**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**O VULCANISMO DO ARQUIPÉLAGO DE
FERNANDO DE NORONHA, PE:
QUÍMICA MINERAL E GEOQUÍMICA**

Rosana Peporine Lopes

Orientadora: Profa. Dra. Mabel Norma Costas Ulbrich

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

**SÃO PAULO
2002**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**O VULCANISMO DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE
NORONHA, PE: QUÍMICA MINERAL E GEOQUÍMICA**

ROSANA PEPORINE LOPES

Orientadora: Profa. Dra. Mabel Norma Costas Ulbrich

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

Nome	Assinatura
Presidente: Profa. Dra. Mabel Norma Costas Ulbrich
Examinadores: Prof. Dr. Excelso Ruberti
Prof. Dr. José Carlos Gaspar
Profa. Dra. Leila Soares Marques
Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani

**SÃO PAULO
2002**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**O VULCANISMO DO ARQUIPÉLAGO DE
FERNANDO DE NORONHA, PE:
QUÍMICA MINERAL E GEOQUÍMICA**

Rosana Peporine Lopes

Orientadora: Profa. Dra. Mabel Norma Costas Ulbrich

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

DEDALUS - Acervo - IGC

30900010775

SÃO PAULO
2002

Ao meu esposo Eder,
meus pais Euzélia e José Norberto
e meu irmão Betão

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo respaldo financeiro (processo 96/0027-9) e pela bolsa de estudos e reserva técnica (processo 97/11497-9).

À FAB, Força Aérea Brasileira, em especial ao Brigadeiro Carlos Geraldo dos Santos Porto, ao Major José Maria de Oliveira e ao Capitão Inf. Paulo Vaz Teixeira pela valiosa colaboração no tocante ao transporte de amostras.

Ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), PARNAMAR (Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha) e respectivos funcionários pela colaboração nos trabalhos de campo no arquipélago.

Aos docentes e funcionários dos laboratórios do GMG (Microscopia Petrográfica, Microsonda Eletrônica e Química/ICP e AES) do CpGEO, da gráfica, da biblioteca e da laminação do Instituto de Geociências da USP.

Ao Prof. Daniel Demaiffe, funcionários (em especial à Patrícia e à Saída) e pesquisadores do Laboratório *Geochimie Isotopique et Geodynamique Chimique*, da *Université Libre de Bruxelles*, Bélgica pelo carinho com que me receberam, pelo aprendizado obtido e todo apoio que me deram durante o estágio em Bruxelas.

Ao geólogo Eder Luiz Santo pela ajuda nos trabalhos de campo.

Ao Prof. Excelso Ruberti pelas sugestões durante o exame de qualificação, bem como pelo apoio no laboratório de microsonda eletrônica.

Ao Prof. Horstpeter Ulbrich pela colaboração nos trabalhos de campo, discussão de temas e pelo valioso convívio, que sem dúvida contribuiu para minha formação profissional.

À Profa. Leila S. Marques pelo auxílio com as técnicas de preparação de amostras para análises isotópicas de Pb, pela contribuição durante o exame de qualificação, bem como pelas sugestões no tocante a discussão dos resultados.

À Profa. Marli Babinski pelo apoio na preparação de amostras de pó para análises isotópicas de Pb.

Ao Prof. Silvio Vlack pelo apoio no laboratório de microsonda eletrônica, bem como pelo auxílio no Programa Grapher.

Ao Prof. Umberto G. Cordani pela cessão de amostras, coletadas em Fernando de Noronha no ano de 2001, para estudos petrográficos e análises químicas de minerais.

Aos funcionários Angélica (ótica), Marcos e Aninha (microsonda), Zé Paulo (LTA), Tadeu e às meninas da seção de pós-graduação Ana Paula e Magali do IGc.

Aos colegas de pós-graduação, em especial Xitah, Chapinha, Troglô, Mirian, Fernando, Gaston, Yuri e tantos outros que passaram ou ainda estão no Programa de pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, pelo convívio harmonioso e amizade. Aos grandes amigos Gilson, Klaus, Iede e Lucilene que sempre presentes, me apoiaram e ajudaram nos momentos mais difíceis.

A Profa Mabel Ulbrich que além de orientadora, no cotidiano revelou-se amiga leal e carinhosa estimulando meu desenvolvimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. TRABALHOS ANTERIORES	02
1.2. OBJETIVOS DA TESE DE DOUTORAMENTO	06
2. METODOLOGIA EMPREGADA	08
2.1. TRABALHOS DE CAMPO	08
2.1.1. Observações quanto ao desenvolvimento dos trabalhos de campo	13
2.2. ATUALIZAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO DE ALMEIDA (1955)	18
2.3. TRABALHOS DE LABORATÓRIO	18
2.3.1. Estudos petrográficos	18
2.3.2. Análises químicas dos minerais constituintes de rochas	20
2.3.3. Análises químicas dos elementos maiores, menores e traços	20
2.3.4. Determinação das Razões isotópicas	21
3. O VULCANISMO ALCALINO DE FERNANDO DE NORONHA	28
3.1. EPISÓDIO REMÉDIOS	29
3.1.1. A série sódica: de basanita a fonólito peralcalino	34
3.1.1.1. Química dos minerais	38
3.1.1.1.1. Clinopiroxênio com zoneamento complexo e xenocristais de clinopiroxênio	46
3.1.1.2. Geoquímica das rochas	48
3.1.1.3. Considerações sobre a evolução das rochas da série sódica	49
3.1.1.4. Sumário	54
3.1.2. A série moderadamente potássica: de álcali-basalto a traquito	57
3.1.2.1. Química dos minerais	64
3.1.2.2. Considerações sobre o comportamento químico dos minerais	71
3.1.2.3. Geoquímica das rochas	74
3.1.2.4. Evolução das rochas da série potássica – fracionamento magmático e mistura de magmas	77
3.1.2.5. Sumário	79
3.1.3. Lamprófiros alcalinos	82
3.1.3.1. Os diques de lamprófiros alcalinos do episódio Remédios	83
3.1.3.2. Química dos minerais	85

3.1.3.3. Considerações sobre o quimismo dos minerais	94
3.1.3.4. Geoquímica das rochas e considerações petrológicas	95
3.1.3.5. Sumário	97
3.2. EPISÓDIO QUIXABA	99
3.2.1. Petrografia das rochas do episódio Quixaba	105
3.2.2. Minerais componentes das rochas	113
3.2.3. Considerações sobre a composição química dos minerais	127
3.2.4. Geoquímica das rochas	131
3.2.5. Sumário	136
4. ISÓTOPOS E CONSIDERAÇÕES PETROGENÉTICAS	140
4.1. ISÓTOPOS RADIOGÊNICOS: Sr, Nd e Pb	141
4.1.1. Elementos traços, isótopos radiogênicos e possíveis reservatórios mantêlicos das rochas de Fernando de Noronha	147
4.1.2. Comparações dos isótopos radiogênicos e possíveis fontes mantêlicas de Fernando de Noronha com os de outras ilhas oceânicas e os dos basaltos do nordeste brasileiro	151
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	154
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156
ANEXOS	
Quadros	
Tabelas	
Publicação	

Índice de Figuras

Figura 2.1.1. Mapa de pontos.....	11
Figura 2.1.2. Mapa esquemático dos diques máficos e félsicos aflorantes na Enseada da Caieira.....	10
Figura 2.2.1. Mapa geológico simplificado.....	19
Figura 2.3.3.1. Esquema de preparação das amostras de rocha, para posteriores análises químicas.....	22
Figura 2.3.4.1. Esquemas dos procedimentos utilizados na preparação das soluções (ataques químicos) das amostras para análises de Pb, Sr e Nd.....	24
Figura 3.1.1.1. Aspectos das rochas da série sódica.....	39
Figura 3.1.1.1.1. Diagramas de variação dos clinopiroxênios das rochas da série sódica.....	42
Figura 3.1.1.1.2. Relações de substituição nas posições M1 e M2 comuns nos clinopiroxênios das rochas da série sódica.....	43
Figura 3.1.1.1.3. Composição dos clinopiroxênios das rochas da série sódica da Formação Remédios no diagrama ternário Na - Mg - (Fe ²⁺ + Fe ³⁺ + Mn - Na).....	43
Figura 3.1.1.1.4. Classificação dos espinélios das rochas estudadas no sistema FeO - Fe ₂ O ₃ - TiO ₂	44
Figura 3.1.1.1.5. Composição química dos feldspatos estudados (alcalinos e plagioclásios) no diagrama Ab - An - Or.....	45
Figura 3.1.1.1.6. Detalhe do comportamento químico de três fenocristais zonados de clinopiroxênio de rochas da série sódica do episódio Remédios.....	47
Figura 3.1.1.2.1. Diagramas de variação tipo Harker (utilizando SiO ₂ como índice de diferenciação) para basanitos e tefritos (círculos vazios), essexito (xis), tefrifonólitos.....	50
Figura 3.1.1.2.2. Diagramas de variação de óxido (% em peso) e elementos menores e traços (ppm) em função do Zr.....	51
Figura 3.1.1.2.3. Padrão de abundância de elementos terras raras das rochas da série sódica da Formação Remédios de Fernando de Noronha.....	52
Figura 3.1.1.2.4. Composição das rochas da série sódica no sistema residual Nefelina - Kalsilita - Sílica à pressão de 1 atm.....	52
Figura 3.1.2.1. Características gerais das rochas da série moderadamente potássica....	63
Figura 3.1.2.1.1. Diagramas de variação dos clinopiroxênios das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios.....	66
Figura 3.1.2.1.2. Composição dos clinopiroxênios das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios no diagrama ternário Na - Mg - (Fe ²⁺ + Fe ³⁺ + Mn - Na).....	67
Figura 3.1.2.1.3. Diagramas de variação dos anfibólios das rochas da série moderadamente potássica.....	68
Figura 3.1.2.1.4. Nomenclatura dos feldspatos das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios.....	69

Figura 3.1.2.1.5. Variação dos feldspatos das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios.....	70
Figura 3.1.2.2.1. Padrões de zoneamento em feno e microfenocristais de clinopiroxênios dos traquiandesitos basálticos da série potássica.....	72
Figura 3.1.2.2.2. Padrões de zoneamento em feno e microfenocristais de anfibólio dos traquiandesitos basálticos da série potássica.....	73
Figura 3.1.2.3.1. Diagramas de variação tipo Harker das rochas da série moderadamente potássica.....	75
Figura 3.1.2.3.2. Padrão de abundância de elementos terras raras das rochas da série moderadamente potássica.....	76
Figura 3.1.2.3.3. Comportamento de alguns elementos traços, expressos em ppm, das rochas da série potássica do episódio Remédios.....	77
Figura 3.1.3.1.1. Aspectos macro e microscópicos dos lamprófiros alcalinos.....	87
Figura 3.1.3.2.1a. Comportamentos dos clinopiroxênios dos lamprófiros alcalinos do episódio Remédios.....	88
Figura 3.1.3.2.1b. Padrões de zoneamento observados nos fenocristais de clinopiroxênio dos lamprófiros alcalinos do Episódio Remédios.....	89
Figura 3.1.3.2.2. Diagramas de variação dos anfibólios dos lamprófiros alcalinos.....	91
Figura 3.1.3.2.3. Padrões de zoneamento em fenocristais de anfibólio dos lamprófiros alcalinos de Fernando de Noronha.....	92
Figura 3.1.3.2.4. Classificação e comportamento dos feldspatos dos lamprófiros alcalinos de Fernando de Noronha.....	93
Figura 3.1.3.4.1. Diagramas de variação do tipo Harker (SiO_2 como índice de diferenciação) mostrando as variações na composição química dos lamprófiros.....	96
Figura 3.2.1. Mapa simplificado do arquipélago de Fernando de Noronha.....	101
Figura 3.2.2. Dados normativos de albita, nefelina e leucita (em %) das rochas do evento Quixaba, lançados no diagrama de classificação de rochas melaneferiniticas e basaníticas proposto por Le Bas (1989).....	104
Figura 3.2.1.1. Aspectos gerais dos melaneferinitos portadores de melilita - mineral indicado pelas setas vermelhas (A e B), de olivina melaneferinito (C), de piroxênio melaneferinito (D) e dos basanitos (E e F) do episódio Quixaba.....	112
Figura 3.2.2.1. Comportamento químico das olivinas dos melaneferinitos e basanitos do episódio Quixaba.....	114
Figura 3.2.2.2. Diagramas óxidos versus MgO (em % em peso), mostrando as variações químicas das melilitas do episódio Quixaba.....	115
Figura 3.2.2.3. Variações dos piroxênios dos MEM, OLM, PIM e BAS.....	117
Figura 3.2.2.4. Diagramas de variação de óxidos versus BaO (% em peso) das biotitas e flogopitas dos OLM, MEM, PIM e BAS do episódio Quixaba.....	119
Continuação da figura 3.2.2.4.	120

Figura 3.2.2.5. Diagramas de variação de óxidos versus F (% em peso) das biotitas e flogopitas dos OLM, MEM, PIM e BAS do episódio Quixaba.....	121
Figura 3.2.2.6. Esquemas de substituição das micas do episódio Quixaba.....	124
Figura 3.2.2.7. Variações químicas das nefelinas das rochas do episódio Quixaba.....	125
Figura 3.2.2.8. Classificação e nomenclatura dos feldspatos dos PIM e BAS do Episódio Quixaba de Fernando de Noronha.....	126
Figura 3.2.3.1. Variações de Al_2O_3 e TiO_2 das micas os OLM, MEM, PIM e BAS em comparação com as de outras rochas alcalinas.....	130
Figura 3.2.4.1. Comportamento químico dos melaneferinitos e basanitos do evento Quixaba (valores expressos em porcentagem em peso) em diagramas do tipo Haker.....	132
Figura 3.2.4.2. Padrões de abundância dos elementos traços das rochas do episódio Quixaba,.....	133
Figura 3.2.4.3. Padrões de abundância dos elementos terras raras das rochas do episódio Quixaba,.....	134
Figura 3.2.3.4. Diagramas de variação de elementos terras raras leves e elementos traços em função de Th.....	135
Figura 4.1.1. Diagrama $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ versus $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	142
Figura 4.1.2. Variações isotópicas das rochas de Fernando de Noronha.....	146
Figura 4.1.1.1. Comportamento de alguns elementos traços de rochas máficas.....	148
Figura 4.1.1.2. Dados isotópicos de Fernando de Noronha em comparação.....	148
Figura 4.1.2.1. Diagramas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ilustrando.....	152
Figura 4.1.2.2. Diagrama $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ilustrando.....	153

Índice de Fotos

Foto 2.1.1. Vista da Enseada da Caieira.....	14
Foto 2.1.2. Praia da Conceição e ao fundo da foto o Morro do Pico.....	14
Foto 2.1.3. Praia do Cachorro e encosta do Morro do Forte.....	15
Foto 2.1.4. Praia do Leão e Ilha do Morro da Viúva.....	15
Foto 2.1.5. Praia do Atalaia. Ao fundo, do lado esquerdo da foto, paredão de derrames de melaneferinitos e no centro a Ilha do Frade.....	16
Foto 2.1.6. Vista do Mirante do alto da Baía dos Porcos. A esquerda uma das ilhas Dois Irmãos.....	16
Foto 2.1.7. Vista da Baía do Sancho.....	17
Foto 2.1.8. Ilhas São José (maior) e Cuscuz.....	17
Foto 3.1.1. Brecha vulcânica com clastos e blocos subarredondados de composição e tamanhos variados em matriz fina.....	30
Foto 3.1.2. Diques do episódio Remédios aflorantes na Enseada da Caieira, cortando rochas piroclásticas, em faixa de antepaia já parcialmente coberta pelo mar.....	31
Foto 3.1.3. Fonólito afírico do Grupo I. Em destaque a Pedra do Pião.....	31
Foto 3.1.4. Diques máficos cortando o essexito (encosta) da Ponta do Atalaia.....	32
Foto 3.1.5. Plugs de traquiandesito basáltico encaixados em fonólito (rochas mais escuras) em área de antepaia.....	32
Foto 3.1.6. Dique subvertical de traquiandesito (marrom claro) atravessando plug de álcali-basalto (rocha mais escura) na Enseada do Abreu.....	33
Foto 3.2.1. Sucessão de derrames de melaneferinitos da Ponta do Capim-açu.....	102
Foto 3.2.2. Basanito da Baía do Sancho.....	102
Foto 3.2.3. Dique de melilita melaneferinito atravessando rochas piroclásticas nas proximidades da Planície da Viração.....	103
Foto 3.2.4. Basanito da Ilha Cuscuz.....	103
Foto 3.2.5. Xenólitos mantélicos de olivina (à direita) e clinopiroxênio em rocha basanítica da Ilha São José.....	104
Foto 3.2.1.1. Contato entre rocha piroclástica (base) e derrame de MEM (topo) na região entre a planície da viração e a Ponta do Capim-açu (ponto 99FN21).....	107
Foto 3.2.1.2. Relações de contato entre os derrames de melaneferinitos e as rochas piroclásticas na Ponta do Capim-açu.....	107

Índice de Quadros

Quadro 3.1.3.1. Divisão dos lamprófiros alcalinos segundo Rock (1977).....	82
Quadro 3.1.3.1.1. Principais características dos lamprófiros alcalinos da Formação Remédios de Fernando de Noronha.....	86

Índice de Tabelas

Tabela 2.3.4.1. Quantidades de amostras em pó utilizadas para o ataque químico.....	23
Tabela 2.3.4.2. Cálculo da quantidade de solução de amostra pesada para posterior separação do Sr em coluna.....	26
Tabela 3.1.1.1. Análises modais das rochas da série sódica do Episódio Remédios de Fernando de Noronha.....	40
Tabela 3.1.2.1. Análises modais das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios.....	59
Tabela 3.2.1. Análises modais representativas dos melaneferinitos e basanitos da Formação Quixaba.....	111
Tabela 4.1.1a. Dados analíticos Rb, Sr, Sm e Nd.....	144
Tabela 4.1.1b. Dados analíticos U, Th e Pb.....	145

RESUMO

O magmatismo alcalino do Arquipélago de Fernando de Noronha compreende dois episódios de idades distintas. O mais antigo, Remédios, está representado por um evento piroclástico inicial e uma sucessão de intrusões (diques, domos e *plugs*) de variada litologia: basanitos, tefritos, lamprófiros alcalinos, álcali-basalto, traquiandesitos, traquitos e fonólitos. O episódio mais novo, Quixaba, é de natureza predominantemente vulcânica e inclui extensos derrames de melaneferinitos, raros diques da mesma composição e alguns corpos, possivelmente chaminés, de basanitos.

Duas séries petrográficas são reconhecidas no episódio Remédios. Uma é de tendência sódica (basanito – tefrito – essexito – tefrifonólito – fonólito porfirítico – fonólito afírico peralcalino) e a outra é moderadamente potássica (álcali-basalto – traquiandesito basáltico – traquiandesito – traquito). Os basanitos e tefritos, além dos termos intermediários destas duas séries (tefrifonólitos, traquiandesitos basálticos e traquiandesitos), bem como o conjunto de lamprófiros, ocorrem como diques. Diques máficos e félsicos aparecem paralelos ou cortando uns aos outros, sendo também comuns os diques compostos. Nas rochas dos diques são encontrados xenólitos de rochas alcalinas máficas e félsicas e xenocristais, principalmente de clinopiroxênio.

Estudos petrográficos e químicos (de minerais e de rochas) indicaram que em ambas as séries a evolução das rochas se realizou principalmente por processos de cristalização fracionada, a partir de basanito na série sódica e de álcali-basalto na potássica. Na série sódica houve remoção de olivina, clinopiroxênio rico em Ca (salita), apatita, magnetita titanífera, feldspato alcalino, nefelina, kaersutita e titanita. Na série potássica a extração de olivina, clinopiroxênio rico em Ca (salita), magnetita titanífera e, em menor proporção, feldspato alcalino conduzem a formação de traquiandesitos e traquitos. Os traquiandesitos basálticos resultaram da mistura de magmas basáltico e traquítico. Os lamprófiros alcalinos, formados a partir de líquidos basaníticos e, em alguns casos, álcali-basálticos, com forte enriquecimento em voláteis, mostram extensa variedade composicional e textural.

Os derrames de melanafelinitos do episódio Quixaba incluem abundantes olivina melanafelinitos (com fenocristais de olivina), com intercalações de níveis de melilita melanafelinitos (com fenocristais de olivina e melilita) e piroxênio melanafelinitos (com fenocristais de olivina e clinopiroxênio). A composição química dos minerais essenciais dessas rochas mostram algumas variações de um melanafelinito para o outro, como nefelinas mais ricas em K_2O (com até 10 %) nos melilita melanafelinitos e alguns olivina melanafelinitos. Estudos detalhados em flogopita e biotita mostraram que estes minerais, tardios e acessórios nessas rochas, são ricos em TiO_2 (3 a 14 % em peso) e BaO (2 a 18 % em peso), sendo que a composição delas está relacionada com o tipo de melanafelinito. Os valores mais elevados foram encontrados em um olivina melanafelinito.

Uma diferença notável entre os basanitos intercalados no pacote dos derrames e os das ilhas São José e Cuscuz, está na composição das olivinas, Fo_{87-82} no primeiro caso e $Fo_{\pm 70}$ no segundo, indicando que a cristalização das rochas se processou a partir de líquidos distintos, ora enriquecidos na razão Mg/Fe^{2+} , ora empobrecidos nesta razão.

Os resultados dos trabalhos realizados sugerem que os diversos litotipos do episódio Quixaba se formaram por cristalização de magmas gerados por fusão parcial da fonte mantélica. O forte fracionamento das terras raras sugere a presença de granada residual no manto e as anomalias negativas de Rb e K, observadas em padrões de elementos traços normalizados pelo manto primitivo, apontam para a retenção de uma fase portadora desses elementos na fonte (possivelmente flogopita), durante a fusão parcial.

Estudos isotópicos de Sr, Nd e Pb realizados em amostras dos dois episódios vulcânicos indicaram que as rochas do episódio Remédios foram geradas a partir de duas fontes mantélicas. As rochas do episódio Quixaba parecem ter se originado de uma mesma fonte. Em todos os casos, as variações das razões isotópicas podem ser explicadas pela mistura de um manto empobrecido, DMM, com componentes dos tipos EM I e HIMU.

ABSTRACT

The alkaline magmatism of the Fernando de Noronha Archipelago comprises two episodes of different ages. The older one, Remédios, consists of an initial pyroclastic event and a succession of intrusions (domes, dikes and plugs) of varied composition: basanites, tephrites, alkaline lamprophyres, alkali basalts, trachyandesites, trachytes and phonolites. The younger episode, Quixaba, is predominantly volcanic and includes extensive flows of melanephelinites, rare dikes of similar composition and some bodies of basanites, possibly volcanic vents.

Two petrographic series are recognized in the Remédios episode. One is a sodic series (basanite - tephrite - essexite - tephriphonolite - porphyritic phonolite - peralkaline aphyric phonolite) while the other one is moderately potassic (alkali basalt - basaltic trachyandesite - trachyandesite - trachyte). Basanites and tephrites and all the intermediate members of these series (tephriphonolites, basaltic trachyandesites and trachyandesites) together with the alkaline lamprophyres occur as dikes. Mafic and felsic dikes are parallel or cut one another; composite dikes are also common. Xenoliths of mafic or felsic alkaline rocks and clinopyroxene xenocrysts are commonly found in the various dike rocks.

Petrography and rock and mineral chemistry indicate that most rock-types of both series evolved by fractional crystallization processes. The starting materials were basanite in the sodic series and alkali basalt in the potassic one. Removal of olivine, Ca-rich clinopyroxene (salite), apatite, titaniferous magnetite, alkali feldspar, nepheline, kaersutite and titanite account for the variations in the sodic series. In the potassic series, the fractionation of olivine, Ca-rich clinopyroxene (salite), titaniferous magnetite, and partly alkali feldspar give rise to trachyandesites and trachytes. Magma mixing between basalt and trachyte resulted in the formation of basaltic trachyandesites. The alkaline lamprophyres, crystallized from volatile-enriched basanitic or alkali basaltic magmas, display extensive compositional and textural varieties.

The Quixaba melanephelinitic flows include abundant olivine melanephelinites (with olivine phenocrysts), intercalated with melilite melanephelinites (with olivine and melilite phenocrysts) and pyroxene melanephelinites (with olivine and clinopyroxene phenocrysts). The chemical composition of the essential minerals shows some variation among different melanephelinites, such as K₂O-rich nephelines (up to 10 wt% K₂O) in the melilite melanephelinites and some olivine melanephelinites. Late-stage accessory phlogopite and biotite are Ti- and Ba-rich (TiO₂ = 3 – 14 wt%; BaO = 2 to 18 wt%), the enrichment being directly related to the melanephelinitic type. The largest values were found in an olivine melanephelinite.

The main difference between the basanite flows and the basanites of the São José and Cuscuz Islands resides in the olivine composition which is Fo₈₇₋₈₂ in the flows and Fo_{±70} in the islands, indicating parental magmas with different Mg/Fe²⁺ ratio.

The results of this work indicate that the various lithologies of the Quixaba episode formed by crystallization of magmas were generated by partial melting of a mantle source. The strong fractionation of the REE patterns suggests the presence of residual garnet in the mantle and the Rb and K anomalies, observed in primitive-mantle normalized trace element patterns, point to the retention of a potassium-bearing phase in the source (possibly phlogopite), during partial melting.

Sr, Nd and Pb isotopic studies performed in samples from both volcanic episodes indicate that two mantle sources were involved in the origin of the Remédios rocks. The rocks of the Quixaba episode seem to have been generated from only one mantle source. In both cases, variations in isotopic ratios can be explained by a mixture of depleted mantle DMM with EM I and HIMU components.

1. INTRODUÇÃO

As suítes de rochas das ilhas oceânicas mostram grandes variações químicas. Em algumas ilhas ocorrem séries basálticas toleíticas e alcalinas (Havaí, Reunião) e em outras somente rochas de natureza alcalina (Canárias, Tristão da Cunha, Ascensão, Açores, **Fernando de Noronha**, Trindade, Maio, etc). As rochas alcalinas ultrabásicas-básicas podem, em alguns casos, evoluir para derivados supersaturados ou insaturados com tendência sódica (Ablay *et al.*, 1998; Marques *et al.*, 1999) ou potássica (Kar *et al.*, 1998). Essa diversidade química pode também ser observada nas variações das razões isotópicas ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) entre vulcões de diferentes ilhas e, às vezes, entre as rochas vulcânicas de uma mesma ilha (Weaver *et al.*, 1986; Wilson, 1989).

A evolução das rochas das suítes vulcânicas em ilhas oceânicas deve necessariamente envolver processos de fracionamento complexos a baixas pressões (Wilson, 1989). O aparecimento comum de autólitos, xenólitos e xenocristais (provenientes das paredes dos condutos vulcânicos, câmaras magmáticas profundas, assoalho oceânico ou do próprio manto), nessas rochas, sugere a existência de sistemas de câmaras magmáticas interconectadas nos edifícios vulcânicos.

Estudos petrográficos, mineralógicos e geoquímicos, de detalhe, em rochas de caráter tão diversificado, como as de Fernando de Noronha, devem fornecer subsídios para uma melhor compreensão dos processos envolvidos na sua formação. Partindo deste princípio esta pesquisa de doutoramento tem como meta principal a caracterização do conjunto de rochas vulcânicas-subvulcânicas alcalinas pertencentes aos dois eventos magmáticos reconhecidos em Fernando de Noronha, PE, por meios de estudos petrográficos, de química mineral, geoquímicos e isotópicos, visando fornecer informações sobre a origem e evolução do vulcanismo do arquipélago.

1.1. TRABALHOS ANTERIORES

O Arquipélago de Fernando de Noronha está situado no Oceano Atlântico, entre os paralelos 32°28' - 32°24' longitude W e 3°52' - 3°50' latitude sul, aproximadamente a 345 km da costa do Rio Grande do Norte, no nordeste brasileiro. Sua área total é de cerca de 18,4 km² sendo que 16,9 km² pertencem à Ilha de Fernando de Noronha e a área restante a várias ilhotas e rochedos, que representam as porções mais elevadas de um edifício vulcânico cuja base repousa a aproximadamente 4000 metros de profundidade.

Estas ilhas estão localizadas na parte oriental da Cadeia de Fernando de Noronha, uma sucessão de elevações, a maior parte submersas, dispostas segundo a direção ENE-WSW que, no continente, estão representadas pelas manifestações magmáticas alcalinas do Ceará - Distrito de Fortaleza (Almeida, 1983; Almeida *et al.*, 1988) e por álcali-basaltos do Rio Grande do Norte (Fodor *et al.*, 1998).

Dos trabalhos pioneiros no arquipélago de Fernando de Noronha, o mais importante é o de Almeida (1955), que a partir de estudos detalhados de campo e da petrografia das rochas, reconheceu no arquipélago dois eventos eruptivos principais, separados por fase discordante erosiva, denominando-os de Formação Remédios e Quixaba.

O evento mais antigo, Remédios, exposto principalmente nas porções centrais da ilha maior de Fernando de Noronha, está representado por uma grande variedade de tipos litológicos: rochas piroclásticas subhorizontais, principalmente tufos, aglomerados e brechas, cortadas por numerosos e extensos domos de fonólitos, alguns pequenos "plugs" de traquito, álcali-basalto e essexito, além de numerosos diques de rochas extremamente diversificadas, desde ultrabásicas e básicas até intermediárias (lamprófiros ultrabásicos e básicos, basanitos, tefritos, traquitos e fonólitos).

As rochas piroclásticas apresentam abundantes fragmentos dos mesmos tipos de rochas que aparecem como diques e, em menor abundância, de rochas faneríticas, estas últimas consideradas como prováveis testemunhas de intrusões não expostas pela erosão.

Algumas amostras do evento Remédios, dentre estas fonólitos - afírico e porfirítico, essexito, traquito e álcali-basalto, foram datadas pelo método K/Ar (rocha total) por Cordani (1970), indicando idades entre 12 Ma (álcali-basalto) e 8 Ma (fonólito porfirítico) para este primeiro evento. Bernat *et al.* (1977), analisando amostras de fonólitos equivalentes à estudada por Cordani (*op. cit*) obtêm, pelo método $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ (fusão por etapas), idades diferentes, um pouco superiores, em torno de 12 Ma.

O evento vulcânico mais novo, Quixaba, com idade ao redor de 3 Ma (Cordani, 1970) é de caráter predominantemente ultrabásico e forma extensos derrames de rochas melaneferínicas (ankaratritos). Estes derrames cobrem em discordância a Formação Remédios, aflorando em 2/3 da Ilha de Fernando de Noronha e aparecem também em algumas ilhas menores (Ilha Rata).

Além destes dois conjuntos de rochas alcalinas, ocorrem no arquipélago derrames de nefelina basanitos com abundantes xenólitos do manto (dunitos e peridotitos) nas ilhotas de São José, Cuscus e de Fora. Com base em observações de campo Almeida (1955) concluiu que esses derrames estão colocados, em provável discordância, por sobre os ankaratritos do evento Quixaba, incluindo-os numa terceira unidade, denominada de Formação São José.

Cordani (1970) ao analisar estes basanitos apresenta idades em torno de 9 Ma o que o levou a considerá-los como contemporâneos às rochas da Formação Remédios. Por outro lado Ulbrich e Ruberti (1992) reconheceram um novo corpo de basanito, em meio aos derrames ankaratriticos da Ilha de Fernando de Noronha, sugerindo que os últimos estágios de atividade magmática seriam de caráter básico e que provavelmente as rochas basaníticas da Ilha São José poderiam ser contemporâneas ou até mais jovens do que às da Formação Quixaba.

Trabalhos que descrevem, em linhas gerais, o magmatismo das ilhas oceânicas incluem sempre Fernando de Noronha com base no trabalho de Almeida (1955). Entre estes merecem destaque o de Borley (1974), numa compilação de trabalhos referentes às ilhas dos vários oceanos, assim como o de Mitchell-Thomé (1970).

Outros trabalhos posteriores ao de Almeida (1955) devem ser ressaltados, como por exemplo os de cunho petrográfico-petroológico, apresentados por Gunn e Watkins (1976), Stormer (1978), Schwab e Bloch (1985), Cornen (1986), Weaver (1990), etc., fornecendo dados químicos de rocha total e interpretações petrogenéticas baseadas em processos de fracionamento a partir de um magma primário de composição basanítica (limburgito).

Discussões sobre as características das fontes mantélicas de Fernando de Noronha são divulgadas no trabalho de Gerlach *et al.* (1987), com base na composição de isótopos radiogênicos Sr, Nd e Pb e elementos traços de vários tipos litológicos, no de Rivalenti *et al.* (2000) que apresenta dados de Rb, Sr, Sm e Nd, elementos traços e terras raras em xenólitos mantélicos de rochas basaníticas, e no de Kogarko *et al.* (2001) com enfoque em estudos petrográficos e químicos dos xenólitos mantélicos de rochas basaníticas.

Estudos mais detalhados da mineralogia, petrografia e geoquímica das rochas de Fernando de Noronha foram apresentados por Ulbrich (1993) e Ulbrich *et al.* (1994a). Em Ulbrich (1993) foi apresentada uma discussão da complexa nomenclatura utilizada em trabalhos anteriores, para classificação dos vários tipos litológicos expostos no arquipélago de Fernando de Noronha, em particular os termos empregados para os diques máfico-ultramáficos da Formação Remédios.

Num segundo trabalho foram apresentados novos dados geoquímicos sobre o conjunto de rochas de Fernando de Noronha (Ulbrich *et al.*, 1994a) no qual são identificadas duas séries petrológicas distintas na Formação Remédios: uma sódica insaturada e outra moderadamente potássica (ora insaturada, com nefelina na norma, ora saturada a fracamente supersaturada, com quartzo na norma; ver também Weaver, 1990). Esses mesmos autores apresentaram também algumas considerações sobre possíveis magmas progenitores para séries, sódica e potássica, anteriormente mencionadas.

