

1617051

27-

MITA

OS PESADOS DO BARREIRAS NA COSTA ORIENTAL BRASILEIRA: ESTUDO DE ÁREAS-FONTE

JOSÉ MOACYR VIANNA COUTINHO*, ARMANDO MARCIO COIMBRA*

ABSTRACT

62 heavy mineral separations from 31 samples-size limits of 62-125 and 125-250 micra- were examined in the Barreiras Group sediments sampled along the eastern Brazilian coast from Itaboraí, Rio de Janeiro up to Natal, Rio Grande do Norte.

The region can be divided in two threefold heavy mineral provinces East and Northeast- comprising six different mineral assemblages. Such assemblages are genetically and geografically related to pre-cambrian source-areas eroded at western vicinities, by the following connections:

East province:

Assemblage I monazite-rutile-sillimanite: migmatites, granites, gneisses and granulites of Paraíba and Serra dos Orgãos Groups, Rio de Janeiro.

Assemblage II andaluzite-monzazite-sillimanite: kinzigites, granulites and granites of the orogenic belt in Espírito Santo.

Assemblage III andaluzite-sillimanite-tourmaline: kinzigites and granulites of southern Bahia and a granitic-pegmatitic complex in Minas Gerais.

Northeast province:

Assemblage IV andaluzite-kyanite-staurolite-tourmaline: ectinites of the Sergipán fold belt in northern Bahia and Sergipe.

Assemblage V monazite-sillimanite-tourmaline-zircon: granitic and migmatitic "high" in Pernambuco and Alagoas.

Assemblage VI kyanite-staurolite-tourmaline: granitic and migmatitic bodies distributed among ectinites in Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte.

A study of heavy mineral relations between Barreiras Group and cristalline basement, pre-Barreiras sediments and Recent beach sands, shows that the order of persistence of minerals according to geological ages from Mesozoic to Recent is intimately related to the degree of stability of same minerals exposed to prolonged action of intrastratal solution.

INTRODUÇÃO

O trabalho resultou de um projeto para levantamento da população de minerais pesados contida no chamado Grupo Bandeiras ao longo da costa leste brasileira desde o Rio de Janeiro até o Rio Grande do Norte. Neste percurso os sedimentos afloram de maneira quase contínua em duas faixas por 1.800 km; a primeira, fragmentada entre Itaboraí e Campos, RJ e mais contínua entre Campos e Ilheus, Ba; a segunda, entre o Recôncavo Bahiano e o Norte do país, tendo a última amostra sido recolhida nas proximidades de Natal, RN. Para o trajeto total foram amostradas 31 estações em intervalos médios de 58 km. Em vista da pequena densidade de observações o trabalho é necessariamente preliminar mas acredita-se que os resultados obtidos sejam suficientes para caracterizar duas províncias de minerais pesados e seis sub-províncias ou assembléias, cada uma das quais se vincula nitidamente com áreas-fonte petrograficamente distintas.

*IG/USP

Congresso Brasileiro de Geologia, 28, 1974, Porto Alegre. Anais, v. 5

Embora trate exclusivamente do estudo de proveniências, o trabalho fornece dados mineralógicos que poderão auxiliar a elaboração de critérios de correlação estratigráfica e esclarecimento de problemas tectônicos, sedimentológicos e econômicos ligados ao Grupo Barreiras.

O Grupo Barreiras tem sido subdividido em unidades morfológicas, lito-estratigráficas e edafo-estratigráficas, arroladas por Mabesoone e Campanha (1974) mas não consideradas no atual trabalho.

PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO

As amostras foram coletadas em viagem de carro e sua localização está informada o mais precisamente possível tendo em vista futuras verificações de formações representadas, níveis morfológicos ou tipos de intemperismo. Os afloramentos amostrados constituem normalmente corte de 2 a 10 m de altura ao longo da estrada BR-101 e em outras secundárias demandando o litoral bem como alguns pontos isolados da costa. O Grupo Barreiras foi aí reconhecido por suas características megascópicas mais importantes; má seleção, estratificação horizontal grosseira e constante tendência a se intemperizar em manchas de cores variegadas. Para fins de comparação também foram amostradas ocorrências de sedimentos pré-Barreiras, coberturas de arreeiro (Barreiras retrabalhado) e praias recentes.

As amostras foram coletadas a espaçamentos irregulares lançados nos mapas de Figuras 1 e 2 e localizados em lista anexa às Tabelas. Sempre que possível amostraram-se níveis arenosos menos intemperizados. Recolheram-se torrões em um ou dois níveis e diversas localizações laterais até compor uma amostra mista de 2 a 3 kg.

No laboratório, seguiu-se a seguinte marcha: amostras quarteadas de 200 a 300 gr foram lavadas por sifonamento, secadas em estufa a 60°C e peneiradas com separação final de frações entre 62 e 125 micra e 125 e 250 micra. As frações acima e abaixo destes limites foram rejeitadas pelo fato de apresentarem pesados em volume muito pequeno, além de seu estudo óptico ficar dificultado. A separação das frações leves e pesadas foi efetuada em funis apropriados por meio de bromofórmio de $d = 2,89$.

A seguir foram montadas lâminas com as frações pesadas daquelas duas granulações em associação total microquarteadas. Por vezes, devido à baixa concentração de transparentes, os pesados opacos magnéticos foram eliminados com imã manual. O meio de montagem tentado inicialmente foi o Bálsamo do Canadá. Posteriormente, em benefício da exatidão de determinações ópticas, optou-se por montagens não permanentes; líquidos de índice de refração marcado (cargille) ou o líquido viscoso aroclor 1254 ($n = 1,640$), o último apresentando a vantagem de permitir rotação de grãos para posições favoráveis à observação de figuras de interferência. A experiência indicou todavia, que, quando já se tem uma razoável segurança quanto à natureza da maioria dos grãos presentes, a melhor montagem é aquela feita com cerca de 1.000 grãos dispersos em filar de 3 mm de largura, em líquidos Cargille de n entre 1,64 e 1,65. A contagem dos grãos, com ou sem platina integradora, fica facilitada, o exame com objetiva de médio aumento (10 x) não exige colocação de lamínula e os grãos de identificação duvidosa podem ser isolados com agulha e re-examinados em novos líquidos de n conhecido. Nos líquidos próximos a $n = 1,64 - 1,65$, tal como acontece em montagens com aroclor, minerais como andaluzita, apatita e sillimanita perdem quase totalmente o relêvo e diferenciam-se mais nitidamente de outros minerais incolores de hábitos parecidos.

