

Petrografia, química mineral e litoquímica de diques máficos cambrianos do extremo oriental do estado da Paraíba

Vidyã Vieira Almeida¹ & Maria Helena Bezerra Maia Hollanda¹

Resumo O enxame de diques máficos da região de Itabaiana (PB) está geologicamente inserido no domínio da Zona Transversal, na porção oriental da Província Borborema. Compreende dois conjuntos individualizados de diques deci- a centimétricos em largura, que ocorrem afastados cerca de 40 km. Suas características geoquímicas permitiram classificá-los como basaltos a andesitos, incluindo predominantemente basaltos andesíticos sub-alcálinos, com afinidade toleítica. De forma geral, os diques apresentam associação mineral dominada por plagioclásio labradorita, titano-augita (por vezes com lamelas de pigeonita) e olivina (Fo₇₆₋₈₄), os quais compõem a matriz, também ocorrendo como microfenocristais. Feições de alteração tardi-magmática são comuns nos diques, as quais são representadas por neoformação de fases minerais secundárias como iddingsita, bowlingita e carbonato. O padrão geoquímico para elementos menores (traços e terras-raras) mostra enriquecimento moderado em Rb, Ba, Th, K e terras-raras leves, e em menor proporção em Zr, Hf, Ti, em relação ao condrito. Pequenas diferenças em termos de fracionamento (La/Yb)_N nos espectros ETR sugerem variações nas taxas de fusão parcial da fonte que pode tentativamente ser admitida como o manto litosférico.

Palavras-chave: Província Borborema, Zona Transversal, Cambriano, Magmatismo Máfico.

Abstract *Petrography, mineral chemistry and lithochemistry of Cambrian mafic dykes from Paraíba State (NE Brazil).* The Itabaiana mafic dike swarm (Paraíba State) is inserted in the Transversal Zone domain at eastern Borborema Province (NE Brazil). It comprises two dike sets of deci- to centimetric dimension in width, which are c. 40 km far from. Dikes are geochemically basalts to andesites, but dominantly including andesite basalts with sub-alkaline, tholeiitic affinity. As a whole, the mineralogical assembly is represented by labradorite, titano-augite and olivine (Fo₇₆₋₈₄), which occur as fine-grained groundmass as well microfenocristals. Iddingsite and bowlingite are pervasive secondary mineral phases replacing olivine and pyroxene. Carbonate occurs filling vesicles, and is also a common mineral phase in the studied dikes. Minor and rare earth spectra are similar for all dikes, and are characterized by moderate, chondrite-related, enrichment in Rb, Ba, Th, K and light rare earth elements, and in minor extent in Zr, Hf and Ti. Differences in respect to (La/Yb)_N ratios suggest small variation in partial melting rates from a common source that could be lithospheric mantle.

Keywords: Borborema Province, Transversal Zone, Cambrian, Mafic Magmatism.

INTRODUÇÃO A existência de enxames de diques máficos nas imediações da cidade de Itabaiana (PB) foi inicialmente cartografada por estudantes de Geologia da UFPE (1980), em trabalho de mapeamento geológico conduzido pelos professores B. B. Brito Neves, R. Pessoa e P. Gomes. Na época, a interpretação conferida a tal magmatismo era de um evento cretácico, provavelmente correspondendo à extensão meridional do magmatismo Rio Ceará-Mirim (Bellieni *et al.* 1992; Hollanda *et al.* 2006), contemporâneo à abertura do Rift Potiguar (estado do Rio Grande do Norte). Informações detalhadas acerca de suas características petrográficas, litoquímicas, geocronológicas ou de qualquer outra natureza não constituíram objetivo daquele reconhecimento inicial. Em trabalhos de campo recentes, B. B. Brito Neves individualizou dois sítios de ocorrência de diques máficos na referida região: Fazenda Cajazeiras, oeste da cidade de Itabaiana, e Fazenda Maravilha, aproximadamente 40 km a norte dessa cidade, nas

imediações do povoado de Mulungu (área localizada na Fig. 1). A cartografia detalhada desses corpos é especialmente dificultada por não terem expressão topográfica e por apresentarem espessura na ordem de valores deci- a centimétricos. Características de campo comuns observadas nos dois sítios de ocorrência consistem em: (i) os diques estão geograficamente situados próximos às bordas de dois grábens terciários – Cariatá e Miriri (B. B. Brito Neves, comun. verbal), e (ii) estão alinhados segundo *trend* WNW-ESE (110°-125° Azimute), seccionando a estruturação regional impressa em ortognaisses e rochas supracrustais que representam seu embasamento.

O primeiro estudo direcionado aos diques da região de Itabaiana, especificamente aqueles da Fazenda Cajazeiras, foi a datação radiométrica pelo método ⁴⁰Ar/³⁹Ar realizada pelo Dr. Paulo Vasconcelos. Os alvos foram duas amostras cedidas por B. B. Brito Neves, cujas idades definem platôs em c. 525 Ma. Essa infor-

1 - Universidade São Paulo, IGc., Depart.Mineralogia e Geotectônica, S. Paulo (SP), Brasil. E-mail: vidya_va@msn.com; hollandaa@usp.br

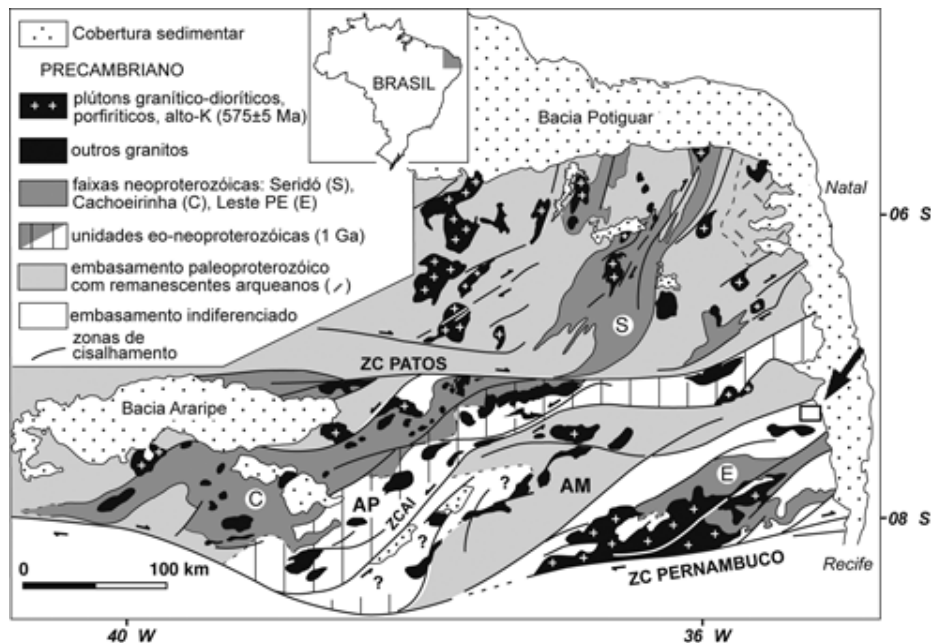


Figura 1 - Mapa geológico simplificado da porção oriental da Província Borborema, destacando os domínios estruturais Rio Grande do Norte, a norte do Lineamento Patos, e Zona Transversal, a qual engloba os domínios Alto Pajeú (AP) e Alto Moxotó (AM), entre os lineamentos Patos e Pernambuco. O quadrado à direita da figura (indicado pela seta) localiza a área de ocorrência dos diques.

mação cronológica instigou uma equipe de pesquisadores do Instituto de Astronomia, Meteorologia e Geofísica (IAG) da USP, a executar levantamento paleomagnético sistemático nos diques com intuito de estabelecer um pólo para o Gondwana durante o Cambriano. Dados geocronológicos e discussão sobre a paleogeografia do Gondwana obtidos a partir desses diques máficos estão publicados em Trindade *et al.* (2006).

Apesar do acervo de dados qualitativos específicos, geocronológicos e paleomagnéticos, informações básicas incluindo aspectos petrográficos e litoquímicos não estavam, até o momento, disponíveis. Dada sua importância como um dos poucos exemplos conhecidos de magmatismo cambriano e, em adição, de natureza básica na Província Borborema, esse artigo reúne dados petrográficos (incluindo química mineral) e litoquímicos sobre os diques máficos da região de Itabaiana, com intenção de ampliar o volume de informações geológicas para este magmatismo fissural. Tal estudo foi conduzido no mesmo conjunto de amostras utilizado para análise paleomagnética, cujas coordenadas geográficas estão listadas na tabela 1.

CONTEXTO GEOLÓGICO A Província Borborema, definida inicialmente por Almeida *et al.* (1977), é uma entidade geotectônica constituída por seqüências supracrustais meso- e neoproterozóicas, separadas entre si por blocos de embasamento gnáissico-migmatítico paleo- a mesoproterozóicos. Toda a província foi intensamente retrabalhada durante a orogênese Brasileira, cuja principal feição geológica constitui um mosaico de zonas de cisalhamento E-W e N-NE, associado a volumoso magmatismo bimodal. Após o Precambriano,

Tabela 1 - Coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos diques máficos estudados.

SÍTIO/dique	Coordenada	Latitude	Longitude
SÍTIO I		35° 24' 135" S	07° 20' 337" W
Inclui os diques CAJ-01 a CAJ-07			
SÍTIO II		35° 24' 173" S	07° 20' 310" W
Inclui os diques CAJ-08 e CAJ-09			
SÍTIO III		35° 22' 510" S	07° 19' 970" W
Inclui os diques CAJ-10 a CAJ-12			
SÍTIO IV		35° 22' 443" S	07° 19' 969" W
Inclui somente o dique CAJ-13			
SÍTIO V		35° 22' 311" S	07° 20' 102" W
Inclui os diques CAJ-14 a CAJ-18			
SÍTIO VI		35° 24' 198" S	07° 20' 309" W
Inclui os diques CAJ-19 e CAJ-20			
SÍTIO VII		35° 26' 564" S	07° 01' 676" W
Inclui os diques MR-01 a MR-08			

especificamente no período transicional entre Proterozóico-Fanerozóico, a província foi afetada por atividade magmática representada por derrames, enxames de diques e plútons, ácidos a básicos, geneticamente relacionados (ou não) ao desenvolvimento de bacias intracratônicas (Brito Neves 1988). Dentre as poucas ocorrências recentemente cartografadas está incluído o enxame de diques máficos de Itabaiana, geologicamente inserido dentro dos limites do Terreno Alto-Moxotó (TAM), embasamento paleoproterozóico (*c.* 2,0-2,2 Ga) de alto grau que aflora na porção oriental da Zona Transversal

(Santos 1995; Brito Neves *et al.* 2001a, b) (Fig. 1).

A porção oriental da Zona Transversal – o Terreno Alto Moxotó A sub-província Zona Transversal inclui várias seqüências supracrustais de idades meso- (c. 1,0 Ga) e neoproterozóicas (c. 0,6 Ga) atribuídas, respectivamente, à atuação dos eventos Cariris Velhos e Brasileiro (Brito Neves *et al.* 1995). O TAM é constituído por ortognaisses graníticos a tonalíticos, frequentemente migmatizados, com intercalações de rochas anfibolíticas, cálcio-silicatadas, pelíticas e mesmo ultramáficas, de idade paleoproterozóica, e supracrustais mesoproterozóicas (Fernandes 1997). Todo esse conjunto litológico está agrupado em duas unidades estratigráficas maiores: (i) Complexo Floresta, constituído predominantemente por metaplutônicas, e (ii) Complexo Sertânia, compreendendo essencialmente metassedimentos aluminosos e metavulcânicas (Santos 1996, 1999). Plútons granitóides neoproterozóicos intrudem indiscriminadamente ambas as unidades.