Nas rochas da Formação Quixaba Ulbrich *et al.* (1994a) constataram a existência de dois tipos de ankaratritos denominando-os de tipo A, os predominantes, com $\text{SiO}_2 = 37-39\%$ e $\text{MgO} = 9-12\%$, e tipo B, com composição química mais variada, mais ricos em $\text{SiO}_2 = 39-45\%$ e Ba e

pobres em Nb e Zr. As variações químicas observadas nos dois tipos de ankaratritos, principalmente no tocante as razões de elementos traços (Ba/Nb e La/Nb) levaram os autores a concluir que provavelmente estas rochas seriam produto de magmas parentais quimicamente distintos, gerados em diferentes fontes mantélicas.

Os estudos petrográficos e químicos de algumas rochas do arquipélago de Fernando de Noronha foram também abordados em duas dissertações de mestrado (Maríngolo, 1995 e Lopes, 1997).

Maríngolo (1995) dividiu os diques máficos e ultramáficos da formação Remédios, em função da associação de fenocristais presentes, identificando assim dois grupos, um deles mostrando fenocristais principalmente de olivina e clinopiroxênio (diques de ankaratrito, álcali basalto e basanitos + tefritos), enquanto que o outro é caracterizado pela presença de fenocristais de clinopiroxênio, anfibólio e olivina (diques de tefrifonólitos e lamprófiros típicos: monchiquitos e camptonitos).

Esse autor apresentou análises químicas dos principais minerais constituintes dessas rochas, caracterizando as diferenças químicas entre camptonitos e monchiquitos (ver também Maríngolo e Ulbrich, 1997) e, discorreu ainda sobre as possíveis relações genéticas entre os membros da série sódica da Formação Remédios, focalizando a possível derivação de camptonitos a partir de magmas basaníticos ou tefríticos enriquecidos em voláteis, por processos de cristalização fracionada a baixas pressões.

Lopes (1997) realizou estudos petrográficos, análises químicas de minerais (clinopiroxênios, feldspatos, feldspatóides e anfibólios) e análises químicas de elementos terras raras (rocha total) em fonólitos afíricos e porfiríticos da Formação Remédios. Com base nesses estudos e utilizando-se dos resultados de elementos maiores e alguns traços das mesmas rochas divulgados em Ulbrich *et al.* (1994a), estabeleceu a distinção entre os fonólitos afíricos, denominando-os de Grupo I (menos evoluídos e quimicamente muito parecidos com alguns fonólitos porfiríticos) e Grupo II (mais evoluídos e ricos em La, Ce, Nb, Zr, Y e Rb e, aparentemente, também em Na e Si e mais pobres em Ba, Sr, V, Ca e Fe²⁺).

Ainda na dissertação de Lopes (1997) foram apresentados dados isotópicos - razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de seis amostras da ilha de Fernando de Noronha, fonólitos, basanita, lamprófito e tefrito da Formação Remédios e ankaratrito da Formação Quixaba - e comparações com os resultados apresentados no trabalho de Gerlach *et al.* (1987).

Deve-se mencionar também algumas comunicações e resumos mais recentes, como os trabalhos petrográficos e geoquímicos gerais de Maríngolo e Ulbrich (1997), de Lopes e Ulbrich (1997), de Lopes e Ulbrich (1998), de Ulbrich e Lopes (1999) e de Lopes e Ulbrich (2001); os estudos de xenocristais e xenólitos de origem subvulcânica em rochas da Formação Remédios de Ulbrich *et al.* (1994b) e Ulbrich e Lopes (1996); as relações estruturais entre os diques máficos e félsicos da referida formação em Ulbrich *et al.* (1998) e os estudos de cunho mineralógico (Ulbrich e Lopes, 2000).

1.2. OBJETIVOS DA TESE DE DOUTORAMENTO

Uma vez expostos os principais trabalhos realizados na área, considera-se adequado colocar de forma mais detalhada os principais objetivos da pesquisa de doutoramento:

- Dar continuidade aos estudos já realizados nas rochas da série sódica do evento Remédios, completando a coleção de amostras de fonólitos e diques ultramáficos e máficos, e os estudos correspondentes de laboratório (mineralógicos e geoquímicos), com a finalidade de se obter mais informações para melhor caracterizar os processos evolutivos ocorrentes no arquipélago.
- Estudar as rochas da série moderadamente potássica do evento Remédios, com análises petrográficas e químicas (rocha total e minerais) principalmente nos traquitos que representam os litotipos mais diferenciados desta série, e estabelecer comparações e distinções com as rochas da série sódica.

- Complementar a pesquisa dos melaneferinitos do evento Quixaba, com estudos petrográficos, de química mineral e química de rocha e, estabelecer comparações com os basanitos existentes na ilha principal e na de São José.
- Estabelecer os possíveis caminhos da diferenciação magmática, que atuaram na gênese das rochas alcalinas de Fernando de Noronha.
- Realizar análises isotópicas, razões iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ em amostras representativas das duas séries do evento Remédios e dos melaneferinitos e basanitos do evento Quixaba, visando à discussão da petrogênese destas rochas e o reconhecimento das possíveis fontes mantélicas envolvidas.

2. METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia empregada neste trabalho pode ser subdividida em quatro tópicos:

- trabalhos de campo para coleta de amostras e observações das relações entre as várias litologias presentes;
- trabalhos de catalogação e organização de todo material obtido, incluindo-se neste tema as amostras coletadas pela equipe da Profa. Mabel Ulbrich, em estudos que antecederam esta tese de doutoramento;
- confecção do mapa geológico em formato digital utilizando o mapa de Almeida (1955) e cartas náuticas recentes (anos de 1985 e 1997);
- trabalhos de laboratório que incluíram a petrografia, análise química dos minerais, seleção e preparação de amostras para análises químicas e isotópicas.

2.1. TRABALHOS DE CAMPO

As atividades de pesquisa de campo foram desenvolvidas em duas etapas: a primeira durante 14 dias no ano de 1997, apenas na ilha principal do Arquipélago de Fernando de Noronha em companhia dos Profs. Mabel Norma Costas Ulbrich e Horstpeter J. H. Ulbrich, e a segunda durante 12 dias no ano de 1999, na ilha principal, na Ilha São José e na Ilha Cuscuz, contando com a colaboração do geólogo Eder Luiz Santo. Os trabalhos desenvolvidos foram:

a. Mapeamento estrutural sistemático de diques com coleta de amostras (ano de 1997 e de 1999)

Nos costões e praias da região nordeste e centro-sul da ilha de Fernando de Noronha, as feições geológicas mais marcantes são os corpos magmáticos de contorno tabular (diques) de rochas vulcânicas, que apresentam composições variadas desde termos ultramáficos (como por exemplo os

lamprófiros alcalinos) até félsicos (como por exemplo os traquitos), destacando-se na paisagem, das rochas piroclásticas encaixantes.

O mapeamento dos diques foi realizado principalmente ao longo do litoral, tornando-se breves as incursões no interior da ilha principal, já que nestas áreas as exposições desses corpos são pobres e esparsas.

Estudos detalhados foram realizados na Enseada da Caieira (**foto 2.1.1**), Praia da Biboca, Baía do Sueste, Enseada do Abreu, Praia do Atalaia, Praia do Boldró, além do Morro do Meio e proximidades (**figura 2.1.1**, mapa de pontos).

Os trabalhos de mapeamento consistiram na determinação da disposição desses diques no terreno, envolvendo medições de atitudes, dos tamanhos e das formas dos corpos, visando à preparação de mapas estruturais esquemáticos como o que é apresentado na **figura 2.1.2**.

Foram também coletadas amostras de cada um dos corpos para posterior correlação da composição mineralógica e química das rochas com os diques correspondentes. No decorrer dos trabalhos foram obtidas fotografias para serem utilizadas como referencial durante os estudos de laboratório.

Um resumo deste trabalho, enfocando as principais relações estruturais dos diques da Formação Remédios foi apresentado por Ulbrich *et al.* (1998).

b. Estudo dos corpos fonolíticos, traquíticos, essexíticos e de álcali-basaltos (ano de 1997 e de 1999)

Os corpos fonolíticos foram visitados para aprimorar a coleção de rochas já existente, visto que já haviam sido coletados e realizados estudos anteriores nessas rochas (Almeida, 1955; Ulbrich *et al.*, 1994a; Lopes, 1997). Foram percorridos e amostrados os morros da Pedreira, do Medeira, da Boa Vista, do Gato, do Espinhaço e do Pico, além dos corpos fonolíticos que ocorrem nas praias da Conceição (**fotos 2.1.2**) e do Cachorro (**foto 2.1.3**).

Com relação aos *plugs* traquíticos e traquiandesíticos, as áreas alvo foram o Morro Branco na Praia do Leão (**foto 2.1.4**), o corpo das proximidades da Praia da Biboca, além dos dois pequenos corpos de traquiandesitos da Baía do Sueste. O objetivo principal, neste caso, não foi unicamente de coleta de amostras, mas sim da caracterização dos corpos em campo, com estudos

estruturais para posicionamento em mapas, desenhos esquemáticos, fotografias e slides.

O procedimento anteriormente descrito foi também adotado no caso dos essexitos que afloram na Praia do Atalaia (**foto 2.1.5**) e dos álcali-basaltos da Enseada do Abreu e Baía do Sueste.

Figura 2.1.2. Mapa esquemático dos diques máficos e félsicos aflorantes na Enseada da Caieira. Em destaque a localização de algumas das amostras coletadas que serão mencionadas no decorrer do texto. Dique félsico maior (em cinza) corresponde às amostras 97FN3c e 97FN7a (traquiandesito).

c. Localização e amostragem de fragmentos de gabros, dioritos e monzodioritos em rochas piroclásticas (ano de 1997)

Parte importante da pesquisa foi a de identificação e coleta de fragmentos (xenólitos de rochas máficas e félsicas) contidos nos depósitos piroclásticos, testemunhos da composição de rochas faneríticas distintas daquelas que afloram na superfície. Esta atividade foi desenvolvida principalmente na Enseada da Caieira, local em que ocorrem as melhores exposições de rochas piroclásticas. Os detalhes acerca deste estudo são apresentados como um anexo, ao final da tese (artigo publicado na *Geochimica Brasiliensis*).

d. Análise dos derrames de rochas melaneferiníticas e basanitos (anos de 1997 e 1999)

As rochas melaneferiníticas (ankaratritos) ocorrem tanto à leste quanto à oeste da ilha principal formando extensos derrames subhorizontais. A coleta e a pesquisa destas rochas foi feita em várias localidades da ilha principal, dentre estas: na Enseada da Caieira, na Baía de Santo Antônio, no Morro do Francês, nas proximidades da Praia do Leão, na Ponta das Caracas, na Baía dos Porcos (**foto 2.1.6**), na Baía do Sancho, na Ponta do Capim-açu, nos Morros do Alto da Bandeira e Dois Abraços (**figura 2.1.1**).

Em campo os ankaratritos são muito parecidos e dificilmente separáveis devido a sua cor cinza escuro ou negra e sua granulometria muito fina. Para tentar estabelecer comparações e verificar possíveis variações *in situ* entre os derrames foram realizados perfis verticais em algumas áreas da ilha de Fernando de Noronha, dentre estas o Capim-Açu e a Ponta das Caracas. Fotografias ilustrando a variação de derrames serão apresentados no capítulo posterior.

Nas porções onde afloram os basanitos (Baía do Sancho, ilhas São José e Cuscuz; **fotos 2.1.7 e 2.1.8**) também foram realizados perfis horizontais e verticais na tentativa de se estabelecer relações de contato com os demais litotipos do evento Quixaba (melaneferinitos e rochas piroclásticas).

Nas áreas de conservação do parque, ponta do Capim-Açu, morros do Alto da Bandeira (ou Morro do Farol) e Dois Abraços (VOR), os trabalhos foram realizados com a participação de fiscais do IBAMA. A visita ao Morro

do Francês, área controlada pela Aeronáutica, só pode ser realizada com autorização e acompanhamento de um oficial do Comando da Aeronáutica.

2.1.1. Observações quanto ao desenvolvimento dos trabalhos de campo

Mais da metade do arquipélago de Fernando de Noronha está dentro do do PARNAMAR (Parque Nacional Marinho), área de preservação ambiental. Em algumas áreas, por tratarem-se de zonas do parque, a pesquisa só foi permitida com acompanhamento de fiscais do IBAMA, enquanto que em outras, o acesso só foi permitido com a autorização e o acompanhamento de um oficial do comando da aeronáutica. Cabe comentar que a realização dos estudos em Fernando de Noronha só foi possível após a obtenção de uma licença para pesquisa e coleta de amostras, obtida junto ao IBAMA central (Brasília).

Apesar da colaboração efetiva de todos os funcionários envolvidos no arquipélago, alguns pontos não puderam ser devidamente amostrados, pois sem dúvida envolveriam um impacto ambiental. Dentre estas áreas deve-se mencionar a da Baía do Sueste, considerada como extremamente delicada devido ao fato de na mesma ocorrerem várias espécies de caramujos que permanecem incrustados nas rochas, limitando a amostragem muitas vezes a materiais em parte já alterados.

Outro ponto que afetou em parte o desenvolvimento das atividades de campo foi o das condições e variações do mar, influenciando na disponibilidade de tempo de estudo dos afloramentos situados na área de antepraia (área exposta apenas na maré baixa) e também no acesso a outras ilhas do arquipélago. Cabe comentar que o acesso a Ilha Rata não foi possível exatamente porque durante toda a segunda etapa de campo o mar esteve revolto e portanto não houve condições para aportar nesta ilha.

Foto 2.1.1. Vista da Enseada da Caieira. Ao fundo, do lado direito da foto, Morro do Francês.

Foto 2.1.2. Praia da Conceição e ao fundo da foto o Morro do Pico.

Foto 2.1.3. Praia do Cachorro e encosta do Morro do Forte.

Foto 2.1.4. Praia do Leão e Ilha do Morro da Viúva. Ao fundo da foto a Ponta do Capim-açu.

Foto 2.1.5. Praia do Atalaia. Ao fundo, do lado esquerdo da foto, paredão de derrames de melanefelinitos e no centro a Ilha do Frade.

Foto 2.1.6. Vista do Mirante do alto da Baía dos Porcos. A esquerda uma das ilhas Dois Irmãos.

Foto 2.1.7. Vista da Baía do Sancho.

Foto 2.1.9. Ilhas São José (maior) e Cuscuz.

2.2. ATUALIZAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO DE ALMEIDA (1955)

O mapa geológico apresentado por Almeida (1955) foi elaborado utilizando como base cartas náuticas existentes na época.

Com o passar dos anos, com o avanço da ocupação urbana e da pesquisa praticada na área, surgiram novas informações sobre o arquipélago, dentre estas, cartas náuticas com modificações nos contornos das ilhas e nas curvas de nível, novas estradas e trilhas, alteração do local da pista de pouso de aviação, reconhecimento de outros corpos rochosos, como por exemplo os basanitos no evento Quixaba na ilha principal, apontando para a necessidade de atualizar o mapa geológico do arquipélago que foi apresentado por Almeida (1955).

Estas informações junto aos contatos geológicos apresentados no mapa de Almeida (1955) foram digitalizadas, com o uso de mesa digitalizadora e do Software AUTOCAD - versão 14 e 2000. O mapa geológico resultante deste trabalho é apresentado de forma simplificada na **figura 2.2.1**.

2.3. TRABALHOS DE LABORATÓRIO

2.3.1. Estudos petrográficos

Do conjunto de amostras coletadas nos anos de 1997 e 1999, foram selecionadas 115, para a confecção de lâminas petrográficas.

As descrições das rochas, fotografias e análises modais para a obtenção de melhor estimativa percentual da composição mineralógica das litologias, foram realizadas no Laboratório de Óptica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG) do Instituto de Geociências - USP, em microscópios petrográficos do tipo Zeiss Axioplan Binocular, com contadores modais manuais. Deve-se mencionar também o estudo de lâminas utilizadas em trabalhos anteriores (alguns traquitos e fonólitos).

Sedimentos modernos: dunas, recifes, fosfatos, depósitos de praia e depósitos de talude
 Rochas sedimentares Quaternárias: Arenitos, calcários e conglomerados

Formação São José

Basanitos

Formação Quixaba

Derrames de Olivina melaneferinitos, Melilita melaneferinitos, Piroxênio melaneferinitos e basanitos

Tufos e brechas vulcânicas

Aglomerados de chaminé e brechas eruptivas

Basanito Baía do Sancho

Diques: nefelinito e melilita melaneferinitos

Formação Remédios

Diques máficos: basanitos e lamprófiros alcalinos

Diques félsicos: traquiandesitos basálticos, traquiandesitos, traquitos, tefrifonólitos e fonólitos

Traquito

Fonólito affrico

Fonólito porfirítico

Essexito

Álcali-basalto

Tufos e brechas vulcânicas

3° 50' S

3° 52' S

32° 28' W

32° 26' W

Figura 2.2.1. Mapa geológico, simplificado, do Arquipélago de Fernando de Noronha com base na geologia de Almeida (1955) e em cartas náuticas recentes (anos de 1985 e 1994). Pequenas modificações: basanitos da Baía do Sancho e dique de melilita melaneferinito próximo a Ponta do Capim-Açu.

Estradas e trilhas
 Pista de aviação
 Curvas de nível de 50 em 50 metros

N
 0 300 600
 metros

2.3.2. Análises químicas dos minerais constituintes de rochas

Os principais minerais componentes das rochas foram analisados no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Sessenta amostras previamente selecionadas, das quais quatro pertencem ao Prof. Umberto G. Cordani, foram encaminhadas para os técnicos do laboratório de microsonda, para a confecção das seções polidas. No total foram realizadas cerca de um mil análises químicas, correspondentes a trezentos e setenta de clinopiroxênios, duzentos e dezessete de micas, cento e sessenta e sete de espinélios e ilmenitas, cento e cinquenta e três de nefelinas, outros feldspatóides e material vítreo, setenta e quatro de anfibólios, sessenta e nove de olivinas e cinquenta de melilitas.

O equipamento empregado para a obtenção de dados químicos foi a Microsonda JEOL JXA - 8600 S. Os trabalhos foram realizados utilizando-se de padrões reconhecidos internacionalmente, sob as seguintes condições analíticas: voltagem de aceleração de 15 kV, corrente do feixe de elétrons de 20,1 nA, diâmetro do feixe de 10 µm para os feldspatos e feldspatóides ou de 5 µm para os demais minerais, tempo médio de contagem de 20 seg e correções do tipo PROZA.

2.3.3. Análises químicas dos elementos maiores, menores e traços

Foram realizadas no ACTLABS (*Activation Laboratories Ltd*) em Ontário - Canadá por ICP-MS (*Inductively coupled plasma-mass spectrometer*), no ano de 1999, as análises químicas completas (elementos maiores, menores, traços e terras raras) de vinte e três amostras, e a determinação de elementos terras raras em dezessete amostras cuja composição em termos de elementos maiores e menores já havia sido efetuada por ICP-AES no Laboratório de Química e Plasma do GMG-IGc-USP no ano de 1998. Os procedimentos analíticos deste último laboratório são descritos em Janasi *et al.* (1995).

Após a última etapa de campo (final de 1999) e os estudos posteriores, petrográficos e mineralógicos, foram selecionadas para análise completa

outras quatro amostras representativas de litologias (basanitos e melilita melanefelinitos) ou áreas (ilhas Cuscuz e de Fora) anteriormente não pesquisadas. Aproveitando a oportunidade de estar no exterior para fins de aprendizado e obtenção de análises isotópicas (de abril a julho de 2001) e de estar em contato direto com os laboratórios associados ou vinculados a *Université Libre de Bruxelles*, estas quatro amostras foram encaminhadas para determinação por ICP-MS no *Laboratoire de Géochimie*, do *Musee Royal de L'Afrique Centrale*, em Bruxelas.

Cabe ainda comentar que também foram utilizadas as análises químicas de outras rochas de coleções mais antigas, cujos resultados foram apresentados e discutidos nos trabalhos de Ulbrich *et al.* (1994a) e Lopes (1997).

➤ **Preparação do material**

Após a seleção ao microscópio do material menos alterado, separação de amígdalas maiores e escolha das amostras representativas da área em estudo, iniciou-se a preparação do pó de rocha em moinho de anéis de ágata, no laboratório de preparação e tratamento de amostras, LTA, do GMG-USP. Os procedimentos adotados para a pulverização das rochas aparecem resumidos no fluxograma da **figura 2.3.3.1**.

2.3.4. Determinação das Razões isotópicas

Quinze amostras representativas de litologias dos dois eventos vulcânicos do arquipélago de Fernando de Noronha, foram submetidas a análises isotópicas, razões iniciais de Sr, Nd e Pb no laboratório de *Geochimie Isotopique et Geodynamique Chimique*, da *Université Libre de Bruxelles*, Bélgica. Estas análises foram efetuadas durante o estágio no exterior, sob a orientação do Prof. Daniel Demaiffe, Co-Diretor do laboratório.

Os processos utilizados para a pulverização das amostras foram os mesmos empregados para as análises dos elementos maiores, menores e traços. Estes trabalhos foram realizados no Brasil, no LTA do GMG-USP.

Os procedimentos adotados após a pulverização das amostras, segundo a metodologia do laboratório *Geochimie Isotopique et Geodynamique Chimique* são descritos em detalhe a seguir.

Figura 2.3.3.1: Esquema de preparação das amostras de rocha, para posteriores análises químicas.

➤ **Pesagem das amostras pulverizadas, ataques químicos e digestão das amostras**

Considerando que a quantidade de pó de rocha a ser dissolvido para fins de análises isotópicas, depende diretamente da concentração do elemento na amostra, antes da digestão do material deve-se conhecer a quantidade do elemento em ppm/amostra e a partir daí estabelecer a quantidade ideal de pó a ser utilizado. A **tabela 2.3.4.1** exhibe alguns exemplos dos valores pesados e utilizados na prática.

Tabela 2.3.4.1: Quantidades de amostras em pó utilizadas para o ataque químico. Observar que no caso do Sr e Nd, devido ao mesmo procedimento de dissolução, foi utilizada apenas uma porção de cada pó de rocha.

Amostra	Valor pesado para Pb (mg)	Valor pesado para Sr e Nd (mg)
97FN3c	127,4	110,4
97FN6b	214,3	122,4
97FN42	109,1	110
97FN13c	194,5	109,8
89FN6	85,1	250
97FN58a	401,2	135

➤ **Ataques químicos e digestão das amostras**

Para as análises de Pb os ácidos utilizados no ataque químico das amostras devem ser de elevado grau de pureza, *subboiled*, ao passo que para as análises de Sr e Nd pode-se empregar ácidos destilados.

Além do tipo de ácido empregado, também é distinto o tempo de permanência das amostras diluídas sob aquecimento em chapa. Os dois esquemas a seguir (**figura 2.3.4.1**) ilustram os procedimentos seguidos durante a preparação das soluções de amostras para análises de Pb e para análises de Sr e Nd.

➤ **Separação dos elementos por cromatografia: uso de colunas com resinas de troca catiônica**

A separação do Pb, Sr e Nd foi feita em uma ou várias colunas utilizando-se de resinas de trocas catiônicas. A primeira etapa, comum em todos os casos, consistiu na pesagem e preparação do pó de resina para introdução e uso na coluna. Esta resina variou conforme o elemento e a etapa de separação. Como os processos efetuados para coleta dos três elementos não foram os mesmos, eles serão descritos a seguir separadamente.

Figura 2.3.4.1: Esquemas dos procedimentos utilizados na preparação das soluções (ataques químicos) das amostras para análises de Pb, Sr e Nd.

Pb

O processo inicial de separação do Pb na coluna I foi realizado da seguinte forma:

- a) preparação da amostra para uso na coluna: dissolução do material (anteriormente atacado quimicamente e seco) em 4 ml de HCl/HBr (1:1), aquecimento em chapa por cinco minutos e permanência de quinze minutos em ultrassom;

- b) lavagem da coluna I: 4 ml de H_2O , 4 ml de HBr/HCl , 4 ml de HCl *subboiled* 6N (duas vezes sucessivas), 4 ml de H_2O ;
- c) equilíbrio e retenção do Pb na coluna I: 4 ml de HBr/HCl , 4 ml da amostra, 4 ml de HBr/HCl ;
- d) coleta do material: 4 ml de HCl *subboiled* 6N com coleta da solução em um bequer de teflon com 5 μl de H_3PO_4 . Ao final do processo repetiu-se a lavagem da coluna (item b).

A partir daí o material obtido foi aquecido até a secagem e no dia seguinte novamente diluído (em 1 ml de HCl/HBr), e submetido ao mesmo processo de separação (coluna II), com os mesmos ácidos e água, seguindo-se as mesmas etapas, porém com os volumes diferentes (1 ml de H_2O , 1 ml de HBr/HCl e 1 ml de HCl *subboiled* 6N). Cabe comentar que esta segunda coluna foi utilizada para obtenção de um produto mais puro.

Ao final da coleta, o béquer contendo o material eluido foi envolto em papel alumínio, colocado em chapa até a secagem para posterior deposição em filamento e análise em espectrômetro de massas.

Sr

As amostras selecionadas para análise de Sr já se encontravam diluídas (*vide* **figura 2.3.4.1**). Inicialmente a solução preparada foi pesada e a esta foi adicionada água até completar a massa de 50 g. A partir daí calculou-se qual a quantidade exata de solução deveria ser utilizada para cada amostra. Este cálculo foi feito considerando-se o teor de Sr (ppm) em cada amostra e o pó inicialmente utilizado na digestão química. A **tabela 2.3.4.2** mostra os resultados dos cálculos efetuados para algumas das amostras estudadas.

Uma vez calculadas e pesadas, as soluções foram colocadas em chapa e depois em ultrassom. Ao produto seco obtido foram adicionados 2 ml de HNO_3 2M, para a introdução e separação em uma única coluna.

Processo de separação em coluna e coleta do material:

- Introdução do material: 0,5 ml de amostra diluída em HNO_3 2M por quatro vezes sucessivas até completar o volume total de 2 ml;
- 0,5 ml HNO_3 2M (duas vezes sucessivas)
- 0,5 ml HNO_3 7M (seis vezes sucessivas)

- 0,5 ml HNO_3 3M
- coleta da solução: 0,5 ml HNO_3 0,05M (quatro vezes sucessivas)

Após a coleta o béquer contendo o material foi envolto em papel alumínio e colocado em chapa até a secagem, para posterior análise em espectrômetro de massas.

Tabela 2.3.4.2: Cálculo da quantidade de solução de amostra pesada para posterior separação do Sr em coluna.

Amostra	Pó (mg)	[Sr] (ppm)	A (ng)	B (± 50 g)	C Ideal (g)	D Pesado (g)
97FN3c	110,4	1540	170016	50,58085	0,29750641	0,84073
97FN6b	122,4	898	109915,2	54,15128	0,49266416	0,55464
97FN42	110	1100	121000	54,4506	0,45000496	0,5708
97FN13c	109,8	994	109141,2	54,4535	0,49892708	0,64735
97FN21	111,4	992	110508,8	57,57771	0,52102376	0,96361
97FN58a	135	1060	143100	55,30733	0,38649427	0,54526

A= massa de Sr na amostra = pó x [Sr]; B= massa solução diluída; C= massa ideal da solução em 1000 ng; D= massa solução utilizada

Nd

As amostras selecionadas para análise de Nd passaram pelo mesmo método de pesagem e cálculo que as de Sr, porém o processo de separação do Nd foi bem mais complicado, sendo necessário utilizar-se de três colunas com diferentes resinas para coleta do produto final.

O material pesado foi aquecido em chapa até a secagem, diluído em 2 ml de HCl 1,25N e colocado em ultrassom por quinze minutos, estando assim pronto para ser introduzido na coluna I.

- Coluna I – eliminação do ferro da solução

O uso da coluna I é feito apenas em amostras enriquecidas em ferro ($\text{FeO} > 1\%$ em peso), fato este comum em todas as rochas estudadas. As etapas de separação e coleta do material nesta coluna foram:

1. Introdução da amostra: 0,5 ml de amostra diluída em HCl 1,25N em quatro etapas sucessivas, para totalizar os 2 ml;
2. Eluição com duas porções de 0,5 ml de HCl 1,25N;

3. Coleta da solução: 2,5 ml de HF 0,1M/HNO₃ 5M, dividido em cinco partes de 0,5 ml que foram introduzidas sucessivamente na coluna.

Após a coleta, o béquer com o material eluído foi envolto em papel alumínio e colocado em chapa por uma noite até a secagem. No dia seguinte o material seco foi diluído em 2 ml de HNO₃ 2M e colocado em ultrassom por quinze minutos, estando assim pronto para ser introduzido na coluna II.

▪ Coluna II – separação e coleta dos Elementos Terras Raras

1. Introdução da amostra: 0,5 ml de amostra diluída em HNO₃ 2M em quatro vezes sucessivas, totalizando 2 ml;
2. Eluição com 10 porções de 0,5 ml de HNO₃ 2M;
3. Coleta da solução: 1,4 ml de HNO₃ 0,05M, dividido em sete partes de 0,2 ml, introduzidas sucessivamente na coluna.

Aquecimento do material em chapa, por uma noite ou até a secagem, com posterior diluição em 2 ml de HCl 0,16M.

▪ Coluna III – separação e coleta do Nd

1. Introdução da amostra: 0,5 ml de amostra diluída em HCl 0,16M em quatro vezes sucessivas;
2. Eluição com 4 porções de 0,5 ml de HCl 0,16M;
3. Eluição com 7 porções de 12,5 ml de HCl 0,16M;
4. Coleta da solução: 12,5 ml de HCl 0,16M e depois 3 ml HCl 0,16M.

Após a coleta, o béquer com o material eluído foi envolto em papel alumínio e colocado em chapa até a secagem, estando assim pronto para ser encaminhado para análise por espectrometria.

➤ **Determinação dos elementos por espectrometria de massas**

A determinação de Pb, Sr e Nd em espectrômetro de massas (multicoletor, VG Sector 54) foi efetuada por técnicos do laboratório de *Geochimie Isotopique et Geodynamique Chimique*, devido à necessidade de treinamento especializado para operar tal equipamento. As condições analíticas e padrões utilizados são os mesmos descritos por Verhulst *et al.* (2000).

3. O VULCANISMO ALCALINO DE FERNANDO DE NORONHA

Como mencionado no capítulo introdutório, as rochas alcalinas do arquipélago de Fernando de Noronha registram dois importantes episódios eruptivos separados por um período de calmaria. O episódio **Remédios**, o mais antigo, com idades entre 12 e 9 Ma, hoje é representado por rochas piroclásticas e corpos subvulcânicos enquanto que o episódio **Quixaba**, com idades entre 6 e 3 Ma, é constituído por extensos derrames de rochas predominantemente ultrabásicas (*vide* mapa geológico).

Almeida (1995) emprega os termos Formação Remédios e Formação Quixaba para separar as rochas destes dois episódios. Apresenta também uma terceira formação (São José), reconhecida apenas em três ilhotas, que aparentemente estaria representando as últimas manifestações magmáticas do arquipélago.

Deve-se lembrar que uma formação é definida como uma unidade litoestratigráfica, de relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície (Petri, 1986). Por outro lado um evento é definido como qualquer atividade de natureza magmática, ou metamórfica, que ocorreu ao longo de um determinado tempo cronológico. Como a natureza das rochas de Fernando de Noronha é extremamente variável e, em alguns casos os contatos entre os corpos não são bem definidos, e como fica claro que na verdade o que se discute são os episódios vulcânicos envolvidos na geração destes litotipos, considerou-se mais adequado separar o vulcanismo alcalino de Fernando de Noronha em dois episódios: Remédios, que inclui a Formação Remédios, e episódio Quixaba, que inclui as formações Quixaba e São José. Detalhes a respeito da união das últimas duas formações em um mesmo evento serão apresentados no decorrer do texto.

3.1. EPISÓDIO REMÉDIOS

O episódio Remédios compreende um variado conjunto de rochas piroclásticas - brechas, tufos e aglomerados (**foto 3.1.1**) que se expõem na ilha principal e encaixam todos os outros termos do evento Remédios: fonólitos, traquitos, traquiandesitos, álcali-basaltos, essexitos e uma grande variedade de diques (**foto 3.1.2**) ultrabásicos e básicos, alguns lamprofíricos, e também diques félsicos (Almeida, 1955).

As maiores intrusões do arquipélago são os domos fonolíticos, como observado no mapa geológico, na foto do Morro do Pico apresentada no capítulo 2 e na **foto 3.1.3**, que comumente são atravessados por diques máficos. Outros corpos de contorno elíptico ou subcircular que se destacam na paisagem são o sill de essexito da Praia do Atalaia (**foto 3.1.4**), que é cortado por diques de lamprófiros alcalinos, de traquiandesito e de fonólito, os domos traquíticos da Praia do Leão e da Praia da Biboca, os pequenos *plugs* de traquiandesito da Baía do Sueste (**foto 3.1.5**) e o *plug* de álcali-basalto da Enseada do Abreu, que é atravessado por diques de traquiandesito (**foto 3.1.6**). Todas estas ocorrências, acompanhadas da ausência de derrames ressaltam o caráter hipoabissal das rochas deste evento.

Estudos posteriores ao de Almeida (1955) enfocando mais a química das rochas da Formação Remédios (Gerlach *et al.*, 1987; Weaver, 1990; Ulbrich, 1993; Ulbrich *et al.*, 1994a) consideram a presença de duas séries petrográficas e geoquímicas distintas nesta formação: uma subsaturada com tendência sódica - basanitos - tefritos - essexitos - tefrifonólitos - fonólitos, e a outra moderadamente potássica, que varia de ne-normativa até qz-normativa composta por álcali basalto - traquiandesito - traquito.