O número porcentual de cada mineral em lâminas assim preparadas foi obtido após contagem de um número mínimo de 100 grãos de minerais pesados não opacos e não micáceos presentes nas faixas varridas.

Os resultados são apresentados sob a forma de tabelas e gráficos de variação. Nas tabelas, além dos acima mencionados também se incluíram os valores para micas, entre parênteses, embora não hajam sido computados na soma dos minerais restantes da coluna. Os valores inferiores a 1% estão marcados como *pr* (presente). Sob as colunas, registram-se adicionalmente; número de pesados transparentes não micáceos contados ($N^2\text{ ptc}$); relação porcentual dos ultraestáveis, zircão, turmalina e rutilo (ZTR); relação de pesados opacos e semi-opacos para transparentes (*o:t*). Calculadas em relação apenas ao total de opacos e semi-opacos, também se acham relacionados as quantidades de; argila limonítica, limonita e/ou hematita terrosa (*li +*

TABELA 1
Pesados em sedimentos Barreiras

Fração	RJ-6		RJ-5		RJ-4		ES-24		ES-23a		ES-23ab		ES-2		ES-6		ES-8		ES-11		
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	
Anastasio	3	8	20	20	1	1			1	1	1	5	6	3	10	27	4	5	11	5	
Aandaluzita	3	3			pr	1			pr	6	10			2	26	10	4	7	4	19	
Biotita			(3)	(1)								(pr)	(1)				(40)	(10)	(9)	(3)	
Brookita			3	2								pr					1				
Cianita							2	2	pr		pr										
Cloritóide																pr					
Corídon																					
Diásporo																					
Diopsídio																					
Dumortierita																					
Epídoto																	1	pr			
Espinélio				pr																	
Estauroлита							pr										pr	pr			
Granada																					
Hornblenda								1				pr					2	1			
Monazita	5	5	24	21	3	6	19	35	37	65		30	40	6	2	22	4	6	6	6	3
Moscovita			(20)	(35)	(pr)	(pr)						(1)	(5)								
Rutilo	23	26	10	26	5	6	1	3	3	2		7	6	4	3	1			pr	pr	1
Sillimanita	21	47	4	9	66	67	7	11	12	15		3	8	12	29	9	17	11	20	12	22
Turmalina	1	1	pr	1	1	10	2	8	1	1		1	4	1	5	1	5	24	45	13	41
Xenotima			1	1					1	pr	pr	pr	pr								
Zircão	45	15	28	20	24	9	69	38	40	6		50	17	69	32	57	37	47	16	54	9
N.º p.t.c.	500	200	200	150	500	100	500	200	100	500		700	350	100	100	100	100	210	360	130	100
ZTR	69	37	38	47	30	25	72	49	44	9		58	27	74	40	59	42	71	61	67	51
ort	2:1	6:1	5:1	30:1	7:1	3:1	5:1	3:1	5:1	1:1		2:1	5:1	6:1	13:1	20:1	60:1	5:1	5:1	2:1	5:1
li + he	45	75	20	40	80	65	15	15	8	10											
le	10	2	40	60	2	5	10	15	2	2											
me	45	23	40	10	18	30	75	70	90	88											

he): leucocóxênio e materiais de reflexão branca ou clara, contendo possivelmente, argilas, clorita e hornblenda claras, minerais fortemente alterados, agregados carbonáticos finos e zircão metamórfico (he); opacos de brilho metálico, magnetita, hematita, pirita e especialmente, ilmenita (me).
Para a construção dos gráficos de variação das Figuras 1 e 2, utilizaram-se apenas as

TABELA 1 (continuação)

Fração	BA-5		BA-6		BA-7		BA-8		BA-9		BA-10		BA-11		BA-12		BA-2		BA-3	
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa
Anastásio	3	3	2	1	4	1	1	2	1	2	3	2	pr	2	3	pr	2		pr	
Andaluzita	4	16	23	21	64	82	29	72	2	9	25	29	7	18	4	6			8	38
Biotita				(pr)																
Brookita																				
Cianita	1	1					1		3	2	5	6	10	8	5	6	5			7
Cloritóide																pr				
Corídon										pr	pr		pr	1						
Diásporo														pr		2				
Diopsídio			pr	pr						pr										
Dumortierita																				
Epídoto																				
Espinélio																				
Estaurolita	pr								pr	pr	5	13	10	16	7	20	15	43	29	35
Granada				1	pr					pr				1		1				
Hornblenda									5	9										
Monazita	27	8	10	7	2	2	22	5	42	21	10	6	pr	2	pr	1	2			
Moscovita	(1)	(1)	(pr)	(pr)						(1)		(1)								
Rutilo			3	2	2	1	4	2	11	6	2	4	8	3	5	5	5		6	2
Sillimanita	5	23	29	26	1	6	1	3	pr	8	1	4	2	1	2	3				pr
Turmalina	23	28	15	27	7	5	pr	2	20	26	37	26	13	26	20	27	11	39	5	12
Xenotima	1		pr						pr		pr									
Zircão	35	20	18	16	20	3	43	13	15	12	11	9	50	22	54	29	60	18	45	12
N. ^o p.t.c.	200	190	100	340	200	275	100	265	300	330	200	310	200	230	200	290	100	100	100	100
ZTR	58	48	36	45	29	9	47	17	46	46	50	39	71	51	79	61	76	57	56	26
o:t	7:1	12:1	8:1	8:1	8:1	7:1	8:1	8:1	1:1	3:1	4:1	4:1			6:1	6:1	8:1	9:1	5:1	4:1
li + he	75	75	93	85	96	96	66	70	60	69	70	70			92		93	90	94	98
le	2	5	1	4	4	2	8	6	10	8		2			3		2	1	2	
me	23	20	6	11		2	26	24	30	23	30	28			5		5	9	4	2

análises de frações grosseiras, entre 125 e 250 micra. Julgou-se que um gráfico para a fração 62-125 micra seria desnecessário por apresentar variações semelhantes mas com fortes deformações devidas a acréscimos substanciais de zircão. Representaram-se nos gráficos os minerais com porcentagens superiores a 1%, excluindo-se ainda aqui as micas e os opacos. Os valores das tabelas

TABELA 1 (continuação)