O Complexo Floresta reúne metaplutônicas com anfibólio±biotita, de composição predominantemente quartzodiorítica e tonalítica, com intercalações de rochas metamáficas anfibolitizadas (Santos 1995). Segundo E.J. Santos, suas características e relações estratigráficas com seqüências metavulcanossedimentares proximais (Serra do Sítio, Lagoa das Contendas) sugerem que esse complexo representaria o “...testemunho de uma antiga microplaca, desmembrada por processos tafrogenéticos e orogênicos subsequentes”. O Complexo Sertânia, por sua vez, foi descrito originalmente por Santos (inédito) e representa a unidade típica do TAM, ocorrendo estritamente neste terreno. Constitui uma seqüência predominantemente sedimentar com um componente vulcânico subordinado, metamorfsada em condições de fácies anfibolito superior. Em sua área-tipo é composto por granada-biotita (± sillimanita) paragneisses com intercalações de mármore, quartzitos, rochas calciosilicáticas e anfibolitos, variavelmente migmatizados (Santos *et al.* 2004).

Idades U/Pb SHRIMP em zircões detríticos de metapelito do Complexo Sertânia mostraram estreita concordância com as idades obtidas para uma rocha vulcanoclástica deste mesmo complexo e um ortogneisse do Complexo Floresta (Santos *et al.* 2004). Tanto o ortogneisse como a unidade vulcanoclástica possuem idades em torno de 2,0 Ga, coerentes com as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2,2-1,95 Ga obtidas nos zircões detríticos do metapelito Sertânia. Segundo aqueles autores, essa coincidência sugere que: (i) ambos os complexos compartilhariam uma história evolutiva comum, pré-evento Cariris Velhos, e (ii) uma fonte potencial para os sedimentos Sertânia seria o próprio complexo de embasamento Floresta, paleoproterozóico. Essa última indicação seria endossada pela análise morfológica dos zircões detríticos que aponta para uma fonte ígnea homogênea, proximal (zircões prismáticos, com pouco arredondamento). Idades modelo Sm-Nd também são coerentes, em torno de 2,7 Ga (Brito Neves *et al.* 2001b).

Ao TAM é atribuída uma evolução policíclica,

a qual teria culminado com expressiva granitogênese e intenso retrabalhamento tectono-termal durante o Ciclo Brasileiro (630-570 Ma). A deformação que acompanhou o alojamento dos magmas nesse período geológico teria moldado toda trama estrutural do TAM, bem como de toda a Província Borborema, convergindo para as grandes zonas de cisalhamento de direção NE-SW e E-W (Archanjo *et al.* 2002).

PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL O exame de diques máficos de Itabaiana apresenta *trend* geral WNW-ESE (raramente N-S), e espessuras variando entre 15 centímetros até 1 metro (Fig. 2). Ma-



(A)



(B)

Figura 2 - Aspectos de campo dos diques máficos da região de Itabaiana. Em (A) dique intrusivo no embasamento gnáissico, cortando ortogonalmente a estrutura regional, e (B) dique com xenólitos da rocha gnáissica encaixante. Em ambas as fotos os diques mostram margens de resfriamento.

croscopicamente, os diques têm aspecto fresco, sem quaisquer evidências visíveis de alterações supergênicas ou hidrotermal. Apresentam coloração escura dada por matriz predominantemente afanítica (por vezes fanerítica fina), a qual pode envolver microfenocristais isolados de plagioclásio e fases minerais máficas. É comum a presença de margens de resfriamento, indicando nível raso de intrusão.

A proporção modal de microfenocristais e matriz foi estimada mediante análise visual e contagem automática de pontos em apenas algumas amostras; os dados são apresentados na tabela 2. Microfenocristais são representados essencialmente por plagioclásio (4-5%, em duas amostras), piroxênio (em torno de 1%, em apenas uma amostra) e olivina (em torno de 2%, também em apenas uma amostra). A matriz, em todas as amostras investigadas, é composta por plagioclásio, piroxênio e menores proporções de óxidos de Fe-Mg-Ti e vidro.

As características petrográficas observadas nas seções delgadas investigadas permitiram, *a priori*, subdividir os diques máficos em três grupos. Essa subdivisão é especialmente fundamentada na presença (ou não) de microfenocristais e sua tipologia. Os grupos foram definidos como diques contendo as associações de: (1) microfenocristais de plagioclásio+clinopiroxênio+olivina, (2) microfenocristais de olivina(±ortopiroxênio) e (3) diques faneríticos. Essa classificação traz implícita uma clara distinção composicional entre os diques dos grupos (1) e (2), ao menos em termos de teores de Ca. A seguir estão descritos os principais aspectos petrográficos dos diques, incluindo alguns dados de química

mineral, os quais foram medidos em núcleos e bordas de microfenocristais e em micrólitos da matriz. Tendo em vista o grau variável de alteração evidente somente após o estudo microscópico, a obtenção dos dados de química mineral restringiu-se a um conjunto de seis amostras, onde as texturas/aspectos primários estão melhor preservados. A variação completa da composição das principais fases minerais observadas (matriz e microfenocristais) é apresentada nas tabelas 3.(A, B, C, D).

Diques contendo microfenocristais de plagioclásio+olivina±clinopiroxênio

Este grupo compreende parte dos diques máficos que ocorrem na Fazenda Cajazeiras – CAJ-01 a -7, CAJ-10 e CAJ-19. Apresentam matriz inequigranular fina (0,2 a 0,8 mm), predominantemente constituída por cristais euédricos a subeuédricos de plagioclásio e clinopiroxênio e, em menor proporção, olivina; vidro e óxidos de Fe-Mg-Ti ocorrem nos interstícios entre esses cristais. A textura geral é intergranular-intersertal, sem orientação de fluxo evidente; exceção é o dique CAJ-04, onde a forte orientação determinada especialmente pelos micrólitos de plagioclásio caracteriza textura traquítica (Fig. 3.A). Plagioclásio, na matriz, tem An_{50-60} (labradorita) (Fig. 4.A), e comumente apresentam morfologia tipo *swallow-tail*, tipicamente relacionada a resfriamento rápido. Clinopiroxênio tem $Wo_{43-47}En_{34-36}Fs_{17-23}$ (Fig. 5.A), indicando uma estreita variação composicional entre diopsídio e titanogita ($TiO_2 > 2\%$).

Microfenocristais de plagioclásio estão perva-

Tabela 2 - Estimativa das proporções modais das fases minerais constituintes (microfenocristais e matriz) em alguns dos diques máficos das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

Dique	CAJ-01	CAJ-02	CAJ-03*	CAJ-04	CAJ-05	CAJ-06	CAJ-10*	CAJ-11	CAJ-12*	CAJ-15*	MR-01	MR-03	MR-04*	MR-05	MR-07	MR-08
<i>Microfenocristal</i>																
Plagioclásio	35	35	35	35	10	20	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olivina	55	55	50	60	40	70	15	100	100	70	-	-	-	-	-	-
Piroxênio	10	10	15	5	50	10	15	-	-	30	-	-	-	-	-	-
<i>Matriz</i>																
Plagioclásio	55	60	40	55	55	50	50	60	40	45	65	70	55	70	75	60
Olivina	5	5	5	5	5	10	10	5	10	5	5	<5	<5	<5	5	<5
Piroxênio	10	15	20	15	10	20	25	20	35	35	<5	5	35	5	<5	5
Vidro+opacos	10	5	15	5	15	5	10	5	10	10	5	5	5	5	5	10
Fases secundárias	20	15	20	20	15	15	5	10	5	<5	20	20	5	20	15	20

Todos os valores são dados em percentagem.

* amostras cuja proporção modal foi estabelecida por contagem automática.

Tabela 3.A - Composições químicas de plagioclásio (fenocristais e matriz) em amostras de diques das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

Dique	CAJ-03		CAJ-05						CAJ-12							
Análise	1	2	1		2		3		1	2	3	4	5	6	7	8
	matriz	matriz	fenocristal		fenocristal		fenocristal		matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
			<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>								
SiO ₂	47,25	46,14	46,55	46,39	47,30	46,63	46,12	47,71	53,27	52,38	53,53	52,72	53,00	52,55	51,38	52,32
TiO ₂	2,58	3,28	3,16	2,67	2,48	2,30	2,91	1,53	0,51	0,45	0,37	0,39	0,23	0,60	0,54	0,68
Al ₂ O ₃	4,38	6,56	5,79	5,94	6,08	5,91	6,17	5,18	2,23	2,08	1,85	2,08	2,48	2,22	1,96	2,22
FeO _t	13,16	9,53	10,92	10,72	9,27	9,35	10,54	10,47	12,38	14,76	11,49	13,47	11,78	14,20	16,11	14,41
Cr ₂ O ₃	0,09	0,17	0,11	0,13	0,21	0,14	0,32	0,05	0,38	0,06	0,34	0,21	0,46	0,12	0,00	0,06
MnO	0,30	0,19	0,17	0,14	0,20	0,17	0,16	0,14	0,18	0,32	0,23	0,27	0,26	0,32	0,28	0,26
MgO	11,14	11,74	12,05	11,92	12,75	13,61	12,20	14,08	27,47	23,11	28,00	25,68	26,89	24,48	22,04	23,36
CaO	19,66	20,93	21,26	21,41	20,91	20,54	20,34	18,42	3,65	5,77	3,21	4,52	3,70	4,75	6,48	5,39
Na ₂ O	0,69	0,60	0,59	0,62	0,55	0,55	0,60	0,53	0,11	0,12	0,08	0,12	0,12	0,10	0,18	0,14
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,94	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03
Total	99,24	99,15	100,61	99,95	99,75	99,19	99,36	99,03	100,19	99,06	99,10	99,47	98,94	99,34	98,98	98,88
TSi	1,81	1,75	1,74	1,74	1,77	1,75	1,74	1,79	1,90	1,93	1,92	1,91	1,91	1,92	1,90	1,93
TAl	0,20	0,25	0,26	0,26	0,23	0,25	0,26	0,21	0,09	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,07
TFe ₃₊	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
M1Al	0,00	0,04	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02
M1Ti	0,07	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
M1Fe ₃₊	0,09	0,07	0,12	0,14	0,09	0,15	0,11	0,19	0,07	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,08	0,02
M1Fe ₂₊	0,20	0,13	0,12	0,11	0,09	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M1Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
M1Mg	0,64	0,66	0,67	0,67	0,71	0,76	0,69	0,75	0,91	0,93	0,93	0,91	0,91	0,93	0,91	0,93
M2Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,56	0,34	0,57	0,48	0,54	0,41	0,31	0,35
M2Fe ₂₊	0,14	0,10	0,10	0,09	0,12	0,13	0,13	0,13	0,29	0,42	0,29	0,33	0,30	0,39	0,41	0,42
M2Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
M2Ca	0,81	0,85	0,85	0,86	0,84	0,83	0,82	0,74	0,14	0,23	0,12	0,18	0,14	0,19	0,26	0,21
M2Na	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
M2K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,96	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	43,05	46,66	45,54	46,07	45,42	43,78	44,55	39,79	7,07	11,61	6,25	8,87	7,32	9,47	12,97	10,92
En	33,94	36,43	35,91	35,69	38,53	40,37	37,17	42,33	73,96	64,70	75,92	70,09	74,07	67,93	61,41	65,86
Fs	23,01	16,92	18,55	18,24	16,06	15,85	18,29	17,88	18,98	23,70	17,83	21,05	18,61	22,60	25,63	23,22

* os valores dos óxidos e teores de An(anortita), Ab(albita) e Or(ortoclásio) são dados em percentagem. Legenda: *n* = núcleo/centro; *b* = borda.