A coexistência de duas séries contrastantes, uma insaturada e outra saturada a supersaturada, em magmas alcalinos intra-continentais, não é fato raro e a tempos vem sendo discutida por vários autores na literatura (Tilley, 1957; Sorensen, 1974; Fitton e Upton, 1987; Halliday *et al.*, 1988; Briot *et al.*, 1991; Foland *et al.*, 1993). Foland *et al.* (1993) e Wilson *et al.* (1995) consideram que a transição de uma série para a outra poderia ocorrer

no início da seqüência de diferenciação, gerando uma bifurcação e o aparecimento de duas linhagens alcalinas, provenientes de um mesmo magma parental.

As rochas da série sódica basanita-fonólito do episódio Remédios foram também alvos de pesquisa em duas dissertações de Mestrado (Maríngolo, 1995, diques máficos - ultramáficos; Lopes, 1997, fonólitos). Nestes trabalhos os autores forneceram novos dados geoquímicos, focalizando principalmente a química mineral, e parâmetros para a discussão e entendimento destas rochas. Parte dos resultados destes autores serão utilizados para a discussão destas rochas.

Os demais tipos litológicos que fazem parte deste episódio também aparentam estar relacionados a estas duas séries. São eles: os lamprófiros alcalinos e os xenólitos subvulcânicos e plutônicos, centimétricos a métricos encontrados nas rochas piroclásticas, cuja composição em parte, é representativa de rochas não aflorantes no arquipélago (gabros, dioritos, etc.; Ulbrich e Lopes, 1999; Ulbrich e Lopes, 2000, *vide* texto em anexo).

Foto 3.1.1. Brecha vulcânica com clastos e blocos subarredondados de composição e tamanhos variados em matriz fina. Ao fundo dique de traquiandesito - material branco à direita da foto (Tr). Afloramento situado na encosta da parte central da Enseada da Caieira. Martelo como escala da foto.

Foto 3.1.2. Diques do episódio Remédios aflorantes na Enseada da Caieira, cortando rochas piroclásticas, em faixa de antepraia já parcialmente coberta pelo mar. As linhas pontilhadas marcam o contorno de dois diques: um pequeno máfico (linha branca) e o outro félsico (vermelha) que aparecem atravessando um grande dique de traquiandesito (Tr) de cor amarela. Abundantes blocos rolados de ankaratrito do episódio Quixaba recobrem parte da área exposta. Foto do alto da encosta. Seta branca indica pessoa como escala da foto.

Foto 3.1.3. Fonólito afirico do Grupo I. Em destaque a Pedra do Pião (monolito com cerca de 10 metros de altura – centro esquerdo da foto). Lado oriental da Praia da Conceição, divisa com a Praia do Cachorro.

Foto 3.1.4. Diques máficos cortando o essexito (encosta) da Ponta do Atalaia. Observar a forma em Y (centro da foto) de um dos diques.

Foto 3.1.5. *Plugs* de traquiandesito basáltico encaixados em fonólito (rochas mais escuras) em área de antepraia, que a maior parte do tempo encontra-se submersa. Observar as fraturais radiais no traquiandesito ressaltadas pela água do mar que está preenchendo estas fendas. Baía do Sueste próximo a encosta do Morro do Medeira.

Foto 3.1.4. Diques máficos cortando o essexito (encosta) da Ponta do Atalaia. Observar a forma em Y (centro da foto) de um dos diques.

Foto 3.1.5. *Plugs* de traquiandesito basáltico encaixados em fonólito (rochas mais escuras) em área de antepraia, que a maior parte do tempo encontra-se submersa. Observar as fraturais radiais no traquiandesito ressaltadas pela água do mar que está preenchendo estas fendas. Baía do Sueste próximo a encosta do Morro do Medeira.

Foto 3.1.6. Dique subvertical de traquiandesito (marrom claro) atravessando *plug* de álcali-basalto (rocha mais escura) na Enseada do Abreu.

Em vista da complexidade e ampla variação de litotipos encontrados nas rochas do episódio Remédios, optou-se por apresentar os resultados dos estudos petrográficos, mineralógicos e químicos das rochas sob a forma de quatro temas independentes. Os dois primeiros visam discutir de forma mais detalhada a petrologia das rochas das duas séries, a sódica e a moderadamente potássica, com distinções e comparações. Os outros dois, enfocam de forma mais geral as características dos xenólitos subvulcânicos contidos nas rochas piroclásticas (apresentado como um texto em anexo) e dos lamprófios alcalinos, que em parte relacionam-se à série sódica e em parte a potássica.

3.1.1. A série sódica: de basanito a fonólito peralcalino

As rochas desta série aparecem sob a forma de diques extensos, grandes domos ou *plugs*. Os basanitos, tefritos e tefrifonólitos ocorrem preferencialmente como diques, com espessura de 0,5 m (basanitos e tefritos) até no máximo 2 metros (tefrifonólitos), ao passo que, os essexitos restringem-se a um único sill. Os fonólitos, como já mencionado, são as rochas volumetricamente mais expressivas, constituindo grandes corpos dômicos, ou de forma menos abundante, diques pequenos e espessos (± 2 m).

Descrições petrográficas sucintas das amostras estudadas encontram-se no Anexo (quadro 1).

a) Basanitos e Tefritos

As rochas estudadas provêm da Enseada da Caieira (97FN10b, 97FN14, 97FN15a, 97FN43a, 97FN48b e 97FN48c), Baía do Sueste (97FN23), encosta da Enseada do Abreu (97FN50c), Enseada do Abreu (97FN33c e 97FN34b), Praia do Atalaia (97FN53a e 97FN53b) e Saco ou Ponta do Atalaia (97FN43b).

Aparecem como rochas com tons variados de cinza até negro, porfiríticas, maciças ou amigdaloidais, em alguns casos como parte de diques compostos. Normalmente apresentam xenólitos de alguns centímetros chegando a decímetros de traquitos e traquiandesitos ou de cumulos máficos, semelhantes aos encontrados como fragmentos nas rochas piroclásticas.

Exibem textura que varia de fortemente porfirítica (> 40 % de fenocristais principalmente de minerais máficos) a porfirítica, *vide tabela 3.1.1.1*.

Ao microscópio os clinopiroxênios representam a fase fenocristalina principal. São salitas, salitas titaníferas e ferrossalitas sódicas que aparecem como grãos subédricos, de até 5 mm, com sinais de reabsorção nas bordas, com zoneamento concêntrico com núcleo verde irregular (salita e ferrossalita sódica) e borda castanha rosada ou castanha violácea (salita titanífera), **figura 3.1.1.1 A e B**. Às vezes é possível observar cristais com textura

alveolar - núcleos reabsorvidos poiquilíticos com várias inclusões de opacos e titanita.

As olivinas feno e microfenocristalinas, mais abundantes nos basanitos e menos abundantes nos tefritos (neste caso < 10%), são normalmente menores que os clinopiroxênios, aparecem isoladas ou, mais preferencialmente agrupadas, sempre fraturadas, com alterações de carbonatos, serpentinas e cloritas (**figura 3.1.1.1 A**). Outros microfenocristais (grãos < 0,5 mm) presentes são: opacos cúbicos ou anédricos esqueléticos e feldspatóides incolores ou azuis euédricos do Grupo da sodalita.

A matriz é composta por prismas curtos ou longos castanho claros de salita a salita titanífera, associados a magnetitas titaníferas e agulhas ou cristais euédricos de apatita. Os interstícios entre os grãos são ocupados ou por vidro ou por ripas ou pequenas tábuas de plagioclásio ou feldspato alcalino. Ocasionalmente aparecem cristais subédricos de kaersutita pleocróica e flogopita marrom.

Em várias amostras são encontradas amígdalas com estruturas esferoidais preenchidas por carbonatos e zeólitas.

b) Essexitos

A melhor exposição do sill de essexito ocorre ao longo da Praia e do Saco do Atalaia. Este corpo aparece cortado por diversos diques máficos, a maioria de composição lamprofírica (ver **foto 3.1.4**).

O essexito possui uma matriz fina, com textura porfirítica em que ao microscópio se destacam feno e microfenocristais castanho esverdeados de salita a salita rica em sódio (< 3 mm) como grãos isolados ou agrupados, corroídos, normalmente homogêneos ou com zoneamento concêntrico (**figura 3.1.1.1 D**), apresentando inclusões de opacos e apatita.

Os feno e microfenocristais de plagioclásio são menos abundantes (*vide* **moda tabela 3.1.1.1**) e mostram-se como tábuas com até 2 mm de comprimento, fraturadas, corroídas, com geminação polissintética e com inclusões de apatita. O outro mineral félsico presente, predominantemente como microfenocristais incolores, é um feldspatóide do grupo da sodalita.

Na rocha são observados também pseudomorfos de olivina, isolados ou aglomerados, com até 1,5 mm, substituídos por carbonatos, e microfenocristais de magnetita titanífera, isolados ou agrupados, anédricos ou cúbicos e heterogêneos (com exsoluções de ilmenita). A matriz é composta por tábuas ou ripas de feldspato alcalino e plagioclásio entre as quais aparecem salita sódica, flogopita marrom, apatita, nefelina parcialmente alterada para analcima e grãos opacos (**figura 3.1.1.1 C e D**).

c) Tefrifonólitos

Dentre as litologias estudadas, os tefrifonólitos são os tipos mais raros. Ocorrem unicamente como diques, de coloração cinza, compostos por rochas com textura porfirítica e abundantes amígdalas.

Os feno e microfenocristais de anfibólio cálcico (kaersutita) são subédricos com no máximo 1,5 mm. Normalmente exibem zoneamento concêntrico e contêm magnetitas titaníferas e apatitas inclusas.

Os clinopiroxênios também não ultrapassam 1,5 mm e em alguns casos mostram-se com núcleo muito reabsorvido, repleto de inclusões de opacos. Como acessórios, aparecem poucos microfenocristais de um feldspatóide do grupo da sodalita e de titanita.

A matriz é muito fina, rica em diminutos cristais de feldspato alcalino, alguns formando agrupamentos radiados, micrólitos de clinopiroxênio castanho esverdeado, magnetita titanífera, cristais euédricos de apatita e, esporadicamente, de nefelina. Em algumas amostras, o grau de alteração é relativamente alto o que dificulta o reconhecimento dos minerais félsicos componentes da matriz.

d) Fonólitos

Os domos fonolíticos são constituídos de rochas que variam de afíricas (< 5 % de fenocristais), porfiríticas (10 a 20 % de fenocristais) a fortemente porfiríticas (> 30 % de fenocristais); *vide tabela 3.1.1.1*.

Os **fonólitos afíricos** são os tipos mais comumente encontrados na Ilha Principal e podem ser observados no Morro do Meio, Morro do Forte, Morro

do Medeira, Morro Boa Vista e Morro do Espinhaço, além das praias do Sueste, Cachorro e Conceição.

O caráter heterogêneo destas rochas possibilitou separá-los em dois grupos diferentes: I e II (Lopes, 1997; Lopes e Ulbrich, 1997). Os do **Grupo I (AGI)** assemelham-se a matriz dos fonólitos porfiríticos, exibindo essencialmente a mesma mineralogia - sanidina, nefelina, prismas curtos de ferrossalita a egrina-augita, magnetita-titanífera, titanita e raros microfenocristais de noseana e anfibólio. Por outro lado, os do **Grupo II (AGII)**, mais comuns, mostram uma composição mais evoluída com clinopiroxênios sódicos do tipo egrina, formando uma textura em feltro marcada pelos agrupamentos de cristais esqueléticos e cristais subédricos de sodalita, carecendo de anfibólio e noseana. O aspecto geral destes fonólitos é apresentado na **figura 3.1.1.1 G e H**.

Os **fonólitos porfiríticos** podem ser observados no Morro do Pico e Enseada do Abreu (na ilha principal) e também na Ilha Sela Gineta. Os tipos mais comuns possuem entre 10 % e 18 % de feno e microfenocristais. Os fenocristais de feldspato alcalino, noseana ou nefelinas (**figura 3.1.1.1 F**) são predominantes. Dentre os minerais máficos os mais importantes são os clinopiroxênios: salitas titaníferas com zoneamento do tipo ampulheta com magnetita ou titanita associada e salitas a salitas sódicas como cristais independentes ou contornando os primeiros. Esporadicamente aparecem microfenocristais de kaersutita, com inclusões aciculares de apatita, quase que totalmente substituídos por magnetitas titaníferas e rodeados por clinopiroxênios da matriz.

A matriz é orientada, traquítica, composta por tábuas de feldspato alcalino, nefelina euédrica, prismas curtos ou longos de salita sódica a ferrossalita sódica, pequenas quantidades de magnetita titanífera, titanita e anfibólio marrom.

Os **fonólitos fortemente porfiríticos** ocorrem apenas em um dos domos da Ilha de Fernando de Noronha, o do Morro da Pedreira. Diferem dos outros fonólitos, tanto no conteúdo mais elevado de fenocristais de minerais máficos e félsicos (*vide tabela 3.1.1.1*), como também nas dimensões dos mesmos, que normalmente são maiores do que as anteriormente observadas,

chegando até a 10 mm de comprimento. No entanto a principal diferença deste grupo de rochas está na abundância de fenocristais de kaersutita, parcial ou totalmente substituídos por opacos, que chegam a perfazer 6 % da composição total da rocha. Nessas amostras é comum o aparecimento de xenocristais de diopsídio e de olivina (Ulbrich e Lopes, 1996). Um exemplo de xenocristal de olivina pode ser observado na **figura 3.1.1.1 E**.

3.1.1.1. Química dos Minerais

Os resultados das análises químicas dos minerais aparecem listados nas tabelas de química mineral, ao final do texto de tese, como parte do anexo (tabelas de 1 a 9).

Olivina

As olivinas dos basanitos aparecem como fenocristais ou grãos componentes da matriz, homogêneos ou com raro zoneamento químico, parcialmente alterados. Variam de Fo₈₆ a Fo₈₂, com 0,2-0,3 % de CaO; 0,1-0,3 % de MnO e $\pm 0,2$ % de NiO.

Clinopiroxênio

Os clinopiroxênios das rochas da série sódica variam de cálcicos, cálcico-sódicos ou sódicos. No caso específico dos cálcios classificam-se como diopsídios, segundo Morimoto *et al.* (1989), ou como salitas, segundo Deer *et al.* (1978). Neste trabalho optou-se por utilizar a nomenclatura mais antiga que permite caracterizar melhor a relação Mg/Fe nos clinopiroxênios ricos em Ca.

Os fenocristais de clinopiroxênios dos basanitos, tefritos e essexitos são castanhos (salitas) a castanhos rosados (salitas titaníferas), com composição química semelhante a dos cristais da matriz. O zoneamento dos fenocristais é normal ou, ocasionalmente, oscilatório.

Nos tefrifonólitos os clinopiroxênios castanhos são mais raros, prevalecendo os de cor esverdeada (salitas a ferrossalitas sódicas), com zoneamento fraco ou até ausente.

Figura 3.1.1.1. Aspectos das rochas da série sódica. A, B, C, E e H polarizadores paralelos. D, F e G polarizadores cruzados. A) Fenocristais fraturados de olivina (em branco) e clinopiroxênios em basanito am. 97FN23. B) Detalhe de fenocristal de cpx reabsorvido com núcleo verde e borda castanha do tefrito am. 97FN43a. C e D) Essexito am. 97FN42. E) Xenocristal de olivina com borda e coroa de reação em fonólito fortemente porfirítico am. 91FN132. F) Fonólito porfirítico am. WWF-SG. G) AGI am. 97FN17a. H) AGII am. 97FN54, observar cpx formando textura em feltro. Barras de escala: vermelha= 0,360 μm , azul= 0,180 μm e amarela= 0,720 μm . ol= olivina, ne= nefelina. Maiores informações no texto.

Tabela 3.1.1.1: Análises modais das rochas da série sódica do Episódio Remédios de Fernando de Noronha.

Amostra	FAGI			FAGII			FP						E	T	B	B	B
	97FN17e	97FN16	89FN47*	97FN49	97FN52	89FN68*	97FN-SG	89FN87*	89FN71*	91FN126*	91FN127*	91FN130*	97FN42	97FN43a	97FN23	97FN34b	97FN33c
Feno (%)	1,5	2,0	3,5	1,0	1,5	1,9	12,3	14,7	18,5	32,5	31,6	34,9	19,5	26,7	35,5	44,0	17,0
Feldspato	1,0	1,0	2,0	1,0	1,2	1,9	0,9	6,0	5,7	12,8	16,1	15,9	3,6	-	-	-	-
Nefelina	tr*	0,8*	0,5*	tr	tr	tr	5,3	0,9	2,4	1,4	1,39	5,0	-	-	-	-	-
Gr. da sodalita	-	-	-	-	-	-	1,4	4,0	4,4	2,9	5,28	5,6	2,2	4,0	-	-	-
Olivina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	4,8	11,8	15,3	15,6
Clinopiroxênio	tr	tr	1,0	-	-	-	4,2	2,3	4,1	2,1	3,3	1,9	12,3	17,8	23,7	28,7	1,4
Anfibólio	tr	-	-	-	-	-	tr	tr	1,4	5,1	4,5	6,0	-	tr	-	-	-
Ti-Magnetita	-	-	-	-	-	-	tr	-	tr	tr	tr	tr	-	-	-	-	-
Titanita	-	-	-	-	-	-	tr	tr	tr	tr	tr	tr	-	-	-	-	-
Matriz (%)	98,5	98,0	96,5	99,0	98,5	98,0	87,7	85,3	81,5	67,5	68,4	65,1	80,5	73,3	64,5	56,0	83,0
Feldspato	52,0	51,6	57,0	66,0	65,7	58,7	51,3	63,2	57,8	40,2	33,9	39,8	59,0	24,7	21,6	12,6	15,8
Feldspatóide	30,0	16,7	20,1	13,7"	19,4"	26,4"	14,9	11,5	4,4	6,1	9,6	8,0	-	-	-	-	-
Clinopiroxênio	16,5	29,5	19,2	19,5	13,4	12,6	21	10,3	18,8	19,5	24,5	15,6	14,8	30,7	24,0	17,0	54,6
Anfibólio	-	-	-	-	-	-	-	tr	tr	-	-	tr	-	-	-	-	-
Mica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	1,9	2,4	5,5	2,6
Titanita	-	-	tr	tr	tr	tr	-	tr	tr	tr	tr	tr	-	-	-	-	-
Ti-Magnetita	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	1,5	tr	tr	3,1	13,1	12,8	18,2	7,8
Apatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	2,5	3,7	2,0	1,0
Amígdalas	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	1,2
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

AGI= fonólito afírico do grupo I; AGII= fonólito afírico do grupo II; FP=fonólito porfirítico; E= essexito; T= tefrito; B= basanita;

tr = traços (valores menores que 0.30%); * nefelina mais noseana; " nefelina mais sodalita; números de amostras com asterisco correspondem as apresentadas por Lopes (1997).

Os típicos fenocristais dos fonólitos são verdes, homogêneos, com composição de salita a ferrossalita sódica. Também são observados fenocristais de núcleo castanho (salita) a castanho rosado (salita titanífera) com as bordas verdes (salita a ferrossalita sódica). Na matriz aparecem ferrossalitas a egrina augitas e, nos termos mais diferenciados (fonólitos afíricos do Grupo II), prismas longos de egrina de cor verde intensa.

De um modo geral os valores de $mg\#$ (onde $mg\# = [Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total})] \times 100$) decrescem significativamente dos clinopiroxênios dos basanitos e tefritos ($85\% < mg\# < 50\%$), até os fonólitos afíricos do Grupo II ($mg\# < 10\%$). Com a queda do valor de $mg\#$ nota-se um aumento em Si, Mn e Na, e uma diminuição de Ca e Ti (**figura 3.1.1.1.1**).

As substituições de Mg por elementos tri e tetravalentes nas posições M1 da estrutura são principalmente compensadas por ingresso de Na e diminuição de Ca nos sítios M2 (**figura 3.1.1.1.2**).

O trend geral dos clinopiroxênios pode ser visualizado no diagrama ternário Na - Mg - ($Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn - Na$) da **figura 3.1.1.1.3**. Os cristais do essexito e tefrifonólito apresentam um enriquecimento gradual em Fe, com participação subordinada de Na. Com o decorrer da diferenciação, nos fonólitos porfiríticos aparecem ferrossalitas sódicas e egrina-augitas ilustrando um maior incremento de Na. No ápice evolutivo aparecem os piroxênios sódicos, as egrinas dos fonólitos afíricos do Grupo II.

Anfibólio

O anfibólio é escasso, ocorre esporadicamente na matriz das rochas basaníticas estando presente principalmente nos tefrifonólitos e nos fonólitos porfiríticos, neste último caso os fenocristais aparecem normalmente parcial ou totalmente substituídos por magnetita titanífera.

Varia de kaersutita a ferro-kaersutita, em parte subsílica ($Si < 0,75$ a.u.f.) até ferro-pargasita enriquecida em Ti (0,385 a 0,491 a.u.f.). Em todos os tipos nota-se que o mineral é rico em K, elemento este que corresponde a $\pm 0,28$ a.u.f. nos anfibólios dos tefrifonólitos e aumenta significativamente de 0,305 a 0,401 a.u.f. nos dos fonólitos porfiríticos (dados químicos de Lopes, 1997).

Figura 3.1.1.1.1: Diagramas de variação dos clinopiroxênios das rochas da série sódica. Cátions em função de *mg#* ($100\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}_{\text{total}})$). Valores expressos em átomos por unidade de fórmula (a.u.f. %).

Figura 3.1.1.1.2: Relações de substituição nas posições M1 e M2 comuns nos clinopiroxênios das rochas da série sódica.

Figura 3.1.1.1.3: Composição dos clinopiroxênios das rochas da série sódica da Formação Remédios no diagrama ternário Na - Mg - $(Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn - Na)$. Valores expressos em a.u.f. %.

Óxidos de Ferro e Titânio

Magnetitas titaníferas ocorrem em todas as rochas, variando desde microfenocristais até cristais da matriz.

Nos basanitos normalmente apresentam quantidades significativas de Cr_2O_3 (0,5 a 4,5 %). No diagrama $\text{FeO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ as análises químicas dos grãos se posicionam ao longo da linha que representa a composição química entre os membros finais da série ulvoespinélio - magnetita (**figura 3.1.1.1.4**). Nessa figura observa-se o comportamento evolutivo dos cristais durante a diferenciação, tornando-se cada vez mais pobres nas moléculas de TiO_2 e ricos na de Fe_2O_3 (observar magnetitas titaníferas dos fonólitos).

Figura 3.1.1.1.4: Classificação dos espinélios das rochas estudadas no sistema $\text{FeO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$. Valores expressos em mol %.

Feldspato e feldspatóides

Os fonólitos contêm feldspatos alcalinos que variam de anortoclásio a sanidina, $\text{Or}_{70-20}\text{Ab}_{30-80}\text{An}_{<4}$. No essexito e tefrifonólitos são observados também plagioclásios com composições de labradorita e andesina, respectivamente (figura 3.1.1.1.5).

Nos basanitos, apenas em uma das amostras (97FN10b) foram observados cristais de plagioclásio. No geral estas rochas mostram ora a analcima ora um material vítreo (com $2,5 \% < \text{CaO} < 5 \%$, $\pm 5 \%$ de Na_2O e $\pm 5 \%$ de K_2O), como fase intersticial em meio aos demais cristais da matriz. Nas rochas em que a base vítrea é predominante é possível notar a presença de poucas ripas de feldspato alcalino muito rico em Ba e Sr ($4\% < \text{BaO} < 0,5 \%$; $4\% < \text{SrO} < 1,3 \%$), elementos estes que decrescem significativamente até os fonólitos mais evoluídos ($< 0,5 \%$).

No tocante aos feldspatóides, a nefelina, médio-potássica, aparece principalmente no essexito e é muito abundante nos vários tipos de fonólitos. A hauína é observada em alguns dos basanitos, enquanto que a noseana ($6 \% - 8,5 \%$ de SO_3) aparece nos tefrifonólitos, fonólitos porfiríticos e fonólitos afiricos do Grupo I. A sodalita (feldspatóide mais sódico $\pm 24 \%$ Na_2O ; com até $6,5 \%$ de Cl) só é reconhecida nas rochas mais evoluídas da suíte, os fonólitos afiricos do Grupo II.

Figura 3.1.1.1.5: Composição química dos feldspatos estudados (alcalinos e plagioclásios) no diagrama Ab - An - Or. Valores expressos em mol %.

3.1.1.1.1. Clinopiroxênios com zoneamento complexo e xenocristais de clinopiroxênio

Nas rochas basaníticas e tefríticas foram encontrados alguns fenocristais de clinopiroxênio com composições químicas e padrões de zoneamento variáveis e distintos dos fenocristais característicos dessas rochas. Em geral esses cristais possuem núcleos de cor verde e bordas de coloração castanha. As variações químicas são ilustradas por meio de três exemplos (**figura 3.1.1.1.6.**), um deles pertencente ao basanita da amostra 97FN23 e os outros dois ao tefrito da amostra 97FN43a.

Os núcleos desses cristais têm valores de *mg#* entre 45 e 60 enquanto que as bordas que são mais ricas em Ti e mais pobres em Na apresentam valores de *mg#* em torno de 80. Estas bordas são quimicamente semelhantes aos demais fenocristais dos basanitos e tefritos (**figura 3.1.1.1.6.**).

Clinopiroxênios fortemente zonados contendo núcleos verdes com composições variáveis, porém mais ricos em ferro do que as bordas são freqüentemente encontrados nas rochas máficas alcalinas (ver Fodor *et al.*, 1995). Os núcleos deste fenocristais estudados estão em desequilíbrio com os líquidos magmáticos ricos em Mg, dos quais cristalizaram-se as rochas basaníticas e, por conseqüência, são considerados como xenocristais. A interpretação da possível origem destes xenocristais depende de estudos muito detalhados da composição química e do zoneamento dos cristais, assim como da associação dos mesmos com outros minerais (por exemplo anfibólios) que por ventura estiverem em fraco desequilíbrio nas rochas.

Com base nos dados apresentados neste trabalho pode-se aventar a hipótese de que os núcleos verdes dos clinopiroxênios estudados cristalizaram em líquidos de composição fonolítica e foram posteriormente incorporados no magma basanítico que formou os diques, durante a sua ascensão e colocação.

Deve-se ressaltar ainda que o aparecimento de xenocristais de clinopiroxênio e até de fragmentos de rochas gábricas não expostas, tanto nos termos mais primitivos (*vide* Maríngolo, 1995 e Ulbrich *et al.*, 1994b), quanto nos mais evoluídos (*vide* Lopes, 1997) é fato comum nas rochas da Formação Remédios, o que a priori, resultaria do mesmo processo de

captura de minerais provenientes de rochas encaixantes e fragmentos dessas rochas, em sistemas de câmaras magmáticas interconectadas. Nesse sentido cabe lembrar dos xenocristais de olivina com coroa e borda de reação, assim como os raros grãos de diopsídio encontrados nos fonólitos fortemente porfíricos da Pedreira (ver Ulbrich e Lopes, 1996; Lopes, 1997)

Figura 3.1.1.1.6. Detalhe do comportamento químico de três fenocristais zonados de clinopiroxênio de rochas da série sódica do episódio Remédios.

3.1.1.2. Geoquímica das rochas

Nas **figuras 3.1.1.2.1** (óxidos *versus* SiO₂), **3.1.1.2.2** (óxido e elementos menores *versus* Zr) e **3.1.1.2.3** (padrão de elementos terras raras) é possível observar o comportamento e as variações químicas das rochas da série sódica. Ao final da tese, no Anexo, aparecem os dados químicos das rochas (tabela 10). No geral do basanita (B) até as rochas mais evoluídas, os fonólitos afíricos peralcalinos ($K+Na/Al > 1$ ou aproximadamente 1,1) do Grupo I (AGI) e do Grupo II (AGII), ocorre um decréscimo em TiO₂, Fe₂O_{3t}, MgO, CaO, P₂O₅, Sr, V, Sc e na razão Ba/La, e um aumento em SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, Rb, Hf, Th e Zn. No tocante ao K₂O, MnO e Y nota-se uma mudança no comportamento à medida que se processa a diferenciação magmática.

A queda no conteúdo de V e Sc, com aumento do teor de Zn é um forte indício da separação de clinopiroxênio durante a diferenciação magmática (Doe, 1997), observar comportamento das rochas na **figura 3.1.1.2.2**.

Considerando que durante a evolução dos processos de cristalização fracionada, minerais ricos em Fe²⁺ e, portanto com afinidades químicas com o Mn, como a olivina e a magnetita titanífera, e subordinadamente a kaersutita, foram extraídos e empobreceram o líquido residual neste elemento, é possível compreender a tendência decrescente de Mn dos basanitos para os fonólitos porfiríticos. No processo de formação dos fonólitos mais evoluídos, os afíricos, estas fases não são mais representativas, explicando assim a inversão do padrão e a concentração relativa do manganês nestas rochas.

O empobrecimento em P₂O₅ acompanhado da progressiva diminuição de elementos terras raras médias indica a participação efetiva da apatita durante os processos de evolução (**figuras 3.1.1.2.1 e 3.1.1.2.3**). O aumento das razões Zr/Nb e Nb/Ta com o incremento da diferenciação (Zr/Nb fonólitos 6 - 12; Zr/Nb basanitos, tefritos e tefrifonólitos 3 - 6; Nb/Ta fonólitos 55 - 70; Nb/Ta basanitos 10 - 25) poderia estar indicando o fracionamento de titanita (Wolff, 1983; Wolff e Storey, 1984; Ablay *et al.*, 1998).

A diminuição da razão K/Rb é um bom indicativo de fracionamento de kaersutita (Kyle *et al.*, 1992). No geral as amostras estudadas mostram que

com o aumento do K há um incremento em Rb, o que implica em uma razão K/Rb quase que constante. Porém algumas variações são observadas no conjunto das rochas da série sódica, em particular no tefrito am. 97FN43a que apresenta uma marcada queda em Rb e no conjunto dos fonólitos afíricos do grupo II, que mostram uma queda de K com aumento de Rb (**figura 3.1.1.2.1**).

Outra possível explicação para a queda do conteúdo de K durante os estágios finais de evolução, nos fonólitos mais evoluídos AGII (**figura 3.1.1.2.1**) é a proposta por Bailey e Schairer (1964) que consideram que em seqüências de cristalização de rochas feldspáticas, a incorporação deste elemento nos primeiros fenocristais de feldspato formados, empobreceria o líquido residual neste elemento.

A participação da flogopita ou do feldspato alcalino, nos processos de diferenciação magmática poderia ser responsável pela queda expressiva de Ba observada dos basanitos para os fonólito afíricos (de 1100 ppm para 10 ppm respectivamente). Os estudos de química mineral em feldspatos confirmaram que nas rochas basaníticas é comum o aparecimento de fases cristalinas ricas em Ba e Sr, elementos estes que quase desaparecem nos feldspatos das rochas mais evoluídas. Deve-se ressaltar assim a importância da formação e extração destes minerais durante a evolução das rochas da série sódica.

No sistema Ne-Ks-Qz (**figura 3.1.1.2.4**) as rochas mais primitivas exibem um *trend* evolutivo caracterizado pela diminuição da razão Ab/Or. Um dos fonólitos que por sinal é representativo dos fortemente porfiríticos aparece junto a estas rochas. Os demais fonólitos distribuem-se linearmente ao longo do vale termal em direção ao ponto mínimo M. Muito próximos a este ponto concentram-se os fonólitos mais evoluídos, os afíricos do Grupo II.

3.1.1.3. Considerações sobre a evolução das rochas da série sódica

O comportamento geoquímico dos elementos maiores, menores e traços das rochas e dos minerais da série sódica da Formação Remédios sugere cogeneticidade entre as rochas e uma tendência evolutiva dos basanitos até os fonólitos peralcalinos marcada pelo fracionamento de olivina,

clinopiroxênio, anfibólio, magnetita titanífera, feldspato alcalino, apatita e titanita.

Figura 3.1.1.2.1. Diagramas de variação tipo Harker (utilizando SiO_2 como índice de diferenciação) para basanitos e tefritos (círculos vazios), essexito (xis), tefrifonólitos (cruzes), fonólitos porfiríticos (quadrados vazios), fonólitos AGI (triângulos vazios invertidos) e fonólitos AGII (triângulos vazios). Óxidos expressos em % e elementos em ppm.

Figura 3.1.1.2.2. Diagramas de variação de óxido (% em peso) e elementos menores e traços (ppm) em função do Zr. Basanitos e tefritos (círculos vazios), Essexito (xis), tefrifonólitos (cruzes), fonólitos porfiríticos (quadrados vazios), fonólitos AGI (triângulos vazios invertidos) e fonólitos AGII (triângulos vazios).

Figura 3.1.1.2.3. Padrão de abundância de elementos terras raras das rochas da série sódica da Formação Remédios de Fernando de Noronha. Valores normalizados pelo Condrito C1 de Sun e McDonough (1989).

Figura 3.1.1.2.4. Composição das rochas da série sódica no sistema residual Nefelina - Kalsilita - Sílica à pressão de 1 atm (Schairer, 1957 e Fudali, 1963 in Cox e Bell, 1979) e 1 kbar (Hamilton e McKenzie, 1965). Simbologia idem a da figura anterior.

Por outro lado deve-se ressaltar as dispersões de dados químicos, principalmente nas rochas basaníticas – observar MgO , Al_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 - indicando que algumas das amostras ou seriam produtos de composições químicas de mistura, ou poderiam não ser integrantes deste trend evolutivo principal.