Fração	SE-1		SE-2		SE-6		AL-1		PE-2		PE-3c		PB-4		PB-3		PB-2		PB-1		RN-1 abc ¹	
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa
Anastásio			38	40	1			1			pr			pr	pr			pr	1	2	1	
Andaluzita	8	27	1	5			1	3			1	1		1	pr	5	5	3	3	4	1	pr
Biotita			(15)	pr			pr	(6)						pr	pr	2	pr					
Brookita	1																					pr
Cianita	2	1	3	2	21	36		1	1	14	4	12	24	49	11	12	4	3	2	2	6	13
Cloritóide	pr																					
Conídon		pr																				
Diásporo																						
Diopsídio																						pr
Dumortierita															pr	pr						
Epídoto																						
Espinélio																						pr
Estaurolita	15	35	8	8	10	16					pr		pr	4	5	6	8	18	6	9		
Granada	pr		pr	pr																		pr
Hornblenda		1											pr	1								
Monazita	pr						8	13	15	18	4	1							pr		12	1
Moscovita			(30)					(5)			(1)	(1)				(pr)	(8)	(pr)				
Rutilo	pr	2	3	5	35	17	1	4	2	1	5	1	5	3	5	1	2	1	4	4	4	4
Sillimanita			3				1	7														pr
Turmalina	8	14	15	10	17	24	1	10	2	12	24	80	8	27	16	66	57	67	50	66	21	60
Xenotima	1			2				pr					pr		pr						pr	pr
Zircão	66	20	28	28	16	7	88	61	80	55	62	5	63	15	63	10	24	8	35	14	54	21
N.º p.t.c.	100	200	100	100	100	200	100	250	200	100	300	200	100	200	400	200	200	100	500	200	700	1100
ZTR	74	36	46	43	68	48	90	75	84	68	91	86	76	45	84	77	83	76	89	84	79	85
o:t	3:1	9:1	40:1	40:1	2:1	1:1	1:1	10:1	4:1	10:1	2:1	4:1	5:1	4:1	1:1	1:1	2:1	1:1	1:1	1:1	2:1	3:1
li + he	60	80	98		85	100	40	45	80	100	8	12	80	90		20	90	90	50	60	80	70
le	2	2			5			10	2		2	3	10		95	70	2				5	20
me	38	18	2		10		60	45	18		90	85	10	10	5	10	8	10	50	40	15	10

também foram recalculados de modo a se omitir os minerais seguramente autógenos como brookita e anatásio.

Os gráficos não expressam as relações da assembléia total. São entretanto informativos na medida em que refletem a importância relativa de cada mineral na fração total, parcialmente reproduzida no intervalo de granulação fixa, tomado como padrão comparativo.

Considerando-se super-abundante o mineral de frequência superior a 50%; abundante entre 10 e 50%; comum entre 2 e 10%; raro entre 0 e 2% e muito raro aquele de ocorrência esporádica em frequência milesimal, e, extraíndo-se uma média de frequências por mineral no conjunto da Tabela 1 poder-se-ia caracterizar os pesados do Barreiras da maneira abaixo:

As Tabelas 2 e 3 reúnem os resultados de análises de pesados recolhidos em ocorrências pouco distanciadas.

TABELA 2
Pesados em sedimentos Barreiras
Amostras pouco distanciadas horizontalmente

	RN-1a		RN-1b		RN-1c	
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa
Anastásio	pr	1	5	1	pr	pr
Andaluzita		pr	1	pr	2	1
Biotita	(pr)					
Brookita	pr					
Cianita	7	10	4	16	7	13
Diopsídio	pr					
Estaurolita	pr		pr			
Granada				pr		
Monazita	14	2	11	pr	10	1
Moscovita	(1)	(4)		(3)	(pr)	(pr)
Rutilo	6	6	3	3	3	2
Sillimanita		pr		pr		
Turmalina	17	40	22	69	25	72
Xenotima			pr	pr		
Zircão	56	41	54	11	53	11
N.º p.t.c.	200	300	300	300	200	500
ZTR	79	87	79	83	81	85
o:t	3:1	7:1	2:1	2:1	2:1	2:1
li + he	80	70	80	20	70	70
le	5	5	5	5	10	20
me	15	25	15	75	20	10

Verifica-se que, comparados nos mesmos intervalos de granulação, as frequências de cada mineral sofrem variações insignificantes. Os dados sugerem que a constância mineralógica para dezenas ou centenas de metros poderão ser confirmadas como regra para o Barreiras o que, de certo modo aumenta a validade dos gráficos das Figuras 1 e 2 como expressão de variações regionais.

As Tabelas 4 e 5 arrolam resultados obtidos em pesados de sedimentos mais antigos e mais modernos que o Barreiras.

A comparação das Tabelas 1 e 4 mostra que no Grupo Barreiras estão ausentes minerais instáveis que podem ser comuns em areias de praias contíguas (caso estudado no Es-

TABELA 3
Pesados em sedimentos Barreiras
Amostras pouco distanciadas verticalmente

Fração	PE-3a		PE-3b		PE-3c	
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa
Anatásio		2	4	pr	pr	
Andaluzita					1	1
Biotita		(pr)				
Cianita		8	6	13	4	12
Estaurolita			pr		pr	
Monazita		pr	9	pr	4	1
Moscovita		(pr)	(pr)	(1)	(pr)	(1)
Rutilo		pr	5	1	5	1
Turmalina		84	40	84	24	80
Zircão		6	36	2	62	5
N.º p.t.c.	2000	200	300	200	300	200
ZTR		90	81	87	91	86
o:t	500:1	20:1	3:1	1:1	2:1	4:1
li + he	100	100	10	35	8	12
le			5	20	2	3
me			85	45	90	85

pirito Santo) tais como epidoto, granada, hiperstênio e titanita. Em acréscimo, a hornblenda, rara no Barreiras, pode ser superabundante em areias recentes.

As Tabelas 1, 4 e 5 ainda revelam que a maturidade, expressa pelas quantidades relativas de minerais ultra-estáveis, é tanto maior quanto mais antigo o sedimento. Os valores médios do índice ZTR (média de duas frações) calculados das Tabelas, são os seguintes:

	ZTR
Sedimentos pré-Barreiras	74
Sedimentos Barreiras	56
Sedimentos de praias recentes	36

PROVÍNCIAS DE MINERAIS PESADOS

Os gráficos de variação das Figuras 1 e 2 para os principais pesados do Barreiras demonstram que, ao longo do percurso Rio de Janeiro-Rio Grande do Norte, qualquer dos minerais pode se tornar abundante e mesmo superabundante, para diminuir radicalmente ou desaparecer em outros trechos. Os minerais mais persistentes geograficamente são também os mais persistentes cronologicamente, zircão, turmalina, rutilo, com o surpreendente acréscimo de andaluzita.

