termografia, a aerodeteção dos gases, a aerofluorescência e o radar.

AFONSO, Rui S.

Contribution of the remote sensing for the mining and geological knowledge of Mozambique

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 35-46

Several detection technics, such as the aeromagnetometry, the aeroscintillometry and the orbital methods for the resolution of the mining and geological problems are described. Other more expensive methods, though of worth, such as thermography, aerodetection of gases, aerofluorescence and radar are also presented.

DAVID-GOMES, R. A.

Cálculo dos parâmetros «Q-L-M» a partir dos valores de Niggli

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 47-50

Sugere-se a revisão e algumas modificações do cálculo dos parâmetros *Q-L-M* a partir dos valores de Niggli.

DAVID-GOMES, R. A.

Calculation of «Q-L-M» parameters from Niggli values

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 47-50

The calculation of the basis group values *Q-L-M* from Niggli values is reviewed and some modifications are suggested.

Contribution of the remote sensing for the mining and geological knowledge of Mozambique (Cape Verde Republic)

ALFONSO, Rui S. FIGUEIREDO, M. O.

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 35-46
Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 1-6
Several detection techniques, such as the aeromagnetic-
metry, the aerostereometry and the orbital methods for
the resolution of the mining and geological problems are
described. Other more expensive methods, through the
worth, such as the thermography, are also described.
Aerofluorescence and radar are also presented and
petrographic description is presented. Electron-probe mi-
croanalysis gives the following proportions of cations per

Contribuição da detecção remota para o conhecimento geológico-minerário de Moçambique (Cabo Verde)

ALFONSO, Rui S. FIGUEIREDO, M. O.

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 35-46
Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 1-6
Descrevem-se diversas técnicas de detecção remota,
tais como a-aeromagnética, a-aerostereométrica e as
métodos orbitais para a resolução dos problemas geo-
lógicos-minerários. Outros métodos mais caros mas com-
pensativos, tais como a termografia, são também descritos.
Aerofluorescência e radar são também apresentados e
petrografia é da petrografia da rocha hospedeira.
A análise química por microsonda electrónica fornece

DAVID-GOMES, R. A. Calculation of Q-L-M parameters from Niggli values

14 oxides: M+=1.68 Ca; 0.71 Fe; 0.00 V;
M+=0.24 RE; 0.02 Al; M+=2.45 Ti; 1.98 Sr; 0.08 U;
powder data is listed, from which the following
at 2.94, 2.83, 2.52, 1.82 and 1.75 Å. The mineral is mo-
Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 47-50
The calculation of the basis group values Q-L-M from
Niggli values is reviewed and some modifications are
suggested.
As far as known, it is the first recording of niccolite
in oceanic environment.

as seguintes proporções catiónicas para
DAVID-GOMES, R. A. Cálculo dos parâmetros Q-L-M a partir dos valores de Niggli

14 óxidos: M+=1,68 Ca; 0,71 Fe; 0,00 V;
M+=0,24 RE; 0,02 Al; M+=2,45 Ti; 1,98 Sr; 0,08 U;
dados de pólvora são apresentados, a partir dos quais
se calcularam os seguintes valores de Niggli:
0,01 Sr; M+=0,73 V; 0,08 U. O mineral é monoclínico,
com dimensões D₁=2,94, D₂=2,83, D₃=2,52, D₄=1,82 e D₅=1,75 Å.
O estudo radiográfico de cristais únicos mostra
que se trata de um mineral com modificações de
cristal. Os cristais são geralmente eudáticos, tabulares se-
calculada 5 g.cm⁻³ e grupos espaciais possíveis C₂v e
C₂. Os cristais são geralmente eudáticos, tabulares se-
Uma pedúncula bibliográfica que se desajava exaustiva
mostrou que a niccolite é pela primeira vez assinalada
em ambiente oceânico.

Bibliographie spécialisée sur l'optimisation de la fabrication du coke sidérurgique ayant comme base l'étude pétrologique des charbons

SOUZA, M. J. Lemos de

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 7-22
On présente une bibliographie spécialisée sur l'optimi-
sation de la fabrication du coke sidérurgique ayant comme
base l'étude pétrologique des charbons. Cette biblio-
graphie a été réunie pendant des recherches en cours sur
ce sujet, en vue d'une meilleure connaissance et de l'uti-
lisation systématique, au Portugal, des méthodes de pré-
vision au laboratoire (i) de l'aptitude des charbons et de
leurs mélanges (pâtes) à la cokéfaction et (ii) de la qua-
lité des coques.

Bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo petrologico dos carvões

SOUZA, M. J. Lemos de

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 7-22
Apresenta-se uma bibliografia básica sobre optimiza-
ção do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo
petrologico dos carvões. Esta bibliografia foi reunida no
decorso de investigações efectuadas sobre o assunto, com
vista ao melhor conhecimento e à utilização sistemática,
em Portugal, dos métodos de previsão laboratorial (i) da
aptidão de carvões individuais e das suas misturas (pas-
tas) à cokéfaction e (ii) da qualidade dos coques a obter.

Contribution (3rd) to the knowledge of the micro-paleontological bibliography of Portugal and its ancient African and Asian colonies

ROCHA, A. Tavares

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 23-34
A 3rd contribution to the micropaleontological biblio-
graphy of Portugal and its ancient African and Asian
colonies.