Para alguns autores o aparecimento de líquidos peralcalinos poderia estar relacionado à remoção de plagioclásio (Bowen, 1945), titanaugita aluminosa (Bryan, 1976) ou kaersutita (Borley *et al.*, 1971; Kesson e Price, 1972; Worner e Schmincke, 1984; Kyle *et al.*, 1992) durante os processos de diferenciação magmática.

Apesar dos indícios de fracionamento de feldspato durante a formação das rochas da série sódica, não foram observadas anomalias negativas de európio. Também não foram identificados clinopiroxênios muito ricos em alumínio nas litologias estudadas. Por fim a kaersutita, foi reconhecida como um mineral abundante nos tefrifonólitos e fonólitos fortemente porfíricos. Neste contexto não se deve esquecer a possível participação dos lamprófiros alcalinos na evolução das rochas da série sódica, litotipos estes mais ricos em anfibólio.

No tocante aos tefrifonólitos, apesar de pouco expressivos nota-se comportamentos distintos nas duas amostras estudadas, uma (97FN53c) se assemelha quimicamente ao essexito e poderia ser a geradora dos fonólitos porfíricos, enquanto que a outra (97FN11a) é nitidamente mais rica em MnO , Hf , Th e Y , enriquecimento este que chega a ser maior do que o de alguns dos fonólitos mais diferenciados (**figuras 3.1.1.2.1, 3.1.1.2.2 e 3.1.1.2.3**).

Os fonólitos fortemente porfíricos ocorrem unicamente no Morro da Pedreira. São rochas híbridas que contêm xenocristais de clinopiroxênio amarelo (diopsídio) e de olivina com borda e coroa de reação, além de abundantes clinopiroxênios castanhos e de anfibólios substituídos por grãos opacos.

Por outro lado os fonólitos porfíricos, mais abundantes que os anteriores, são, em alguns casos, peralcalinos e se assemelham muito aos fonólitos afíricos do Grupo I quanto à mineralogia e a composição química

dos elementos maiores, diferindo principalmente pela maior presença de fenocristais principalmente de minerais félsicos (*vide* análises modais – **tabela 3.1.1.1**).

Para avaliar a possibilidade da atuação de processos de cristalização fracionada normalmente são utilizados cálculos de balanço de massa, com base nos elementos maiores das rochas e na composição química dos minerais componentes das mesmas, acompanhados de ajustes dos elementos traços (assumindo a Lei de Rayleigh).

Como o cálculo de balanço de massa não é indicado para amostras com mais de 10 % de fenocristais, pois estas poderiam representar composições muito diferentes das dos líquidos originais e, como no caso em questão a maioria das rochas é porfirítica a fortemente porfirítica, não restaram grandes opções a não ser realizar alguns testes nos fonólitos afíricos peralcalinos. Estes testes mostraram que os fonólitos afíricos do Grupo II (AGII) poderiam ter se originado a partir dos fonólitos AGI, com a retirada principalmente de feldspato alcalino (53-54 %), nefelina (34-38 %), clinopiroxênio (8-11 %), titanita (0,2-0,3 %) e magnetita titanífera (0-0,3 %), com um bom ajuste de elementos traços como o Ba, Sr, Rb, Y, Zr, Nb, Ce e La (para coeficientes de partição ver Marques *et al.*, 1999).

3.1.1.4. Sumário

- O episódio Remédios do Arquipélago de Fernando de Noronha apresenta uma seqüência de rochas de natureza sódica que vai desde termos máficos até félsicos ($41,5 \% < \text{SiO}_2 < 58,9 \%$). Essa série é composta por basanitos - essexitos - tefrifonólitos - fonólitos fortemente porfiríticos até fonólitos afíricos peralcalinos.
- Os trabalhos petrográficos e de química mineral indicaram que:
 - a. As olivinas, comuns nos basanitos ($> 10 \%$) e tefritos ($< 10 \%$), apresentam composição relativamente homogênea (Fo_{86} a Fo_{82} ; $\text{CaO} \pm 0,3 \%$; $\text{MnO} \pm 0,2 \%$; $\text{NiO} \pm 0,2 \%$).
 - b. Os clinopiroxênios vão se empobrecendo em magnésio e enriquecendo em ferro (salitas a ferrossalitas), durante boa parte da evolução das rochas. Nas fases finais nota-se um incremento em

sódio (egirina-augita) que culmina na formação de clinopiroxênios mais evoluídos (egirinas) nos fonólitos AGII. Comumente são encontrados núcleos verdes, xenocristalinos, nos basanitos e tefritos ($mg\# = \pm 50$). Nos fonólitos fortemente porfiríticos aparecem xenocristais de diopísido.

- c. As magnetitas titaníferas mostram que o titânio concentra-se principalmente nos espinélios dos basanitos, decrescendo significativamente nos fonólitos.
 - d. A matriz da maioria dos basanitos é constituída por material vítreo, com alguns cristais de anortoclásio, ricos em bário e estrôncio (até 4 % de BaO ou SrO). Em algumas amostras nota-se na matriz abundantes ripas finas de plagioclásio. As sanidinas e anortoclásio dos fonólitos são pobres em SrO e BaO (menos de 0,5 %).
 - e. As apatitas são reconhecidas nos basanitos, essexito e tefrifonólito; as titanitas aparecem principalmente nas rochas mais evoluídas.
 - f. Os anfibólios kaersutíticos só são representativos nos tefrifonólitos e fonólitos fortemente porfiríticos. A abundância de anfibólio parcial ou totalmente substituído por magnetita titanífera, associado à ocorrência de xenocristais de diopsídio e olivina com borda e coroa de reação nos fonólitos fortemente porfiríticos do Morro da Pedreira apontam para a atuação de processos de hibridação de magmas durante a cristalização das rochas.
- Os elementos maiores, menores e traços das rochas da série sódica mostram que dos basanitos para os fonólitos peralcalinos mais evoluídos ocorre um decréscimo em TiO_2 , Fe_2O_3t , MgO , CaO , P_2O_5 , Sr , V , Sc , na razão Ba/La e nos elementos terras raras médias, com aumento em SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , Rb , Hf , Th e Zn . Estas variações químicas são compatíveis com o fracionamento de olivina, clinopiroxênio, apatita, magnetita titanífera, feldspato alcalino, nefelina, anfibólio e titanita, *vide* geoquímica das rochas.
 - Algumas variações nos elementos maiores e traços dos basanitos indicam que estas rochas constituem um grupo quimicamente heterogêneo. Não se deve esquecer que os basanitos são encontrados

predominantemente como diques e normalmente apresentam xenocristais e xenólitos de traquitos e traquiandesitos ou de cumulos máficos, semelhantes aos encontrados como fragmentos nas rochas piroclásticas. Certamente a presença destes materiais deverá afetar os resultados das análises químicas das rochas.

- Considerando que as rochas estudadas são em sua maioria fortemente porfíricas e há evidentes processos de hibridação, os testes de balanço de massa foram realizados apenas nos fonólitos afíricos, mostrando a evolução dos do Grupo II a partir do Grupo I.
- Com base nos estudos apresentados estima-se que o desenvolvimento dos líquidos peralcalinos que originaram os fonólitos afíricos está condicionado principalmente à remoção de kaersutita durante os processos de diferenciação magmática.
- Em linhas gerais, as observações petrológicas apontam para uma história evolutiva complexa, que não envolveria somente processos de cristalização fracionada, mas também processos de hibridação resultantes da incorporação de xenocristais e xenólitos variados.

3.1.2. A série moderadamente potássica: de álcali-basalto a traquito

Os tipos litológicos da série moderadamente potássica são comparativamente mais escassos, do que os da série sódica do evento Remédios. Os termos intermediários desta série são encontrados em sua maioria como diques, enquanto que os extremos – álcali-basalto e traquito – são corpos intrusivos de contorno subcircular caracterizados como “plugs” ou domos.

Almeida (1955) chamou os diques félsicos de tendência potássica da Formação Remédios de álcali-traquitos, kaligauteitos e gauteitos. Na nomenclatura proposta pela IUGS (Le Maitre, 1989) o termo álcali-traquito, que não é recomendado, é definido como sinônimo de traquito peralcalino ou de traquito portador de anfibólio alcalino ou piroxênio. Gauteito é referido como uma variedade porfirítica de sienito, constituído de fenocristais de hornblenda, piroxênio, plagioclásio e ocasionalmente biotita, em matriz composta essencialmente de feldspato alcalino. Maiores discussões sobre a nomenclatura destas rochas foram apresentadas em Ulbrich (1993).

Tomando como base critérios químicos de classificação, como por exemplo o diagrama TAS, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 , de Le Maitre (1989), foi possível identificar uma seqüência contínua de rochas de tendência potássica, representada por álcali-basaltos e três tipos distintos de rochas félsicas: traquiandesitos basálticos, traquiandesitos e traquitos.

Descrições petrográficas sucintas deste conjunto de amostras são apresentadas ao final do texto, no quadro 1 do anexo.

a) Álcali-basaltos

Os álcali-basaltos aparecem como dois corpos intrusivos (*plugs*): um maior na Enseada do Abreu (97FN35b), constituído por rochas de coloração negra, cortado por pelo menos dois diques félsicos (traquiandesitos) e outro menor, na Baía do Sueste (97FN27), já em avançado grau de alteração, também cortado por alguns pequenos diques máficos e félsicos (*vide* mapa geológico). Estas rochas após o exame ao microscópio mostraram-se semelhantes às encontradas por Almeida (1955), com escassas olivinas e

diferentes das descritas por Ulbrich (1993) e Maríngolo (1995), as quais apresentarem-se com até 9 % de olivina.

A primeira amostra (97FN35b) encontra-se fresca, possui textura afanítica a pouco porfirítica (**tabela 3.1.2.1**) com fenocristais de plagioclásio com até 5 mm, fraturados (com carbonato nos interstícios) e corroídos. Além destes, ocorrem microfenocristais de opacos anédricos ou cúbicos, clinopiroxênios castanhos a castanho-rosados (salitas) e olivinas quase que totalmente alteradas para carbonato.

A matriz é orientada, com textura traquítica marcada pelas ripas ou tábuas de plagioclásio, entre as quais aparecem prismas curtos ou longos de salita, grãos opacos, algumas olivinas, apatita e material vítreo (**figura 3.1.2.1 F**).

A segunda amostra (97FN27) aparece bem mais alterada, praticamente afanítica, com raros microfenocristais de plagioclásio (com geminação polissintética) em meio à base desvitrificada, contendo tábuas de feldspato, micrólitos de clinopiroxênio, opacos e agulhas de apatita.

b) Traquiandesitos basálticos

Os traquiandesitos basálticos ocorrem em sua maioria como diques. A única ocorrência de corpos de contorno mais ou menos elíptico foi constatada na Baía do Sueste, tratando-se de dois pequenos *plugs*, já bem alterados, encaixados em material fonolítico (rever **foto 3.1.5** – início do capítulo III).

Os diques de traquiandesito basáltico (amostras 97FN4a, 97FN6a, 97FN6b e 97FN10a), normalmente mais espessos que os diques máficos, podem ser identificados na Enseada da Caieira (*vide* mapa esquemático dos diques, **figura 2.1.2**, capítulo II). No geral são muito longos, com tons variados de cinza, pouco a muito alterados, com bordas ricas em amígdalas achatadas mostrando forte orientação. Ocorrem como corpos homogêneos (97FN10a), zonados que exibem variações de composição do núcleo para a borda (ams. 97FN6b e 97FN6a, **tabela 3.1.2.1**), ou até mesmo junto a rochas máficas formando diques compostos (97FN4a, *vide* mapa esquemático dos diques da Enseada da Caieira).

Tabela 3.1.2.1: Análises modais das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios. Traquito (T), traquiandesito (Tr), traquiandesito basáltico (Trb) e álcali-basalto (AB).

Amostra	T 1	T 2	T 3	T 4	Tr 5	Tr 6	Trb 7	Trb 8 (b)	Trb 9 (n)	AB 10
Fenocristal (%)	13,5	18,5	10,4	12,0	11,8	6,5	3,9	7,8	13,4	3,6
Feldspato	6,6	11,6	2,5	9,0	9,4	tr	1,9	tr	tr	2,0
Feldspatóide	4,0	4,9	5,3	0,8	-	tr	-	1,5	2,8	-
Clinopiroxênio	1,5	1,5	1,0	1,4	0,8	1,2	tr	1,5	3,3	1,0
Anfibólio	tr	tr	tr	-	0,6	3,4	1,5	3,1	5,6	-
Olivina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
Opaco	tr	tr	Tr	0,6	tr	tr	tr	1,2	1,5	-
Titanita	tr	tr	Tr	Tr	tr	tr	tr	tr	-	-
Matriz (%)	86,5	81,5	89,6	88,0	87,2	93,5	89,3	87,9	84,5	96,4
Feldspato	60,8	57,8	66,6	71,9	65,0	61,0	56,1	53,6	42,9	36,4
Clinopiroxênio	17,3	18,1	13,8	10,9	3,0	11,0	9,5	14,0	20,8	36,8
Opaco	8,4	5,6	9,2	5,2	5,2	8,0	9,0	8,8	10,7	18,8
Mat. vítreo	-	-	-	-	14,0	8,0	14,7	11,4	5,4	2,4
Anfibólio	-	-	-	-	-	5,0	-	tr	4,5	-
Titanita	-	-	-	-	-	tr	-	-	-	-
Apatita	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	0,8
Olivina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2
Amígdalas (%)	-	-	-	-	1,0	-	5,8	4,3	2,3	-
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Análises: 1 (89FN28a), 2 (97FN30a) e 3 (97FN30b)= Morro Branco; 4 (97FN57)= Baía Sto. Antônio; 5 (97FN7a), 6 (97FN5a), 7 (97FN4a), 8 (97FN6a) e 9 (97FN6b)= Enseada da Caieira; 10 (97FN35b)= Enseada do Abreu; tr = traço (valores menores que 0,5 %); n= núcleo do dique e b= borda do dique.

Ao microscópio mostram textura porfirítica, com quantidades variáveis de fenocristais, predominando os de minerais máficos. Os traquiandesitos basálticos mostram variações significativas quanto ao conteúdo de clinopiroxênio e anfibólio e, aparentemente, uma diminuição gradativa de feldspato com aumento de clinopiroxênio e anfibólio (**tabela 3.1.2.1**).

Em um mesmo dique (97FN6) nota-se do núcleo para a borda aumento de feldspato e material vítreo acompanhado de decréscimo de clinopiroxênio e anfibólio, **tabela 3.1.2.1.**

Dentre os minerais máficos fenocristalinos os mais abundantes são os anfibólios, ora de cor marrom alaranjada, como grãos subedrais de até 5 mm, com inclusões de apatita acicular, ora de menor tamanho (0,5 mm até no máximo 1,5 mm), fortemente pleocróicos (x = castanho e z = marrom), com clivagem proeminente, bordas menos reabsorvidas, contendo as mesmas inclusões que os primeiros. Os dois tipos ocorrem como grãos isolados, aglomerados ou agrupados com clinopiroxênios, opacos e titanitas.

Os clinopiroxênios aparecem comumente como microfenocristais (< 0,5 mm), e em menores proporções como fenocristais castanhos, rosados ou verdes, de até 1,5 mm, fraturados, como prismas reabsorvidos ora isolados ora agrupados com opacos, titanitas e anfibólios. Os padrões de zoneamento mais comuns são: grãos castanhos com zoneamento concêntrico ou cristais com núcleo irregular verde e borda castanho-rosada com zoneamento setorial do tipo ampulheta.

Os minerais félsicos são predominantemente microfenocristalinos. Os feldspatos são tabulares, plagioclásios com geminações de Carlsbad de contato ou de Albita e feldspatos alcalinos, alguns zonados, reabsorvidos, isolados ou agrupados. Em algumas amostras são observados cristais com textura em peneira, que conservam apenas uma fina borda contínua de feldspato. Os feldspatóides são mais raros e, quando presentes, aparecem em avançado grau de alteração (amarelados).

Os microfenocristais cúbicos a subedrais de grãos opacos são bem abundantes. Em alguns cristais pode-se observar, através de luz refletida, a presença de áreas pequenas de contorno irregular de coloração mais clara que, certamente, tratam-se de material exsolvido de composição diferente (magnetita titanífera com exsoluções de ilmenita).

Os minerais acessórios são representados pela titanita euédrica microfenocristalina e os pequenos cristais de apatita.

A matriz é marcada pela textura traquítica, composta basicamente de ripas ou tábuas de feldspato orientadas, entre as quais aparecem, em

menores proporções, prismas curtos ou longos de clinopiroxênio verde ou castanho, anfibólio, grãos opacos, material vítreo e às vezes titanita e carbonato.

Nestas rochas é comum o aparecimento de amígdalas desde milimétricas (em alguns casos muito pequenas pouco maiores do que a matriz) até quase centimétricas, achatadas e alongadas, ou arredondadas, preenchidas por carbonatos e zeólitas.

c) Traquiandesitos

Os diques traquiandesíticos estudados restringem-se a duas ocorrências, amostras 97FN5a, 97FN3c e 97FN7a (as duas últimas correspondentes a um mesmo dique). A primeira é muito parecida com os traquiandesitos basálticos, com a mineralogia muito semelhante, diferindo por ser mais rica em feldspatos e quimicamente um pouco mais evoluída.

O outro dique (amostras 97FN3c e 97FN7a, *vide* **figura 2.1.2**, capítulo II) aparece como um grande corpo que ocorre na Enseada da Caieira, anteriormente caracterizado por Almeida (1955) como um álcali-traquito, merecendo destaque devido a algumas particularidades, que em parte o assemelham mais aos traquitos do que aos traquiandesitos basálticos.

Esta rocha difere dos traquitos pelo aparecimento de alguns minerais máficos fenocristalinos (de até 1,5 mm) e por apresentar fenocristais de feldspatos maiores (com até 5 mm), muito fraturados, isolados ou agrupados. Por outro lado, destaca-se claramente dos traquiandesitos basálticos pela maior abundância em feldspatos tanto como fenocristais como componentes da matriz e, pela pequena quantidade de minerais máficos (anfibólios e clinopiroxênios), *vide* **tabela 3.1.2.1**.

Outro ponto que chama atenção é o tipo de anfibólio presente nestas rochas, com marcado pleocroísmo (x = verde acastanhado e z = verde azeitona escuro), o qual não foi observado em nenhum dos traquitos e traquiandesitos estudados (**figura 3.1.2.1 D**).

Os microfenocristais (< 0,5 mm) mais comuns são os feldspatos e os clinopiroxênios verdes, anedrais a subedrais prismáticos, como grãos isolados ou agrupados junto com minerais opacos e titanitas euédricas.

Como no caso dos fenocristais, também se nota a presença de anfibólios de cor verde escura fortemente pleocróicos, com as bordas pouco reabsorvidas, euédricos a subédricos, com clivagem proeminente. Não possuem feldspatóides microfenocristalinos.

A matriz é traquítica, com forte fluidalidade, composta basicamente por ripas de feldspatos orientadas e, em meio a estas, grãos opacos anedrais a cúbicos, prismas curtos ou longos de clinopiroxênio verde e também material vítreo. Zeólitas e carbonatos são vistos apenas como produtos de alteração dos feldspatos.

d) Traquitos

Os traquitos são porfíricos e ocorrem predominantemente como domos. As rochas estudadas pertencem em sua maioria aos corpos aflorantes na Praia do Leão (Morro Branco), amostras: 89FN28, 97FN30a e 97FN30b e próximo à Praia da Biboca, divisa com a Baía de Santo Antônio, amostra 97FN57 (*vide* mapa geológico).

Estas rochas apresentam fenocristais (± 3 mm) apenas de minerais félsicos: feldspatos alcalinos e plagioclásios, com formas subedrais tabulares, normalmente fraturados, orientados segundo a matriz e apresentando geminação do tipo polissintética ou Carlsbad (de contato ou interpenetrante).

Os microfenocristais são feldspatóides do grupo da sodalita e clinopiroxênios verdes, anedrais a subedrais, prismáticos, às vezes com zoneamento concêntrico, como grãos isolados ou agrupados com minerais opacos e titanitas euédricas (**figura 3.1.2.1 A e B**). Em algumas amostras nota-se a presença de anfibólios marrons, reabsorvidos, com apatita inclusa, algumas vezes totalmente substituídos por grãos opacos, sendo rodeados por clinopiroxênios verdes da matriz.

A matriz é do tipo traquítica, com forte fluidalidade (**figura 3.1.2.1 C**), em que as ripas de feldspatos estão orientadas, e em meio a estas aparecem grãos opacos anedrais a cúbicos e pequenos prismas curtos ou longos de clinopiroxênio verde. Na **tabela 3.1.2.1** é possível notar a variação da composição da matriz das rochas provenientes da Baía do Santo Antônio e

do Morro Branco, mostrando que as últimas são mais ricas em minerais máficos e mais pobres em feldspato. As zeólitas e carbonatos são vistos apenas como produtos de alteração dos feldspatos e plagioclásios.

Figura 3.1.2.1. Características gerais das rochas da série moderadamente potássica. **A)** Fenocristal euédrico de cpx, parcialmente reabsorvido em traquito am. 97FN30a. **B)** Agrupamento de cpx em traquito am. 97FN57, em detalhe, no centro da foto, um fenocristal zonado. **C)** Textura traquítica marcada pela orientação dos feldspatos alcalinos da matriz, am. 97FN57. **D)** Microfenocristal de anfibólio verde em meio a matriz traquítica do traquiandesito, am. 97FN3c. **E)** Aspecto geral da matriz do traquiandesito 97FN5a. **F)** Aspecto geral do álcali-basalto, am. 97FN35b. Barra de escala: vermelha= 90 μm , amarela= 180 μm , azul= 360 μm . Para maiores explicações ver texto.

3.1.2.1. Química dos minerais

Os resultados das análises químicas dos minerais aparecem nas tabelas de 1 a 9 apresentadas no Anexo, ao final da tese.

Olivina

As olivinas aparecem unicamente no álcali-basalto, normalmente em avançado grau de alteração. Possuem 0,27 a 0,3 % de CaO, 0,71 % de MnO e $\pm 0,2$ % de NiO.

Clinopiroxênio

Os clinopiroxênios desta série são cálcicos e classificam-se como diopsídios, segundo Morimoto *et al.* (1989), ou como salitas, segundo Deer *et al.* (1978). Alguns poucos cristais da matriz do álcali-basalto, de um dos traquiandesitos basálticos e de um dos traquiandesitos possuem Ti > 0,1 a.u.f. (**figura 3.1.2.1.1**) e incorporam ao seu nome o adjetivo modificador titanífero. Já no caso dos traquitos o que se nota é a presença de alguns cristais de salita da matriz com mais de 0,1 a.u.f. de Na, justificando o emprego do adjetivo modificador sódico.

Os valores de $mg\# = [Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total})] \times 100$ dos clinopiroxênios do álcali-basalto, dos traquiandesitos basálticos e do traquiandesito da am. 97FN5a variam de 79 a 66. Os teores de Si, Ti e Al deste conjunto de rochas são muito variáveis, tanto nos fenocristais como na matriz das rochas. Na **figura 3.1.2.1.1.** que representa todos os clinopiroxênios analisados observa-se que o Si diminui e o Ti e o Na aumentam com o decréscimo do valor de $mg\#$. Os fenocristais dos traquiandesito basálticos são zonados, apresentando padrões normais, oscilatórios e inversos, particularmente nos fenocristais com núcleos esverdeados e bordas castanhas (ver tabela 3a do anexo). Os clinopiroxênios dessas rochas são ricos em Al_2O_3 , e mostram valores mais elevados de Al^VI e razões Al^VI/Al^{IV} menores que 0,3.

Uma amostra de traquiandesito pertencente a um dos diques da Enseada da Caieira (am. 97FN7a) apresenta clinopiroxênios com composição química semelhante à dos traquitos, com valores de $mg\#$ entre 67 e 51. Esses clinopiroxênios são relativamente pobres em Ti e ricos em Na e Mn,

principalmente nos grãos componentes da matriz dos traquitos. Os fenocristais de clinopiroxênio dos traquitos mostram zoneamento normal com aumento de Si, $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$, Mn e Na e diminuição de Mg, Ti, Al e Ca do centro para a borda dos grãos.

Na **figura 3.1.2.1.2**, diagrama Na-Mg-($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn} - \text{Na}$), nota-se a tendência de evolução dos clinopiroxênios estudados, com empobrecimento gradual em Mg e enriquecimento principalmente no componente ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn} - \text{Na}$) e de forma mais incipiente, no Na.

Anfibólio

Os anfibólios ocorrem principalmente nos traquiandesitos basálticos, como feno e microfenocristais ou grãos da matriz, sendo menos comuns nos traquiandesitos e raros ou ausentes nos traquitos. São em geral de cor marrom, excetuando os do traquiandesito, am. 97FN7a, que são esverdeados.

Com base na nomenclatura de Leake *et al.* (1997) estes anfibólios classificam-se como cálcicos, do tipo kaersutita (maioria das amostras) ou do tipo magnésio-hastingsita (neste caso com $\text{Ti} < 0,5$ a.u.f e $\text{Al}^{\text{VI}} < \text{Fe}^{3+}$) no traquiandesito 97FN7a.

De um modo geral das kaersutitas para as magnésio-hastingsitas ocorre queda do valor de *mg#* ($100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}_{\text{total}})$) acompanhada de queda em Ti e incremento em Al^{VI} , Mn e Na. O K varia pouco dentro do conjunto dos anfibólios, porém uma das amostras de traquiandesito basáltico possui cristais nitidamente mais empobrecidos neste elemento (**figura 3.1.2.1.3**).

Do mesmo modo que os clinopiroxênios, os anfibólios também aparecem como fenocristais zonados, particularmente as kaersutitas dos traquiandesitos basálticos.

Óxidos de Ferro e Titânio

Os óxidos de Ferro e Titânio ocorrem em todas as rochas como microfenocristais cúbicos ou subedrais, (alguns com exsoluções de ilmenita) e também como componentes da matriz.

Figura 3.1.2.1.1. Diagramas de variação dos clinopiroxênios das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios. Cátions, expressos em a.u.f., em função de $mg\# = [Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total}) \times 100]$.

Figura 3.1.2.1.2: Composição dos clinopiroxênios das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios no diagrama ternário Na - Mg - $(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn} - \text{Na})$. Valores expressos em a.u.f..

Os resultados químicos mostraram que do álcali-basalto para o traquito, as magnetitas titaníferas exibem um *trend* evolutivo marcado pela queda em Mg e Ti, e enriquecimento em $\text{Fe}^{2+}_{\text{total}}$, Mn e Zn.

Feldspatos

No álcali-basalto ocorrem predominantemente labradoritas, com raras andesinas na matriz. Em um dos traquiandesitos basálticos (am. 97FN4a) são observados fenocristais de labradorita com borda de andesina em matriz constituída por andesina, anortoclásio e sanidina; nos traquiandesitos basálticos, ams. 97FN6a e 97FN6b, ocorrem unicamente na matriz, como sanidinas.

Nos traquiandesitos e traquitos os fenocristais são menos cálcicos e normalmente homogêneos. São andesinas – com bordas de oligoclásio ou de

sanidina, em alguns traquitos - e anortoclásios, em matriz de anortoclásio e sanidina (**figura 3.1.2.1.4**).

Figura 3.1.2.1.3: Diagramas de variação dos anfibólios das rochas da série moderadamente potássica. Cátions em função de $mg\#$ = $[Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total}) \times 100]$. Traquiandesitos (▲ 97FN7a ○ 97FN5a) e traquiandesitos basálticos (+ 97FN4a, × 97FN6a ■ 97FN6b).

No geral o Bário aparece apenas em pequenas quantidades nos feldspatos dos traquiandesitos e traquiandesitos basálticos (menos de 0,5 % de BaO em porcentagem em peso), atingindo valores de até 2 % em peso apenas em alguns pequenos cristais da matriz da amostra 97FN6b .

Na **figura 3.1.2.1.5** nota-se o comportamento dos cristais de feldspatos das rochas da série potássica em função do teor de K. Para iguais teores de K tanto os plagioclásios quanto os feldspatos alcalinos dos traquitos são um pouco mais ricos em Si e pobres em Al do que os que compõem as rochas menos diferenciadas. O Sr é incorporado preferencialmente no plagioclásio e anortoclásio das rochas e aparentemente os maiores teores correspondem às rochas mais ricas neste elemento.

Figura 3.1.2.1.4: Nomenclatura dos feldspatos das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios. Valores expressos em mol %. 1- Sanidina, 2- Anortoclásio, 3- Oligoclásio, 4- Andesina e 5- Labradorita.

Figura 3.1.2.1.5: Variação dos feldspatos das rochas da série moderadamente potássica do Episódio Remédios. Valores expressos em a.u.f.. Mesmas amostras da figura 3.1.2.1.4.

3.1.2.2. Considerações sobre o comportamento químico dos minerais

As olivinas dos álcali-basaltos (Fo₇₂) são mais ricas em ferro e pobres em magnésio, do que as olivinas dos basanitos da série sódica que possuem desde Fo₈₆ até Fo₈₂. Como a composição da olivina depende da razão Mg/Fe²⁺ dos líquidos magmáticos (Roeder e Emslie, 1970), este comportamento sugere que os álcali-basaltos cristalizaram-se a partir de líquidos com razões Mg/Fe²⁺ menores do que a dos magmas basaníticos.

Os fenocristais de salita titanífera dos traquiandesitos basálticos com zoneamento variável - normal, oscilatório e inverso - às vezes em uma mesma lâmina, indicam condições de desequilíbrio durante a cristalização. **(figura 3.1.2.2.1)**. Ocasionalmente são observadas rochas que apresentam clinopiroxênios com valores de *mg#* maiores na borda do dique do que nas porções centrais (amostras 97FN6b= núcleo e 97FN6a= borda).

Os anfibólios dos traquiandesitos basálticos também apresentam um conjunto de feições e variações de composição que não podem ser explicadas por processos de diferenciação magmática. Dentre estas se destacam:

1. Os maiores valores de *mg#* do mineral são observados nas kaersutitas do traquiandesito 97FN5a, decrescendo nas kaersutitas dos traquiandesitos basálticos representados pelas amostras 97FN4a, 97FN6a e 97FN6b **(figura 3.1.2.1.3)**.
2. No traquiandesito basáltico da am. 97FN6b (núcleo do dique), os cristais de kaersutita da matriz exibem valores de *mg#* maiores do que os encontrados nos fenocristais das rochas e no caso da am. 97FN6a (borda do mesmo dique) foram identificados fenocristais zonados com padrões normais ou inversos de cristalização **(figura 3.1.2.2.2)**, acompanhados também de raros microfenocristais em que o núcleo é de kaersutita e a borda de salita titanífera.
3. No traquiandesito basáltico, am. 97FN4a, as kaersutitas são mais empobrecidas em K (vide figura 3.1.2.1.3). Os fenocristais mostram padrões de zoneamento opostos **(figura 3.1.2.2.2)**, alguns com as bordas mais ricas em *mg#* do que os núcleos e outros com a relação contrária; cabe comentar que este material ocorre como parte de um dique composto cujo núcleo é de composição lamprofírica.

Figura 3.1.2.2.1. Padrões de zoneamento em feno e microfenocristais de clinopiroxênios dos traquiandesitos basálticos da série potássica. Óxidos em função de $mg\#$ ($Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total})$). Símbolo cheio= núcleo, vazio= borda. Setas indicam comportamento do núcleo à borda ou do núcleo passando pela zona intermediária até a borda.

Figura 3.1.2.2.2. Padrões de zoneamento em feno e microfenocristais de anfibólio dos traquiandesitos basálticos da série potássica. Óxidos em função de $mg\#$ ($Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total})$). Símbolo cheio= núcleo, vazio= borda. Círculos= am. 97FN4a; triângulos= am. 97FN6a. As cores foram utilizadas para diferenciar os três cristais da am. 97FN4a.

Os feldspatos das rochas da série potássica variam desde plagioclásios até feldspatos alcalinos. Estes minerais exibem padrões paralelos e contínuos de evolução dentro do mesmo grupo litológico. O Sr é mais abundante nos cristais dos traquitos, traquiandesitos e traquiandesitos basálticos, do que no álcali-basalto. O traquiandesito basáltico (97FN6b) destaca-se do conjunto por não possuir plagioclásio, apresentando apenas cristais de feldspato alcalino rico em BaO (observar as duas análises que caem fora do campo de classificação dos feldspatos; **figura 3.1.2.1.4**). Feições de desequilíbrio nos feldspatos caracterizadas por zoneamento inverso (andesina com borda de labradorita) foram identificadas no traquiandesito basáltico da am. 97FN4a, juntamente com escassos microfenocristais apresentando seções retangulares e, às vezes, quadráticas e textura em peneira, que apenas conserva uma borda fina de feldspato.

3.1.2.3. Geoquímica das rochas

Os dados químicos das rochas da série potássica analisadas aparecem listados na tabela 10 do Anexo. Na **figura 3.1.2.3.1** aparecem alguns diagramas binários com SiO₂ como índice de diferenciação.

Do álcali-basalto para o traquito, o aumento de SiO₂ é acompanhado por uma diminuição em TiO₂, MgO, Fe₂O_{3total}, CaO, V e P₂O₅ (0,8 % para 0,04 %) e por um aumento em Al₂O₃, K₂O, Na₂O e Zr. (**figuras 3.1.2.3.1**).

A exemplo do que ocorre em outras ilhas oceânicas (*vide* Tristan da Cunha, em Le Roex *et al.*, 1990), o empobrecimento quase que uniforme em TiO₂, MgO, Fe₂O_{3total}, CaO e V, junto ao enriquecimento em Al₂O₃ e SiO₂ exprime a importância e predominância da extração de silicatos ferro-magnesianos como clinopiroxênios, anfibólios e olivina, e também espinélios e a menor participação de feldspatos, durante o processo evolutivo.