Com base nas variações observadas, é possível dividir a costa oriental brasileira em duas províncias mineralógicas de minerais pesados:

A Província Leste, abrangendo Rio de Janeiro, Espírito Santo e S da Bahia, caracterizada por altas freqüências de andaluzita, monazita e sillimanita, incrementos locais de rutilo, turmalina e zircão e ausência de estaurolita e cianita. A província se associa com áreas-fonte a W, dominadas pelo Complexo granulítico de Jequié, Complexo granítico-migmatítico-pogmatítico do E de Minas Gerais, kinzigitos do Espírito Santo e gnaisses, granulitos e migmatitos do Grupo Paraíba e Grupo Serra dos Orgãos no Estado do Rio de Janeiro.

TABELA 4
Pesados em areias de praia recentes

Fração	ES-19		ES-20		ES-23b		ES-25	
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa
Anatásio	pr	pr	1	3	2	2		
Andaluzita	pr	pr	pr	1	1	17	1	pr
Apatita		pr					pr	pr
Biotita	(5)	(2)	(pr)	(pr)				
Cianita	6	6	2	4	pr		pr	1
Cloritóide	pr	pr						
Coridon		pr				pr		
Diopsídio	pr	pr	pr				pr	2
Epídoto	6	5	pr	4		4	4	3
Espinélio	pr	pr	pr		pr			pr
Estaurolita	2	5	1	4		pr		
Granada	2	5	1	6	5	12	4	10
Hipertênio	1	pr	pr	2	pr	1	3	12
Hornblenda	44	56	8	32	pr	1	15	63
Monazita	3	1	17	4	25	20	14	1
Moscovita	(2)	(1)						
Rutilo	2	1	5	6	9	8	2	pr
Sillimanita	7	10	2	10	12	16	1	3
Titanita	1	1	pr	pr			pr	
Turmalina	2	4	pr	4	1	1	pr	pr
Xenotima	pr	pr						
Zircão	26	6	63	20	45	22	56	4
N.º p.t.c.	23000	15500	200	120	300	200	200	400
ZTR	30	11	68	30	55	31	58	4
or			3:1	5:1	3:1	8:1	5:1	1:4
li + he			10	19	8	7	1	3
le				1	2	3	1	2
me			90	80	90	90	98	95

A Província Nordeste, abrangendo os Estados nordestinos distingue-se pela riqueza em cianita, estaurolita, turmalina e zircão estando empobrecida em andaluzita, monazita e sillimanita. Suas áreas-fonte são constituídas por ectinitos das faixas de dobramento brasileiras do Nordeste, granitos e gnaisses de maciços ou *altos* antigos, pegmatitos da Borborema e sedimentos mesozóicos das bacias do Recôncavo, Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba.

Segue-se uma tentativa de interpretação em termos de proveniência, para as diversas assembléias individualizadas:

Província Leste

Assembléia I - Monazita-sillimanita-rutilo

O grau metamórfico atingido pelos metassedimentos no Cristalino, é o mais alto do esquema barroviano o que explica a abundância de sillimanita e ausência de outros aluminossilicatos nos sedimentos. A análise de pesados no solo residual de micaxisto a 14 km E de Macaé, RJ, forneceu superabundância de sillimanita e biotita, além de quantidades subordinadas

TABELA 5
Pesados em sedimentos Pré-Barreiras

	PrB-1		PrB-2		PrB-3		PrB-4		PrB-5	
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa	Fina	Grossa
Anatásio	2	2			7	pr				
Andaluzita	pr	1								8
Barita		pr		5						
Biotita					(11)	(16)	(38)	(81)	(2)	
Cianita						1				4
Estauroлита	20	33			12	57			1	
Monazita							3		25	9
Moscovita	(2)	(9)			(3)	(12)				
Rutilo	8	2			10	3	2	10	1	4
Siderita	3	7		95						
Sillimanita										
Turmalina	42	52			23	32	2	16	7	48
Zircão	25	2			48	7	93	74	62	23
N. ^o p.t.c.	100	100			100	100	100	100	100	100
ZTR	75	56			81	42	97	100	70	75
or		12:1			7:1	5:1	1:1	20:1	30:1	3:1
li + he		91			60	70	20	15	60	55
le		9			5	10	50	77	5	5
me					35	20	30	8	35	40

de moscovita, rutilo, turmalina e zircão. Rutilo é mineral persistente em terrenos cristalinos mas deve-se observar que é a fase titanada estável em charnockitos e rochas granulíticas, litologia importante no Estado do Rio de Janeiro. Monazita tem origem ainda indefinida. Vlasov (1966) informa que na Índia, ela se encontra primariamente em granulitos e charnockitos enquanto no Brasil está associada a biotita granitos normais. E, embora Derby (*in* Fróes de Abreu 1973) houvesse denunciado a monazita entre os produtos de decomposição de rochas granulíticas no Rio de Janeiro, ainda permanece a sugestão de que, no Brasil, como na Índia, tais rochas granulíticas sejam na realidade metamorfitos de alto grau; charnockitos ou, mais provavelmente, kinzigitos. O gráfico da Província Leste mostra que a monazita ocorre por todo o Barreiras no Rio de Janeiro, Espírito Santo e sul da Bahia, coincidindo com uma faixa de rochas cristalinas charnockíticas e/ou kinzigíticas estendo-se paralelamente a menos de 100 km da costa.

Assembléia II - Andaluzita-monazita-sillimanita

Associação mineralógica típica do Espírito Santo, correlacionável aos granitos, granulitos e kinzigitos do ciclo orogênico brasileiro (Cordani, 1973). Prevaecem portanto as mesmas litologias relacionadas à assembléia anterior. Entre os pesados do Barreiras, adquire aqui grande importância a monazita. Coincidentemente, é no Espírito Santo que os gnaisses kinzigíticos adquirem maior expressão em área de afloramentos junto à costa (Coutinho, 1974) o que reforça o interrelacionamento sugerido na discussão da Assembléia I. Entre os pesados aumentam as concentrações de andaluzita, adiante discutida.