Contribuição (3ª) para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia

ROCHA, A. Tavares

Garcia de Orta, Sér. Geol., Lisboa, 4 (1-2), 1980, p. 23-34
3ª contribuição para a bibliografia micropaleontoló-
gica de Portugal e países de expressão portuguesa da
África e da Ásia.



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A Série de Geologia de *Garcia de Orta* publica artigos de Geologia e de Ciências afins (Estratigrafia, Paleontologia, Geomorfologia, Cristalografia, Petrologia, Geoquímica, Geofísica, etc.). Poderá, também, publicar pequenas notas geológicas, noticiário científico, recensões ou críticas bibliográficas.

Os artigos podem ser escritos em português, inglês, francês, espanhol, italiano ou alemão, e compreenderão os seguintes resumos: *a)* Um na língua em que foram escritos os textos; *b)* Outro em português; *c)* E ainda outro em inglês (de preferência) ou francês no caso dos artigos escritos em língua diferente destas.

Os originais devem ser submetidos a qualquer dos membros do Corpo Editorial, M. Monteiro Marques, A. Serralheiro ou L. Celestino Silva, e remetidos para a seguinte morada: Alameda de D. Afonso Henriques, 41, 4.º, direito — 1000 Lisboa.

Os autores devem enviar os originais em duplicado, dactilografados a dois espaços e de um só lado, em formato A4 (210 mm x 297 mm); a primeira página deve ter o título do artigo, os nomes dos autores (sendo desejável no máximo dois apelidos) e respectivos organismos e moradas; a segunda página deve repetir o título e os autores, seguindo-se-lhes os resumos, texto, etc.; devem ainda indicar a qual dos autores (sua morada completa e telefone) deverão ser enviadas as provas para revisão e quantas separatas extra pretendem adquirir (ver o último parágrafo destas instruções).

As tabelas e figuras devem ser reduzidas a um número mínimo e apresentadas separadamente em tamanho maior, para permitir uma melhor reprodução. As legendas das tabelas e das figuras devem ser indicadas numa folha à parte e claramente referenciadas. As tabelas e gráficos devem ser traçados a preto sobre fundo branco (por exemplo a tinta-da-china negra sobre papel vegetal), suficientemente contrastados para permitir uma boa reprodução, e as fotografias devem ser também a preto e branco, sobre papel brilhante. Os quadros e tabelas deverão ser elaborados, sempre que possível, de molde a permitirem a publicação na mancha normal da revista. Só em casos muito especiais poderão ser consideradas reproduções a cores.

É desejável que o número de páginas de cada artigo, incluindo as gravuras e tabelas, não exceda, em princípio, 20 páginas dactilografadas (o correspondente a cerca de 10 páginas impressas). No caso de o trabalho não poder ser reduzido a este tamanho, poderá: *a)* Considerar-se a sua divisão em duas ou mais partes, a publicar como se fossem artigos independentes; *b)* Ser remetido para publicação noutra seriada mais adequada da Junta de Investigações Científicas do Ultramar; *c)* Ou, excepcionalmente, ser decidida pelo Corpo Editorial a sua publicação como um todo em *Garcia de Orta*.

As referências devem ser indicadas no texto por meio do nome do autor (sem iniciais dos prenomes, a menos que estritamente necessário para distinguir dois autores com o mesmo apelido) e pelo ano de publicação, sendo apresentada uma lista das referências no fim do trabalho, por ordem alfabética e conforme as normas portuguesas em vigor (NP-405 e NP-139). Exemplos: *a)* No texto: (Vale & Cunha, 1969) ou Vale & Cunha (1969); *b)* Na lista bibliográfica:

(artigo) VALE, J. Cardoso do & CUNHA, A. Proença da — «Estudo cromatográfico e químico do óleo essencial de *Eucalyptus maideni* F. Muell., de Angola». *Garcia de Orta*, Lisboa, 17 (3), 1969, 307-314.

(livro) PEREIRA, Benjamim — *Máscaras Portuguesas*. Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar, 1973, 158 p., 111 est., bibliogr. numerosa.

As provas devem ser corrigidas e devolvidas ao respectivo membro do Corpo Editorial o mais rapidamente possível. Para facilitar a correcção das provas, será enviado aos autores um texto-exemplo com os vários sinais usados pelos revisores.

No caso de um só autor, este terá direito a 50 separatas gratuitas, e no caso de vários autores estes terão em conjunto direito a 100 separatas gratuitas. Em qualquer dos casos, os autores, ou os organismos da Junta a que estes pertençam, poderão encomendar qualquer número de separatas extra, que lhes serão debitadas ao preço de custo.

SUMÁRIO

<i>Note on the occurrence of niobium-rich zirconolite in carbonatitic rocks of Santiago island (Cape Verde Republic) — L. Celestino Silva & M. O. Figueiredo</i>	1
<i>Bibliografia básica sobre optimização do fabrico do coque siderúrgico a partir do estudo petrológico dos carvões — M. J. Lemos de Sousa</i>	7
<i>Contribuição (3.^a) para o conhecimento da bibliografia micropaleontológica de Portugal e países de expressão portuguesa da África e da Ásia — A. Tavares Rocha</i>	23
<i>Contribuição da detecção remota para o conhecimento geológico-mineiro de Moçambique — Rui S. Afonso</i>	35
<i>Cálculo dos parâmetros «Q-L-M» a partir dos valores de Niggli — R. A. David-Gomes</i>	47