sivamente presentes. São, em geral, euédricos (1,0-1,5 mm), sem quaisquer evidências de desequilíbrio com a matriz circunvizinha. Mostram composições tão homogêneas (An₅₂₋₆₂) (Fig. 4.B) quanto aquelas dos micrólitos

Tabela 3.A - Continuação

Dique	CAJ-15														MR-04				MR-08	
Análise	1		2		3		4	5	6	7	8	9	10	1		2		1		
	fenocristal		fenocristal		fenocristal		matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	cristal		cristal		cristal		
	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>								<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	
SiO2	54,15	54,62	54,31	54,50	54,30	54,17	53,72	52,92	53,50	53,35	53,81	53,96	53,64	50,74	51,30	50,48	50,81	48,84	49,73	
TiO2	0,26	0,14	0,26	0,14	0,35	0,31	0,48	0,54	0,44	0,58	0,41	0,41	0,58	1,15	1,14	1,45	1,03	2,07	1,52	
Al2O3	2,76	2,32	3,37	2,57	2,82	3,45	2,13	1,66	2,28	2,26	2,12	2,61	2,34	2,28	2,09	2,55	1,74	3,65	2,84	
FeOt	11,10	11,00	10,59	10,86	10,38	10,92	12,52	16,62	12,77	12,13	13,58	11,49	12,09	15,44	16,89	13,88	17,92	12,50	13,35	
Cr2O3	0,34	0,28	0,34	0,32	0,33	0,25	0,28	0,03	0,31	0,39	0,13	0,54	0,31	0,36	0,33	0,29	0,05	0,40	0,24	
MnO	0,17	0,21	0,15	0,19	0,17	0,17	0,29	0,34	0,20	0,23	0,29	0,21	0,25	0,29	0,30	0,29	0,37	0,31	0,23	
MgO	29,31	29,45	29,54	29,96	29,68	29,12	26,35	21,53	25,20	27,18	25,69	27,42	26,83	14,84	16,12	13,50	13,62	12,67	12,52	
CaO	1,71	1,50	1,61	1,83	1,94	1,63	4,23	5,79	4,50	3,80	4,19	3,64	3,77	15,28	11,84	17,53	15,13	18,50	18,42	
Na2O	0,05	0,07	0,06	0,08	0,04	0,02	0,08	0,10	0,13	0,09	0,12	0,09	0,09	0,33	0,25	0,36	0,29	0,50	0,42	
K2O	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,09	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	
Total	99,86	99,61	100,23	100,45	100,01	100,06	100,09	99,56	99,72	100,01	100,34	100,37	99,90	100,71	100,29	100,34	100,99	99,45	99,28	
TSi	1,92	1,94	1,91	1,91	1,92	1,92	1,93	1,96	1,93	1,91	1,93	1,92	1,92	1,90	1,93	1,90	1,92	1,85	1,90	
TAI	0,08	0,06	0,09	0,09	0,08	0,09	0,07	0,04	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08	0,10	0,07	0,10	0,08	0,15	0,11	
TFe3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
M1Al	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,06	0,02	0,03	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	
M1Ti	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06	0,04	
M1Fe3+	0,03	0,02	0,02	0,06	0,03	0,01	0,03	0,00	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05	0,00	0,02	0,05	0,04	0,02	
M1Fe2+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,04	0,16	0,16	0,16	0,20	
M1Cr	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	
M1Mg	0,92	0,94	0,92	0,91	0,92	0,92	0,93	0,95	0,93	0,92	0,94	0,92	0,93	0,83	0,90	0,76	0,77	0,72	0,71	
M2Mg	0,63	0,62	0,64	0,66	0,64	0,61	0,48	0,24	0,44	0,53	0,44	0,53	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
M2Fe2+	0,30	0,31	0,30	0,26	0,28	0,32	0,35	0,52	0,37	0,31	0,38	0,32	0,34	0,35	0,49	0,26	0,36	0,20	0,21	
M2Mn	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
M2Ca	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,16	0,23	0,17	0,15	0,16	0,14	0,15	0,61	0,48	0,71	0,61	0,75	0,75	
M2Na	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	
M2K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Wo	3,33	2,93	3,16	3,51	3,77	3,20	8,31	11,82	8,98	7,42	8,45	7,15	7,43	31,70	24,82	37,00	31,29	40,11	39,66	
En	79,51	79,98	80,43	79,95	80,23	79,75	72,04	61,16	70,80	73,76	70,41	74,93	73,59	42,83	47,03	39,65	39,19	38,20	37,51	
Fs	17,16	17,09	16,41	16,54	16,00	17,04	19,65	27,02	20,22	18,82	21,34	17,92	18,99	25,48	28,14	23,35	29,53	21,69	22,83	

da matriz. Zonamento oscilatório normal e inverso são observados. No primeiro caso, pequena variação para teores menos cálcicos é medida em direção às bordas

(análises 1 e 3 da amostra CAJ-03 da Tab. 3.A). Micro-fenocristais com zonamento inverso podem apresentar variações mais significativas entre centro e borda (aná-

Tabela 3.B - Composições químicas de piroxênio (fenocristais e matriz) em amostras de diques das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

Dique	CAJ-03						CAJ-05					CAJ-10						
Análise	1		2		3		1	2	3	4	5	1		2		3	4	5
	fenocristal		fenocristal		fenocristal		matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	fenocristal		fenocristal		matriz	matriz	matriz
	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>						<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>			
SiO2	51,88	52,13	52,49	52,09	52,63	52,52	53,75	53,39	52,99	52,62	52,99	55,96	54,14	54,72	54,38	54,95	54,69	54,06
Al2O3	29,79	29,38	29,13	29,27	29,14	28,82	28,00	28,29	29,59	29,40	29,60	28,44	29,42	28,64	29,51	27,75	26,81	28,37
TiO2	0,09	0,07	0,14	0,10	0,08	0,09	0,10	0,14	0,10	0,03	0,11	0,04	0,00	0,15	0,09	0,08	0,26	0,06
MgO	0,14	0,14	0,16	0,15	0,16	0,17	0,16	0,28	0,14	0,45	0,14	0,12	0,16	0,12	0,15	0,17	0,43	0,17
Fe2O3	0,37	0,46	0,46	0,45	0,50	0,51	0,66	1,00	0,47	0,68	0,49	0,34	0,30	0,37	0,37	0,68	2,39	0,67
MnO	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
CaO	12,70	12,30	12,27	12,47	12,23	11,90	11,01	11,66	12,36	12,14	12,47	10,62	12,02	11,15	11,95	11,01	10,55	11,12
Na2O	4,12	4,37	4,45	4,26	4,40	4,61	5,03	4,69	4,55	4,37	4,38	5,29	4,62	5,05	4,70	5,45	5,45	5,34
K2O	0,21	0,24	0,22	0,21	0,22	0,22	0,32	0,26	0,17	0,19	0,20	0,17	0,12	0,14	0,11	0,21	0,38	0,16
Total	99,27	99,10	99,37	98,99	99,36	98,87	99,04	99,82	100,36	99,89	100,36	101,00	100,78	100,34	101,26	100,28	100,96	99,97
An	62,20	60,02	59,62	61,09	59,83	58,01	53,72	56,97	59,44	59,84	60,43	52,07	58,58	54,53	58,05	52,16	50,58	53,05
Ab	36,56	38,60	39,13	37,72	38,90	40,69	44,40	41,50	39,57	39,02	38,44	46,92	40,72	44,66	41,31	46,68	47,25	46,05
Or	1,24	1,38	1,26	1,20	1,27	1,30	1,88	1,54	1,00	1,14	1,13	1,02	0,71	0,81	0,64	1,17	2,17	0,89
Si	9,494	9,554	9,594	9,557	9,612	9,641	9,828	9,715	9,584	9,564	9,582	9,979	9,717	9,848	9,714	9,918	9,870	9,797
Al	6,418	6,345	6,275	6,328	6,272	6,235	6,034	6,068	6,307	6,297	6,309	5,976	6,222	6,074	6,214	5,903	5,701	6,059
Ti	0,013	0,010	0,019	0,014	0,011	0,013	0,014	0,019	0,014	0,004	0,015	0,005	0,000	0,020	0,012	0,011	0,035	0,008
Mg	0,037	0,039	0,043	0,040	0,045	0,047	0,042	0,077	0,036	0,122	0,037	0,033	0,042	0,031	0,039	0,044	0,116	0,045
Fe	0,051	0,063	0,063	0,062	0,069	0,070	0,091	0,137	0,064	0,092	0,066	0,045	0,040	0,050	0,050	0,092	0,324	0,091
Mn	0,000	0,001	0,007	0,000	0,000	0,002	0,000	0,015	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003
Ca	2,490	2,416	2,403	2,451	2,394	2,340	2,157	2,273	2,395	2,364	2,415	2,029	2,312	2,150	2,286	2,129	2,039	2,160
Na	1,463	1,553	1,577	1,513	1,557	1,642	1,783	1,656	1,594	1,541	1,536	1,828	1,607	1,761	1,627	1,906	1,905	1,875
K	0,050	0,055	0,051	0,048	0,051	0,052	0,075	0,061	0,040	0,045	0,045	0,040	0,028	0,032	0,025	0,048	0,087	0,036
Total	20,016	20,036	20,031	20,015	20,010	20,041	20,025	20,022	20,034	20,030	20,006	19,938	19,969	19,966	19,968	20,051	20,079	20,075

* os valores dos óxidos e teores de Wo(wollastonita), En(enstatita) e Fe(ferrosilita) são dados em percentagem. Legenda: *n* = núcleo/centro; *b* = borda.

lise 2/CAJ-03 e análises 1 e 2 da amostra CAJ-10 da Tab. 3.A). Eventualmente é possível observar cristais com textura de desequilíbrio tipo *sieve*, cujas cavidades interconectadas preenchidas por vidro criptocristalino, substituído por material de alteração, estão restritas às partes centrais do cristal (Fig. 3.B).