Por outro lado as variações observadas em termos de K₂O, Na₂O, Sr, Ba, Nb, La, Ce e Th no conjunto de rochas, particularmente nos traquiandesitos basálticos, poderiam ser resultantes de outros processos magmáticos.

Figura 3.1.2.3.1. Diagramas de variação tipo Harker das rochas da série moderadamente potássica. Óxidos expressos em % peso e elementos em ppm.

No caso do K e Na, uma possibilidade, já discutida na literatura em outras províncias alcalinas (Weaver *et al.*, 1996; Kar *et al.*, 1998), é a de efeitos de alteração pós-magmática, que não seriam observados na petrografia das rochas, mas deixariam sua assinatura na composição química das mesmas, por meio de rochas, comparativamente, mais pobres em Na e ricas em K.

O padrão de elementos terras raras (**figura 3.1.2.3.2**), parece indicar que não houve fracionamento de apatita e/ou titanita durante a formação dos traquiandesitos basálticos e dos traquiandesitos, a partir de um magma de composição como a do álcali-basalto. Por outro lado, a separação desses minerais permite explicar o padrão observado nos traquitos.

No tocante aos elementos mais incompatíveis (**figura 3.1.2.3.3**; Nb_xLa, Nb_xBa, Nb_xCe, Nb_xTh) cabe ressaltar que os traquitos, que são as rochas mais diferenciadas, são mais pobres em Nb, La e Ce do que os traquiandesitos e o traquiandesito basáltico 97FN6b.

Figura 3.1.2.3.2. Padrão de abundância de elementos terras raras das rochas da série moderadamente potássica. Valores normalizados pelo Condrito C1 de Sun e McDonough (1989). Legenda: triângulo cheio= Álcali-basalto, círculo vazio= traquiandesito basáltico, quadrado vazio= traquiandesito e triângulo vazio= traquito.

Figura 3.1.2.3.3. Comportamento de alguns elementos traços, expressos em ppm, das rochas da série potássica do episódio Remédios.

3.1.2.4. Evolução das rochas da série potássica – fracionamento magmático e mistura de magmas

Apesar de serem poucas as amostras representativas deste grupo, pode-se tentar estabelecer algumas considerações sobre possíveis processos de fracionamento ocorridos durante a formação dessas litologias. A exemplo da série sódica, o comportamento geoquímico dos elementos maiores e de alguns menores e traços das rochas sugerem, pelo menos em parte, a atuação de processos de cristalização magmática.

Por outro lado, os cálculos de balanço de massa, utilizando os elementos maiores das rochas e a composição química dos minerais componentes das mesmas, com ajuste de elementos traços, indicaram que não ocorreram várias etapas de fracionamento na geração das rochas da série potássica, mas sim uma evolução direta do álcali-basalto para os traquitos e para os traquiandesitos.

Os traquiandesitos basálticos, enriquecidos em anfibólio, que apresentam claras feições de desequilíbrio na textura e composição química dos principais minerais das rochas já assinaladas em páginas anteriores, resultariam da mistura de magmas. Evidências de mistura são também observadas em escala macroscópica pela presença, nessas rochas, de enclaves de litotipos máficos de granulação fina, com aspecto semelhante ao dos basaltos da região.

O aparecimento de magmas híbridos em outras províncias oceânicas alcalinas, como Açores e Canárias, foi constatado por diversos autores, envolvendo sempre a mistura de basaltos e traquitos (Brooks e Printzlau, 1978; Wolff e Storey, 1984; Wolff, 1985; Storey *et al.*, 1989; Araña *et al.*, 1994). Deve-se salientar que o reconhecimento da mistura de magmas só pode ser comprovado por estudos da mineralogia das rochas, já que as rochas híbridas resultantes apresentam composições químicas intermediárias entre os dois extremos (basaltos e traquitos) e, portanto, são semelhantes às fases fracionadas em um sistema de diferenciação magmática.

A interpretação dos processos de mistura depende de estudos muito detalhados, particularmente em se tratando de diques de composição variada que ora ocorrem como corpos paralelos, ora se cortam, ou formam diques compostos, como pode ser verificado na Enseada da Caieira (**figura 2.1.2; capítulo 2**). Uma interpretação interessante para explicar as lavas híbridas de Tenerife nas ilhas Canárias foi apresentada por Araña *et al.* (1994). Segundo estes autores, a entrada de um magma basáltico em uma câmara magmática pré-existente, que ainda deveria conter um líquido residual traquítico, desenvolveria uma zona de difusão química no contato

entre os dois magmas, favorecendo o acúmulo de elementos voláteis provenientes do basalto e a cristalização de anfibólios e biotitas.

3.1.2.5. Sumário

- Além de uma série sódica, o Episódio Remédios do Arquipélago de Fernando de Noronha também apresenta um conjunto de rochas moderadamente potássica, composto por álcali-basalto, traquiandesito basáltico, traquiandesito e traquito ($45 \% < \text{SiO}_2 < 60 \%$).
- Os álcali-basaltos e traquitos ocorrem como corpos intrusivos de contorno subcircular, enquanto que os traquiandesitos e traquiandesitos basálticos aparecem preferencialmente como diques.
- Normalmente os traquiandesitos basálticos apresentam distintas composições mineralógicas e químicas do núcleo para a borda do dique, como por exemplo aumento no conteúdo de minerais fêlsicos, ou até mesmo a formação de diques compostos (bordas de traquiandesito basáltico em diques cujo núcleo é de lamprófiro alcalino).
- As características petrográficas e o quimismo dos principais minerais constituintes das rochas da série potássica indicaram que:
 - a) As olivinas (Fo_{72}), restritas ao álcali-basalto, possuem de 0,27 a 0,3 % de CaO, 0,71 % de MnO e $\pm 0,2$ % de NiO, exibindo um caráter mais diferenciado do que o das olivinas dos basanitos da série sódica (Fo_{82} a Fo_{86}). Este comportamento das olivinas indica que a cristalização se processou a partir de líquidos diferentes, mais evoluídos do que aqueles que formaram os basanitos.
 - b) Os clinopiroxênios variam de salitas e salitas titaníferas ($\text{mg}\# = 79-66$) nos álcali basaltos e traquiandesitos, até salitas com $\text{mg}\# = 67-51$ nos traquitos os quais, às vezes, apresentam salitas sódicas na matriz. No caso dos traquiandesitos basálticos são observados padrões de zoneamento variável - ora normais, ora inversos ora oscilatórios - indicando condições de

desequilíbrio entre os fenocristais e o magma que ainda estava se cristalizando.

- c) Nos traquiandesitos basálticos e, mais raramente nos traquiandesitos e traquitos, ocorrem anfibólios do tipo kaersutita, com exceção de um dos traquiandesitos que possui Magnésio-hastingsitas. As kaersutitas dos traquiandesitos basálticos também ilustram padrões de zoneamento distintos – normais, oscilatórios e inversos – além de outras feições que indicam desequilíbrio químico durante a cristalização: microfenocristal de kaersutita com borda de salita titanífera (am. 97FN6a); kaersutitas com valores de mg# menores do que as que aparecem nos traquiandesitos.
 - d) os óxidos de ferro e titânio são magnetitas titaníferas que possuem ilmenita exsolvida, mostrando-se nitidamente mais enriquecidos em Mn na matriz das rochas.
 - e) Os plagioclásios e feldspatos alcalinos aparecem principalmente como microfenocristais. O Bário está presente em pequenas quantidades nos feldspatos alcalinos dos traquiandesitos e traquiandesitos basálticos (menos de 0,5 % de BaO em porcentagem em peso), atingindo na amostra 97FN6b (traquiandesito basáltico) valores de até 2 %. Os teores de Sr são mais elevados nos fenocristais de anortoclásio e plagioclásio dos traquitos, dos traquiandesitos e dos traquiandesitos basálticos, do que nos plagioclásios do álcali-basalto.
- Ao contrário das rochas da série sódica, as litologias da série potássica exibem diferenças químicas menos expressivas entre os membros da série. Do álcali-basalto para o traquito ocorre um decréscimo em TiO_2 , MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, CaO , P_2O_5 , V e nas REE médias e, um aumento em SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O e Zr.
 - O empobrecimento quase que uniforme em TiO_2 , MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, CaO e V, sugere a predominância da extração de silicatos ferro-magnesianos como clinopiroxênios, anfibólios e olivina, e também

espinélios e a menor participação de plagioclásios e feldspatos alcalinos, durante o processo evolutivo.

- Cálculos de balanço de massa e ajuste de elementos traços confirmam a formação dos traquitos e dos traquiandesitos a partir do álcali-basalto.
- Os traquiandesitos basálticos não seriam formados por um simples processo de fracionamento ígneo, resultando da mistura entre dois magmas distintos. O reconhecimento da mistura de magmas, prende-se a estudos detalhados dos principais minerais que compõem as rochas, identificando as relações de desequilíbrio textural e químico. Deve-se ressaltar o fato de que a mistura de magmas basálticos com magmas traquíticos é relativamente comum nas associações de rochas que constituem as ilhas oceânicas.

3.1.3. Lamprófiros alcalinos

Os lamprófiros são reconhecidos como rochas fortemente porfíriticas, que ocorrem preferencialmente como diques, carregando xenólitos de outras rochas. Apresentam textura panidiomórfica, com minerais hidratados como fenocristais - essencialmente anfibólios e ou biotitas - e rara presença de fases fenocristalinas félsicas. Comumente aparecem em avançado grau de alteração, principalmente em se tratando da matriz (Rock, 1977).

O caráter hidratado destas rochas pode explicar algumas das características observadas nos lamprófiros, como por exemplo o rápido crescimento de grandes fenocristais de anfibólio e clinopiroxênio (Smith, 1946), em contrapartida ao lento crescimento de feldspatos, normalmente suprimidos pelas condições hidratadas e confinados a matriz. (Yoder e Tilley, 1962).

Rock (1977) propôs uma divisão dos lamprófiros alcalinos com base principalmente nos minerais félsicos presentes (**quadro 3.1.3.1.**), considerando-os quimicamente como álcali-basaltos ou basanitos, porém distinguindo-os pela presença de anfibólio e ou mica primários. Critérios semelhantes são utilizados no esquema de classificação de Le Maitre (1989).

Quadro 3.1.3.1.: Divisão dos lamprófiros alcalinos segundo Rock (1977).

Rocha	Olivina	Ti	Anfibólio/Mica	Feldspato	Matriz
Camptonito	Freqüente	Freqüente	Constituinte essencial	Lab/And > F	Fd > Fóide
Sanaito	Freqüente	Freqüente	Constituinte essencial	F > Plag	Fd > Fóide
Tannbuschito	Freqüente	Freqüente	Constituinte essencial	variável	Fd < Fóide
Monchiquito	Freqüente	Freqüente	Constituinte essencial	Nenhum	Vidro + fóide ou zeólita

Ti= Ti-augita; Anfibólio= kaersutita; Lab= labradorita; And= andesina; F= feldspato alcalino; Plag= plagioclásio com An > 5 %; Fóide= feldspatóide (nefelina) ou analcima

Alguns trabalhos, como por exemplo o de Furnes e Stillman (1987), optaram por evitar a classificação destas rochas e denominaram-nas apenas de lamprófiros alcalinos, independente de sua composição química e dos minerais félsicos presentes na matriz.

Outros autores (Bédard *et al.*, 1988; Bédard, 1994) preferiram separar os lamprófiros alcalinos em monchiquitos ou camptonitos, utilizando-se da razão de minerais félsicos de 1 : 2, na qual 1 feldspato corresponde a 2 (feldspato + zeólita + feldspatóide + carbonato primário + vidro). Esta razão, apresentada por Hodgson (1969) *in* Bédard *et al.* (1988), diferiu da classificação de Rock (1977) e Le Maitre (1989), que consideraram como característica dos monchiquitos a ausência de cristais de feldspato.

Em Fernando de Noronha, Almeida (1955) descreveu quatro tipos de lamprófiros alcalinos: os noseana sanaítos, camptonitos, melamonchiquitos e furchitos. Em Ulbrich (1993) e Ulbrich *et al.* (1994a) os autores separaram estes lamprófiros em lamprófiros tefríticos e lamprófiros típicos, considerando não somente a mineralogia, mas também a presença de texturas panidiomórficas. Maríngolo (1995) retomou os termos monchiquito e camptonito para caracterizar, respectivamente, os variados lamprófiros tefríticos e lamprófiros típicos de Fernando de Noronha. Para este último autor os camptonitos foram considerados como litologias mais ricas em minerais félsicos com texturas panidiomórficas.

Em vista do exposto, ficam claras as dificuldades de comparações com os lamprófiros da literatura, já que a classificação destas rochas acaba sendo um pouco confusa, principalmente nos lamprófiros que possuem base vítrea. Assim, os diques lamprofíricos da Formação Remédios de Fernando de Noronha serão tratados como um grupo único, extremamente heterogêneo, com afinidades tanto com monchiquitos, quanto com camptonitos e sanaítos.

3.1.3.1. Os diques de lamprófiros alcalinos do episódio Remédios

A ocorrência das rochas lamprofíricas limita-se a corpos tabulares, cinza escuros ou negros, de espessura variada (0,5 a 1,6 m), que cortam os diques félsicos maiores (*vide* mapa esquemático dos diques da Enseada da Caieira

no capítulo II), embora aparentam ser contemporâneos a invasão dos diques félsicos mais finos (*vide* Ulbrich *et al.*, 1998).

Podem ser observados diques simples homogêneos ou em associação com outras rochas, por exemplo com traquiandesitos basálticos ou basanitos, formando diques compostos, fato este muito comum na Enseada da Caieira (Almeida, 1955; Ulbrich *et al.*, 1998).

No geral as rochas tem estrutura maciça, com desenvolvimento de zonas amigdaloidais nas porções marginais dos diques, tamanha a presença de amígdalas achatadas e alongadas.

São rochas muito variáveis nos itens seguintes:

- Granulação: desde muito fina (normalmente os de tonalidade mais cinza) a fina (negros);
- quantidade de fenocristais presentes: de 10 a 40 % do conteúdo total da rocha;
- abundância relativa de clinopiroxênios e anfibólios;
- composição da matriz, principalmente no que diz respeito ao conteúdo de minerais félsicos.

As variações texturais e mineralógicas são vistas tanto em uma mesma localidade (por exemplo, Enseada da Caieira e Saco do Atalaia), como também ao longo da Ilha Principal (Baía do Sueste, Praia da Biboca, Praia do Atalaia).

Ao microscópio é possível separá-los em quatro tipos principais:

- **Tipo I** - equivalente aos lamprófiros típicos de Ulbrich (1993) e Ulbrich *et al.* (1994a) e aos camptonitos de Maríngolo (1995): rochas com matriz vítrea (podendo ou não ocorrer escassos cristais de feldspato) na qual o anfibólio é mineral muito abundante, apresentando-se normalmente euédrico (amostras 97FN3d, 97FN4b, 97FN11b, 97FN13a e 97FN43c);
- **Tipo II:** rochas com matriz feldspática (plagioclásio e anortoclásio) em que há predomínio de piroxênio sobre anfibólio (97FN3a e 97FN3b), tanto nas fases fenocristalinas, quanto na matriz;
- **Tipo III** – equivalente aos lamprófiros tefríticos de Ulbrich (1993) e Ulbrich *et al.* (1994a) e aos monchiquitos de Maríngolo (1995):

semelhante ao tipo II, porém com matriz vítrea, contendo escassos cristais de feldspato (97FN7, 97FN48a, 97FN50a e 97FN50b);

- **Tipo IV:** amostra 97FN25 com matriz feldspática (somente sanidina) e em parte vítrea, rica em fenocristais de anfibólio, com predomínio de piroxênio sobre anfibólio (na matriz).

O **quadro 3.1.3.1.1** reúne as principais características petrográficas de cada um destes grupos. Descrições sucintas de cada uma das amostras podem ser observadas no quadro 1 do Anexo (final da tese). Na **figura 3.1.3.1.1** são mostradas algumas feições destes lamprófiros.

3.1.3.2. Química dos minerais

Os minerais componentes dos lamprófiros alcalinos, principalmente os máficos, foram amplamente discutidos por Maríngolo (1995) e Maríngolo e Ulbrich (1997). Assim serão tocados apenas alguns aspectos que diferem ou complementam em parte o que já foi apresentado pelos autores. Os resultados químicos dos minerais aparecem nas tabelas de 1 a 9 do Anexo.

a) Clinopiroxênio

Nos lamprófiros do tipo I são encontrados cristais castanhos (salitas) com bordas violáceas (salitas titaníferas) e numa única amostra núcleos de fenocristais verdes (nv), irregulares (reabsorvidos), de ferrossalitas sódicas. Nos do tipo II e III aparecem praticamente cristais castanhos de salitas, salvo alguns raros núcleos de fenocristais verdes de ferrossalitas sódicas e algumas bordas rosadas de salitas titaníferas. Os clinopiroxênios do tipo IV são semelhantes aos dos tipos II e III, porém com uma maior tendência à ocorrência de salitas titaníferas.

Estes clinopiroxênios mostram distinções principalmente no tocante ao teor de $mg\#$ ($100Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total})$), Ti, Na e Al. O *trend* geral em cada tipo litológico é marcado pela evolução de cristais cada vez mais ricos em Na, Mn e Fe_{total} , e pobres em Mg (**figura 3.1.3.2.1a.**).

Quadro 3.1.3.1.1.: Principais características dos lamprófiros alcalinos da Formação Remédios de Fernando de Noronha.

Lamprófiro	Características
Tipo I	Textura porfirítica. Feno e mfeno de anf pleocróico (x= marrom alaranjado, z= castanho), de cpx violáceo com zoneamento concêntrico ou tipo ampulheta (op e ap inclusos) e alguns mfeno de op, ap, fóide e pseudomorfos de ol (totalmente substituídos por carb e clorita) em matriz constituída principalmente de anf euédrico, flog, op, cpx, ap e raros fd, em base vítrea, que em alguns casos já se encontra em avançado grau de alteração.
Tipo II	Textura porfirítica. Feno e mfeno de cpx rosado homogêneo ou com zoneamento concêntrico ou oscilatório com núcleo irregular verde e borda castanha ou castanha rosada (op incluso) os últimos de aspecto semelhante aos cpx xenocrystalinos encontrados em outras rochas do Episódio Remédios; feno e mfeno de anf pleocróico pouco a muito reabsorvido (com ap inclusa), com alguns mfeno de op, ap, e raro de fóide, em matriz de cpx castanho, fd tabular e ripiforme, op, anf, ap, com material vítreo intersiticial. Comumente apresentam xenólitos ou xenocrystalais de minerais máficos.
Tipo III	Idem ao tipo II, porém com fd quase inexistente, material vítreo como principal constituinte félsico da matriz, com algumas flog.
Tipo IV	Textura fracamente porfirítica. Feno e mfeno anf pleocróico subédrico a euédrico (com ap inclusa), de cpx violáceo homogêneo, com zoneamento concêntrico ou oscilatório com núcleo irregular verde e borda castanho rosado (op incluso) o último semelhante aos xenocrystalais presentes em outras rochas do Episódio Remédios, feno e mfeno de fóide subédrico a euédrico, com alguns mfeno de op, em matriz de cpx castanho, fd ripiforme, op, ap e material vítreo contendo crystalais fibrosos de zeólita.

Feno= fenocrystal, mfeno= microfenocrystal, cpx= clinopiroxênio, anf= anfíbólio, op= opaco, ap= apatita, fóide= feldspatóide, flog=flogopita, fd= feldspato.

Figura 3.1.3.1.1. Aspectos microscópicos dos lamprófiros alcalinos. A) Fotomicrografia da amostra 97FN43c. Fenocristais de anfibólio marrom e de clinopiroxênio castanho com borda fina violácea, em matriz fina com abundantes cristais de anfibólio, mica marrom e material vítreo. Observar também os microfenocristais euédricos de apatita (brancos). Polarizadores paralelos. B) fotomicrografia da amostra 97FN3b. Fenocristal de plagioclásio com as bordas corroídas e de anfibólio marrom em matriz orientada marcada pelos cristais de plagioclásio. Polarizadores paralelos. C) fotomicrografia da amostra 97FN4b. Detalhe da matriz, rica em anfibólio e biotita (cristais marrons), com clinopiroxênio (castanho a incolor), opacos anédricos e material vítreo intersticial. Polarizadores paralelos. Barra de escala: A e B= 360 μm ; C=180 μm

Figura 3.1.3.2.1a.: Comportamentos dos clinopiroxênios dos lamprófiros alcalinos do episódio Remédios. Elementos em a.u.f., $mg\# = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}_{\text{total}})$. Tipo I = círculos (vazios 97FN43c, cheios 97FN13a e meio preenchidos 97FN3d e 97FN11b), Tipo II= quadrados (vazios 97FN3a e cheios 97FN3b), Tipo III= xis (97FN7) e Tipo IV= losango (am. 97FN25).

As fases fenocristalinas normalmente exibem zoneamentos setoriais ou oscilatórios. Alguns núcleos verdes são nitidamente distintos do padrão geral dos fenocristais, exibindo baixos valores de $mg\#$ e Ti , e altos teores de Na , Mn e Fe_{total} . Variações de comportamento dos elementos químicos são observadas do núcleo para a borda dos fenocristal e também em grãos diferentes de uma mesma amostra. Alguns exemplos destes zoneamentos, incluindo dados de clinopiroxênio com núcleo verde e borda castanha são apresentados na **figura 3.1.3.2.1b**.

Figura 3.1.3.2.1b.: Padrões de zoneamento observados nos fenocristais de clinopiroxênio dos lamprófiros alcalinos do Episódio Remédios. Elementos em a.u.f., $mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+}_{total})$. Tipo I (97FN43c, 97FN13a e 97FN3d), Tipo II (97FN3a e 97FN3b), Tipo III (97FN7) e Tipo IV (97FN25). Setas indicam o comportamento do núcleo para a borda do grão.

b) anfibólio

Os anfibólios de cor marrom alaranjado ou marrom, aparecem como microfenocristais homogêneos ou fenocristais zonados, com padrões concêntricos normais, oscilatórios ou inversos. Classificam-se como kaersutitas, que se apresentam em sua maioria enriquecidas em K (0,25 a.u.f – 0,49 a.u.f.). A exemplo do que acontece com os anfibólios dos traquiandesitos basálticos, nota-se que o K varia significativamente dentro do mesmo tipo litológico, *vide* lamprófiros do tipo I: am. 97FN43c 0,333 a.u.f < K < 0,357 a.u.f; am. 97FN13a 0,267 a.u.f < K < 0,286 a.u.f; am. 97FN3d 0,225 a.u.f < K < 0,265 a.u.f. (**figuras 3.1.3.2.2. e 3.1.3.2.3.**).

Em termos gerais, o K tem tendência a se incorporar nos primeiros fenocristais de kaersutita formados. O Ti varia de uma amostra para a outra, mostrando ora uma tendência a prevalecer nas bordas e grãos da matriz, ora nos núcleos dos fenocristais. O $\text{Na}^{\text{A}} + \text{Al}^{\text{VI}}$ apresentam, no geral, um comportamento inverso ao do Ti. Os anfibólios dos lamprófiros dos tipos II e III são, em geral, os mais ricos em Mg, atingindo valores de até 3,1 a.u.f. na am. 97FN7 (**figuras 3.1.3.2.2. e 3.1.3.2.3.**).

c) óxidos de Fe e Ti

Os óxidos de Fe e Ti da série magnetita-ulvoespínélio, normalmente aparecem substituindo os grãos de anfibólio nos lamprófiros do tipo II e III e integrando a matriz de todos os tipos. A Ilmenita é encontrada como microfenocristal, euédrico, apenas na am. 97FN3b. De um modo geral o Ti alcança teores maiores nos cristais dos lamprófiros do tipo II (magnetitas titaníferas com 16 % a 20 % em peso de TiO_2), diminuindo nos lamprófiros do tipo I, principalmente nos cristais da am. 97FN13a que mostram um nítido enriquecimento em Mg, Al e Cr (com até 4 % em peso de Cr_2O_3).

d) mica

A flogopita é mineral integrante da matriz dos lamprófiros alcalinos do tipo I, e normalmente contém em sua composição química, quantidades significativas de BaO (3-3,5 % em peso).

Figura 3.1.3.2.2.: Diagramas de variação dos anfibólios dos lamprófiros alcalinos. Elementos *versus* K (em a.u.f.).

Simbologia: Tipo I - triângulo (cristais da matriz - 97FN3d e 97FN43c), círculo cheio (microfenocristais homogêneos e núcleos de fenocristais zonados - 97FN13a e 97FN43c), círculo vazio (bordas de fenocristais zonados - 97FN13a e 97FN43c)

Tipo II - quadrado (núcleos de fenocristais zonados - 97FN3a e 97FN3b), cruz (bordas de fenocristais zonados - 97FN3a e 97FN3b)

Tipo III - losango (cheio= núcleo e vazio= borda de fenocristal zonado - 97FN25)

Tipo IV - xis (97FN7).

Figura 3.1.3.2.3. Padrões de zoneamento em fenocristais de anfibólio dos lamprófiros alcalinos de Fernando de Noronha. Elementos em a.u.f., $mg\# = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}_{\text{total}})$. Símbolo cheio= núcleo, vazio= borda. Tipo I: 97FN13c e 97FN43c, Tipo II: 97FN3a e 97FN3b, Tipo III: 97FN7 e Tipo IV: 97FN25.

e) Feldspatos e material vítreo

As rochas dos lamprófiros do tipo I caracterizam-se por apresentar uma matriz fêlsica essencialmente vítrea, de composição mais ou menos homogênea (1 a 2 % CaO, 5 a 6 % Na₂O, ± 5 % K₂O, 1 a 2 % Fe₂O₃, tr BaO e

SrO – am. 97FN3d; 0,7 a 2 % CaO, 5 a 6,5% Na₂O, 4,5 a 5 % K₂O, 0,5 a 1 % Fe₂O₃, tr BaO e SrO – am. 97FN11b).

No tipo III, em meio ao material vítreo predominante, em parte devitrificado, foram identificados alguns raros cristais ripiformes de anortoclásio, ao passo que no tipo IV, de forma mais abundante, foram encontradas sanidinas (**figura 3.1.3.2.4.**).

Nos lamprófiros do Tipo II, os feldspatos passam a se tornar minerais bem abundantes, tratando-se de andesina e anortoclásio na am. 97FN3a, e labradorita, andesina, com alguns cristais ripiformes de sanidina, na am. 97FN3b (**figura 3.1.3.2.4.**).

O BaO é incorporado nas sanidinas da am. 97FN25 (tipo IV), chegando a quase 5 % em peso. O SrO também tem papel importante nas sanidinas desta rocha, além de estar presente em quantidades significativas no anortoclásio da amostra 97FN3a.

Figura 3.1.3.2.4. Classificação e comportamento dos feldspatos dos lamprófiros alcalinos de Fernando de Noronha. Ab, An e Or em mol %. BaO e SrO em % peso. 1= labradorita, 2= andesina, 3= anortoclásio e 4= sanidina. Simbologia: Tipo II - quadrado cheio 97FN3b, quadrado vazio 97FN3a, Tipo III - xis 97FN7, Tipo IV - losango 97FN25.

3.1.3.3. Considerações sobre o quimismo dos minerais

Maríngolo (1995) e Maríngolo e Ulbrich (1997) utilizaram o diagrama triangular Ti-Al^{VI}-Na para ilustrar o comportamento destes elementos nas salitas e ferrossalitas, e kaersutitas que compunham os diques máficos e ultramáficos (basanitos, tefritos, monchiquitos, camptonitos e etc) da Formação Remédios. Com base nestes dados e em outras observações mineralógicas, concluíram que os monchiquitos seriam um grupo diferente de rochas no conjunto dos diques da Formação Remédios, com cristais nitidamente mais enriquecidos em Al^{VI} e, em parte empobrecidos em Ti, gerados em condições de pressão mais elevada.

Os clinopiroxênios, bem como os anfibólios, dos lamprófiros alcalinos do Episódio Remédios, discutidos nesta tese, diferiram, relativamente, dos apresentados pelos autores anteriormente mencionados. Dentre estas diferenças deve-se ressaltar a escassez de cristais de salita com enriquecimento tão grande em alumínio e as heterogeneidades (feições de desequilíbrio) observadas nos fenocristais de piroxênios e anfibólios.

O enriquecimento constante em Al^{IV} e Ti do núcleo para a borda dos fenocristais de clinopiroxênio poderia resultar do efeito de cristalização fracionada em condições de pressão decrescente, durante a ascensão do magma (Bédard *et. al.*, 1988).

Por outro lado, os relictos de ferrossalitas encontrados nas amostras 97FN3a e 97FN13a (mg# = ±45), muito provavelmente são fragmentos de rochas encaixantes mais diferenciadas, que teriam sido carregados e incorporados no líquido magmático em condições diferentes das atuantes durante a cristalização, como já foi discutido no caso das rochas da série sódica do Episódio Remédios. Estes piroxênios são particularmente, muito semelhantes aos encontrados nos fonólitos porfíricos.

Considerando que a solubilidade de Ti em anfibólios é sensível a pressão, espera-se que quanto maior a pressão, menor a quantidade de Ti (Cawthorn, 1976) e maior a de Na^A e Al^{VI}. Os padrões de zoneamento exibidos pelos fenocristais de anfibólio (**figura 3.1.3.2.3**) poderiam estar indicando condições de pressão mais elevada nos núcleos dos cristais quando em

comparação com as bordas, excetuando um dos fenocristais da am. 97FN43c que exibe padrão inverso.

Outra característica que ressalta aos olhos quando se analisam os anfibólios dos lamprófiros é o comportamento de alguns cristais com respeito ao valor de $mg\#$, que cresce em direção a borda.

3.1.3.4. Geoquímica das rochas e considerações petrológicas

No tocante ao comportamento químico dos lamprófiros alcalinos da Formação Remédios (**figura 3.1.3.4.1.**) nota-se claramente distinções entre as litologias pesquisadas e os monchiquitos e camptonitos de Maríngolo (1995). O quimismo das rochas ora se assemelha aos basanitos e tefritos (am. 97FN7), ora a composições intermediárias entre os monchiquitos e camptonitos (ams. 97FN3a, 97FN4b, 97FN11b e 07FN43c), ora intermediárias entre os camptonitos e tefrifonólitos (97FN25) e, aparentemente, estariam representando tipos que complementarizam o conjunto estudado por Maríngolo (1995) e Maríngolo e Ulbrich (1997). Os resultados químicos dos lamprófiros são apresentados na tabela 10 do Anexo (ao final da tese).

Diques compostos como, por exemplo, o que compreende as amostras 97FN3d e 97FN4b (lamprófiros) e o traquiandesito basáltico 97FN4a, apresentam algumas características que os diferenciam do conjunto de rochas a que pertencem. Dentre estas características podem ser citados o aparecimento de anfibólios mais pobres em K, e no caso específico dos lamprófiros, comportamentos distintos em rochas com teores de SiO_2 idênticos, *vide* Na_2O , P_2O_5 , MnO , Rb , Zr e Nb (**figura 3.1.3.4.1.**).

A geração de magmas lamprofíricos, mais especificamente camptonitos, envolve processos de diferenciação magmática, a partir magmas de composição álcali-basáltica (Rock, 1977), ou basanítica (Maríngolo, 1995; Maríngolo e Ulbrich, 1997), enriquecidos em voláteis.

As relações de desequilíbrio entre os fenocristais e matriz, junto a freqüente abundância de xenocristais e xenólitos são um forte indício de mistura entre componentes distintos. Isto poderia explicar a dificuldade em se obter uma derivação direta dos lamprófiros alcalinos de Fernando de

Noronha, a partir de processos de cristalização fracionada em magmas basaníticos, tefríticos ou álcali-basálticos.

Figura 3.1.3.4.1. Diagramas de variação do tipo Harker (SiO_2 como índice de diferenciação) mostrando as variações na composição química dos lamprófiros alcalinos do Tipo I (97FN4b, 97FN11b e 97FN43c), II (97FN3a), III (97FN7) e IV (97FN25) da Formação Remédios de Fernando de Noronha. Valores expressos em % peso (óxidos) e ppm (elementos).

Para Bédard *et al.* (1988) a presença de xenocristais de clinopiroxênios de rochas mais evoluídas, nos diques de monchiquitos, camptonitos, basanitos e álcali-basaltos da região de Monteregian (que também possuem xenólitos crustais) indica uma origem híbrida para estes diques, e não a atuação de um simples processo de cristalização fracionada.

Partindo do princípio de que as amostras pesquisadas certamente não foram as mesmas, mas aparentemente complementares as estudadas por Maríngolo (1995), fica claro que na verdade o conjunto litológico dos lamprófiros é muito mais heterogêneo do que se havia pensado, com alguns particularidades inerentes a algumas amostras e não ao grupo a que pertencem. Cabe ainda comentar que um dos monchiquitos estudados por Maríngolo (1995), com piroxênios e anfibólios gerados em condições de mais alta pressão, foi considerado extremamente particular, dentro do grupo a que pertencia.