Assembléia III - Andaluzita-sillimanita-turmalina

Esta assembléia se relaciona a kinzigitos e granulitos da costa sul baiana. Afastadas cerca de 100 km do litoral (Cordani, 1973, mapa), afloram rochas granulíticas aqui interpretadas

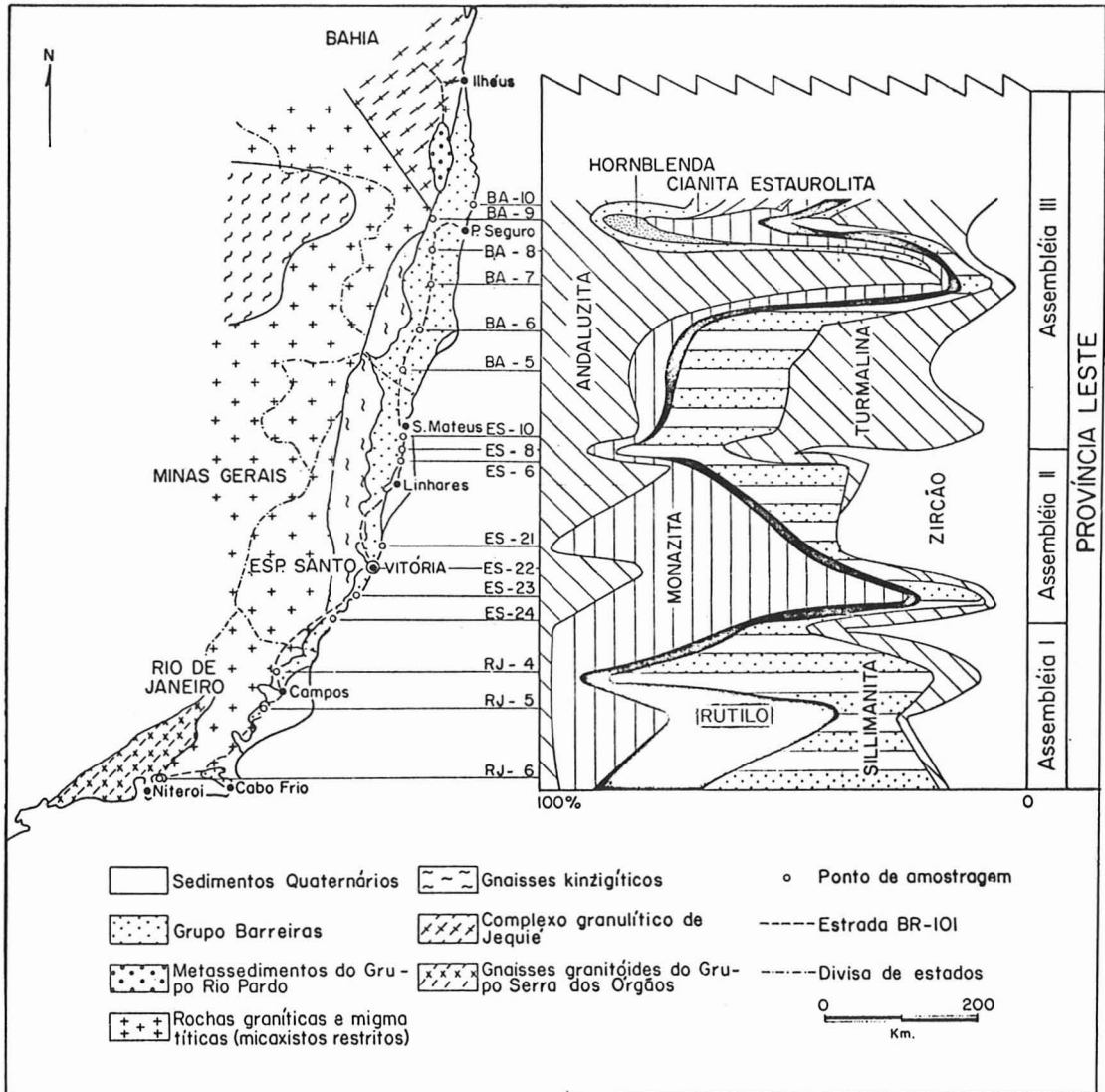


Fig. 1 - Costa Leste, Frequência de Minerais Pesados do Grupo Barreiras e Correlações com Áreas Fontes.

como gnaisses migmatíticos, granitos e alguns ectinitos, em zona rica de pegmatitos. O Grupo Barreiras faz contato direto com tais rochas graníticas pouco ao sul do rio Jequitinhonha, na área em que a assembléia mostra maiores concentrações de andaluzitas (cerca de 80% nos pesados grosseiros). Nesta mesma área é possível também a contribuição de detritos provenientes tanto de metassedimentos epimetamórficos do Grupo Rio Pardo como de rochas do Complexo granulítico de Jequié.

Com o quadro acima, a origem primária da andaluzita permanece obscura e, especialmente problemática se se atentar para sua larga zona de distribuição. Realmente, a andaluzita é tão eclética quanto os minerais ultraestáveis aparecendo sistematicamente concentrada nas frações grosseiras em toda a costa leste brasileira. No Cristalino oriental (*in* Fróes de Abreu, *op. cit.*) são conhecidas ocorrências de andaluzita gemológica em aluviões ou lavras (veios de quartzo, pegmatitos (?)) espalhados pelos vales dos rios: Doce (Santa Tereza e Itaguaçu, ES), Mucuri (Teófilo Otoni, MG) e Jequitinhonha (Minas Novas MG, Barra da Salina MG, Araçuaí MG e Itinga MG), estando as ocorrências do vale do Rio Doce situadas muito próximas da borda