Microfenocristais de clinopiroxênio têm variação composicional insignificante entre núcleo e borda

(Wo₄₀₋₄₆En₃₆₋₄₂Fs₁₆₋₁₉) associada a altos teores de Al₂O₃ (5,2-6,2%) e TiO₂ (1,5-3,2%) (Fig. 5.A), semelhantes àqueles da matriz. Zonamento oscilatório marcante e variações composicionais significativas não foram observados nas seções investigadas, muito embora teores ligeiramente menos cálcicos tenham sido medidos nas bordas de microfenocristais. Condições de cristalização em equilíbrio com plagioclásio e olivina são evidenciadas

Tabela 3.B - Continuação

Dique	CAJ-15			MR-04						MR-08					
Análise	1	2	3	1		2		3		1		2		3	
	matriz	matriz	matriz	cristal		cristal		cristal		cristal		cristal		cristal	
				<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>b</i>
SiO ₂	54,41	56,14	54,71	54,68	54,78	56,02	58,05	54,63	59,02	58,40	61,43	55,41	58,71	55,90	57,84
Al ₂ O ₃	27,40	26,58	27,78	28,45	28,45	27,77	25,74	28,06	25,01	26,07	22,43	28,00	25,56	27,73	26,03
TiO ₂	0,05	0,12	0,11	0,04	0,00	0,08	0,16	0,13	0,11	0,09	0,03	0,07	0,09	0,09	0,02
MgO	0,27	0,15	0,33	0,13	0,18	0,13	0,10	0,14	0,08	0,10	0,88	0,16	0,16	0,13	0,15
Fe ₂ O ₃	1,03	0,71	1,16	0,34	0,43	0,45	0,70	0,39	0,58	0,61	1,85	0,44	0,67	0,26	0,68
MnO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,05	0,02	0,03	0,03
CaO	10,35	9,78	10,53	11,24	11,51	10,35	8,17	11,13	7,50	8,51	4,88	10,56	8,20	10,25	8,79
Na ₂ O	5,45	5,91	5,48	5,28	5,19	5,81	6,96	5,36	7,39	6,59	7,94	5,26	6,71	5,61	6,54
K ₂ O	0,20	0,23	0,17	0,08	0,09	0,13	0,20	0,09	0,23	0,19	0,42	0,10	0,24	0,10	0,20
Total	99,16	99,62	100,25	100,24	100,63	100,72	100,09	99,96	99,93	100,56	99,86	100,04	100,35	100,09	100,27
An	50,61	47,15	51,02	53,80	54,77	49,23	38,92	53,17	35,44	41,18	24,70	52,26	39,77	49,95	42,16
Ab	48,22	51,54	48,03	45,73	44,73	50,05	59,95	46,33	63,27	57,74	72,79	47,13	58,86	49,47	56,72
Or	1,18	1,30	0,96	0,47	0,50	0,73	1,13	0,50	1,28	1,08	2,51	0,61	1,37	0,59	1,12
Si	9,928	1,159	9,881	9,858	9,846	10,029	10,412	9,881	10,578	10,412	10,973	9,980	10,485	10,052	10,362
Al	5,891	5,670	5,913	6,045	6,026	5,859	5,441	5,982	5,283	5,478	4,721	5,944	5,379	5,876	5,496
Ti	0,007	0,016	0,015	0,005	0,000	0,011	0,022	0,018	0,015	0,012	0,004	0,009	0,012	0,012	0,003
Mg	0,074	0,040	0,088	0,036	0,049	0,034	0,026	0,039	0,020	0,027	0,235	0,042	0,044	0,035	0,041
Fe	0,141	0,097	0,157	0,045	0,058	0,060	0,094	0,053	0,078	0,081	0,249	0,059	0,090	0,036	0,092
Mn	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,004	0,003	0,000	0,001	0,007	0,002	0,004	0,004
Ca	2,022	1,896	2,037	2,171	2,216	1,985	1,570	2,157	1,439	1,625	0,934	2,037	1,569	1,975	1,687
Na	1,927	2,072	1,917	1,845	1,810	2,018	2,419	1,879	2,569	2,279	2,751	1,837	2,321	1,976	2,270
K	0,047	0,052	0,038	0,019	0,020	0,029	0,046	0,020	0,052	0,043	0,095	0,024	0,054	0,023	0,045
Total	20,037	20,003	20,047	20,024	20,027	20,024	20,032	20,033	20,037	19,957	19,961	19,939	19,956	19,969	19,999

das por contatos retos (Fig. 3.C), especialmente ilustrados onde o agrupamento dos cristais define textura glomeroporfirítica (Fig. 3.D). O conteúdo de forsterita (Fo) das olivinas é pouco variável entre bordas e núcleos (Fo₈₁₋₈₄); micro-inclusões de cromoespinélio analisadas por EDS (Cr₂O₃ 31,6-33,6%, Al₂O₃ 22-25%) são frequentes nesta fase mineral. Evidências texturais de mistura de magmas ou assimilação (crustal), como por exemplo assembléias de fenocristais em desequilíbrio ou presença de xenocristais, não foram observadas.

Diques contendo microfenocristais de olivina Este grupo inclui parte dos diques máficos que ocorrem na Fazenda Cajazeiras, os quais são petrograficamente distintos daqueles do grupo anterior, descrito acima. Compreende os diques CAJ-08, CAJ-11 a -17 e CAJ-20. Apresentam matriz inequigranular muito fina a fina (0,05 a 0,8 mm), predominantemente constituída por cristais euédricos a subeuédricos de plagioclásio e clinopiroxênio e, em menor proporção, olivina; vidro e óxidos de Fe-Mg-Ti ocorrem nos interstícios entre esses

Tabela 3.C - Composições químicas de olivina em amostras de diques das fazendas Cajazeiras e Maravilha. * os valores dos óxidos e teores de Fo(forsterita) e Fa(fayalita) são dados em percentagem.

Dique	CAJ-03		CAJ-05			CAJ-15		MR-04				MR-08	
Análise	1 feno- cristal	2 feno- cristal	1 feno- cristal	2 fenocristal	3 feno- cristal	1 feno- cristal	2 feno- cristal	1 feno- cristal	2 feno- cristal	3 feno- cristal	4 feno- cristal	1 feno- cristal	2 feno- cristal
SiO ₂	38,76	39,18	39,83	39,71	40,16	38,98	39,23	39,05	38,30	38,93	38,57	39,22	37,65
Al ₂ O ₃	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11	0,03	0,03	0,08	0,04	0,06	0,05	0,02	0,02
TiO ₂	0,00	0,01	0,05	0,11	0,06	0,02	0,04	0,04	0,06	0,05	0,08	0,00	0,05
MgO	43,29	43,81	44,47	42,87	43,29	43,28	43,00	39,66	40,91	40,62	39,23	39,87	35,95
FeO	16,30	15,74	14,75	17,52	15,75	17,30	17,49	21,54	19,81	20,82	22,30	19,94	25,45
MnO	0,20	0,21	0,18	0,22	0,17	0,21	0,17	0,25	0,24	0,18	0,14	0,24	0,33
CaO	0,22	0,22	0,23	0,25	0,18	0,22	0,25	0,27	0,21	0,20	0,19	0,20	0,27
Cr ₂ O ₃	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,05	0,04	0,06	0,03	0,05
Na ₂ O	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01
K ₂ O	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
NiO	0,23	0,31	0,31	0,22	0,25	0,25	0,24	0,13	0,20	0,16	0,18	0,19	0,18
Total	99,14	99,56	99,98	101,02	100,03	100,32	100,53	101,11	99,82	101,08	100,82	99,71	99,97
Fo	82,57	83,23	84,31	81,36	83,06	81,69	81,42	76,66	78,64	77,67	75,82	78,10	71,58
Fa	17,43	16,77	15,69	18,64	16,94	18,31	18,58	23,34	21,36	22,33	24,18	21,90	28,42
Si	0,991	0,994	1,001	0,999	1,011	0,989	0,993	1,000	0,989	0,995	0,995	1,011	0,997
Al	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
Ti	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Mg	1,650	1,657	1,665	1,608	1,624	1,637	1,623	1,515	1,574	1,547	1,509	1,532	1,419
Fe	0,348	0,334	0,310	0,369	0,331	0,367	0,370	0,461	0,428	0,445	0,481	0,430	0,564
Mn	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,003	0,005	0,007
Ca	0,006	0,006	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,006	0,008
Cr	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Na	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
K	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,005	0,006	0,006	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004
Total	3,008	3,005	2,998	2,998	2,987	3,010	3,005	2,998	3,009	3,004	3,002	2,989	3,002

* os valores dos óxidos e teores de Fo(forsterita) e Fa(fayalita) são dados em percentagem.

cristais. A textura geral da matriz é intergranular-inter-sertal. Micrólitos de plagioclásio têm An₄₇₋₅₁ (andesina-labradorita) (Fig. 4.C) e, como nos diques anteriores, podem apresentar morfologia textural tipo *swallow-tail*. O clinopiroxênio, na matriz, tem composição Wo₆

En₁₃Fs₆₁₋₇₆ (Fig. 5.B). Os altos teores de magnésio (> 20%) associados com concentrações sub-cálcicas (3-7%) indicam composição de pigeonita magnesiana.

O dique CAJ-15 apresenta pequenos aglomerados de microfenocristais de ortopiroxênio (Wo₃₋₄En₇₉₋₈₁Fs₁₆₋₁₇)

Tabela 3.D - Composições químicas de carbonato (intersticial e amígdala) em amostras de diques das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

Dique	CAJ-03				CAJ-15			MR-04			
Análise	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4
	amig	amig	interst	interst	amig	amig	interst	amig	amig	amig	interst
SiO ₂	0,00	0,02	0,43	0,22	0,01	0,00	0,02	0,04	1,63	0,11	0,14
FeO	20,71	19,72	16,12	21,87	16,60	21,06	3,34	12,21	10,80	14,12	16,19
MnO	0,89	0,44	0,49	1,98	0,79	0,78	0,79	0,34	0,33	0,63	0,55
MgO	6,29	7,53	8,38	3,51	9,93	6,12	0,75	13,82	14,48	11,76	8,61
CaO	25,57	25,72	27,96	25,95	27,26	26,86	49,54	27,57	27,06	27,38	28,69
SrO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
BaO	0,00	0,00	0,04	0,00	0,11	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,00
Total	53,46	53,43	53,41	53,53	54,70	54,82	54,43	54,00	54,32	54,05	54,18
Si	0,000	0,002	0,045	0,025	0,001	0,000	0,002	0,004	0,155	0,011	0,015
Fe	1,895	1,777	1,414	2,054	1,421	1,881	0,290	1,009	0,858	1,192	1,404
Mn	0,083	0,040	0,044	0,188	0,068	0,070	0,070	0,028	0,027	0,053	0,049
Mg	1,025	1,209	1,310	0,587	1,515	0,975	0,116	2,035	2,050	1,770	1,331
Ca	2,997	2,969	3,142	3,122	2,990	3,073	5,521	2,919	2,754	2,961	3,187
Sr	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Ba	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000
Total	6,000	5,998	5,955	5,975	5,999	6,000	5,998	5,996	5,845	5,989	5,985

* os valores dos óxidos são dados em percentagem.

(Fig. 5.C), com #Mg (100Mg/Mg+Fe²⁺+Fe³⁺+Mn) de ~82-83, coexistindo com microfenocristais de olivina (Fo₈₁₋₈₂). A incompatibilidade química entre as composições desse ortopiroxênio e do clinopiroxênio da matriz sugere que os cristais de ortopiroxênio nesta amostra podem, na verdade, tratar-se de xenocristais.

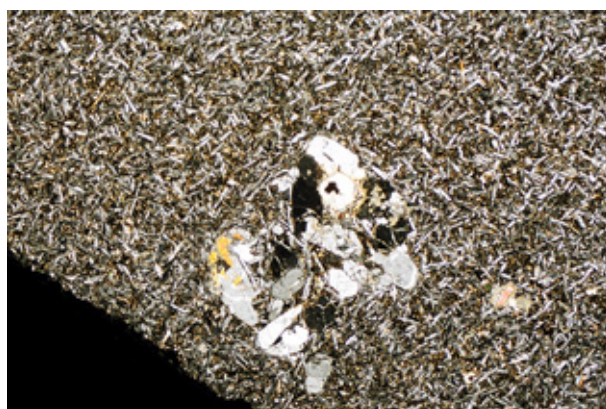
Diques faneríticos Este grupo inclui todos os diques máficos que ocorrem na Fazenda Maravilha (MR-01 a -08), excetuando os diques MR-02 e -06 que não foram incluídos neste estudo. Distinguem-se dos demais por mostrarem textura mais grossa, fanerítica fina. Plagioclásio constitui a fase mineral dominante, por vezes apresentando geminação polissintética. Cristais euédricos a subeuédricos de olivina, piroxênio, óxidos de Fe-Ti-Mg e, em menor proporção, vidro (material devitrificado) ocorre preenchendo os interstícios entre os micrólitos de plagioclásio. Esses têm composição labradorítica, com An_{41-53/núcleo} e An_{25-49/borda} (Fig. 4.D). Piroxênio nesses diques tem composição relativamente heterogênea quando comparado aos piroxênios dos demais grupos; apresentam alto TiO₂ (0,91-1,52%) associado às composições titano-augíticas - Wo₂₅₋₄₀En₃₈.