3.1.3.5. Sumário

- Os lamprófiros alcalinos da Formação Remédios são encontrados como diques simples, ou compostos com traquiandesitos basálticos ou outras rochas lamprofíricas;
- As distinções petrográficas e mineralógicas permitiram distingui-los em quatro tipos principais:
 - a. Tipo I: matriz predominantemente vítrea com abundante anfibólio euédrico;
 - b. Tipo II: matriz feldspática, com plagioclásio e feldspato alcalino, com predomínio, entre os fenocristais, de piroxênio sobre anfibólio;
 - c. Tipo III: matriz predominantemente vítrea, com predomínio de fenocristais de piroxênio sobre anfibólio;
- Tipo IV: matriz feldspática, com sanidina, com predomínio de piroxênio sobre anfibólio e abundância de anfibólio fenocristalino;
- Feições de desequilíbrio nos fenocristais de clinopiroxênio e anfibólio são muito comuns, mostrando em parte condições de pressão distintas atuantes durante a cristalização e, em parte a presença de

xenocristais com núcleos verdes de clinopiroxênios, com $mg\# \pm 50$, ricos em Na e Mn;

- Diques compostos como, por exemplo, o que compreende as amostras 97FN3d e 97FN4b (lamprófiros) e o traquiandesito basáltico 97FN4a, apresentam características que os diferenciam do conjunto de rochas a que pertencem (por exemplo, anfibólios mais pobres em K);
- O comportamento químico dos lamprófiros estudados aponta para litologias distintas das anteriormente pesquisadas por Maríngolo (1995) e Maríngolo e Ulbrich (1997).
- Em linhas gerais, para um mesmo tipo de lamprófiro alcalino (tipo II), com valores de SiO_2 idênticos, são observadas variações significativas em Na_2O , CaO , K_2O , P_2O_5 , MnO , Rb, Zr e Nb (**figura 3.1.3.4.1**).
- O conjunto litológico dos lamprófiros alcalinos da Formação Remédios é muito mais heterogêneo do que se havia pensado, com peculiaridades inerentes a algumas amostras e não ao grupo a que pertencem.
- As relações de desequilíbrio entre os fenocristais e matriz, junto a freqüente abundância de xenocristais e xenólitos (traquiandesitos basálticos, traquitos, etc...) demonstram processos de hibridação. Isto poderia explicar a dificuldade em se obter uma derivação direta dos lamprófiros alcalinos, a partir de processos de cristalização fracionada em magmas basaníticos, tefríticos ou álcali-basálticos.

3.2. EPISÓDIO QUIXABA

Após um período de erosão que destruiu completamente os aparelhos vulcânicos externos da Formação Remédios, expondo as rochas hipoabissais, mas não os equivalentes plutônicos, ocorrem novas manifestações vulcânicas, que geram as rochas da Formação Quixaba (Almeida, 1955).

São predominantemente derrames de melaneferinitos, denominados de ankaratritos por Almeida (1955), que em parte se apresentam intercalados a níveis de rochas piroclásticas de mesma composição, com espessuras variáveis desde alguns centímetros até vários metros (**foto 3.2.1**), cobrindo boa parte da Ilha de Fernando de Noronha e formando a Ilha Rata (**figura 3.2.1**). Na ilha principal, atravessando os derrames e as rochas piroclásticas aparecem corpos, em parte discordantes, de basanita, como por exemplo o da Baía do Sancho (um sill ou provavelmente uma chaminé vulcânica; Ulbrich e Ruberti, 1992), **foto 3.2.2**, e raros diques de melaneferinito (**foto 3.2.3**) e de nefelinito.

Algumas chaminés pequenas são identificadas pela presença de estruturas subcirculares, marcadas pela disposição periférica de escória e brechas fortemente alteradas, com distinta coloração ferrugem ou lilás, e núcleos ocupados por rochas melaneferiniticas de conduto. Como exemplo podem ser citadas as duas ou três pequenas chaminés identificadas por Almeida (1995) na região de Tamandaré, à N da enseada da Caieira, e o Morro do Francês, na ilha principal, uma elevação que corresponde a um pequeno vulcão.

Em princípio, a passagem mineralógica dos melaneferinitos para os basanitos parece gradacional, tratando-se de rochas quimicamente mais evoluídas (Ulbrich e Ruberti, 1992; Ulbrich *et al.*, 1994a). Estas características levantam também a questão sobre a posição estratigráfica dos derrames de basanita das ilhas São José, Cuscuz (**foto 3.2.4**) e de Fora considerados uma formação diferente por Almeida (1955), já que este autor não havia reconhecido basanitos na Formação Quixaba e portanto considerava que estas rochas, apesar de possivelmente contemporâneas,

seriam contrastantes com a regularidade dos melaneferinitos do evento Quixaba. Deve-se mencionar que estes basanitos possuem uma particularidade, são as únicas rochas do arquipélago que carregam junto a si xenólitos mantélicos (**foto 3.2.5**). Por outro lado, os dados petrográficos e mineralógicos dos basanitos, intercalados com os derrames melaneferinitos, sugerem uma nova interpretação, indicando que eles podem ser parte integrante dos eventos vulcânicos que geraram as rochas da Formação Quixaba.

a) Classificação e nomenclatura das rochas

Os derrames de melaneferinitos do evento Quixaba são relativamente heterogêneos a ponto de alguns autores considerarem a possibilidade de dividi-los em grupos distintos. Weaver (1990) com base em dados químicos propõe uma divisão em rochas nefeliniticas e basaníticas, o que é questionado por Ulbrich (1993) devido ao fato das características petrográficas das rochas descritas por Weaver (*op. cit.*) não condizerem com rochas basaníticas típicas (portadoras de plagioclásio). Assim tal autora considera mais adequado separar os melaneferinitos em: tipo A (equivalentes aos nefelinitos de Weaver, *op. cit.*), e tipo B (ricos em clinopiroxênios e com raros plagioclásios, equivalentes aos basanitos de Weaver, *op. cit.*).

Le Bas (1989), propõe a distinção de rochas nefeliniticas, melaneferiniticas e basaníticas utilizando-se de dados normativos. Rochas com mais de > 20 % de nefelina normativa e < 5 % de albita normativa classificam-se como nefelinitos, enquanto que o termo melaneferinito é utilizado no caso das amostras com nefelina normativa < 20 %. Os basanitos caracterizam-se por sua vez pela maior concentração de albita normativa (> 5 %) e menor abundância de nefelina e leucita (**figura 3.2.2**). Este autor sugere também uma separação de melaneferinitos em função das proporções modais de olivina e clinopiroxênio denominando-os de olivina melaneferinitos e piroxênio melaneferinitos.

Seguindo a classificação química (normativa) e mineralógica (modal) adotada neste trabalho, os melaneferinitos de Fernando de Noronha podem ser divididos em **olivina melaneferinitos (OLM)**, **piroxênio melaneferinitos**

(PIM) e **melilita melanefelinitos** e **olivina melanefelinitos portadores de melilita (MEM)** (Ulbrich e Lopes, 2000; Lopes e Ulbrich, 2001). Este conjunto de rochas conta ainda com “verdadeiros” **basanitos (BAS)** na Baía do Sancho (Ulbrich e Ruberti, 1992) e na Planície da Viração, na ilha de Fernando de Noronha, além dos observados nas ilhas São José, Cuscuz e de Fora.

Figura 3.2.1. Mapa simplificado do arquipélago de Fernando de Noronha mostrando as regiões de ocorrência das rochas dos dois episódios vulcânicos: Remédios (em cinza) e Quixaba (em azul). Em amarelo estão representados os depósitos sedimentares. Em negrito aparecem os locais onde foram realizados perfis esquemáticos nas rochas do evento Quixaba.

Foto 3.2.1. Sucessão de derrames de melanefelinitos da Ponta do Capim-açu, dispostos quase que horizontalmente (as linhas tracejadas correspondem a contatos entre derrames), com níveis piroclásticos intercalados (de menos de 1 metro de espessura e portanto não visíveis na foto).

Foto 3.2.2. Basanito da Baía do Sancho. Setas em branco indicam o local onde foi realizado perfil vertical.

Foto 3.2.3. Dique de melilita melanefelinito atravessando rochas piroclásticas nas proximidades da Planície da Viração.

Foto 3.2.4. Basanito da Ilha Cuscuz.

Foto 3.2.5. Xenólitos mantélicos de olivina (à direita) e clinopiroxênio em rocha basanítica da Ilha São José.

Figura 3.2.2. Dados normativos de albite, nefelina e leucita (em %) das rochas do evento Quixaba, lançados no diagrama de classificação de rochas melaneferiníticas e basaníticas proposto por Le Bas (1989). Linhas tracejadas representam os limites dos campos entre as rochas basaníticas e melaneferiníticas. Simbologia: círculo vazio= melaneferinitos com melilita, quadrado vazio= olivina melaneferinitos, quadrado cheio= piroxênio melaneferinitos, círculo cheio= basanitos.

3.2.1. Petrografia das rochas do episódio Quixaba

As descrições petrográficas sucintas das rochas estudadas aparecem no quadro 2 do Anexo, ao final do texto de tese.

a) Melilita melanefelinitos e olivina melanefelintos portadores de melilita (MEM)

As rochas portadoras de melilita são as mais escassas dentre as litologias da Formação Quixaba. Em meio ao arquipélago foram reconhecidos alguns poucos derrames (0,5 a 3 m de espessura; **foto 3.2.1.1 e 3.2.1.2**) e um único dique (já em avançado grau de alteração). Na Ponta da Sapata (am. UCFN47), nas proximidades do morro do VOR (ams. 99FN62 e 99FN63), na Ilha Rata (am. UCFN37) e na região da Planície da Viração (99FN21a, 99FN21b, 99FN25) tratam-se de descobertas inéditas, enquanto que no Capim-Açú (am. 99FN56a) e na Praia do Leão (am. 97FN31), aparentam ser os mesmos derrames citados por Almeida (1955). Cabe ressaltar que o aparecimento dos MEM está condicionado ao vulcanismo da porção ocidental da Ilha Principal. Do lado oriental foram reconhecidos apenas dois derrames da Ilha Rata (**figura 3.2.1**).

A separação em campo dos diferentes tipos de melanefelinitos torna-se difícil já que se tratam de rochas de granulação muito fina, com características em comum como a coloração negra a cinza bem escura, a estrutura maciça a amigdaloidal e os pequenos fenocristais de olivina (menores que 3 mm), ora verde ora castanha (quando mais alterada).

Ao microscópio exibem textura porfirítica marcada pelos feno e microfenocristais (4 a 0,5 mm) de olivina, parcialmente alterados para clorita ou carbonato. As melilitas aparecem como microfenocristais euedrais com 0,2 a 0,3 mm até grãos do tamanho dos minerais da matriz ($\pm 0,15$ mm), **figura 3.2.1.1**. A quantidade de melilita modal varia significativamente de um derrame para o outro (1,5 % a 10 %, *vide tabela 3.2.1*), sendo também variável o seu estado de alteração - quando incipiente mostrando estrutura do tipo *peg* e de cor amarelo canário quando totalmente alterada. A matriz contém abundantes cristais euedrais de nefelina, entre os quais se dispõem os prismas curtos de salita a salita titanífera e grãos anedrais de

titanomagnetita. Apatita e flogopita ocorrem em quantidades acessórias (Lopes e Ulbrich, 2001).

b) Olivina melanefelinitos (OLM)

Os derrames de olivina melanefelinitos são os tipos mais abundantes do episódio Quixaba, ocorrendo ao longo de toda ilha principal, tanto nos derrames orientais (Enseada da Caieira – 97FN1, Morro do Francês – 97FN58a, região do Morro do Meio – 97FN20 e 97FN21) quanto nos ocidentais (Praia do Leão – 99FN24, Ponta das Caracas – 97FN32b, BR sentido Baía do Sueste – 99FN13a e 99FN13b, Ponta do Capim-açu, Praia dos Americanos – 99FN1 e 99FN2, Cacimba do Padre – 99FN19, 99FN21 e 99FN47, Baía dos Porcos – 99FN18, 99FN44, 99FN45, 99FN46a e 99FN46b, Boldró – 99FN3 e Baía do Sancho – 97FN44a, 97FN44b, 99FN40a e 99FN40b), além de aparecerem também na Ilha Rata. Normalmente intercalados a estas rochas aparecem níveis piroclásticos ou derrames de piroxênio melanefelinitos ou de olivina melilita melanefelinitos.

Ao microscópio são facilmente separáveis dos outros melanefelinitos por possuírem fenocristais predominantemente de olivina, com escassos, ou até mesmo ausentes, fenocristais de clinopiroxênio, bem como de melilita.

Os fenocristais de olivina se apresentam fraturados, isolados ou agrupados, com inclusões de minerais opacos e mais raramente de flogopita. As bordas encontram-se reabsorvidas e normalmente alteradas para cloritas e carbonatos (menos comum) ou para iddingsita (em alguns casos atingindo os fenocristais como um todo), **figura 3.2.1.1**. No caso específico do Morro do Francês, ao redor das olivinas desenvolve-se uma faixa com pequenos cristais de nefelina, de prismas curtos de clinopiroxênio incolor (diopsídio) e grãos opacos, aparentando uma feição de desequilíbrio com a matriz.

As outras fases feno e microfenocristalinas presentes são: prismas castanho-pálidos de salita com bordas rosadas de salita titanífera (< 1,5 mm); flogopitas ou biotitas (am. 97FN58a) subédricas (< 0,5 mm) pleocróicas (x= castanho pálido, z= marrom avermelhado ou x= amarelo, z= amarelo rosado) ricas em BaO (com até 18 % em peso) e grãos opacos cúbicos agrupados ou isolados.

Foto 3.2.1.1. Contato entre rocha piroclástica (base) e derrame de MEM (topo) na região entre a planície da viração e a Ponta do Capim-açu (ponto 99FN21). Para facilitar a visualização foi desenhada uma linha tracejada na zona de contato.

Foto 3.2.1.2. Relações de contato entre os derrames de melanefelinitos e as rochas piroclásticas na Ponta do Capim-açu (próximo a caverna, ponto 99FN56). Para facilitar a visualização foram desenhadas setas em branco nos contatos entre os níveis.

A matriz é marcada ora por micrólitos de nefelina entre os quais aparecem grãos opacos, prismas de salita, olivina, flogopita ou biotita, perovskita e agulhas de apatita, ora pela ausência dos micrólitos e presença de uma base félsica poiquilítica (de nefelina ou analcima) que inclui todos estes minerais.

c) Piroxênio melaneferinitos (PIM)

Os PIM podem ser definidos como melaneferinitos um pouco mais evoluídos do que os OLM, com um enriquecimento em clinopiroxênio acompanhado, em parte, de um empobrecimento em olivina e aparecimento, em alguns casos, de cristais de feldspato alcalino (sanidina ou anortoclásio) como constituintes da matriz (**tabela 3.2.1**).

Apesar de sua ocorrência ser mais restrita do que a dos OLM, observam-se derrames na região oriental (Praia da Biboca – 97FN13c, proximidades do Morro do Meio – 97FN19, Baía do Santo Antônio – 97FN8 e Buraco da Raquel – 97FN45 e 97FN46) e ocidental (Morro do Alto da Bandeira – 97FN40, Morro do V.O.R. – 97FN38, Altos da Ponta do Barro Vermelho e da Praia do Leão – 97FN39, Praia da Cacimba do Padre – 99FN16 e Baía dos Porcos – 99FN41) da ilha principal, intercalados aos MEM ou OLM ora em níveis posicionados mais ao topo da seqüência dos derrames, ora em cotas inferiores próximas ao nível mar.

Texturalmente são rochas porfiríticas a fortemente porfiríticas, com feno e microfenocristais de clinopiroxênio (de composição semelhante a já descrita nas outras rochas melaneferiníticas) e de olivina em matriz muito fina, que freqüentemente exibe os mesmos cristais já descritos nos OLM.

d) Basanitos (BAS)

Os basanitos representam as rochas mais evoluídas do episódio Quixaba (Ulbrich e Ruberti, 1992; Ulbrich *et al.*, 1994a).

Ulbrich e Ruberti (1992) apresentam em seu trabalho descrições petrográficas e químicas de sete amostras representativas da parte intermediária até a superior (últimos vinte metros), de um corpo de basanito

até então desconhecido, exposto segundo um corte vertical de aproximadamente 50 metros de altura na Baía do Sancho.

Em campo este basanito distingue-se facilmente dos melaneferinitos associados pela sua tonalidade cinza claro, ou marrom-ocre, quando mais alterado. O contato com o ankaratrito é nitidamente discordante indicando possivelmente que este corpo seja um sill ou até mesmo uma chaminé como proposto por Ulbrich e Ruberti (1992).

Durante os trabalhos de campo foram realizados perfis verticais e horizontais na tentativa de se identificar a forma de ocorrência deste basanito. Na Baía do Sancho (ams. 89FN78a, 89FN78b, 99FN7a,b,c,d,e,f) ele encontra-se acima de um derrame de OLM, derrame este que se estende para a Baía dos Porcos e aparentemente para a Baía dos Golfinhos (observar locais na **figura 3.2.1**). Por outro lado, na Baía dos Porcos, não são observadas rochas basaníticas entre os níveis 0 e 40 metros, mas intercalações de derrames de OLM, rochas piroclásticas e derrames de PIM. Em cotas superiores a 60 metros, em direção ao Morro Dois Abraços (VOR) este basanito desaparece e em seu lugar são reconhecidos derrames de PIM e MEM. Infelizmente faltam dados de campo da parte inferior da Baía dos Golfinhos, local de total preservação ambiental por se tratar de abrigo dos golfinhos, que seriam sem dúvida muito importantes para tentar fechar a estrutura deste corpo.

Ao microscópio, os basanitos da Baía do Sancho ilustram uma textura fortemente porfíritica com feno e microfenocristais de olivina quase que totalmente substituídos por iddingsita, e de clinopiroxênio subédrico, com zoneamento concêntrico, em alguns casos com borda de salita titanífera e núcleo de salita, que aparece em parte corroído repleto de inclusões de grãos opacos.

Além destes fenocristais são observados grandes cristais de plagioclásios tabulares (< 1,5 mm), com apatitas inclusas. A matriz é marcada por uma base poiquilítica feldspática (**figura 3.2.1.1**), que rodeia os fenocristais de olivina e clinopiroxênio e inclui prismas longos e castanhos de salita, opacos, apatita e, em algumas amostras, flogopita.

Aparentemente existe uma variação textural ao longo deste corpo, com uma tendência ao desenvolvimento de cristais maiores, na zona intermediária até próximo ao alto do corpo (*vide* quadro 2 de descrições petrográficas, em anexo, amostras 99FN7a, 7b, 7c, 7d, 7e e 7f).

Os outros basanitos da ilha principal (97FN41 e 99FN22), da Ilha São José (89FN79, 99FN8a, b e c) e da Ilha Cuscuz (99FN9a, b e c) são texturalmente diferentes dos que ocorrem na Baía do Sancho. Possuem uma matriz muito fina com ripas de plagioclásio subparalelas entre as quais se desenvolvem salitas castanho-esverdeadas, grãos opacos e apatitas. Uma das amostras da Ilha São José (99FN10b) se diferencia de todo o grupo, por ser mais pobre em olivina e por apresentar uma matriz inequigranular onde, em alguns pontos, é possível notar o desenvolvimento de cristais maiores de plagioclásio, e aparentemente um aumento do teor de material vítreo, que está em estado bem fresco (**figura 3.2.1.1** e **tabela 3.2.1**). Essa rocha aparece de forma discordante ao corpo a que pertence e aparenta tratar-se de um dique.

Tabela 3.2.1. Análises modais representativas dos melaneferinitos e basanitos da Formação Quixaba.

Amostra	99FN21b	99FN63	UCFN37	97FN31	97FN44b	97FN32b	97FN20
	MEM	MEM	MEM	MEM	OLM	OLM	OLM
Nefelina	20.2	22.0	37.0	32.8	36.2	0.0	0.0
Vidro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.1	26.0
Feldspato	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cpx	24.7	30.3	32.1	34.6	18.3	40.5	40.2
Opaco	25.4	23.0	12.3	19.8	24.3	15.2	20.8
Olivina	16.7	16.0	10.3	10.1	17.8	9.3	11.0
Melilita	10.0	6.7	5.3	1.4	0.0	0.0	0.0
Apatita	1.6	1.0	2.3	tr	tr	tr	tr
Mica	1.4	1.0	0.7	0.6	1.0	1.5	1.8
Amígdalas	0.0	0.0	0.0	tr	2.0	tr	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Amostra	97FN39	97FN46	97FN13d	99FN4	99FN22	99FN9a	99FN10b
	PIM	PIM	PIM	BAS	BAS	BAS	BAS
Nefelina	0.0	13.2	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0
Vidro	17.0	12.2	24.1	tr	tr	tr	9.4
Feldspato*	1.5	0.0	0.0	21.2	20.0	22.5	34.0
Cpx	43.2	40.9	45.7	42.7	48.4	49.0	39.3
Opaco	22.2	18.9	12.7	12.7	19.4	13.5	9.6
Olivina	13.7	9.6	9.2	10.7	12.0	13.0	6.6
Melilita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Apatita	tr	1.6	4.6	3.2	tr	2.0	1.0
Mica	0.9	2.2	3.3	4.4	0.0	0.0	0.0
Amígdalas	tr	1.4	tr	tr	0.0	0.0	tr
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* inclui feldspato alcalino e plagioclásio

Figura 3.2.1.1. Aspectos gerais dos melaneferinitos portadores de melilita - mineral indicado pelas setas vermelhas (A e B), de olivina melaneferinito (C), de piroxênio melaneferinito (D) e dos basanitos (E e F) do episódio Quixaba. A- Microfenocristais de melilita tabulares com bordas alteradas, em matriz de salita, nefelina (branco) e magnetita titanífera - am. 99FN63. B- Detalhe das melilitas alteradas, com estrutura do tipo *peg*, - am. 97FN31; em branco nefelina da matriz. C- Fenocristais de olivina (brancos) com borda de iddingsita (marrom alaranjada) - am. 99FN2. Observar também cristais de flogopita marrom. D- Microfenocristal reabsorvido de salita (ao centro) e flogopitas marrom avermelhadas ou alaranjadas da am. 97FN13d. E- Basanito da Baía do Sancho - am. 99FN48: observar matriz poiquilítica de plagioclásio englobando cristais de olivina (marrom) e clinopiroxênio (azul), polarizadores cruzados. F- Basanito da Ilha São José - 99FN10b: observar cristais de plagioclásio orientados (brancos) com abundante material vítreo intersticial e microfenocristal de clinopiroxênio castanho esverdeado com núcleo reabsorvido e repleto de inclusões (textura alveolar). Barra de escala: A= 180 μm ; B= 90 μm ; C, D, E e F= 360 μm .

3.2.2. Minerais componentes das rochas

Os resultados das análises químicas dos minerais componentes dos melaneferinitos e basanitos aparecem listados em tabelas ao final do texto de tese, no Anexo.

a) Olivina

Os feno e microfenocristais de olivina dos melaneferinitos e basanitos da Formação Quixaba são em sua maioria homogêneos, sendo raros os cristais que apresentam zoneamento químico.

A razão Mg/Fe^{2+} no conjunto das rochas do evento Quixaba varia segundo o tipo litológico considerado. Os valores extremos correspondem as olivinas dos MEM e OLM (Fo_{88}) e as dos BAS da Ilha São José (Fo_{70}).

Para iguais teores de CaO as olivinas dos BAS, e de alguns PIM, exibem teores distintos de $mg\#$, SiO_2 e MnO . Nas ilhas São José e Cuscuz aparecem as olivinas mais pobres em SiO_2 e $mg\#$ e mais ricas em MnO (observar campos na **figura 3.2.2.1.**).

b) Melilita

Os minerais do Grupo da Melilita coexistem com um número limitado de minerais e aparentemente mostram-se estáveis principalmente com os ricos em K_2O – por exemplo leucita, kalsilita e biotita e Na_2O – por exemplo nefelina, hauína e noseana (Yoder, 1973).

A quantidade de melilita modal varia significativamente entre os vários derrames do evento Quixaba, desde 1,5 % a quase 10 % da rocha. Os que possuem pequenas quantidades do mineral (por exemplo as ams. 97FN31, 99FN25 e 99FN62, **figura 3.2.2.2**) exibem melilitas mais ricas em Al_2O_3 , Na_2O , SrO e BaO e mais pobres em CaO e MgO que as das rochas que contêm teores maiores de melilita (por exemplo am. 99FN21b, com 10 % de melilita modal, **figura 3.2.2.2**). Nas rochas que possuem porcentagem maior de melilita, a olivina é sempre mais abundante.

Cristais frescos com fraco zoneamento químico mostraram que os núcleos são um pouco mais ricos em SrO e as bordas mais ricas em CaO , Al_2O_3 e Na_2O . O MgO diminui e o FeO aumenta para as bordas.

Em cristais parcialmente alterados (mais comuns) nota-se a presença da estrutura do tipo *peg* que, segundo Sahama (1976), estaria relacionada a processos de metassomatismo complexo, com retirada de Ca e Mg e entrada de K, acompanhada de Si, Al e Fe.

As melilitas estudadas exibem valores variáveis dos membros akermanita (60-68 %), ferro-akermanita (10-13 %), melilita sódica (21-27 %) e gehlenita (± 1 %), valores estes comumente encontrados em melilitas de rochas vulcânicas (Velde e Yoder, 1977).

Figura 3.2.2.1. Comportamento químico das olivinas dos melaneferinites e basanitos do episódio Quixaba. Óxidos em mol %, $mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$. Campo vermelho = basanitos ilhas São José e Cuscuz, am. 99FN9a, 99FN10a e 99FN10b; campo preto = basanito ilha principal, am. 99FN22; campo verde = basanitos ilha principal – Baía do Sancho, am. 89FN78a e 99FN4.

Figura 3.2.2.2. Diagramas óxidos *versus* MgO (em % em peso), mostrando as variações químicas das melilitas do episódio Quixaba de sete amostras provenientes de diferentes derrames.

c) Piroxênio

Os clinopiroxênios, em sua maioria salitas, são a fase máfica predominante dos PIM e BAS e, em parte, dos OLM e MEM. Alguns fenocristais mostram zoneamento concêntrico e desenvolvimento de fina borda castanho-rosada de salita titanífera. Nos basanitos são observados, esporadicamente, fenocristais cujos núcleos têm textura alveolar, com várias inclusões de minerais opacos.

Os maiores valores de *mg#* (onde $mg\# = [Mg/(Mg+Fe^{2+})] \times 100$) são encontrados nos clinopiroxênios dos MEM (entre 98 e 90, excetuando uma amostra). Nos demais grupos mostram um intervalo um pouco mais empobrecido com maior concentração de dados entre os valores de *mg#* de 95 a 85 (**figura 3.2.2.3**).

O Na varia muito pouco nos MEM ($\pm 0,04$ a.u.f.), alcançando maiores teores nas demais rochas (desde 0,02 a 0,07 a.u.f.). O Cr só aparece em pequenas quantidades em alguns fenocristais dos PIM e BAS ($< 0,025$ a.u.f.). O Ca é mais abundante nas salitas dos MEM e OLM (**figura 3.2.2.3**). O Al^{IV} é variável e só nos clinopiroxênios dos MEM apresenta uma correlação positiva com o *mg#*.

Duas análises de piroxênio se destacam dos grupos dos basanitos, pela ausência ou escassez de Ti e Ca. Correspondem a dois xenocristais provenientes dos xenólitos mantélicos abundantes nas rochas da Ilha São José (**figura 3.2.2.3**).

d) Espinélios e ilmenita

Os grãos opacos variam de magnésio alumínio cromitas, encontrados como inclusões em olivinas nas ams. 97FN58a (OLM) e 97FN14 (PIM); ilmenitas - inclusas e nas bordas de olivinas de alguns PIM e membros da série ulvoespinélio-magnetita, que aparecem em todas as litologias.

As magnetitas titaníferas apresentam conteúdos variáveis de TiO_2 (15 - 20%), MnO (0,3 - 1,2 %) e ZnO (0 - 0,3 %). O MgO é mais abundante nos cristais dos OLM e MEM (até 6,5 %), enquanto que o FeO_{total} ocorre preferencialmente nos dos BAS.

Figura 3.2.2.3. Variações dos piroxênios dos ○ MEM □ OLM ■ PIM ● BAS do episódio Quixaba. Cátions (em a.u.f.) em função do valor de $mg\#$ ($100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+}_{total})$).

e) Biotita e flogopita

A classificação das micas das rochas da Formação Quixaba e suas variações de comportamento químico foram apresentadas por Ulbrich e Lopes (2000).

Visto que estes minerais possuem algumas particularidades interessantes, como por exemplo o alto teor em BaO ou F de alguns cristais e a ampla variação química destes minerais no conjunto dos melaneferinitos, considerou-se adequado dar uma maior ênfase a este tópico.

As micas, com tamanhos entre 0,1 a 1 mm, ocorrem em pequenas quantidades (< 5 % em volume) como mineral tardio, na matriz dos distintos melaneferinitos e nos basanitos da Baía do Sancho e proximidades. Os cristais apresentam-se tanto poiquilíticos, com contornos irregulares incluindo grãos opacos e agulhas de apatita, como em placas subedrais, bem desenvolvidas, que se projetam no interior de amígdalas preenchidas por zeólitas. Em algumas amostras são observadas placas pequenas e esparsas de mica bordejando fenocristais de olivina parcialmente alterados para iddingsita.

As flogopitas ricas em Ti são fortemente coloridas e pleocróicas (X=amarelo, Y=Z= marrom avermelhado a marrom escuro). As pobres em Ti e ricas em F possuem cores mais claras e pleocroísmo mais fraco (X=incolor a amarelo, Y=Z=amarelo a alaranjado). Biotitas fortemente enriquecidas em BaO (17 a 19 % em peso) e TiO₂ (13 a 14 % em peso) e pobre em F (< 0,4% em peso) só foram reconhecidas em uma amostra de OLM (am. 97FN58a), **figura 3.2.2.4**, mostrando-se semelhante às que foram descritas por Mansker *et al.* (1979) nos nefelinitos de Oahu, Havai.

O elemento que melhor caracteriza as diferenças entre as micas dos quatro grupos de rochas é o Ba. Nos diagramas da **figura 3.2.2.4** observa-se que os teores de BaO, são menores nas micas dos BAS (BaO < 2 % em peso), aumentando nos PIM (BaO = 2 a 9 % em peso) para alcançar maior variação e valores mais elevados nas dos OLM e MEM (BaO= 3 a 19 % em peso). Em geral, a iguais teores de BaO, as flogopitas dos OLM e MEM tendem a ser mais ricas em SiO₂, MgO, K₂O e F e mais pobres em Al₂O₃, TiO₂, FeO_{total} e Na₂O.

Em linhas gerais, com o aumento de BaO há diminuição sistemática de SiO_2 e K_2O e aumento de Al_2O_3 . Observações semelhantes foram feitas por Edgar (1992) nas micas de lavas alcalinas máficas de West Eifel, Alemanha.

Figura 3.2.2.4. Diagramas de variação de óxidos *versus* BaO (% em peso) das biotitas (círculos vazios) e flogopitas (demais símbolos) dos OLM (área 1), MEM (área 1), PIM (área 2) e BAS (área 3) do episódio Quixaba. Simbologia: OLM= O (amostra 97FN58a), X (várias amostras incluindo a 97FN20) e ∇ (amostra 97FN32b) MEM= $\square$; PIM= $\bullet$ e BAS= + (várias amostras).

Continuação da figura 3.2.2.4. Simbologia: OLM= O (amostra 97FN58a), X (várias amostras incluindo a 97FN20) e ∇ (amostra 97FN32b) MEM= $\square$; PIM= $\bullet$ e BAS= + (várias amostras).

As micas dos OLM e MEM possuem teores de F, em % peso, que variam entre 1,6 e 6,5 %, com exceção da biotita da am. 97FN58a que tem menos de 0,6 % de F. Já os PIM e BAS apresentam quantidades mais restritas de F (1 a 3,8%). Nos diagramas da **figura 3.2.2.5** observa-se que, para os mesmos valores de F, as micas dos PIM e BAS são relativamente mais ricas em SiO_2 e mais pobres em Al_2O_3 . O aumento de F nas micas é acompanhado do aumento no teor de MgO e diminuição de TiO_2 e FeO .

Figura 3.2.2.5. Diagramas de variação de óxidos *versus* F (% em peso) das biotitas (círculos vazio) e flogopitas (demais símbolos) dos OLM (área 1), MEM (área 1), PIM (área 2) e BAS (área 3) do episódio Quixaba. Simbologia: OLM= O (am. 97FN58a), X (várias amostras incluindo a 97FN20) e ∇ (am. 97FN32b) MEM= $\square$; PIM= $\bullet$ e BAS= + (várias amostras).

Problemas relacionados ao cálculo das fórmulas estruturais

As fórmulas estruturais calculadas com base em 22 (O, F) mostram deficiências nos sítios tetraédricos ($Si + Al < 8$). Essas deficiências variam de 0,05 a 0,7 átomos por unidade de fórmula (a.u.f.), sendo maiores nas flogopitas dos OLM, MEM, PIM e nas biotitas dos OLM (am. 97FN58a), do que nas micas dos BAS. As deficiências nos sítios octaédricos da maioria das micas são menores que $\pm 0,6$ a.u.f. e nos interfoliares menores que 0,2 a.u.f.. O total de cátions varia entre 14,7 e 15,2 a.u.f..

Seifert e Kämpf (1994) obtiveram proporções catiônicas razoáveis em flogopitas ricas em Ba e relativamente pobres em Ti mediante o cálculo baseado em 12 (O,F) considerando ausência de hidroxilas; por outro lado, nas micas ricas em Ba e Ti, esse método resultou em excesso considerável de cátions nos sítios octaédricos e interfoliares e deficiências nos sítios tetraédricos. Testes realizados com os dados das micas deste trabalho produziram resultados semelhantes aos de Seifert e Kämpf (op cit.) Em todo caso, cabe destacar que a presença de um componente do tipo “oxi-mica” (Dymek, 1983), ver esquema de substituição a seguir, irá produzir totais catiônicos baixos e, conseqüentemente, elevadas deficiências nos sítios tetraédricos, quando os cálculos são feitos com base em 22 (O,F).