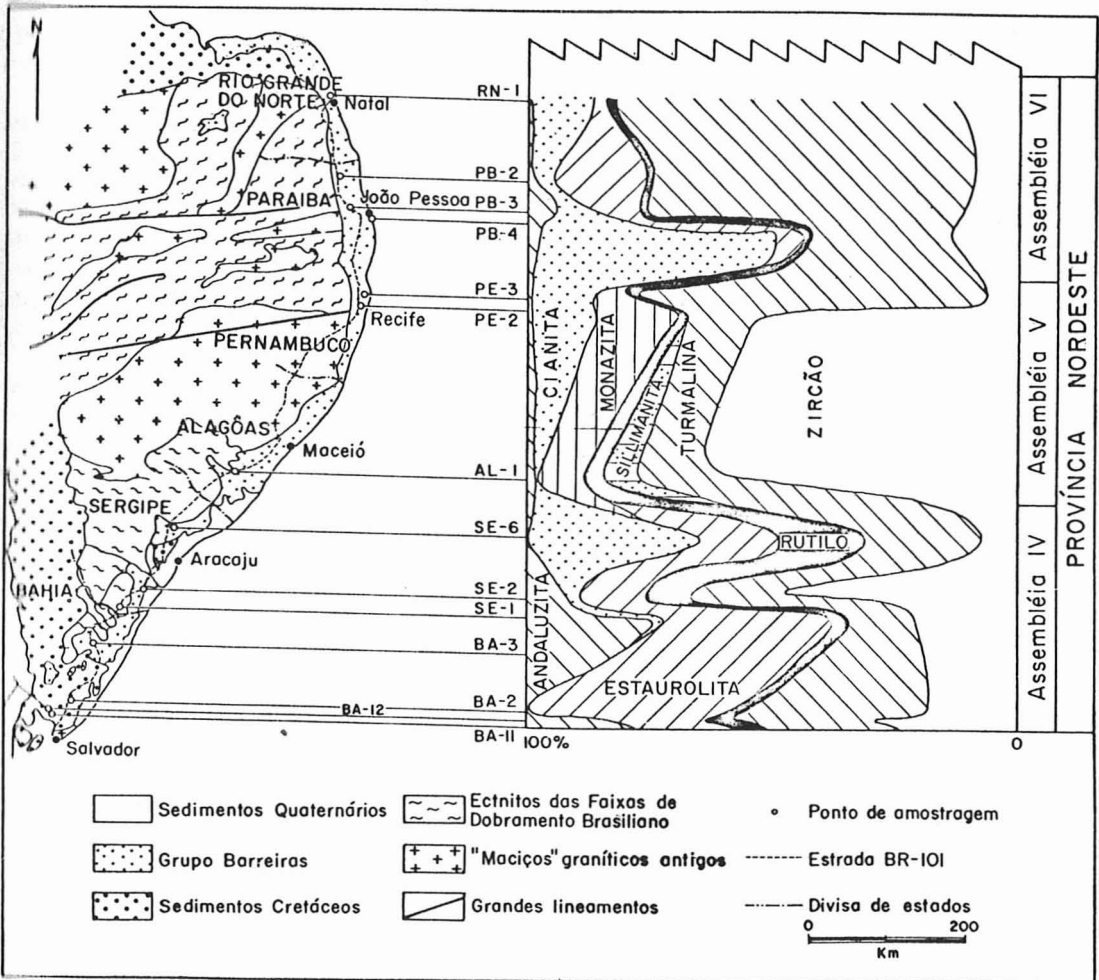


Fig. 2 — Costa Nordeste, Frequência de Minerais Pesados do Grupo Barreiras e Correlações com Áreas Fontes.

ocidental do Barreiras.

Certamente, ocorrências primárias locais como pegmatitos, veios e, talvez, auréolas de contato não respondem pela larga distribuição de andalusita no Barreiras. É provável que os veios sejam antes, produtos de diferenciação metamórfica de rocha regional evoluída segundo modelo especial de série facial ainda não reconhecida no leste brasileiro. Um tal modelo já foi reconhecido no Nordeste em litologias da *Série Seridó* onde os autores (Mello e Mello, 1974), o atribuem a metamorfismo regional de baixa pressão.

Provincia Nordeste

Assembléia IV - Andalusita-cianita-estauroлита-turmalina

Esta assembléia está ligada primariamente aos ectinitos da faixa de dobramento sergipana e, secundariamente aos sedimentos mais antigos e retrabalhados das bacias do Recôncavo e Sergipe-Alagoas. Excluída a já discutida andalusita, os restantes minerais formam um conjunto de pesados estáveis compatíveis com ectinitos pelíticos bem como com veios e pegmatitos (turmalina). Interessante notar aqui a substituição de cianita por estauroлита em assem-

bléias oriundas de região mais ao norte, sugerindo aumento de grau metamórfico nos ectinitos alimentadores. Como curiosidade, assinala-se entre os pesados muito raros do Recôncavo, o mineral diásporo, já reconhecido há mais de um século (Damour, 1856) em aluviões diamantíferos da Chapada e reencontrado por Branner (1911). O mineral parece associar-se a corindon e teria origem primária provável em rochas aluminosas como esmeril, agalmatolito e até, possivelmente kinzigitos (Coutinho, 1974, assinala corindon).

Assembléia V - Monazita-sillimanita-turmalina-zircão

Esta associação é francamente dominada pelo zircão e origina-se claramente do *alto* granítico Pernambuco-Alagoas. O mineral citado e possivelmente a monazita estão ligados às rochas granitóides da área. Cianita, sillimanita e turmalina em bem menores proporções, originam-se presumivelmente de ectinitos e pegmatitos de faixas contornando o maciço. O zircão, além de se concentrar excepcionalmente, está em grande parte conservado como cristais idiomórficos pouco arredondados, o que evidencia transporte de áreas próximas. Na zona de Olinda Pe, onde termina o *alto* também diminui drasticamente a freqüência de zircão na fração grosseira.

São provenientes de Recife e Olinda as amostras analisadas por Mabesoone (1968) e Mello e Fonseca (1962) nos dois únicos trabalhos que abordam os pesados do Barreiras no leste brasileiro. As duas localidades foram reamostradas no presente trabalho, não tendo sido possível reproduzir inteiramente os resultados obtidos por aqueles autores, apesar da reprodutibilidade em amostras pouco distanciadas estar indicada nas Tabelas 2 e 3. As amostras PE-3 (próximas à Fábrica Poty, Paulista) deram resultado mais próximos dos obtidos por Mello e Fonseca (*op. cit.*) se se descontar discrepâncias na metodologia empregada e uma troca de identificação (cianita por tremolita). Já as análises de Recife, de Mabesoone (*op. cit.*), quando comparadas com as PE-2 deste trabalho são qualitativa e quantitativamente muito diferentes. Nas 13 análises de Mabesoone (*op. cit.*) está ausente a monazita e comparecem em teores variáveis, minerais altamente instáveis e improváveis no Barreiras, tais como; anfibólio, alcali-anfibólio, epidoto, augita e hiperstênio. A assembléia, segundo Mabesoone, (*op. cit.*) ainda se caracteriza pela, por vezes, alta freqüência de topázio (?). Com excessão da hornblenda, nenhum destes minerais foi encontrado no presente estudo, há não ser como possíveis e esporádicas contaminações de campo ou laboratório. Questiona-se especialmente a validade da identificação de topázio e hiperstênio, minerais facilmente confundidos com andaluzita em investigação superficial.