⁴⁷Fs₂₂₋₃₀ (Fig. 5.D). Olivina mostra composições menos magnesianas (Fo₇₂₋₇₉) quando comparada às olivinas presentes nos outros grupos.

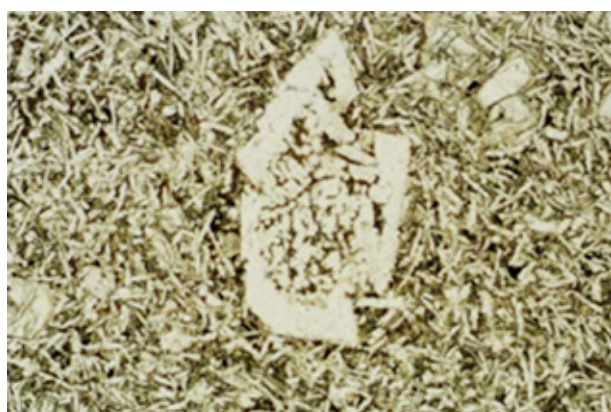
Feições de alteração mineralógica observadas Alterações mineralógicas são pervasivas em todo o conjunto de amostras investigado. Como evidências observam-se: (i) alteração comum e, em algumas amostras, intensa da matriz e de microfenocristais de olivina (\pm piroxênio) para iddingsita/bowlingita e (ii) a presença de carbonato (siderita) intersticial ou preenchendo microvenulações e amígdalas (Figs. 3.E e 3.F); quartzo também pode ocorrer como fase tardia. Tais feições texturais sugerem que H₂O (alteração de olivina, piroxênio, matriz) e CO₂ (formação de siderita) estiveram presentes na história de cristalização/resfriamento magmática, interagindo com as fases minerais primárias. Estudos microscópicos mais detalhados poderiam indicar se o processo ocorreu em sistema aberto, resultante da interação com fluidos externos (hidrotermalismo ou alteração supergênica) ou em sistema fechado, provavelmente refletindo algum processo autometassomático promovido por fluidos magmáticos ricos em H₂O+CO₂. A ausência de feições



(A)



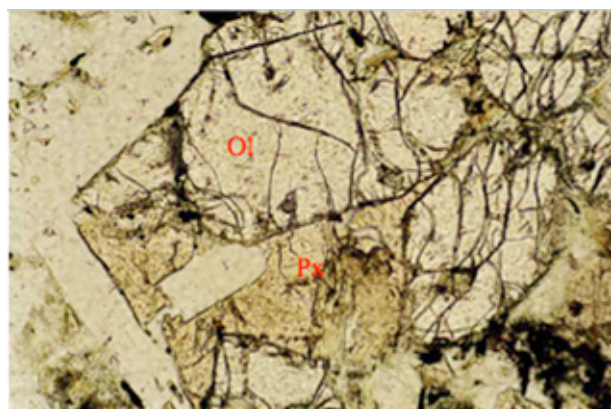
(D)



(B)



(E)



(C)



(F)

Figura 3 - Fotomicrografias de algumas texturas observadas nas seções delgadas estudadas.

A. Microfenocristais de plagioclásio zonados, imersos em matriz traquítica. (lâmina CAJ-10; nicóis cruzados; objetiva 2,5X).

B. Microfenocristal de plagioclásio apresentando textura tipo peneira (sieve). (lâmina CAJ-03; nicóis paralelos; objetiva 5X).

C. Microfenocristal de clinopiroxênio (Cpx) em contato reto com olivina (Ol). (lâmina CAJ-05; nicóis cruzados; objetiva 20X).

D. Textura glomeroporfírica definida por microfenocristais de plagioclásio e piroxênio. (lâmina CAJ-15; nicóis cruzados; objetiva 2,5X).

E. Amígdala preenchida por carbonato, com evidências de alteração mineralógica de piroxênio e opacos na matriz. (lâmina CAJ-03; nicóis cruzados; objetiva 20X).

F. Vênula preenchida por carbonato e quartzo. (lâmina CAJ-02; nicóis paralelos; objetiva 2,5X).

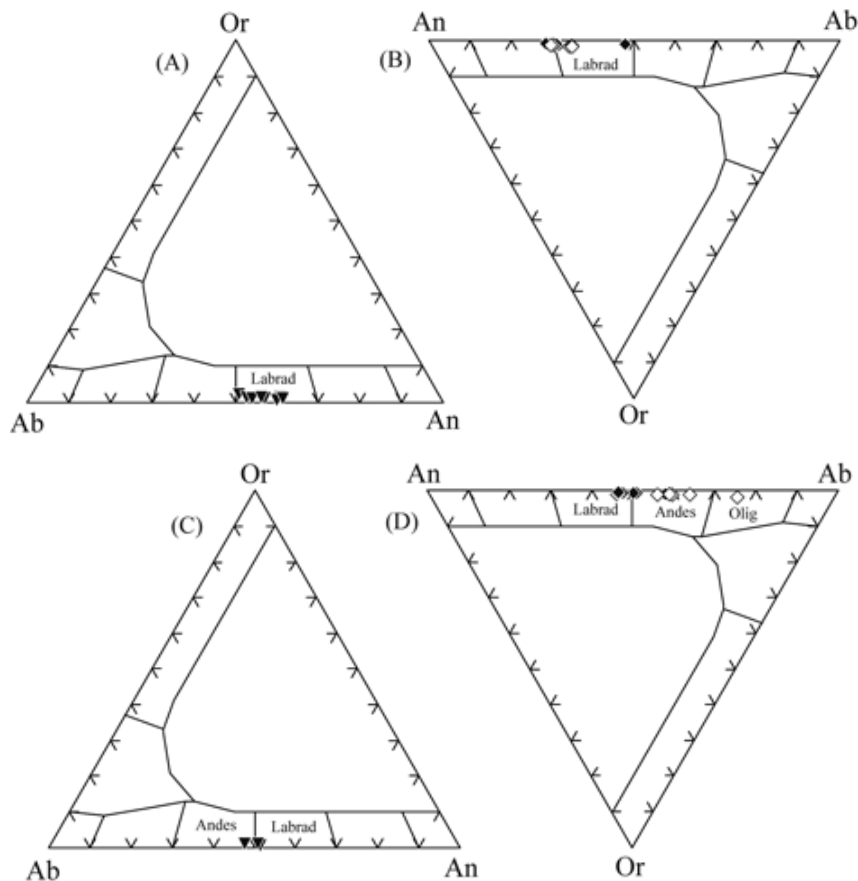


Figura 4 - Diagrama de classificação de plagioclásio para os diques máficos das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

Legenda: Análises em: (A) micrólitos da matriz e (B) microfenocristais dos diques contendo $Pl+Ol\pm Cpx$; (C) micrólitos da matriz dos diques com olivina; (D) cristais dos diques faneríticos. Notar que, em B) e D) os símbolos cheios são análises em núcleos/centros, enquanto os vazios representam análises em bordas.

de alteração, seja textural seja mineralógica, nas rochas encaixantes imediatamente em contato com os diques sugere, ao menos preliminarmente, que fluidos externos ao sistema magmático podem não ter sido os responsáveis por essas modificações.

O elevado grau de alteração mineralógica certamente influencia na composição química dos diques. Os altos valores de ‘perda ao fogo’ medidos (em geral acima de 1,5%, sendo maior que 3% em seis das amostras estudadas; vide a seguir) podem ser usados como indicação do grau de alteração, sendo que valores mais elevados seriam obtidos nas amostras mais alteradas, reduzindo drasticamente a proporção real dos óxidos e inviabilizando a definição precisa da assinatura e filiação geoquímica desses magmas.

LITOQUÍMICA Para o estudo litoquímico foram selecionadas amostras dos três grupos de diques, muito embora devido ao acervo relativamente pequeno não tenha sido possível excluir totalmente amostras com valores elevados de “perda ao fogo” (> 2%). Um con-

junto de 10 (dez) amostras foi submetido à análise litoquímica para elementos maiores (na forma de óxidos de Si, Al, Mn, Mg, Ca, Na, K, Ti, P e Fe) e elementos traços (incluindo elementos terras-raras) mais comuns. Os resultados analíticos são apresentados na tabela 4. As determinações para elementos maiores foram efetuadas por Fluorescência de Raios-X, em laboratório do Instituto de Geociências da USP. A preparação das amostras envolveu a fusão de uma grama de material pulverizado (<300 mesh) com cinco gramas de uma mistura de metaborato de lítio:tetraborato de lítio na proporção 4:1, para formar uma pastilha de vidro. As condições analíticas incluíram (i) voltagem de aceleração entre 22 kV (para Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si) e 40 kV (para Mn, Ti), (ii) intensidade do feixe de raio-X de 50 mA, (iii) tempo médio de contagem entre 30 segundos (para Al, Ca, Fe, K, Si) e 60 segundos (para Mg, Na, P), e (iv) correções de matriz Alpha. Maiores detalhes sobre o procedimento analítico e condições instrumentais estão descritos em Mori *et al.* (1999). As concentrações de elementos traços foram dosadas por espectrometria de

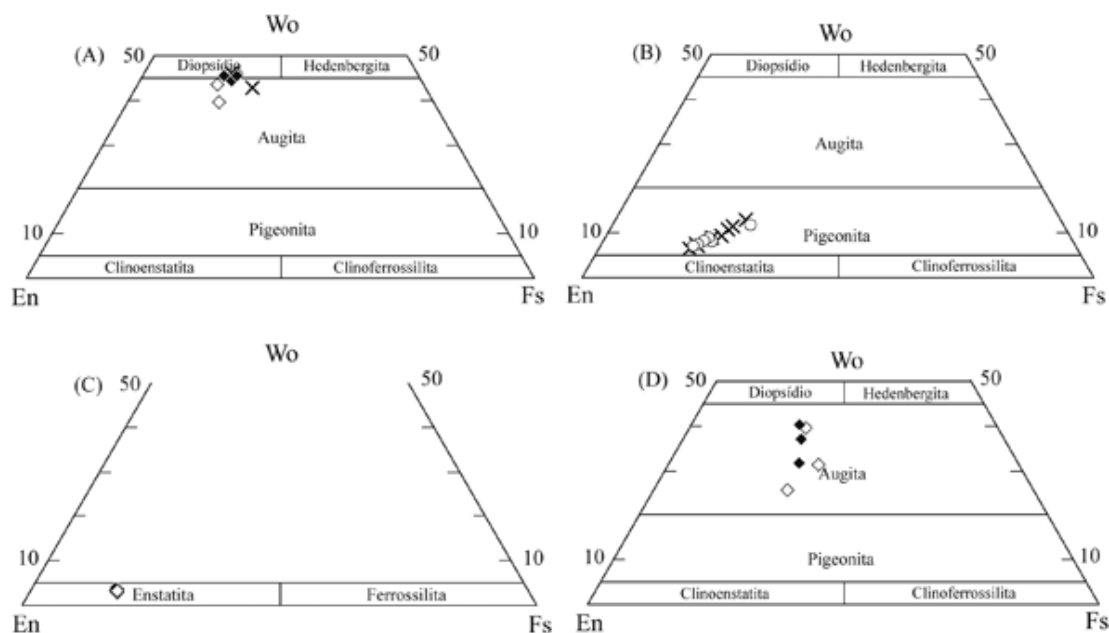


Figura 5 - Diagramas de classificação de piroxênios para os diques máficos das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

Legenda: Análises em: (A) cristais da matriz (X) e microfenocristais (símbolo cheio – núcleo/centro, vazio – borda) dos diques contendo Pl+Ol±Cpx; (B) cristais de cpx da matriz e (C) microfenocristais de opx, ambos dos diques com olivina; (D) cristais (símbolo cheio – núcleo/centro, vazio – borda) dos diques faneríticos.

massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), no Acme Analytical Laboratories, Canadá.