O método de cálculo baseado em 22 oxigênios utilizado em micas ricas em Ba e Ti, comumente resulta em fórmulas com deficiências na quantidade de cátions que ocupam as várias posições estruturais e na quantidade total de cátions (Dymek, 1983, Zhang et al., 1993, Seifert e Kämpf, 1994, Henderson e Foland, 1996, Shaw e Penczak, 1996, entre outros). Cálculos baseados no número de cátions [total de cátions $-(K+Ba+Na+Ca)$], por sua vez, somente darão resultados válidos nas micas que não possuem vacâncias octaédricas, dado que se estas existirem, as proporções catiônicas serão sobreestimadas e a possível presença de $Fe^{3+(IV)}$ não será reconhecida (Dymek, 1983).

Qualquer método de cálculo para micas analisadas com microsonda eletrônica é problemático, particularmente quando a composição do mineral se afasta consideravelmente das fórmulas ideais da biotita e flogopita. Além da incerteza na possível existência de $Fe^{3+(IV)}$ e H_2O , no caso de micas ricas em F as hidroxilas são substituídas por F com o resultado de que a

quantidade de oxigênio é menor que 22 e, se o F não for analisado, os resultados do cálculo com base unicamente em 22 oxigênios fornecerão valores mais elevados em todas as posições estruturais e os sítios tetraédricos poderão aparecer totalmente preenchidos ($\text{Si} + \text{Al} = 8$).

Assim parece mais indicado utilizar-se da recomendação proposta em Rieder *et al.* (1999) que sugere que quando o conteúdo de ânions das micas é desconhecido, seja feito um recálculo dos cátions com base em 22 cargas positivas (considerando 11 Oxigênios) ou 44 (22 O), para assim minimizar os efeitos de deficiência ou excesso de cátions nos sítios estruturais.

Esquemas de substituição das flogopitas e biotitas

A correlação entre Ba e (K+Na+Ca) é praticamente 1:1 indicando que o Ba entra totalmente nas posições interfoliares. O excesso de carga poder ser compensado pelo par de substituições sugerido por Wendlandt (1977) e representado na **figura 3.2.2.6**: $\text{K}^{(\text{XII})} + \text{Si}^{(\text{IV})} \leftrightarrow \text{B}^{(\text{XII})} + \text{Al}^{(\text{IV})}$.

Estas substituições foram também propostas na literatura para micas ricas em Ba de rochas máficas e ultramáficas alcalinas (Edgar, 1992; Mansker, *et al.*, 1979; Greenwood, 1998), nas quais o Al^{VI} é ausente ou muito escasso.

Alguns dos esquemas propostos para acomodar o $\text{Ti}^{4+(\text{VI})}$ na estrutura das micas, envolvendo substituições Ti^{VI} e Al^{IV} ou $(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})^{\text{VI}}$ são:

Outros mecanismos consideram a substituição Ti-oxigenio (oxi-mica), $[(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})^{\text{VI}} + 2 \text{OH}^- = \text{Ti}^{\text{VI}} + 2 \text{O}^{2-} + \text{H}_2]$ (Dymek, 1983).

Estas substituições podem ocorrer, porém o desconhecimento dos teores de Fe^{3+} e H_2O não permitem alcançar conclusões definitivas.

Dos vários esquemas de substituição citados na literatura (Dymek, 1983), provavelmente a substituição envolvendo os cátions octaédricos e vacâncias na estrutura formulada por Forbes e Flower (1974) $2 \text{R}^{2+(\text{VI})} \leftrightarrow \text{Ti}^{\text{VI}} + \square^{\text{VI}}$ seja a dominante nas rochas da Formação Quixaba. No diagrama Ti *versus* $\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$ (**figura 3.2.2.6**) o trend aparece próximo à linha B evidenciando a presença de vacâncias no sítio octaédrico.

Figura 3.2.2.6. Esquemas de substituição das micas do episódio Quixaba, para maiores informações ver texto.

f) Nefelina e feldspatos

As nefelinas dos melanefelinitos e de um único basanita mostram um trend evolutivo marcado por variações nos teores de K_2O , SiO_2 , Fe_2O_3 e Na_2O (**figura 3.2.2.7**). Dos MEM, passando para os OLM, PIM e BAS, com a queda do conteúdo de K_2O , MgO e Fe_2O_3 , ocorre aumento em Si_2O_3 e Na_2O . O SrO aparece em maiores quantidades apenas nos OLM (0,1 – 0,3 %).

Figura 3.2.2.7. Variações químicas das nefelinas das rochas do episódio Quixaba. Valores expressos em % peso. ○ MEM □ OLM ■ PIM ● BAS

Os feldspatos são minerais integrantes dos BAS e de alguns dos PIM. Nos PIM classificam-se como oligoclásio, anortoclásio e sanidina, nos BAS da ilha principal como labradorita, andesina, oligoclásio, anortoclásio e sanidina e nos BAS das ilhas São José e Cuscuz como labradorita, andesina e oligoclásio (**figura 3.2.2.8**). No geral possuem pequenas quantidades de SrO

($\pm 0,5\%$), chegando a atingir até 2% em alguns cristais dos BAS da Baía do Sancho. Nos PIM não ultrapassam $1,5\%$. O BaO normalmente também está presente em pequenas quantidades nos BAS ($< 1\%$), porém em alguns cristais dos PIM chega a perfazer até 5% da composição do mineral.

Figura 3.2.2.8. Classificação e nomenclatura dos feldspatos dos PIM e BAS do Episódio Quixaba de Fernando de Noronha. Valores expressos em mol %. Or – ortoclásio, Ab – albita, An – anortita, S – sanidina, A – anortoclásio, Ol – oligoclásio, And – andesina, Lab – labradorita.

3.2.3. Considerações sobre a composição química dos minerais

As olivinas dos vários derrames de melanefelinitos e basanitos da Ilha de Fernando de Noronha têm valores semelhantes de mg# (entre 77 e 87 %) e teores variáveis de CaO e MnO. As olivinas dos basanitos que formam o corpo discordante da Baía do Sancho, diferenciam-se por apresentar quantidades menores de CaO. Por outro lado, os basanitos das ilhas São José e Cuscuz possuem olivinas com teores menores de mg# entre 69 e 72 % e são mais ricas em MnO do que as dos outros basanitos (ver **figura 3.2.2.1**). Considerando que a composição da olivina independe da temperatura de cristalização e está diretamente relacionada com a razão Mg/Fe^{2+} do líquido magmático (Roeder e Emslie, 1970) conclui-se que as composições dos magmas que deram origem aos basanitos dos derrames e os das ilhas São José e Cuscuz não foram às mesmas.

As diferenças na quantidade e na composição química das melilitas guardam estreita relação com o teor de olivina e com a composição química total dos vários MEM. Nas rochas mais ricas em olivina (por exemplo am. 99FN62), as melilitas são mais pobres em MgO e mais ricas em Al_2O_3 . Observações semelhantes, em melanefelinitos portadores de melilita, foram feitas por Melluso *et al.* (1996).

O Na e as pequenas quantidades de Ba e Sr são incorporados no mineral substituindo o Ca, enquanto o Mg é substituído por Fe ($Fe^{2+} + Fe^{3+}$). O Al entra nos sítios catiônicos do arcabouço tetraédrico da melilita.

As condições necessárias para a geração de magmas melilitíticos foram discutidas em trabalhos experimentais como os de Yoder (1975), Brey e Green (1975 e 1977), Eggler (1975) e Wyllie (1978). Mysen *et al.* (1976) demonstraram que a cristalização de melilita em líquidos silicáticos está relacionada com a quantidade de água e de CO_2 dissolvidos no líquido. Aumentando a fugacidade de CO_2 no líquido ocorre geração de melilita (ver equação 1 a seguir), ao passo que diminuindo a presença de CO_2 ocorre incremento na razão de $H_2O / (CO_2 + H_2O)$ e, conseqüentemente, a produção de olivina (revertendo a equação para o lado esquerdo). Elevadas $f(CO_2)$ nos magmas melilitíticos podem ser explicadas por alto conteúdo de carbonato e

CO₂ na fonte e, subsequente dissolução de CO₂ no líquido silicático (Dunworth e Wilson, 1998).

Os clinopiroxênios, em sua maioria salitas com algumas bordas de salita titanífera, apresentam uma composição relativamente homogênea no conjunto dos melanefelinitos e basanitos. Algumas variações químicas são observadas nos valores de *mg#* (mais elevados no MEM; entre 98 e 90) e no conteúdo de Ca (mais abundantes nos MEM e OLM).

O caráter intersticial da mica, mineral acessório da matriz das rochas estudadas, revela tratar-se de um mineral tardio, formado após a cristalização das fases félsicas. Em consequência, a composição das flogopitas e biotitas, ricas em Ti, Ba e F, fornece informações a respeito dos líquidos finais da cristalização das lavas.

O ingresso de Ba e Ti na estrutura das micas é controlado pela concentração destes elementos nos líquidos silicáticos (Guo e Green, 1990). As variações no teor de Ba dos cristais de mica pertencentes a uma mesma amostra (por exemplo OLM, 97FN20 e PIM 97FN8) devem responder as variações de composição do líquido intersticial. Em geral os teores de Ba são menores nos basanitos do que nos vários melanefelinitos devido ao fato de que nestas rochas, além do empobrecimento em Ba, existe a preferência do elemento em entrar nos feldspatos (ver o caso da amostra 97FN4).

As micas dos BAS e dos PIM apresentam teores de Na₂O mais elevados do que os dos outros melanefelinitos, em geral condizentes com os teores de Na₂O e, principalmente, com as razões Na₂O/K₂O das rochas. Todos os melanefelinitos possuem quantidades semelhantes de álcalis, mas razões Na₂O/K₂O distintas: ± 2 nos MEM, 1,8 a 3 nos OLM e 3,5 a 5 nos PIM.

A substituição de OH por F pode ser influenciada por vários fatores (atividade da H₂O, T, P). Nos experimentos de Edgar e Arima (1985) os teores de F nas flogopitas aumentam com o decréscimo da temperatura e da quantidade de água.

Foley (1990) considera que o conteúdo de F das micas é fortemente controlado pela atividade da H₂O. Em estudos experimentais observou que os

teores de Ba, e Al das micas aumentam e os de Si, K e F diminuem com o aumento da atividade da água e da f_{O_2} . A aplicação desses estudos às micas apresentadas neste trabalho sugere que, mais que mudanças na temperatura de cristalização, foram os teores de H_2O que controlaram o ingresso de F e outros elementos nas flogopitas, sempre considerando as diferenças de composição dos líquidos residuais. Neste sentido deve-se ressaltar que as micas mais ricas em F normalmente estão relacionadas com as rochas que contêm melilita.

As biotitas e flogopitas das rochas do Episódio Quixaba, quando comparadas com as micas de outras ocorrências alcalinas (**figura 3.2.3.1**) destacam-se por ocupar um amplo campo composicional. Tal fato poderia estar relacionado à diversidade de composição química das micas dos melanafelinitos e basanitos de Fernando de Noronha, ou por outro lado, ao fato de que em outras regiões foram realizados estudos com amostragem reduzida. Deve-se ressaltar, em particular, a biotita da Am. 97FN58a que possui composição quase idêntica à das micas estudadas por Mansker (1979), as quais são citadas comumente na literatura como exemplo dos maiores teores de TiO_2 e BaO em micas de rochas magmáticas.

Os estudos realizados mostram que as extensas variações composicionais das micas das rochas da Formação Quixaba podem ser explicadas por diferentes razões entre os tipos de substituições. O esquema geral considerado é semelhante ao proposto por Mansker (1979) para as micas dos nefelinitos de Havai:

As diferenças observadas nas composições químicas das nefelinas, mais ricas em K_2O nos MEM e OLM do que nos PIM (**figura 3.2.2.7**), também parecem estar relacionadas com a química das rochas. A pobreza em SiO_2 e os maiores teores de K_2O das nefelinas dos MEM (**figura 3.2.2.7**) quando comparadas com as dos melanafelinitos comuns, parecem ser uma feição característica das rochas portadoras de melilita (Velde e Yoder, 1978).

Figura 3.2.3.1. Variações de Al_2O_3 e TiO_2 das micas os OLM, MEM, PIM e BAS em comparação com as de outras rochas alcalinas. Simbologia: OLM= O (amostra 97FN58a), X (várias amostras incluindo a 97FN20) e ∇ (amostra 97FN32b) MEM= $\square$; PIM= $\bullet$ e BAS= + (várias amostras).

1-Nefelinitos do Havá (Mansker *et al.*, 1979)

2-Kimberlitos (Mitchell, 1986)

3-Lamprófiros alcalinos de Cabo Verde (Furnes e Stillman, 1987)

4-Nefelinitos da Alemanha (Edgar, 1992)

5-Lamprófiros alcalinos de Trindade (Greenwood, 1998)

6-Nefelinitos e melanefelinitos de Trindade (Ruberti *et al.*, 1999)

Estrelas- Olivina-melilita-nefelinitos de Boêmia (Seifert e Kämpf, 1994)

3.2.4. Geoquímica das rochas

Os melaneferinitos do episódio Quixaba possuem entre 37 e 43 % em peso de SiO_2 (MEM 37 e 39 %; OLM 38 e 40 %; PIM 40 e 43 %) e os BAS entre 45 e 46%. Os OLM e MEM possuem composição química relativamente semelhante, com algumas particularidades inerentes a uma ou outra amostra (**figura 3.2.4.1**).

Dos melaneferinitos para os basanitos, com o aumento de SiO_2 e Al_2O_3 observa-se uma tendência geral de empobrecimento em MgO , TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, CaO e MnO (**figura 3.2.4.1**). O total de álcalis varia entre 3 e 6 % nos vários tipos litológicos; a razão $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ alcança valores mais elevados (entre 3,5 e 5 %) nos PIM. Os MEM e um dos OLM (am. 97FN58a) são mais ricos em K_2O ($\pm 2\%$ em peso; tabela 10 em anexo).

O padrão de abundância de elementos menores e traços (**figura 3.2.4.2**) mostra perfil semelhante para as amostras de melaneferinitos e basanitos. As anomalias de Rb e K, apenas insinuadas nos MEM, são fortemente marcadas nos demais litotipos. Por outro lado, o teor de alguns elementos traços como o P, Ba, Ta, Nb e Th varia em diferentes amostras dentro de um mesmo tipo litológico (**figura 3.2.4.3**).

Os padrões de terras raras mostram tendência linear (**figura 3.2.4.3**). As terras raras pesadas estão fortemente fracionadas com respeito às leves. As razões La/Yb dos vários litotipos que compõem a sequência de derrames variam entre: 46 a 52 nos MEM, de 35 a 46 nos OLM, de 34 a 44 nos PIM e de 45 a 54 nos BAS. Já os basanitos da Baía do Sancho, Ilhas de São José e Cuscuz possuem razões La/Yb de 28 a 32.

A **figura 3.2.4.4** mostra em detalhe o alto conteúdo em Th, La e Ce de uma das amostras de MEM - 97FN31 e os menores teores de Th, Ba, Nb e Pb dos basanitos da Baía do Sancho, Ilhas de São José e Cuscuz, quando comparados com os basanitos da sequência de derrames.

O comportamento químico observado nos diagramas das várias figuras, não é condizente com processos de fracionamento magmático dos melaneferinitos para os basanitos. Os diferentes tipos litológicos do episódio Quixaba devem ter cristalizado de magmas parentais distintos, gerados a

partir de diferentes fontes mantélicas ou por diferentes graus de fusão parcial da mesma fonte.

O padrão fortemente fracionado dos elementos terras raras e o comportamento dos elementos traços indicam a existência de granada na fonte; as anomalias negativas de Rb e K apontam para a retenção de flogopita (ou anfibólio) no manto metassomatizado durante o processo de fusão.

A alternância de derrames de OLM com rochas portadoras de melilita, às vezes com composição química semelhante, parece estar relacionada a diferenças de $f(\text{CO}_2)$ dos líquidos ricos em voláteis durante a cristalização das rochas.

Figura 3.2.4.1. Comportamento químico dos melaneferinites e basanitos do evento Quixaba (valores expressos em porcentagem em peso) em diagramas do tipo Harker. ○ MEM □ OLM ■ PIM ● BAS

Figura 3.2.4.2. Padrões de abundância dos elementos traços das rochas do episódio Quixaba, normalizados segundo o manto primitivo de Sun e McDonough (1989). A= MEM, B=OLM, C= PIM e D= BAS. No diagrama A foram lançados também, para fins de comparação os dados do E-MORB (x) e OIB (+) de Sun e McDonough (1989).

Figura 3.2.4.3. Padrões de abundância dos elementos terras raras das rochas do episódio Quixaba, normalizados segundo o condrito C1 de Sun e McDonough (1989). A= MEM, B=OLM, C= PIM e D= BAS. No diagrama A foram lançados também, para fins de comparação os dados do E-MORB (x) e OIB (+) de Sun e McDonough (1989).

Figura 3.2.4.4. Diagramas de variação de elementos terras raras leves e elementos traços em função de Th. Valores expressos em ppm. MEM= círculo cheio azul, OLM= círculo cheio verde, PIM= quadrado cheio verde, BAS= quadrado cheio preto.

3.2.5. Sumário

- Após um período erosivo que destruiu os aparelhos vulcânicos externos do episódio Remédios ocorreram novas manifestações vulcânicas que geraram as rochas do episódio Quixaba. Este episódio é representado predominantemente por extensos derrames de melanafelinitos que em parte apresentam-se intercalados em níveis de rochas piroclásticas e raros basanitos, com espessuras variáveis desde alguns centímetros até vários metros. Na ilha principal, atravessando os derrames e as rochas piroclásticas aparecem corpos discordantes de basanito e raros diques de melanafelinito e nefelinito.
- Os melanafelinitos são rochas negras que dificilmente podem ser separadas em campo. Estudos detalhados revelam variações tanto na mineralogia quanto na composição química da rocha.
- Com base em critérios normativos e modais foi possível separar três tipos de rochas melanafeliníticas: melilita melanafelinitos e melanafelinitos portadores de melilita (MEM), olivina melanafelinitos (OLM) e piroxênio melanafelinitos (PIM).
- Os derrames de OLM são os mais comuns aparecendo na Ilha principal e na Ilha Rata. De forma mais restrita são encontradas os MEM (vulcanismo ocidental e Ilha Rata) e os PIM (principalmente na porção ocidental com alguns níveis na porção oriental).
- Os BAS ocorrem preferencialmente como corpos discordantes, possivelmente chaminés vulcânicas na Baía do Sancho - Ilha principal e nas ilhas São José e Cuscuz. Raros derrames de BAS intercalados a rochas piroclásticas foram identificados na planície da viração e próximo ao morro Morro Dois Abraços (**figura 3.2.1**).
- Os estudos petrográficos e químicos dos minerais mostraram que:
 - a. A olivina ocorre em todos os litotipos, porém cristais frescos só foram reconhecidos em alguns dos melanafelinitos e apenas nos basanitos das ilhas São José e Cuscuz. As composições das olivinas (Fo₈₇ a Fo₆₉) marcam claramente as diferenças entre os líquidos que deram origem aos diferentes tipos de basanitos.

- b. O clinopiroxênio, salita com borda de salita titanífera, tem composição relativamente homogênea no conjunto dos melanefelinitos e basanitos. Algumas variações químicas são observadas nos valores de *mg#* (mais elevados no MEM; entre 98 e 90) e no conteúdo de Ca (mais abundantes nos MEM e OLM).
- c. Os cristais de melilita normalmente aparecem alterados desenvolvendo estrutura do tipo *peg*. Os cristais mais frescos mostram uma tendência geral caracterizada por aumento de Na_2O , Al_2O_3 , SrO acompanhando o decréscimo em CaO e MgO . As diferenças na quantidade de melilita e na composição do mineral, principalmente no que se refere aos teores de Na_2O , Al_2O_3 , CaO e MgO sugerem estreita correlação entre as variações na química das rochas hospedeiras e as da melilita fenocristalina, tal como foi observado em rochas de outras localidades.
- d. As biotitas e flogopitas das rochas do Episódio Quixaba são ricas em Ba e Ti (Ulbrich e Lopes, 2000) e em alguns casos em F (principalmente nos MEM), destacando-se das de outras ocorrências alcalinas por ocupar um amplo campo composicional (**figura 3.2.4.1**). Deve-se ressaltar, em particular, a biotita da am. 97FN58a que possui composição quase idêntica à das micas estudadas por Mansker *et al.* (1979), as quais são citadas comumente na literatura como exemplo dos maiores teores de TiO_2 e BaO em micas de rochas magmáticas. Considerando que o Ba é um elemento fortemente compatível nas micas, pode-se esperar teores variáveis do elemento, nas mesmas amostras e, às vezes, no mesmo cristal como resultado de variações de composição localizadas, no líquido intersticial, durante a cristalização das micas.
- e. Os cristais de nefelina são mais ricos em K_2O nos MEM e OLM do que nos PIM (**figura 3.2.2.7**), o que parece estar relacionado com a química das rochas. Os MEM e OLM (com leucita normativa) e os PIM (com feldspato normativo) possuem

quantidades semelhantes de álcalis, mas razões $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ distintas (± 2 nos MEM, 1,8 – 3 nos OLM e 3,5 – 5 nos PIM). A pobreza em SiO_2 e os maiores teores de K_2O das nefelinas dos MEM (**figura 3.2.2.7**) quando comparadas com as dos melanafelinitos comuns, parecem ser uma feição característica das rochas portadoras de melilita (Velde e Yoder, 1978).

- f. Os feldspatos alcalinos e plagioclásio são minerais integrantes dos BAS da ilha principal e de alguns dos PIM. Nos BAS das ilhas São José e Cuscuz são essencialmente plagioclásios (**figura 3.2.2.8**). No geral possuem pouco SrO ($\pm 1\%$) e BaO ($< 1\%$). Alguns cristais dos BAS da Baía do Sancho chegam a apresentar até 2% de BaO ; alguns PIM contêm feldspatos ricos em SrO (com até 5%).
- De um modo geral dos melanafelinitos para os basanitos observa-se uma tendência ao decréscimo de MgO , TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, CaO e MnO com o aumento de Al_2O_3 e SiO_2 . O total de álcalis é variável (3 a 6%), porém os teores de K_2O são maiores nos MEM (**figuras 3.2.3.1 e 3.2.3.2**).
 - A abundância de elementos incompatíveis como o Ba, Ta, Nb e Th é variável dentro do conjunto de rochas melanafeliníticas e basaníticas. Diferenças também são observadas dentro de um mesmo tipo litológico. Uma amostra em particular, 97FN31 – MEM, destaca-se das demais pelo seu alto conteúdo em Th, La e Ce (**figura 3.2.4.4**).
 - Os padrões de terras raras do conjunto de rochas estudadas apresentam padrões lineares (**figura 3.2.4.3**). Os elementos terras raras pesadas estão fortemente fracionados com relação aos leves.
 - Os BAS podem ser divididos em dois grupos: um pobre em Th, La, Ba, Nb, Ce e Pb, caracterizado pelas rochas da Baía do Sancho (ilha principal) e das ilhas São José e Cuscuz e, o outro, mais rico nestes elementos, representando por duas amostras de derrames da ilha de Fernando de Noronha, que aparecem intercaladas nas lavas melanafeliníticas.

- As variações químicas observadas dentro do conjunto de rochas do episódio Quixaba não são condizentes com processos de fracionamento magmático. Estima-se que os diferentes tipos litológicos tenham se cristalizado de magmas parentais distintos, gerados a partir de diferentes fontes mantélicas ou diferentes graus de fusão parcial da mesma fonte.
- Os padrões de elementos traços e terras raras indicam a existência de granada residual na fonte. Anomalias negativas de Rb e K apontam para a retenção de minerais hidratados no manto metassomatizado, durante o processo de fusão.

4. ISÓTOPOS E CONSIDERAÇÕES PETROGENÉTICAS

No capítulo anterior foram apresentadas as principais características petrográficas, a composição dos minerais constituintes das rochas e os dados químicos dos variados litotipos reconhecidos nos dois episódios vulcânicos do arquipélago de Fernando de Noronha.

Os resultados indicaram que o principal processo que atuou na geração da grande variedade de rochas subvulcânicas das séries sódica e potássica do episódio Remédios foi o de cristalização fracionada, a partir de magmas de composição basanítica, no primeiro caso, e álcali basáltica, no segundo. Muitas dessas rochas mostram evidências de hibridação, ora marcada pela presença de xenocristais isolados, ora caracterizando verdadeiros processos de mistura de magmas.

Por outro lado, os magmas parentais das rochas que compõem a sucessão de melanafelinitos e basanitos da ilha principal, além dos basanitos aflorantes em algumas ilhas menores, todos pertencentes ao Episódio Quixaba, teriam resultado de graus diferentes de fusão parcial da mesma fonte ou de fontes distintas.

Os estudos isotópicos em rochas vulcânicas oceânicas são de grande interesse para a compreensão e caracterização das fontes mantélicas já que se considera que os isótopos radiogênicos sobrevivem ao fracionamento químico ou à fusão parcial, processos estes atuantes na formação e evolução dos magmas basálticos das ilhas oceânicas (OIB).

Com o intuito de tentar esclarecer questões sobre as fontes mantélicas, dentre estas: se os magmas parentais do Episódio Remédios são provenientes de fontes com características isotópicas diferentes ou não, se os magmas parentais do Episódio Quixaba são provenientes de uma mesma fonte e se as fontes que deram origem aos magmas parentais dos dois episódios vulcânicos guardam entre si alguma relação ou são totalmente distintas, foram selecionadas quinze amostras dos dois episódios vulcânicos de Fernando de Noronha para os estudos isotópicos: seis do episódio Remédios, das quais três da série sódica e três da potássica, e nove do episódio Quixaba dois MEM (melilita melanafelinito e melanafelinito portador

de melilita), dois OLM (olivina melanefelinito), um PIM (piroxênio melanefelinito) e quatro BAS (basanita).

4.1. ISÓTOPOS RADIOGÊNICOS: Sr, Nd E Pb

As razões isotópicas $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ mais elevadas são encontradas nas rochas da série potássica (traquiandesito= 0,3 e traquiandesito basáltico= 0,5), no essexito (0,34) e fonólito peralcalino da série sódica (96,7), ambos do episódio Remédios. Nas demais amostras, concentram-se no intervalo entre 0,17 e 0,05. Comportamento contrário é observado na razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, que é maior nos termos mais primitivos dos dois episódios vulcânicos (**Figura 4.1.1 e tabela 4.1.1a**). Comparando os dados das rochas menos diferenciadas de Fernando de Noronha com a composição da Terra Global (*Bulk Earth*), nota-se que tais rochas exibem razões mais altas de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ e mais baixas de $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, sugerindo uma fonte mantélica modificada.

As razões isotópicas iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial, de um modo geral, são menores do que 0,705 (**Figura 4.1.2**). As exceções mais marcantes são o fonólito peralcalino do episódio Remédios (0,706383) e um dos basanitos da Ilha São José do episódio Quixaba (0,705679).

O fonólito peralcalino (am. 97FN6a) apresenta baixos valores de Sr, em contrapartida ao forte enriquecimento em Rb, mostrando uma razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ muito elevada, necessitando de maior correção na razão inicial de Sr isotópico (*vide tabela 4.1.1a*). Além disso o fato de ser tão pobre em Sr o deixa mais suscetível a qualquer processo de alteração, por exemplo por água do mar, que poderia produzir mudanças significativas nas razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Razões elevadas de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ já haviam sido reconhecidas em outros fonólitos de Fernando de Noronha (Gerlach, *et al.*, 1987; Lopes, 1997) porém relativamente menores do que as deste fonólito peralcalino.

O basanita da Ilha São José apresenta baixa razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, é pouco evoluído e não é empobrecido em Sr. Quando comparado com os outros basanitos Quixaba, destaca-se por ser o único que apresenta maiores razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Isto sugere efeitos de contaminação. Deve-se ressaltar o fato de que esta amostra (97FN10b) corresponde a um dique que aparece

atravessando o corpo basanítico da Ilha São José, em uma área em que a linha de costa tem forma circular, o que sugere a presença de uma pequena chaminé.

Figura 4.1.1. Diagrama $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ versus $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ ilustrando a composição química das rochas de Fernando de Noronha (excetuando o fonólitos peralcalino que tem elevada razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$) em comparação com a da Terra Global (*Bulk Earth*).

Dentre as explicações discutidas na literatura, em outras províncias alcalinas, para justificar o elevado valor de Sr radiogênico, considera-se a contaminação por sedimentos marinhos, que neste caso também modificariam o Nd radiogênico ou a participação da água do mar que poderiam modificar significativamente as assinaturas isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Das possibilidades apresentadas, a da participação de fluidos geotermiais derivados da água do mar, como discutida por Kar *et al.* (1998), parece ser a

mais adequada. Pode-se supor que o dique representado pela am. 97FN10b foi formado em uma zona de fratura invadida por fluidos geotermiais.

Todas amostras estudadas apresentam E_{nd} inicial positivo, variando de 1,5 a 3,8 (**figura 4.1.2 e tabela 4.1.1.a**). Dentro deste intervalo é possível notar variações nas razões isotópicas de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, indicando assinaturas isotópicas distintas e duas fontes mantélicas:

- a) melanefelinitos e basanitos do episódio Quixaba e essexito e fonólitos da série sódica do episódio Remédios com valores $> 0,512794$
- b) rochas da série potássica e em um dos basanitos da série sódica com valores $< 0,512748$

Excetuando algumas amostras, é possível observar que as diferenças de comportamento de Nd radiogênico mostram também uma estreita relação com as razões isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e de $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (**figura 4.1.2**). No grupo a (rochas do episódio Quixaba e essexito) os valores de E_{nd} são mais elevados e há mais $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e menos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, enquanto que no grupo b (rochas da série potássica e um dos basanitos da série sódica) os valores de E_{nd} são menores e há menos $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e mais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Cabe comentar que em estudos anteriores como o de Gerlach *et al.* (1987), já haviam sido reconhecidas variações nos isótopos radiogênicos de Sr, Nd e Pb nas rochas de Fernando de Noronha e que, particularmente, os resultados aqui apresentados se assemelham muito aos já obtidos. Estes autores propuseram uma separação dos variados litotipos em dois grupos de idades e composições distintas: $\uparrow \text{Sr}$, $\downarrow \text{Nd}$ e $\downarrow \text{Pb}$ no álcali-basalto e traquito, rochas do episódio mais antigo, e $\downarrow \text{Sr}$, $\uparrow \text{Nd}$ e $\uparrow \text{Pb}$ nas rochas mais jovens do episódio Quixaba. Quanto às rochas de tendência sódica do episódio Remédios, os autores as associaram ao episódio mais novo Quixaba.

Tabela 4.1.1a. Dados analíticos Rb, Sr, Sm e Nd e razões isotópicas medidas de amostras de rocha total. Erros analíticos expressos como 2σ . $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ i (inicial) e ϵ inicial recalculado para as idades de 6 Ma (Quixaba) e 12 Ma (Remédios). Linha divide as rochas da série sódica e potássica.

Rocha	Amostra	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2σ	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ i
Episódio Quixaba							
PIM	97FN13c	42.9	939.0	0.132	0.703916	0.000008	0.703905
OLM	97FN21	25.3	957.0	0.076	0.704019	0.000015	0.704012
OLM	97FN58a	45.7	1009.0	0.131	0.703936	0.000008	0.703925
MEM	97FN31	49.5	1368.0	0.105	0.704097	0.000011	0.704088
MEM	99FN63	45.5	916.0	0.144	0.703748	0.000008	0.703736
BAS	89FN79	29.8	762.0	0.113	0.703936	0.000011	0.703926
BAS	99FN9a	24.2	881.0	0.079	0.703981	0.000007	0.703974
BAS	99FN10b	22.2	1254.0	0.051	0.705683	0.000010	0.705679
BAS	99FN22	35.3	794.0	0.129	0.704090	0.000010	0.704079
Episódio Remédios							
Basanita	97FN23	49.1	1023.0	0.139	0.704923	0.000012	0.704899
Essexito	97FN42	122.0	1033.0	0.342	0.704073	0.000014	0.704015
Fonólito	89FN6	297.0	8.9	96.725	0.722866	0.000014	0.706383
Álcali-basalto	97FN35b	59.0	964.0	0.177	0.704642	0.000011	0.704612
Traquiandesito-basáltico	97FN6b	142.0	821.0	0.500	0.705106	0.000008	0.705021
Traquiandesito	97FN3c	142.5	1329.0	0.310	0.704765	0.000016	0.704712

Rocha	Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	2σ	ϵ inicial
Episódio Quixaba							
PIM	97FN13c	13.20	72.00	0.111	0.512800	0.000010	3.2
OLM	97FN21	11.60	67.00	0.105	0.512823	0.000009	3.6
OLM	97FN58a	12.70	73.00	0.105	0.512823	0.000009	3.6
MEM	97FN31	16.40	99.00	0.100	0.512794	0.000007	3.0
MEM	99FN63	11.80	68.00	0.105	0.512830	0.000012	3.7
BAS	89FN79	9.20	50.00	0.111	0.512834	0.000012	3.8
BAS	99FN9a	8.70	47.00	0.112	0.512812	0.000016	3.4
BAS	99FN10b	9.41	49.00	0.116	0.512814	0.000007	3.4
BAS	99FN22	10.00	58.00	0.104	0.512809	0.000011	3.3
Episódio Remédios							
Basanita	97FN23	11.60	67.00	0.105	0.512740	0.000006	2.0
Essexito	97FN42	6.60	43.00	0.093	0.512794	0.000006	3.0
Fonólito	89FN6	1.60	16.70	0.058	0.512827	0.000011	3.7
Álcali-basalto	97FN35b	12.40	68.00	0.110	0.512739	0.000019	2.0
Traquiandesito-basáltico	97FN6b	13.10	83.00	0.095	0.512715	0.000006	1.5
Traquiandesito	97FN3c	12.00	86.00	0.084	0.512748	0.000007	2.1

Tabela 4.1.1b. Dados analíticos U, Th e Pb e razões isotópicas medidas de amostras de rocha total. Erros analíticos expressos como 2 σ . Linha divide as rochas da série sódica e potássica.