Assembléia VI - Cianita-estaurolita-turmalina

O Barreiras desta assembléia tem a oeste os ectinitos das faixas de dobramento do centro-oeste pernambucano, sul e nordeste paraibano, corpos granítico e migmatíticos do embasamento, sedimentos da bacia Pernambuco-Paraíba e os pegmatitos da Borborema.

A última litologia explica o forte incremento de turmalina que, como acontecia com o zircão na assembléia anterior, comumente exhibe formas próprias pouco arredondadas, evidência de transporte a pequenas distâncias. Também a estaurolita e a cianita têm sua presença justificada na abundância de ectinitos nas áreas ocidentais.

RELAÇÕES DO BARREIRAS COM O CRISTALINO, SEDIMENTOS PRÉ-BARREIRAS E RECENTE

No litoral do Espírito Santo foram examinados os minerais pesados de 3 praias (Barra do Riacho, Guarapari e Marataizes) e uma extensa faixa de cordões e praias junto à foz do Rio Doce (Tab. 4). Nas primeiras praias, o Barreiras está exposto em erosão à beira-mar juntamente com o Cristalino formado essencialmente de kinzigitos e algum charnockito. Na foz do Rio Doce, o embasamento, com idêntica litologia, aflora a algumas dezenas de km da linha de costa (Coutinho 1974 a e b).

Kinzigitos e charnockitos contribuem com biotita, granda, diopsídio, hiperstênio, rutilo e sillimanita na formação das assembléias recentes. Hornblenda charnockitos, anfíbolitos e rochas calcossilicáticas seriam responsáveis pela presença de hornblenda, epidoto e titanita. O Barreiras forneceria às praias, pelo menos parte de: anatósio, andaluzita, cianita, espinélio, es-

tauroлита, monazita, turmalina, xenotima e zircão. Na foz do Rio Doce esta mistura é muito menos evidente sendo a assembléia nas areias recentes constituída quase exclusivamente de posados típicos do Cristalino. O fato se explicaria não só pelo afastamento do Barreiras da costa, como também pela formação de um delta erigido com detritos carreados apenas pelo Rio Doce, o qual drena amplamente o Pré-cambriano a oeste e atravessa o Barreiras como canal único.

O Cristalino deveria fornecer também ao Barreiras os minerais típicos menos estáveis, acima indicados. Todavia o que se verifica é que neste sedimento, alguns são raros (hornblenda), outros, muitos raros (granada, diopsídio, epidoto) e outros ainda, praticamente inexistentes (hiperstênio, titanita). Certamente o fato se deve à pouca estabilidade química dos mencionados minerais tendo eles sido destruídos ou nas áreas-fonte (intemperismo) ou nos sedimentos já depositados (soluções intra-estratais).

A primeira hipótese encontra apoio na origem, aceita por Mabesoone *et alii* (1972) para o sedimento Barreiras, isto é: remoção de capas de solos lateríticos espessos, formados em época de estabilidade tectônica e climática. De fato, alguns daqueles minerais, especificamente a granada, situam-se muito baixo na escala de estabilidade em solos (Dryden e Dryden, 1946). Contudo, alguns outros, como estauroлита, também instáveis ao intemperismo, são comuns no Barreiras, o que torna a explicação, discutível, em pormenor.

A segunda hipótese, de dissolução intra-estratal, é mais favorecida pelo fato de os mesmos minerais instáveis aparecerem abundantemente nas praias atuais. Proviriam da erosão de pontas cristalinas frescas em praias ou de áreas mais longínquas de detritos canalizados por rios volumosos (Rio Doce).

A seqüência de índices ZTR gradualmente decrescente do pré-Barreiras até o Recente indica realmente a efetividade de processos de dissolução intraestratal (Pettijohn, 1957). Deve-se admitir para isso, que a litologia alimentadora pré-cambriana tenha se conservado constante desde o Terciário. A aceitação da explicação encontra um pequeno óbice na raridade, quase inexistência no Barreiras, de feições microscópicas de dissolução superficial de grãos semiestáveis ou instáveis, comuns no pré-Barreiras.

É certo porém, que o grau de persistência dos minerais de acordo com as idades geológicas (pré-Barreiras, mesozóico, até recente) guarda estreita relação com seu grau de estabilidade, o que torna mais provável a atuação dos processos de dissolução intra-estratal.

- AL-1: BR-101, 500m N da Usina Terra Nova. 28km N da entrada para São Miguel, 144km do Rio São Francisco. Corte em arenito argiloso avermelhado.
- HA-2: BR-101, 25km a N do entrocamento com BR-324, 500m a N da entrada para Dias D'Ávila. Barreiras-Marisal indiferenciado. Arenito fino, amarelado contendo banco de argila variegada. Seixos esparsos.
- HA-3: BR-101, 1km a N de Esplanada. Arenito avermelhado coberto por argila variegada e arenito grosseiro.
- HA-5: BR-101, junto ao marco de km 289. Corte em sedimento variegado.
- HA-6: BR-101, junto ao marco de km 361. Corte em sedimento variegado.
- HA-7: BR-101, junto ao marco de km 421, a S do entroncamento para Jurucuçu. Corte em sedimento variegado.
- HA-8: BR-101, junto ao marco de km 491. Corte em sedimento variegado.
- HA-9: BR-101, junto ao marco de km 533. 15km a N de Eunápolis. Corte em sedimento variegado.
- HA-10: Santa Cruz da Cabrália. Chão arenoso claro em estrada erodida no topo da escarpa, a 100m da Igreja dos Pretos.
- HA-11: Estrada S. Salvador-Feira de Santana. Ponte junto ao marco km 18. Corte em sedimento arenoso branco e amarelo claro, grosseiro.
- HA-12: Estrada S. Salvador-Feira de Santana. Marco de km 23. Cortes para exploração ou obras a 50m da estrada. Sedimento branco e variegado.
- FS-2: BR-101, 13km a N de Linhares. Corte em sedimento variegado.