Para tratamento dos dados e elaboração de diagramas de classificação e variação química, e discriminantes geoquímicos foram utilizados os softwares Excel e Minpet 2.0. Para facilitar comparações entre as amostras, e considerando os elevados valores de ‘perda ao fogo’ (LOI) medidos, as análises de elementos maiores (óxidos) foram recalculadas para uma base livre de voláteis (segundo parâmetros de Irvine e Baragar 1971), totalizando 100%. Os valores recalculados são também apresentados na tabela 4, sendo estes os dados analíticos plotados nos diagramas e discutidos nos itens a seguir.

Geoquímica de elementos maiores A existência de variação composicional dentro do grupo de amostras analisadas é clara quando são plotados os resultados litoquímicos em diagramas de variação tipo Harker. A distinção é especialmente observada em termos do conteúdo de sílica, o que condiciona a individualização de grupos (ou amostras) ao longo do que seria, a priori, uma tendência de fracionamento mineral desde uma composição mais primitiva ($\text{SiO}_2 < 48\%$; dique CAJ-19), até composições mais saturadas ($\text{SiO}_2 > 55\%$; dique MR-08). Todavia, deve-se considerar a possibilidade de que o teor de óxidos medido nas amostras não seja de todo real, principalmente naquelas com LOI > 3% (basaltos e andesito), podendo ter sido subestimado devido à presença significativa de carbonato e minerais

secundários, de alteração. Devido à impossibilidade em estimar o quanto o teor original foi alterado, utilizamos os valores recalculados em base anidra para a classificação geoquímica. As relação entre proporções de álcalis *versus* sílica (Fig. 6) levou à individualização de basaltos (SiO_2 47-51%), basaltos andesíticos (SiO_2 53-54%) e andesito ($\text{SiO}_2 > 55\%$).

Em termos de afinidade geoquímica, somente o dique CAJ-19 apresenta afinidade alcalina, como comprovada pela presença de nefelina (também albita) normativa (N_e 5,78), muito embora fases minerais sódicas não tenham sido observadas na moda. Os demais diques são sub-alcalinos, super-saturados, com afinidade toleítica (Fig. 7), também evidenciada pela presença de hiperstênio (H_y) normativo (concentrações variando entre 11-23%). A presença de quartzo (Q) ou olivina (Ol) normativos permite individualizar um grupo mais evoluído constituído por quartzo-toleitos (Q entre 2,1-7,8%) e outro mais primitivo, constituído por olivina-toleitos (Ol entre 3,2-5,9%).

De forma geral, CaO, MgO, Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 mostram correlação negativa com respeito à saturação em sílica (Fig. 8). Decréscimo em CaO combinado com aumento progressivo de Na_2O é facilmente correlacionado com fracionamento de plagioclásio. Fracionamento parece não ter ocorrido no estágio inicial de cristalização, sendo significativo a partir de concentrações de sílica em torno de 51%. A cristalização de piroxênio é retratada pela progressiva correlação negativa de MgO e Fe_2O_3 (também CaO) com relação à sílica. A

Tabela 4 - Composições químicas de elementos maiores e traços em amostras de diques das fazendas Cajazeiras e Maravilha.

	CAJ-01	CAJ-03	CAJ-05	CAJ-19	CAJ-20	CAJ-10	CAJ-12	CAJ-15	MR-04	MR-08
Total de óxidos (em % peso)										
SiO ₂	48,21	48,46	48,38	44,76	48,5	52,29	52,69	52,72	51,58	53,59
Al ₂ O ₃	14,51	14,64	14,58	12,96	14,59	14,92	14,48	14,41	14,86	13,89
MnO	0,144	0,139	0,15	0,167	0,135	0,139	0,137	0,138	0,138	0,108
MgO	6,62	6,48	6,7	8,75	6,54	5,41	6,31	6,41	6,04	4,23
CaO	8,39	8,53	8,53	8,13	8,2	8,15	7,64	7,71	7,14	6,23
Na ₂ O	3,16	3,33	3,18	3,1	3,2	3,29	3,36	3,29	3,7	3,41
K ₂ O	1,02	0,97	0,78	1,08	0,97	0,7	0,64	0,61	0,3	1,45
TiO ₂	2,082	2,091	1,917	1,996	2,089	1,768	1,593	1,588	1,38	2,093
P ₂ O ₅	0,29	0,308	0,259	0,498	0,278	0,219	0,184	0,208	0,115	0,317
Fe ₂ O ₃	10,86	10,82	11,8	13,07	10,77	10,81	10,54	10,62	11,32	10,56
LOI	4,22	3,23	3,3	5	3,81	1,64	1,67	1,5	2,8	3,54
Total	99,51	99	99,58	99,51	99,08	99,34	99,24	99,2	99,37	99,42
Total de óxidos recalculados em base anidra (em % peso)										
SiO ₂	50,6	50,6	50,25	47,36	50,91	53,52	54	53,96	53,41	55,89
Al ₂ O ₃	15,23	15,29	15,14	13,71	15,31	15,27	14,84	14,75	15,39	14,49
MnO	0,15	0,15	0,16	0,18	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,11
MgO	6,95	6,77	6,96	9,26	6,86	5,54	6,47	6,56	6,25	4,41
CaO	8,81	8,91	8,86	8,6	8,61	8,34	7,83	7,89	7,39	6,5
Na ₂ O	3,32	3,48	3,3	3,28	3,36	3,37	3,44	3,37	3,83	3,56
K ₂ O	1,07	1,01	0,81	1,14	1,02	0,72	0,66	0,62	0,31	1,51
TiO ₂	2,19	2,18	1,99	2,11	2,19	1,81	1,63	1,63	1,43	2,18
P ₂ O ₅	0,3	0,32	0,27	0,53	0,29	0,22	0,19	0,21	0,12	0,33
Fe ₂ O ₃	11,4	11,3	12,26	13,83	11,3	11,06	10,8	10,87	11,72	11,01
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Norma CIPW										
Q	-	-	-	-	-	4,2	3,86	4,13	2,12	7,81
Or	6,39	6,04	4,84	6,83	6,07	4,27	3,91	3,72	1,85	9,02
Ab	28,32	29,7	28,23	17,4	28,69	28,76	29,4	28,75	32,74	30,37
An	23,71	23,31	24,33	19,53	23,91	24,65	23,29	23,48	24,09	19,26
Ne	-	-	-	5,78	-	-	-	-	-	-
Di (Wo)	7,66	7,99	7,63	8,41	7,2	6,52	6,11	6,1	5,07	4,63
Di (En)	4,53	4,71	4,32	4,99	4,26	3,53	3,5	3,49	2,73	2,37
Di (Fs)	2,74	2,88	2,98	2,98	2,57	2,76	2,34	2,33	2,17	2,13
Hy (En)	8,34	6,87	8,33	-	9,81	10,33	12,69	12,93	12,94	8,67
Hy (Fs)	5,03	4,2	5,74	-	5,9	8,06	8,49	8,61	10,28	7,81
Ol (Fo)	3,16	3,76	3,35	12,76	2,18	-	-	-	-	-
Ol (Fa)	2,1	2,53	2,55	8,4	1,45	-	-	-	-	-
Mt	3,02	2,99	3,17	3,55	3	2,86	2,76	2,78	2,92	2,92
Ilm	4,19	4,19	3,82	4,06	4,2	3,47	3,13	3,11	2,74	4,18
Ap	0,67	0,71	0,59	1,16	0,64	0,49	0,42	0,47	0,26	0,73
Total	99,86	99,88	99,88	95,85	99,88	99,9	99,9	99,9	99,91	99,9
Elementos traços/terras-raras (em ppm)										
Ba	138,1	147,3	98,2	161,6	134,8	108,2	115,1	129,8	91,2	192,1
Ga	19,1	19,7	16,6	19,3	18,9	19,9	20,2	19,8	18,9	22,6
Hf	3,5	3,8	2,6	3,7	3,7	3	2,8	2,8	2	3,7
Nb	25,6	26,9	16,1	25,1	20	15,7	15,2	16,8	8	28
Rb	8,8	9,4	5,8	13,7	8,2	11,8	6,9	7,9	6,4	15,1
Sr	544,8	573,5	462,6	709,2	557,9	412,4	423	417,8	274,4	564,1
Ta	9,9	8,3	5,4	2,1	4,2	6,6	7	8,9	5	5,9
Th	1	1,3	0,7	1,9	1,2	0,7	0,7	0,8	0,9	1,2
U	0,6	0,6	0,4	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,6
V	199	204	157	186	200	162	166	163	143	112
Zr	131,8	144,8	90,8	145,9	135,8	97,4	96,4	90,9	59	126,2
Y	17,4	18,8	13,6	18	17,4	17,9	18	18,3	14,9	15,1
La	13,4	14,8	9,3	24	12,8	8,6	8,2	8,6	4,1	12,7
Ce	30,3	33,7	21,3	51,6	29,7	19,4	18,6	19,8	10,1	28
Pr	3,69	3,93	2,67	5,97	3,6	2,56	2,41	2,57	1,45	3,56
Nd	17,4	17,9	12,3	25,9	16,9	12,8	12	12,8	8,3	16,9
Sm	4,1	4,7	3,4	5,6	4,1	3,7	3,8	3,7	3,1	4,7
Eu	1,5	1,68	1,27	1,88	1,5	1,46	1,5	1,37	1,19	1,81
Gd	4,49	4,89	3,11	5,37	4,29	4,18	4,21	4,18	3,3	4,7
Tb	0,68	0,79	0,5	0,78	0,65	0,69	0,66	0,67	0,56	0,68
Dy	3,34	3,71	2,55	3,76	3,53	3,5	3,52	3,42	3,01	3,39
Ho	0,67	0,66	0,47	0,66	0,6	0,64	0,66	0,64	0,52	0,53
Er	1,7	1,78	1,35	1,7	1,7	1,66	1,77	1,85	1,51	1,2
Tm	0,24	0,26	0,19	0,23	0,2	0,23	0,23	0,23	0,19	0,15
Yb	1,32	1,43	0,99	1,26	1,35	1,37	1,41	1,47	1,28	0,93
Lu	0,2	0,22	0,17	0,2	0,22	0,21	0,19	0,21	0,18	0,12
Pb	0,5	0,6	0,3	0,7	0,5	0,8	0,3	0,4	0,6	0,3
Zn	58	78	66	74	51	79	66	72	71	97
Ni	72	57,3	334,8	139,4	66,3	41,6	45,6	49,9	83,9	38,3

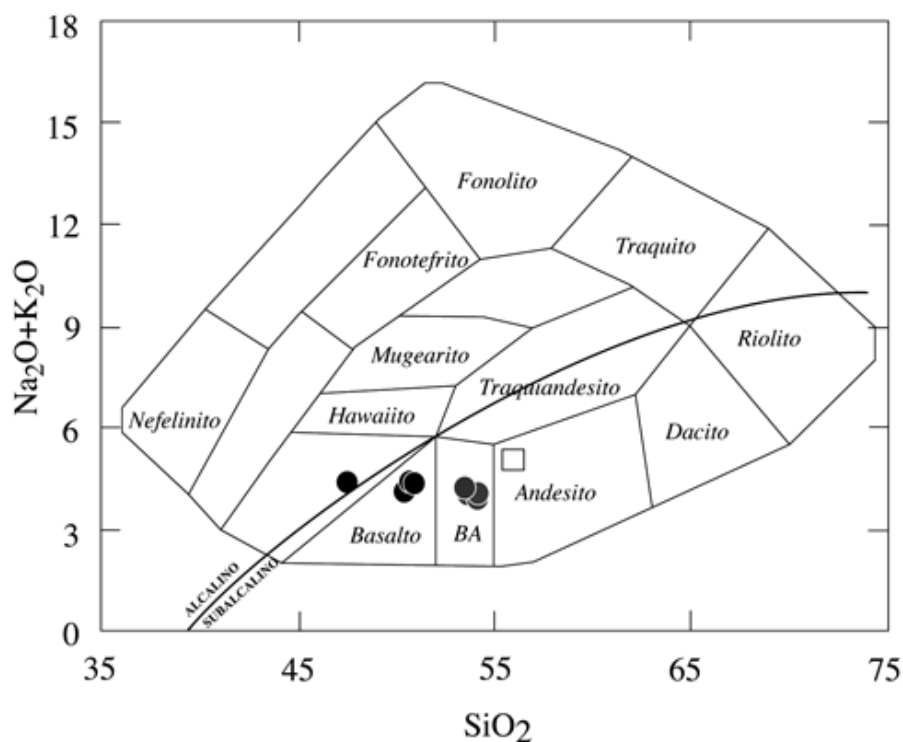


Figura 6 - Diagrama de classificação geoquímica para rochas vulcânicas, com campos definidos por Cox et al. (1979). Os dados plotados referem-se àqueles calculados em base anidra. Legenda: círculo preto: amostras CAJ-19 (olivina basalto), CAJ-01, -03, -05 e -20 (basaltos); círculo cinza: CAJ-10, -12 e -15 e MAR-04 (basaltos andesíticos); quadrado: MAR-08 (andesito).

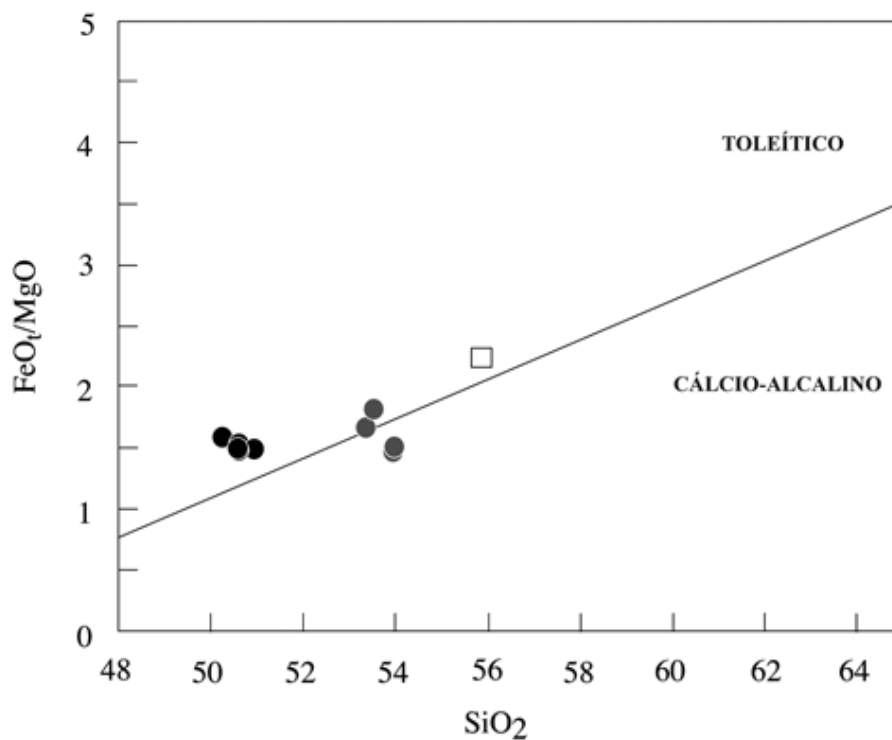


Figura 7 - Diagrama FeOt/MgO versus sílica com divisão entre as séries toleítica e cálcio-alcálica segundo Irvine e Baragar (1971). Legenda: círculo preto: amostras CAJ-19 (olivina basalto), CAJ-01, -03, -05 e -20 (basaltos); círculo cinza: CAJ-10, -12 e -15 e MAR-04 (basaltos andesíticos); quadrado: MAR-08 (andesito).

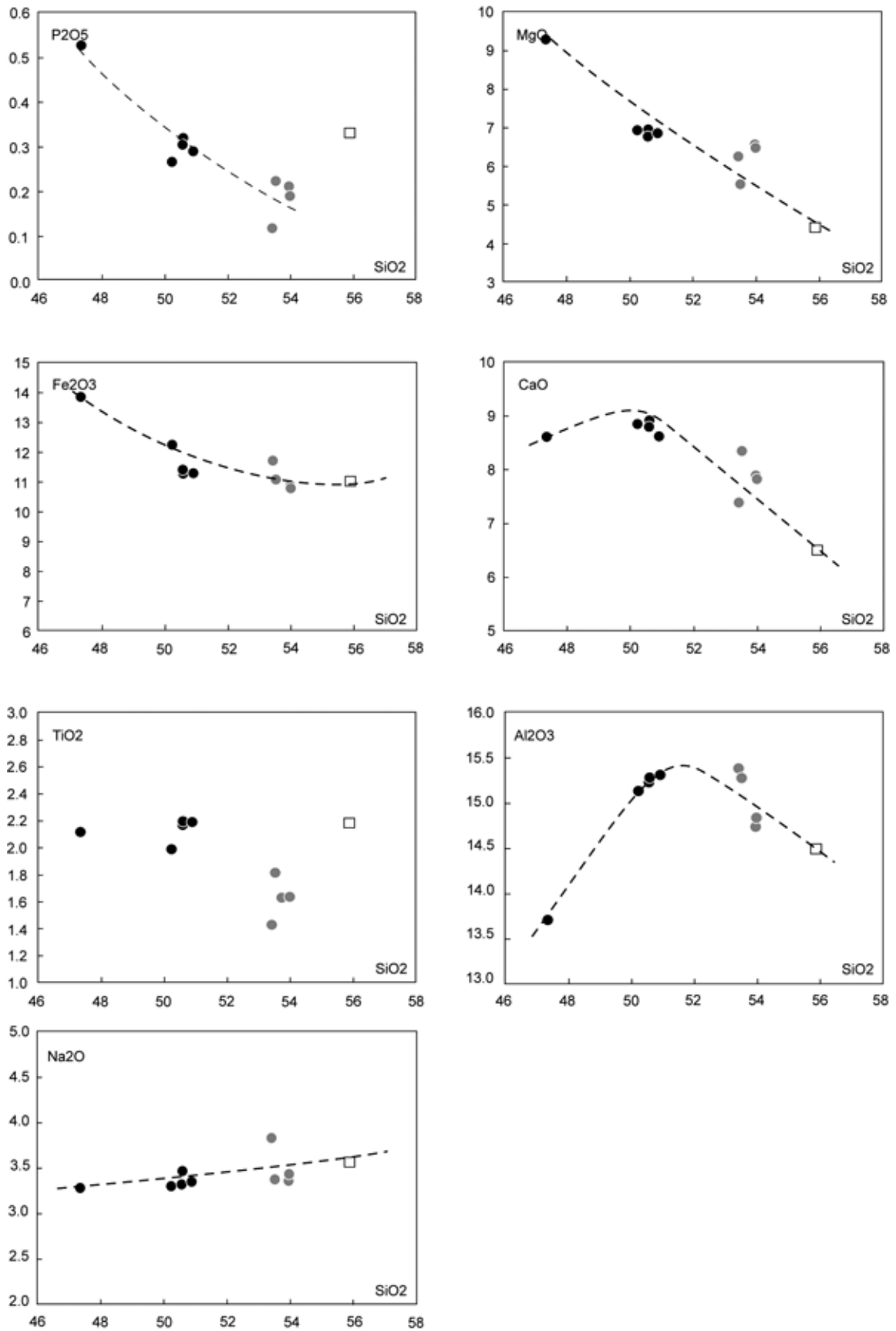


Figura 8 - Diagramas de variação entre óxidos (tipo Harker). Os dados plotados são aqueles calculados em base anidra, conforme a tabela 4. Legenda: círculo preto: amostras CAJ-19 (olivina basalto), CAJ-01, -03, -05 e -20 (basaltos); círculo cinza: CAJ-10, -12 e -15 e MAR-04 (basaltos andesíticos); quadrado: MAR-08 (andesito).

correlação positiva entre CaO e MgO indica que piroxênio e plagioclásio foram fases co-precipitadas a partir de níveis de sílica em torno de 50%. Decréscimo de Ti pode ter sido induzido pelo fracionamento de ilmenita e piroxênio (titanoaugita), especialmente evidente nos estágios mais precoces da evolução do magma. O discreto aumento em Al no início da cristalização pode ser também explicado pelo fracionamento mais significativo de (clino)piroxênio neste estágio, o qual é uma fase pobre neste elemento.

Os diagramas de variação entre óxidos sugerem que cristalização fracionada pode ter sido o processo petrogenético dominante, com retirada progressiva de Ca, Fe, Mg e Ti como função da cristalização de plagioclásio, piroxênio, olivina e ilmenita. Um exercício adicional para testar a hipótese de cristalização fracionada pode ser obtido a partir de diagramas de correlação entre elementos compatíveis e incompatíveis. Todavia, o teste dessa hipótese para os diques da região de Itabaiana é limitado devido: (i) à forte mobilidade dos elementos Rb, Ba e K como resultado da alteração microscópica observada, e (ii) a ausência de um elemento com comportamento fortemente compatível. Como consequência, não foram observadas tendências que pudessem confirmar (ou não) esse processo.

Geoquímica de elementos traços Quando analisados os gráficos de comportamento geoquímico para elementos traços (multielementos; Fig. 9) e terras-raras (ETR; Fig. 10), observa-se que os diques basálticos CAJ-19 e CAJ-20 apresentam espectros um pouco distinto dos demais. Em conjunto, os espectros multielementos mostram: (i) enriquecimento moderado (c. 10-80 vezes o condrito) em elementos incompatíveis (Ba, Rb, Th, K, La, Ce), (ii) forte anomalia negativa em P, provavelmente resultante do fracionamento de apatita, e (iii) significativa anomalia positiva em Sr que, combinada à ausência de anomalias em Eu, sugere que plagioclásio não foi uma fase importante no processo de fracionamento magmático. O olivina-basalto alcalino (CAJ-19) mostra enriquecimento discretamente maior em Th, Sr e terras-raras leves, este último refletido no padrão mais fracionado ($(La/Yb)_N$ 12,8) observado na figura 10. Os olivina-basaltos toleíticos mostram padrões ETR homogêneos [$(La/Yb)_N$ 6,33-6,98], à exceção do dique CAJ-20 que mostra menor fracionamento dos terras-raras, com $(La/Yb)_N$ de 2,16. Já os espectros obtidos para os quartzo-basalto toleíticos são relativamente menos fracionados que a média dos olivina-basaltos, com [$(La/Yb)_N$ entre 3,92-4,23], muito embora dois dos diques deste conjunto definam espectros mais