- ES-6: BR-101, 42km a S de São Mateus. Corte em sedimento variegado.
- ES-8: BR-101, 27km a S de São Mateus. Corte em sedimento variegado.
- ES-11: BR-101, 4km a S de São Mateus. Corte em sedimento variegado.
- ES-22ab: BR-101, contorno de Vitória. Primeiros afloramentos em cortes do Barreiras a W do entroncamento Norte de Vitória. ab é média de duas amostras separadas horizontalmente 30m, sendo a; areia argilosa variegada muito rica em monazita e, b; areia caulínica branca, enriquecida em andaluzita, anastázio e sillimanita. Possível falha entre a e b.
- ES-23a: Praia. Ponto a 3km a S da cidade de Guarapari e 50m da linha de maré é uma escavação em areia e microconglomerado claro.
- ES-24: BR-101, Marataizes. Corte em sedimento variegado a 8km da BR-101.
- PB-1: BR-101, 14km S da ponte sobre o Rio Curimatã. Areia sobreposta ao Barreiras para Maranguape. Arenito amarelo claro, médio. Topo de argila variegada.
- PB-3: BR-101, 12km a S da entrada para Maranguape. Amostras de 2 níveis em arenito fino amarelado, sotoposto a arenito médio avermelhado e capeados por argila variegada.
- PB-4: Praia em Cabo Branco, a S de João Pessoa. Falésia atingida por maré alta. Arenito amarelado médio a fino com argila variegada e conglomerado.
- PE-2: BR-101, 1km a N da entrada norte de Recife. Bairro de Macaxeiras. Arenitos médio avermelhado com intercalações de argila variegada.
- PE-3: PE-3a, PE-3b e PE-3c são três níveis distanciados verticalmente em cerca de 3-5m entre si (a topo, b; base) em corte próximo à Fábrica Poty, Paulista, Olinda.
- RJ-4: BR-101, 45km S do trevo de saída para Mimoso. Corte em sedimento arenoso róseo.
- RJ-5: BR-101, 16km a S da ponte sobre o Rio Paraíba na cidade de Campos. Posto de Polícia Rodoviária. Corte em sedimento argiloso variegado.
- RJ-6: BR-101, 2km a SW do centro da cidade de Itaboraí. Escavação para exploração de argila variegada. Amostras de material arenoso claro.
- RN-1abc: Estrada Natal-Macaibas. Corte em sedimento arenoso. a; ponte sobre o Rio Potengi, mais 900m rumo Macaibas. b; idem, mais 1900m. c; idem, mais 2100m.
- SE-1: BR-101 - Entrada para Cristianópolis. Corte em arenito médio, vermelho amarelado, com seixos de quartzo.
- SE-2: BR-101, 19km a N de Estância. Arenito médio amarelado. Argila variegada no topo do corte.
- SE-6: BR-101, junto à entrada para Carmópolis. Corte em arenito claro, coberto por argila variegada.

Sedimentos Pré-Barreiras

- PrB-1: Estrada São Salvador-Feira, marco km 30 mais 800m. Corte em arenito branco ou amarelo claro, estratificação inclinada, sobreposto a;
- PrB-2: Mesmo local. Folhelho verde, também inclinado.
- PrB-3: BR-101 junto à ponte sobre o Rio Joanes, 14km a N do entroncamento com BR-324 (S. Salvador-Feira Santana). Arenito róseo claro, levemente inclinado, da Formação São Sebastião. Argila variegada, intercalada.
- PrB-4: BR-101, 65km a S de Maceió. Lente de arenito amarelado médio, intercalado no conglomerado Carmópolis.
- PrB-5: BR-101 junto à entrada para Paulista. Formação Beberibe (?). Arenito branco capeado por argila variegada e arenito amarelo.

Sedimentos Recentes de Praias

- ES-19: 182 amostras e cerca de 500 preparados de areias superficiais no delta do Rio Doce, desde Conceição da Barra do Riacho. (120km)
- ES-20: Praia em Barra do Riacho.
- ES-23b: Praia em Guarapari. Ponto a 3km do centro da cidade.
- ES-25: Praia na cidade de Marataízes. Ponto junto a pequena igreja no lado N.

BIBLIOGRAFIA

- WHANNER, J. C. - 1911 - The minerals associated with diamonds and carbonados in the State of Bahia, Brazil. *American Journal of Science*, New Haven, 31:480-90.
- COUTINHO, J. M. V. - 1974a - O pré-cambriano do vale do rio doce como fonte alimentadora de sedimentos costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28^a, Porto Alegre - *Resumo das Comunicações*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia.
- _____ - 1974b - Os minerais pesados de areia na foz do rio doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28^a, Porto Alegre - *Resumo das Comunicações*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia.
- LOHDANI, U. G. - 1973 - *Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil entre Salvador e Vitória*. Tese (Livr. Doc.) - Instituto de Geociências da USP, São Paulo.
- DAMOUR, A. - 1856 - Nouvelles recherches sur le sable diamantifères. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris, 13:542.
- DRYDEN, L. & DRYDEN, C. - 1946 - Comparative rates of weathering of some common heavy minerals. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 16:91-6.
- FIOES DE ABREU, S. - 1973 - *Recursos Minerais do Brasil*. 2.ed. São Paulo, USP.
- MAHESSONE, J. M. - 1968 - Minerais pesados dos sedimentos do Grupo Barreiras em Pernambuco, Brasil. *Geologia Internacia*, Praha, 1:37-43.
- _____ & CAMPANHA, V. A. - 1974 - Sinopse da estratigrafia das sequencias sedimentares do nordeste brasileiro. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, 2:7-23.
- _____, CAMPOS E SILVA, A.; BEURLEN, K. - 1972 - Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 2:173-88.
- MELLO, A. & FONSECA, Z. - 1962 - Contribuição ao estudo petrográfico sedimentológico da formação Barreiras em Pernambuco. *Arquivos de Geologia da Universidade de Recife*, Recife, 3:55-71.
- _____ & MELLO, Z. F. - 1974 - Metamorphic zoning in the Seridó region, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 4:1-14.
- PETTITJOHN, F. J. - 1957 - *Sedimentary rocks*. 2.ed. New York, Harper.
- VLASOV, K. A. - 1966 - *Mineralogy of rare elements*. Jerusalem, Israel Program of Scientific Translations. v. 2.