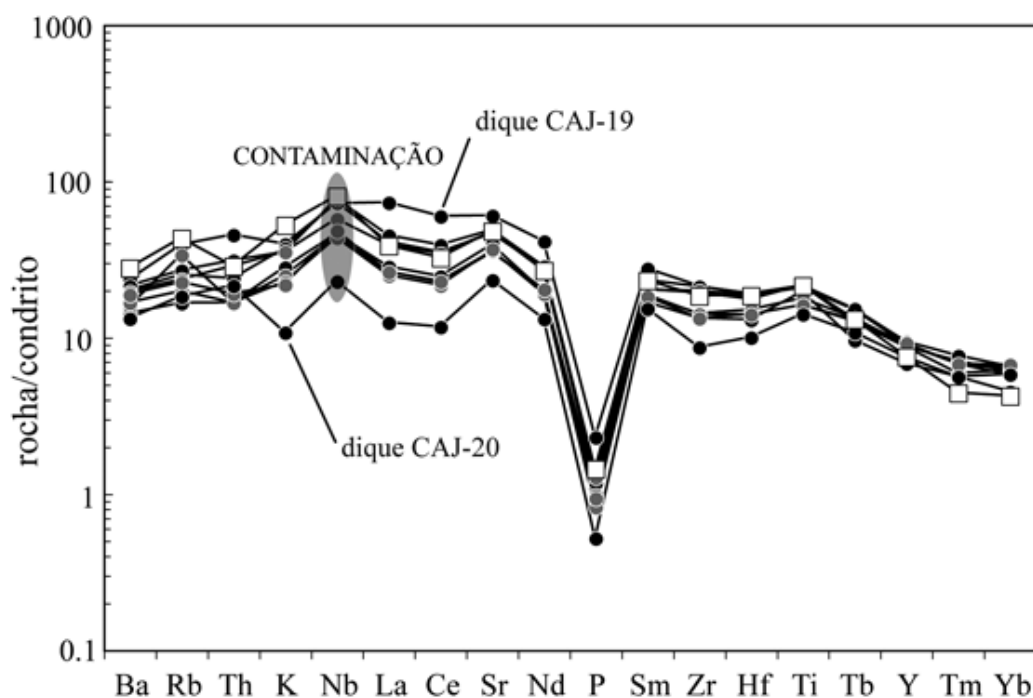


Figura 9 - Diagrama multielementos normalizado ao condrito de Thompson (1982). As amostras foram plotadas individualmente. Os teores obtidos para Nb mostram discreto enriquecimento em relação aos elementos vizinhos; esta feição está relacionada à pulverização das amostras em moinho de carbeto de tungstênio, o qual promove algum grau de contaminação neste elemento. Legenda: círculo preto: amostras CAJ-19 (olivina basalto), CAJ-01, -03, -05 e -20 (basaltos); círculo cinza: CAJ-10, -12 e -15 e MAR-04 (basaltos andesíticos); quadrado: MAR-08 (andesito).

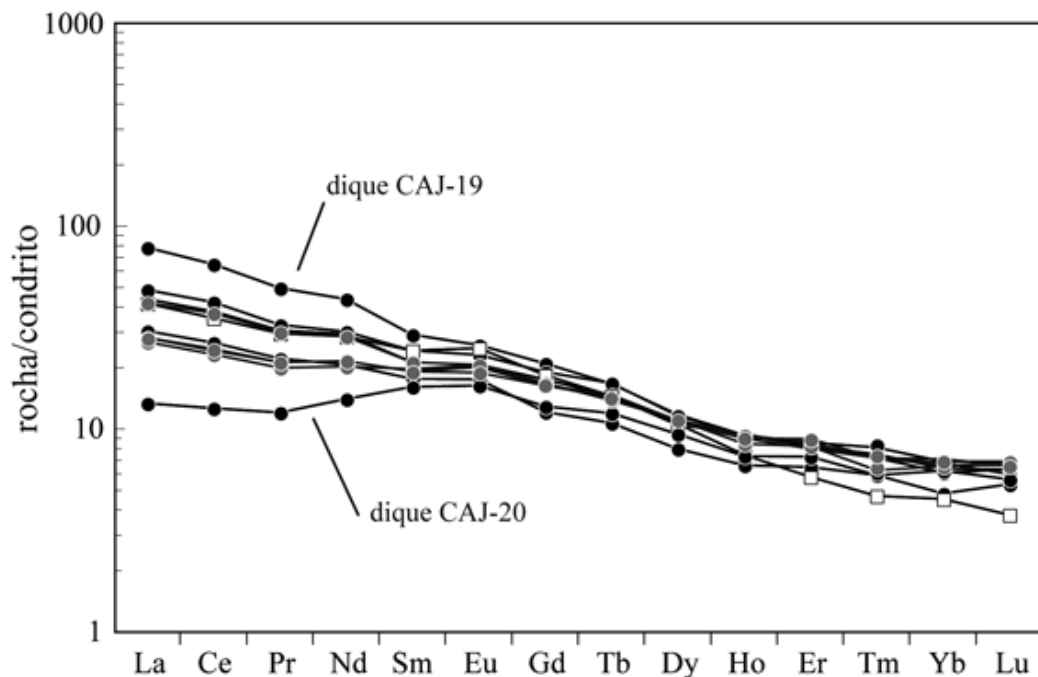


Figura 10 - Diagrama ilustrando o comportamento geoquímico dos elementos terras-raras nas amostras estudadas. A normalização refere-se ao condrito de Boynton (1984). Legenda: círculo preto: amostras CAJ-19 (olivina basalto), CAJ-01, -03, -05 e -20 (basaltos); círculo cinza: CAJ-10, -12 e -15 e MAR-04 (basaltos andesíticos); quadrado: MAR-08 (andesito).

fracionados, com $(La/Yb)_N$ de 6,39 (MR-04) e 9,31 (MR-08).

CONCLUSÕES O conjunto de diques estudado representa um episódio magmático fissural, de natureza máfica e de idade cambriana (*c.* 525 Ma). Sua importância diz respeito à correlação com um período de transição entre intensa atividade tectono-magmática (Neoproterozóico/Ciclo Brasileiro) e outro de aparente quiescência (Paleozóico) na Província Borborema. Todavia, tendo em vista sua ocorrência espacial e volumétrica restrita, qualquer interpretação do ponto de vista geodinâmico deve ser conduzida com cautela podendo ser, a priori, tentativamente correlacionada com a formação de bacias intracratônicas paleozóicas.

Do ponto de vista petrográfico os diques diferenciam-se por aspectos microtexturais, natureza dos microfenocristais, e pela composição dos (clino)piroxênios na matriz. Nesse último caso, uma tendência a composições variáveis é observada em piroxênios da matriz dos diques com microfenocristais de olivina e nos diques faneríticos, as quais podem refletir a presença de lamelas de exsolução de pigeonita em augita, em uma escala não facilmente visível em seção delgada. Olivina (Fe_{76-84}) e plagioclásio (dominantemente labradorita) são fases relativamente homogêneas entre os diques estudados. Substituição total ou parcial de olivina e, em menor proporção, (clino) piroxênio por iddingsita/bowlingita indicam a presença de fluidos interagindo,

provavelmente, em condições tardi-magmáticas; a ausência de feições texturais/mineralógicas sugestivas de alteração na encaixante, ao longo do contato com os diques, enfraquece a hipótese de alteração supergênica, pós-cristalização.

A análise litoquímica dos diques permitiu caracterizá-los como uma série subalcalina constituída por basaltos, basaltos andesíticos e andesito com afinidade toleítica; somente um dos diques mostra clara filiação alcalina. A similaridade entre os espectros multielementos de todo o conjunto de diques estudado sugere origem a partir de uma fonte comum, moderadamente (em relação ao condrito) enriquecida em elementos incompatíveis tais como Rb, Ba, Th, K e terras-raras leves, e em menor proporção em elementos imóveis (Zr, Hf, Ti). As discretas diferenças em termos de fracionamento nos espectros ETR sugerem que pequenas variações em percentagens de fusão parcial possam estar associadas à evolução destes magmas, visto que fases minerais ricas em ETR parecem não estar envolvidas na história de fracionamento magmático.

Agradecimentos Este artigo reúne os resultados apresentados na monografia de conclusão do curso de graduação em Geologia de V.V. Almeida. As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro ao projeto 04/08614-9 “O Cambro-Ordoviciano na Província Borborema”, coordenado por M.H.B.M. Hollanda, cujos recursos financiaram esta pesquisa.

Referências

- Archanjo C.J., Trindade R.I.F., Bouchez J.L., Ernesto M. 2002. Granite fabrics and regional-scale strain partitioning in the Seridó belt (Borborema Province, NE Brazil). *Tectonics*, **21**(1):1-13.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SBG, Simp. Geol. Nordeste, 8, *Anais*, p. 363-391.
- Bellieni G., Macedo M.H.F., Petrini R., Piccirillo E.M., Cavazzini G., Comim-Chiaramonti P., Ernesto M., Macedo J.W.P., Martins G., Melfi A.J., Pacca I.G., de Min A., 1992. Evidence of magmatic activity related to Middle Jurassic and lower Cretaceous rifting from northeastern Brazil (Ceará-Mirim): K/Ar age, paleomagnetism, petrology and Sr-Nd isotope characteristics. *Chemical Geology*, **97**:9-32.
- Boynton W.V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson P. (ed.) *Rare earth element geochemistry*. Elsevier, p. 63-114.
- Brito Neves B.B. 1988. The Cambro-Ordovician of the Borborema Province. *Boletim IG-USP, Série Científica* **29**:175-193.
- Brito Neves B.B., Van Schmus W.R., Santos E.J., Campos Neto M.C., Kozuch M. 1995. O evento Cariris Velhos na Província Borborema. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**:279-296.
- Brito Neves B.B., Santos E.J., Van Schmus W.R. 2000. Tectonic History of the Borborema Province, Northeastern Brazil. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A (ed.) *Tectonic Evolution of South American*. Rio de Janeiro, p. 151-182.
- Brito Neves B.B., Campos Neto M.C., Van Schmus W., Santos E.J. 2001a. O “Sistema Pajeú-Paraíba” e o Maciço São José do Campestre no leste da Borborema. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(2):173-184.
- Brito Neves B.B., Campos Neto M.C., Van Schmus W., Fernandes T.M.G., Souza S.L. 2001b. O Terreno Alto Moxotó no leste da Paraíba (“Maciço Caldas Brandão”). *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(2):185-194.
- Fernandes T.M.G. 1997. *Estudos geológicos e geocronológicos complementares na parte sul do Maciço Caldas Brandão-PB*. Rio Claro, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de São Paulo, 106 p.
- Hollanda M.H.B.M., Pimentel M.M., Oliveira D.C., Jardim de Sá E.F. 2006. Lithosphere-asthenosphere interaction and the origin of Cretaceous tholeiitic magmatism in northeastern Brazil: Sr-Nd-Pb isotopic evidence. *Lithos*, **86**:34-49.
- Irvine T.N. & Baragar W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **8**:523-548.
- Mori P.E., Reeves S., Correia C.T., Haukka M. 1999. Development of a fused glass disc xrf facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, São Paulo University. *Revista Brasileira de Geociências*, **29**(3):441-446.
- Santos E.J. 1995. *O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: Acreção e Colisão na Região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 219 p.
- Santos E.J. 1996. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: SBG, Cong. Bras. Geologia, 39, *Anais*, p. 47-50.
- Santos E.J. 1999. *Belém do São Francisco, Folha SC.24-X-A: estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia*. Brasília, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - CPRM, 84 p.
- Santos E.J., Nutman A.P., Brito Neves B.B. 2004. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da Zona Transversal, Província Borborema. *Geologia USP, Série Científica*, **4**:1-12.
- Thompson R.N. 1982. British Tertiary volcanic province. *Scott. Journal of Geology*, **18**:49-107.
- Trindade R.I.F., D’Agrella-Filho M.S., Epof I., Brito Neves B.B. 2006. Paleomagnetism of Early Cambrian Itabaiana mafic dikes (NE Brazil) and the final assembly of Gondwana. *Earth Planetary Science Letters*, **244**:361-377.

ID 12923

Submetido em 01/12/2008

Aceito em 16/10/2009