Amostra	U (ppm)	Th (ppm)	Pb (ppm)	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	2 σ	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	2 σ	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	2 σ
Episódio Quixaba									
97FN13c	1.73	6.8	4.4	19.1903	0.0159	15.5463	0.0157	38.9635	0.0181
97FN21	1.59	8.1	4.3	19.3251	0.0057	15.5577	0.0057	39.0392	0.0060
97FN58a	2.12	9.0	1.9	19.3357	0.0371	15.5960	0.0356	39.1974	0.0365
97FN31	2.3	16.2	8.7	19.4891	0.0056	15.5825	0.0061	39.2783	0.0064
99FN63	2.5	9.2	4.1	19.4852	0.0116	15.5844	0.0119	39.1937	0.0127
89FN79	1.8	6.3	5.0	19.3476	0.0097	15.5877	0.0098	39.1290	0.0097
99FN9a	1.57	5.5	3.2	19.4026	0.0060	15.5893	0.0061	39.1906	0.0061
99FN10b	1.98	5.9	4.4	19.4190	0.0304	15.6034	0.0304	39.2092	0.0303
99FN22	1.39	10.4	6.1	19.4151	0.0077	15.5937	0.0086	39.2709	0.0099
Episódio Remédios									
97FN23	2.5	10	7.2	19.3174	0.0092	15.6055	0.0090	39.2338	0.0095
97FN42	5.9	14.5	12.0	19.5624	0.0041	15.5977	0.0044	39.3158	0.0046
89FN6	21	46	30.0	19.5880	0.0064	15.5921	0.0070	39.3044	0.0074
97FN35b	1.79	7.6	6.2	19.2241	0.0050	15.6137	0.0050	39.1745	0.0052
97FN6b	4.7	19.8	13.3	19.3016	0.0025	15.6205	0.0027	39.2667	0.0029
97FN3c	5.2	22.6	14.7	19.2998	0.0046	15.6023	0.0047	39.2076	0.0045

Figura 4.1.2. Variações isotópicas das rochas de Fernando de Noronha. Razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ i e ϵ_{Nd} i recalculadas para 12 Ma nas rochas do Episódio Remédios e 6 Ma nas do Quixaba.

4.1.1. Elementos traços, isótopos radiogênicos e possíveis reservatórios mantélicos das rochas de Fernando de Noronha

Para o melhor entendimento dos processos que afetaram os isótopos radiogênicos de Sr, Pb e Nd, deve-se levar em conta também as variações observadas nos elementos traços das amostras.

Na **figura 4.1.1.1** aparecem alguns diagramas com os dados de elementos incompatíveis das rochas menos diferenciadas do episódio Remédios (basanito, essexito e álcali-basalto), bem como das rochas do episódio Quixaba, todas elas submetidas a análises isotópicas. Nos diagramas desta figura é possível notar como são variáveis os teores de Ba, La, Zr e Nb, dentro do conjunto de rochas estudadas, porém sempre mais baixos nos basanitos da Formação São José do episódio Quixaba (ver tabela 10 do anexo).

Siebel *et al.* (2000) e Simonsen *et al.* (2000) utilizaram diagramas construídos com a combinação de dados isotópicos e elementos traços, para caracterizar os componentes mantélicos envolvidos na geração de rochas das ilhas oceânicas. Cabe ressaltar que a posição dos reservatórios em diagramas de elementos traços é incerta. Contudo parece interessante, a fim de ilustração, mostrar estes diagramas com os dados de Fernando de Noronha.

Relacionando os elementos traços com os isótopos radiogênicos de Nb e Pb (**figura 4.1.1.1**) é possível observar as afinidades das rochas de Fernando de Noronha com os reservatórios mantélicos (Zindler & Hart, 1986; Hart, 1989) do tipo HIMU (alta razão $U/Pb = \mu$), EMI e EMII (manto enriquecido) e MORB (basaltos de cadeia meso-oceânica) mostrando aparentemente a combinação destes componentes.

Figura 4.1.1.1. Comportamento de alguns elementos traços de rochas máficas do vulcanismo alcalino de Fernando de Noronha. Razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ medidas. MORB, HIMU, EMI e EMII correspondem as composições de basaltos destes reservatórios mantélicos. Fonte de referência destes reservatórios (Hart, 1988; Weaver, 1991; maiores informações em Simonsen *et al.*, 2000). Mesma legenda das figuras anteriores.

A origem mais aceita do componente EM I do ponto de vista isotópico é a de que se trata de litosfera subcontinental metassomatizada. Não há porém consenso no que se refere aos mecanismos e materiais envolvidos para explicar as características isotópicas deste componente, sendo sugeridos reciclagem de sedimentos, subducção da borda de continentes, fragmentos de manto litosférico subcontinental, etc.

O modelo mais aceito para a origem do componente HIMU é a participação de crosta oceânica metassomatizada que proporcionaria a adição de U e remoção de Pb por alterações e reações hidrotermais (Hofmann, 1997). Para maiores informações sobre a possível origem deste componente ver Dickin (1995) e Moreira e Kurz (2001).

O componente EM II é universalmente reconhecido como resultante de sedimentos continentais subductados. O modelo aparece fortalecido pelo fato de que esse componente encontra-se localizado em linhas de mistura entre o manto empobrecido e os sedimentos marinhos.

Na **figura 4.1.1.2**, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, foram lançados os dados das amostras de Fernando de Noronha, indicado o reservatório EM II que não aparece na figura e delimitados os campos do HIMU, EM I, DMM (manto empobrecido). Também são apresentadas as linhas de mistura entre os vários componentes mantélicos de acordo com a equação de Langmuir *et al.* (1978).

De um modo geral as rochas do episódio Quixaba e o essexito do Episódio Remédios aparecem próximas as linhas de mistura entre DMM e EM I, bem como EM I e HIMU, enquanto que as demais rochas estão mais distanciadas seguindo em direção ao componente EM II. Contudo cabe ressaltar que o componente EM II possui razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ maiores que 0,717 e portanto as amostras estariam muito afastadas deste componente (**figura 4.1.1.2**).

Com base nos estudos isotópicos pode-se concluir que as rochas de Fernando de Noronha foram geradas a partir de duas fontes distintas (ver também **figura 4.1.2**), cada uma dessas resultando da combinação dos componentes DMM, EM I e HIMU.

Figura 4.1.1.2. Dados isotópicos de Fernando de Noronha em comparação com os reservatórios mantélicos DMM, EM I, EM II ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0,717$) e HIMU de Zindler e Hart (1986). Linhas tracejadas resultantes do cálculo de mistura de acordo com a equação de Langmuir *et al.* (1978). Quadrados= rochas do episódio Remédios; cruzes= rochas do episódio Quixaba.

4.1.2. Comparações dos isótopos radiogênicos e possíveis fontes mantélicas de Fernando de Noronha com os de outras ilhas oceânicas e os dos basaltos do nordeste brasileiro

As razões isotópicas de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ das amostras de Fernando de Noronha do presente trabalho, foram lançadas junto aos dados isotópicos de rochas de outras ilhas oceânicas do Atlântico e de alguns reservatórios mantélicos para fins de comparação (**figuras 4.1.2.1 e 4.1.2.2**).

Observando estas figuras nota-se que as rochas de Fernando de Noronha são particularmente semelhantes as das ilhas de Açores e Trindade.

As similaridades geoquímicas entre os arquipélagos de Fernando de Noronha e o de Trindade foram discutidas por diversos autores na literatura, sempre tendo como base, no caso das rochas de Fernando de Noronha, os dados isotópicos de Gerlach *et al.* (1987). Dos estudos isotópicos mais recentes que estabelecem comparações entre as rochas destes dois arquipélagos deve-se destacar os trabalhos de Marques *et al.* (1999) e Siebel *et al.* (2000) ambos sobre as rochas de Trindade.

Siebel *et al.* (2000) consideraram que as rochas de Fernando de Noronha (dados isotópicos de Gerlach *et al.*, 1987) e Trindade poderiam estar relacionadas a um componente mantélico em comum, provavelmente uma mistura de HIMU + EM + N-MORB, tal como foi confirmado no item anterior deste trabalho. Esse autor menciona também outros reservatórios mantélicos como o FOZO (*Focal Zone*) definido por (Hart *et al.*, 1992; Hauri *et al.*, 1994) e o denominado C (Hanan e Graham, 1996), que incorporaria as modificações produzidas por uma pluma mantélica vinda do manto inferior.

Fodor *et al.* (1998) estabelecem comparações entre os basaltos alcalinos Terciários do nordeste brasileiro (estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco) e os “basaltos alcalinos” de Fernando de Noronha. Estes autores consideraram que as composições dos elementos traços e dos isótopos dos basaltos alcalinos do nordeste brasileiro apontavam para magmas provenientes de misturas entre fontes mantélicas produzidas tanto na litosfera subcontinental (componente isotópico próximo ao EM1) quanto na astenosfera (HIMU + DM). Para os autores os basanitos de Fernando de

Noronha (dados de Weaver, 1990 e Gerlach *et al.*, 1987) seriam mais enriquecidos no segundo componente, porém também estariam apresentando misturas de fontes que interagiram com a litosfera subcontinental.

Por outro lado Rivalenti *et al.* (2000), mostraram que as características de xenólitos mantélicos em rochas basaníticas da Ilha São José de Fernando de Noronha (*vide* razões isotópicas na **figura 4.1.2.1**), estariam indicando que o componente litosférico seria o DM, enquanto que o EMI estando relacionado a um agente metassomático, seria originado na astenosfera.

Figura 4.1.2.1. Diagramas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ilustrando os resultados de Fernando de Noronha em comparação com alguns reservatórios mantélicos e com dados isotópicos de outras ilhas oceânicas. 1- Tristão da Cunha (Le Roex *et al.*, 1990), 2- Trindade (Marques *et al.*, 1999; Siebel *et al.*, 2000), 3- Ascensão (Halliday *et al.*, 1992; Kar *et al.*, 1998), 4- Açores, 5- Santa Helena (Chaffey *et al.*, 1989). Estrelas correspondem as análises de xenólitos mantélicos de Fernando de Noronha (Rivalenti *et al.*, 2000).

Figura 4.1.2.2. Diagrama $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ilustrando os resultados de Fernando de Noronha em comparação com os dados isotópicos de outras ilhas oceânicas. 1- Tristão da Cunha (Le Roex *et al.*, 1990), 2- Trindade (Siebel *et al.*, 2000), 3- Ascensão (Halliday *et al.*, 1992; Kar *et al.*, 1998), 4-Açores, 5-Santa Helena (Chaffey *et al.*, 1989).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos petrográficos, de química mineral e química de rochas mostraram que as duas séries do episódio mais antigo, Remédios, evoluíram a partir de líquidos de composição basanítica, no caso das rochas da série sódica, e álcali-basáltica, no caso das rochas da série potássica, por processos de cristalização fracionada. Nestas rochas é comum a presença de xenocristais de clinopiroxênio, além de xenólitos variados de rochas alcalinas máficas ou félsicas. Na série potássica foram observados processos de mistura de magmas. Padrões de elementos traços normalizados com o manto primitivo evidenciam anomalias negativas de Rb e K nos basanitos, enquanto que a composição dos elementos traços dos álcali-basaltos é parecida com a média dos basaltos oceânicos (OIB de Sun e McDonough, 1989).

Em contraste com a complexidade litológica e estrutural do evento subvulcânico do episódio Remédios, o episódio mais recente, Quixaba, é constituído predominantemente por derrames de rochas ultrabásicas, (melanefelinitos), com algumas intercalações de basanitos e rochas piroclásticas. Aparecem associados a este episódio alguns corpos discordantes, possíveis chaminés, de basanitos na Baía do Sancho e nas ilhas de São José e Cuscuz.

Os estudos detalhados de campo e laboratório no conjunto das rochas do episódio Quixaba permitiram caracterizar com maior precisão a variedade de derrames intercalados. O reconhecimento de melilita melanefelinitos e piroxênio melanefelinitos, além de alguns níveis de basanitos, juntamente com os olivina melanefelinitos predominantes, mostra a heterogeneidade petrográfica deste segundo episódio.

Os estudos de química mineral e química de rochas indicaram que os diferentes tipos litológicos do episódio Quixaba foram cristalizados a partir de magmas parentais distintos, por diferentes graus de fusão parcial da fonte. O padrão fortemente fracionado dos elementos terras raras e o comportamento dos elementos traços indicaram a existência de granada na fonte e as anomalias negativas de Rb e K apontam para a retenção de

flogopita (ou anfibólio) no manto metassomatizado, durante o processo de fusão.

A alternância de derrames de olivina melanefelinitos com rochas portadoras de melilita, às vezes com composição química semelhante, parece estar relacionada a diferenças de $f(\text{CO}_2)$ dos líquidos ricos em voláteis nos diferentes derrames de melanefelinitos.

Os estudos isotópicos de Sr, Nd e Pb, realizados em amostras dos dois episódios vulcânicos, mostraram que as rochas do mais antigo foram geradas a partir de duas fontes mantélicas. As rochas do episódio Quixaba, quando considerados os isótopos de Sr e Nd, mostraram ter se originado a partir de uma mesma fonte. No conjunto de rochas do episódio Quixaba, um piroxênio melanefelinito se destaca por apresentar diferenças nos isótopos de Pb. Em todos os casos, as razões isotópicas podem ser explicadas pela mistura de um manto empobrecido, DMM, com EM I e HIMU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLAY, G. J.; CARROLL, M. R.; PALMER, M. R.; MARTI, J.; SPARKS, S. J. 1998. Basanite - Phonolite lineages of the Teide - Pico Viejo Volcanic Complex, Tenerife, Canary Islands. *J. Petr.*, 39: 905-936.
- ALMEIDA, F. F. M. 1955. *Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. DNPM, Divisão de Geol. Mineral., Monografia 13, 181p.
- ALMEIDA, F.F.M. 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas da região meridional da plataforma sul-americana. *Rev. Bras. Geoc.*, 13: 139-158.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R.; MACHADO JR, D.L.; DEHIRA, L.R. 1988. Magmatismo pós-Paleozóico no nordeste oriental do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 18: 451-462.
- ARAÑA, V.; MARTÍ, J.; GARCÍA-CACHO, L; GARCIA-GARCIA, R. 1994. Magma mixing in alkaline magmas: an example from Tenerife, Canary Islands. *Lithos*, 32: 1-19.
- BAILEY, D. K.; SCHAIRER, J. F. 1964. Feldspar-liquid equilibria in peralkaline liquids - the orthoclase effect. *Amer. J. Science*, 262: 1198-1206.
- BEDARD, J.H. 1994. Mesozoic east North American alkaline magmatism: Part 1. Evolution of Monteregian lamprophyres, Québec, Canada. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58: 95-112.
- BEDARD, J.H.; FRANCIS, D.M.; LUDDEN, J. 1988. Petrology and pyroxene chemistry of Monteregian dykes: the origin of concentric zoning and green cores in clinopyroxenes from alkali basalts and lamprophyres. *Can. J. Earth Science*, 25: 2041-2058.
- BERNAT, M.; CORDANI, U.; KINOSHITA, H. 1977. Datation par la Méthode $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ de Roches volcaniques des îles Brésiliennes de Fernando de Noronha et Trindade. *O.R.S.T.O.M. Ser. Geol.*, IX ½: 45-48.
- BORLEY, G.D. 1974. Oceanic islands. In: SORENSEN, H. (ed.) The alkaline rocks. John Wiley and Sons, 311-330.
- BORLEY, G.D; SUDDABY, P.; SCOTT, S.C. 1971. Some xenoliths from the alkaline rocks of Tenerife, Canary Islands. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 31: 102-114.

- BOWEN, N.L. 1945. Phase equilibria bearing on the origin and differentiation of alkaline rocks. *Amer. J. Science*, 243a: 75-89.
- BREY, G. 1978. Origin of olivine melilitites - chemical and experimental constraints. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 3: 61-88.
- BREY, G.; GREEN, D.H. 1975. The role of CO₂ in the genesis of olivine melilitite. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 49: 93-103.
- BREY, G.; GREEN, D.H. 1977. Systematic study of liquidus phase relations in olivine melilitite + H₂O + CO₂ at high pressures and petrogenesis of an olivine melilitite magma. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 61: 141-162.
- BRIOT, D.; CANTAGREL, J.M.; DUPUY, C.; HARMON, R.S. 1991. Geochemical evolution in crustal magma reservoirs: trace element and Sr-Nd-O isotopic variations in two continental intraplate series at Monts Dore, Massif Central, France. *Chemical Geology*, 89: 281-303.
- BROOKS, C.K.; PRINTZLAU, I. 1978. Magma mixing in mafic alkaline volcanic rocks: the evidence from relict phenocryst phases and other inclusions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 4: 315-331.
- BRYAN, W.B. 1976. A basalt-pantellerite association from Isla Socorro, Islas Revillagigedo, Mexico. In: Aoki, H.; Izuka, S. (eds) *Volcanoes and Tectonosphere*, Tokai University Press, Tokyo.
- CAS, R.A., F.; WRIGHT, J.V. 1987. *Volcanic Successions, modern and ancient*. Allen ; Unwin Ltd., 528 p.
- CAWTHORN, R.G. 1976. Some chemical controls on igneous amphibole compositions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40: 1319-1328.
- CHAFFEY, D.J.; CLIFF, R.A.; WILSON, B.M. 1989. Characterization of the St Helena magma source. In: *Saunders, A.D.; Norry, M.F.* (eds). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. Special Publ., 42: 257-276.
- CORDANI, U. G. 1970. Idade do Vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. *Bol. IGA*, 1: 9-75.
- CORNEN, G. 1986. Identification des séries magmatiques de l'île brésilienne de Fernando de Noronha (Atlantique Sud). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Académie des Sciences*, Serie II, 303 (16): 1455-1460.

- COX, K.G.; BELL, J.D. 1979. *The interpretation of Igneous Rocks*. Chapman & Hall, London, 450p.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. 1978. *Rock-forming minerals. Single chain silicates*. 2.ed., Longman, London, 668p.
- DICKIN, A.P. 1997. *Radiogenic isotope geology*. 2.ed., Cambridge University Press, Cambridge, 490p.
- DOE, B.R. 1997. Geochemistry of Oceanic Igneous Rocks - Ridges, Islands, and Arcs - with Emphasis on Manganese, Scandium, and Vanadium. *Intern. Geology Review*, 39: 1053-112.
- DUNWORTH, E. A.; WILSON, M. 1998. Olivine Melilitites of the SW German Tertiary Volcanic Province: Mineralogy and Petrogenesis. *J. Petrol.*, 39 (10): 1805-1836.
- DYMEK, R. F. 1983. Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gneisses, West Greenland. *Amer. Mineral.*, 68: 880-899.
- EDGAR, A. D. 1992. Barium-rich phlogopite and biotite from some Quaternary alkali mafic lavas, West Eifel, Germany. *Eur. J. Mineral.*, 4: 321-330.
- EDGAR, A.D.; ARIMA, M. 1985. Fluorine and chlorine contents of phlogopites crystallized from ultrapotassic rock compositions in high pressure experiments: implication for halogen reservoirs in source regions. *Amer. Mineral.*, 70: 529-536.
- EGGLER, D. H. 1975. Peridotite-carbonate relations in the system CaO-MgO-SiO₂-CO₂. *Annu. Rep. Dir. Gephys. Lab.*, 74: 468-474.
- FITTON, J.G.; HUGHES, D.J. 1981. Strontian melilite in a nephelinite lava from Etinde, Cameroon. *Mineral. Mag.*, 44: 261-264.
- FITTON, J.G.; UPTON, B.G.J. 1987. Alkaline igneous rocks. *Geol. Soc. London, Special Publ.* 30.
- FODOR, R.V.; DOBOSI, G.; SIAL, A.N. 1995. Zoned clinopyroxenes in alkali basalt: clues to fractionation and magma-mixing histories for seemingly primitive magmas. *Chem. Erde* 55: 133-148.

- FODOR, R.V.; MUKASA, S.B.; SIAL, A.N. 1998. Isotopic and trace-element indications of lithospheric and asthenospheric in Tertiary alkalic basalts, northeastern Brazil. *Lithos*, 43: 197-217.
- FOLAND, K.A.; LANDOLL, J.D.; HENDERSON, C.M.B.; JIANGFENG, C. 1993. Formation of cogenetic quartz and nepheline syenites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57: 697-704.
- FOLEY, S.F. 1990. Experimental constraints on phlogopite chemistry in lamproites: 2. Effect of pressure-temperature variations. *Eur. J. Mineral.*, 2: 327-341.
- FORBES W.C.; FLOWER, F.M.J. 1974. Phase relations of titan-phlogopite, $K_2Mg_4TiAl_2Si_6O_{20}(OH)_4$: a refractory phase in the upper mantle? *Earth Planet. Sci. Lett.*, 22: 60-66.
- FURNES, H.; STILLMAN, C.J. 1987. The geochemistry and petrology of an alkaline lamprophyre sheet intrusion complex on Maio, Cape Verde Republic. *J. Geol. Soc. London*, 144: 227-241.
- GERLACH, D.C.; STORMER, J.C.; MUELLER, P.A. 1987. Isotopic geochemistry of Fernando de Noronha. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 85: 129-144.
- GREENWOOD, J. C. 1998. Barian-titanian micas from Ilha da Trindade, South Atlantic. *Mineral. Mag.* 62 (5): 687-695.
- GUNN, B.M.; WATKINS, N.D. 1976. Geochemistry of the Cape Verde Islands and Fernando de Noronha. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87: 1089-1100.
- GUO, J.; GREEN, T.H. 1990. Experimental study of barium partitioning between phlogopite and silicate liquid at upper mantle pressure and temperature. *Lithos*, 24: 83-95.
- HALLIDAY, A.N.D.; DAVIES, G.R.; LEE, D.C.; TOMMASINI, S.; PASLICK, C.R.; FITTON, J.G.; JAMES, D.E. 1992. Lead isotope evidence for young trace element enrichment in the oceanic upper mantle. *Nature*, 359: 623-627.
- HALLIDAY, A.N.D.; DICKIN, A.P.; FALLICK, A.E.; FITTON, J.G. 1988. Mantle dynamics: a Nd, Sr, Pb and O isotopic study of the Cameroon line. *J. Petr.*, 29: 181-211.

- HAMILTON D.L.; MACKENZIE, W.S. 1960. Nepheline solid solution in the system NaAlSiO_4 - KAlSiO_4 - SiO_2 . *J. Petr.*, 1: 56-72.
- HAMILTON D.L.; MACKENZIE, W.S. 1965. Phase equilibria studies in the system NaAlSiO_4 (nepheline)- KAlSiO_4 (kalsilite)- SiO_2 - H_2O . *Mineral. Mag.* 34: 214-231.
- HANAN, B.B.; GRAHAM, D.W. 1996. Lead and helium isotope evidence from oceanic basalts for a common deep source of mantle plumes. *Science*, 272: 991-995.
- HART, S.R. 1988. Heterogeneous mantle domains: signatures, genesis and mixing chronologies. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 90: 272-296.
- HART, S.R.; HAURI, E.H.; OSCHMANN, L.A.; WHITEHEAD, J.A. 1992. Mantle plumes and entrainment: Isotopic evidence. *Science*, 256: 517-520.
- HART, S.R.; ZINDLER, A.; PELTIER, W.R. 1989. Constraints on the nature and development of chemical heterogeneities in the mantle. *Fluid Mech. Astrophys. Geophys.*, 4: 261-387.
- HAURI, E.H.; WHITEHEAD, J.A.; HART, S.R. 1994. Fluid dynamic and geochemical aspects of entrainment in mantle plumes. *J. Geophysical Research*, 99: 24275-24300.
- HENDERSON, C.M.B. & FOLAND, K.A. 1996. Ba- and Ti-rich primary biotite from the Brome alkaline igneous complex, Monteregian Hills, Quebec: mechanisms of substitution. *Can. Mineral.* 34:1241-1252.
- HOERNLE, K.; SCHIMCKE, H. -U. 1993. The petrology of tholeiites through melilitite nephelinites on Gran Canaria, Canary Islands: crystal fractionation, accumulation and depths of melting. *J. Petrol.*, 34 (3): 573-597.
- HOFMANN, A.W. 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*, 385: 219-229.
- IVANIKOV, V. V.; RUKHLOV, A. S.; BELL, K. 1998. Magmatic Evolution of the Melilitite-Carbonatite-Nephelinite Dyke Series of the Turiy Peninsula (Kandalaksha Bay, White Sea, Russia). *J. Petrol.*, 39 (11/12): 2043-2059.
- JANASI, V.; ANDRADE, S.; ULBRICH, H.H.G.J. 1995. A correção do drift instrumental em ICP-AES com espectrômetro sequencial e a análise de

- elementos maiores, menores e traços em rochas. *Bol. Cient. IG-USP*, 26: 45-58.
- KAR, A.; WEAVER, B.; DAVIDSON, J.; COLUCCI, M. 1998. Origin of Differentiated Volcanic and Plutonic Rocks from Ascension Island, South Atlantic Ocean. *J. Petr.*, 39 (5): 1009-1024.
- KESSON, S.E.; PRICE, R.C. 1972. The major and trace element chemistry of kaersutite and its bearing on the petrogenesis of the alkaline rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 35: 119-1243.
- KOGARKO, L.N.; KURAT, G.; NTAFLS, T. 2001. Carbonate metasomatism of the oceanic mantle beneath Fernando de Noronha Island, Brazil. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 140: 577-587.
- KYLE, P. R.; MOORE, J. A.; THIRLWALL, M. F. 1992. Petrological evolution of anorthoclase phonolite lavas at Mount Erebus, Ross Island, Antarctica. *J. Petr.*, 33: 451-500.
- LANGMUIR, C.H.R.D.; VOCKE, Jr.; HANSON, G.N.; HART, S.R. 1978. A general mixing equation with applications of Iceland basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 37: 380-392.
- LEAKE, B.E. (ed.) et al. 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *Amer. Mineral.*, 82: 1019-1037.
- LE BAS, M.J. 1989. Nephelinitic and basanitic rocks. *J. Petr.*, 30: 1299-1312.
- LE MAÎTRE, R.W. 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Intern. Union Geol. Sciences, Oxford, Blackwell, 192p.
- LE ROEX, A.P.; CLIFF, R.A.; ADAIR, B.J.I. 1990. Tristan da Cunha, South Atlantic: geochemistry and petrogenesis of a Basanite-Phonolite lava series. *J. Petrol.*, 31 (4): 779-812.
- LOPES, R.P. 1997. *Petrologia dos fonólitos do Arquipélago de Fernando de Noronha, PE*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 125p.

- LOPES, R.P.; ULBRICH, M.N.C. 1997. Petrografia e química mineral de fonólitos do Arquipélago de Fernando de Noronha, Pe. *Anais Acad. Bras. Cienc.* 69: 431.
- LOPES, R.P.; ULBRICH, M.N.C. 1998. Evolução geoquímica da suíte de fonólitos do Arquipélago de Fernando de Noronha, PE. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belo Horizonte, 1998. *Anais*, SBG, p. 464.
- LOPES, R.P.; ULBRICH, M.N.C. 2001. Olivina melilita melanefelinitos da Formação Quixaba, arquipélago de Fernando de Noronha – Pe, Brasil.
- MANSKER, W.L., EWING, R.C., KEIL, K. 1979. Barian-titanian biotites in nephelinites from Oahu, Hawaii. *Amer. Mineral.*, 64:156-159.
- MARÍNGOLO, V. 1995. *Estudo petrográfico e químico de diques ultramáficos e máficos do Arquipélago de Fernando de Noronha, PE*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 145p.
- MARÍNGOLO, V.; ULBRICH, M.N.C. 1997. Registros da evolução de diques máficos do Arquipélago de Fernando de Noronha na química dos clinopiroxênios e anfibólios. In: IV CONG. GEOQUIM. DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA. Lisboa, Portugal. Actas, 83-85.
- MARQUES, L. S.; ULBRICH, M. N. C.; RUBERTI, E.; TASSINARI, C. G. 1999. Petrology, geochemistry and Sr-Nd isotopes of the Trindade and Martin Vaz volcanic rocks (Southern Atlantic Ocean). *J. Volcanology Geotherm. Research*, 93: 191-216.
- MATTIOLI, M., UPTON, B.G.J.; RENZULLI, A. 1997. Sub-volcanic crystallization at Sete Cidades volcano, São Miguel, Azores, inferred from mafic and ultramafic plutonic nodules. *Mineral. Petrol.* 60: 1-26.
- MELLUSO, L.; MORRA, V.; GIROLAMO, P.D. 1996. The Mt. Vulture volcanic complex (Italy): evidence for distinct parental magmas and for residual melts with melilite. *Mineral. Petrol.* 56: 225-250.
- MITCHELL, R.H. 1986. *Kimberlites. Mineralogy, geochemistry and petrology*. Plenum Press, N. York, 442 p.
- MITCHELL-THOMÉ, R. 1970. *Geology of the South Atlantic Islands*. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, 10, Berlim, Gebr.Bornträger, 367p.

- MOREIRA, M.; KURZ, M.D. 2001. Subducted oceanic lithosphere and the origin of the "high μ " basalt helium isotopic signature. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 189: 49-57.
- MORIMOTO, N., FABRIES, J., FERGUSON, A.K., GINZBURG, I.V., ROSS, M., SEIFERT, F.A.; ZUSSMAN, J. 1989. Nomenclature of pyroxenes. *Mineral. J.* 14,5: 198-221
- MYSEN, B. O.; EGGLE, D. H.; SEITZ, M. GL; HOLLOWAY, J. R. 1976. Carbon dioxide in silicate melts and crystals. Part I, Solubility measurements. *Amer. J. Science*, 276: 455-475.
- NKOUMBOU, C.; DÉRUELLE, B.; VELDE, D. 1995. Petrology of Mt Etinde Nephelinite Series. *J. Petrol.*, 36 (2): 373-395.
- PETRI, S.; COIMBRA, A.M.; AMARAL, G.; PONÇANO, W.L. 1986. Guia de nomenclatura estratigráfica. *Rev. Bras. Geoc.*, 16 (4): 376-415.
- RIEDER, R. (Chairman of The Mica Subcommittee of the I.M.A.) et al. 1999. Nomenclature of the Micas. *Mineral. Mag.* 63(2): 267-279.
- RIVALENTI, G.; MAZZUCHELLI, M.; GIRARDI, V.A.V.; VANNUCCI, R.; BARBIERI, M.A.; ZANETTI, AL; GOLDSTEIN, S.L. 2000. Composition and processes of the mantle lithosphere in northeastern Brazil and Fernando de Noronha: evidence from mantle xenoliths. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 138: 308-325.
- ROBERT, J.L. 1976. Titanium solubility in synthetic phlogopite solid solutions. *Chem. Geol.* 17: 213-227.
- ROCK, N.M.S. 1977. The nature and origin of lamprophyres: some definitions, distinctions, and derivations. *Earth Science Reviews*, 13: 123-169.
- ROEDER, P.L.; EMSLIE, R.F. 1970. Olivine-liquid equilibrium. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 29 (4): 275-289.
- RUBERTI, E., ULBRICH, M.N.C., MARQUES, L.S. 1999. Quimismo de Ba- Ti micas da suite alcalina de Trindade, Atlântico Sul. 1º Simp. Vulcanismo e Ambientes Associados. *Bol. Resumos*, p. 64.
- RUDEK, E.A., FODOR, R.V.; BAUER, G.R. 1992. Petrology of ultramafic and mafic xenoliths in picrite of Kahoolawe Island, Hawaii. *Bull. Volcanology* 55: 74-84.

- SAHAMA, TH.G. 1976. Composition of clinopyroxene and melilite in the Nyiragongo rocks. *Carnegie Inst. Wash. Yearb*, 75: 585-590.
- SCHMINCKE, H.U., KLUGEL, A., HANSTEEN, T.H., HOERNLE, K.; BOGAARD, P. 1998. Samples from the Jurassic ocean crust beneath Gran Canaria, La Palma and Lanzarote (Canary Islands). *Earth Planet. Sci. Letters*, 163: 343-360.
- SCHWAB, R.G.; BLOCH, W. 1985. Geochemical distribution patterns of magmatites from the Archipelago of Fernando de Noronha Zentralblatt für Geologie und Paläontologie. *Teil*, 1: 1477-1483.
- SEIFERT, W.; KÄMPF, H. 1994. Ba-enrichment in phlogopite of a nephelinite from Bohemia. *Eur. J. Mineral.*, 6: 497-502.
- SHAW, C.S.F.; PENCZAK, R.S. 1996. Barium- and titanium-rich biotite and phlogopite from the western and eastern gabbro, Coldwell alkaline complex, Northwestern Ontario. *Can. Mineral.*, 34: 967-975.
- SIEBEL, W.; BECCHIO, R.; VOLKER, F.; HANSEN, M.A.F.; VIRAMONTE, J.; TRUMBULL, R.B.; HAASE, G.; ZIMMER, M. 2000. Trindade and Martín Vaz Islands, South Atlantic: isotopic (Sr, Nd, Pb) and trace element constraints on plume related magmatism. *J. Volcanology Geotherm. Research*, 13: 79-103.
- SIMONSEN, S.L.; NEUMANN, E.-R.; SEIM, K. 2000. Sr-Nd-Pb isotope and trace-element geochemistry evidence for a young HIMU source and assimilation at Tenerife (Canary Island). *J. Volcanology Geotherm. Research*, 103: 299-312.
- SMITH, H.G. 1946. The lamprophyre problem. *Geol. Mag.*, 83: 165-169.
- SORENSEN, H. 1974. *The alkaline rocks*. London, John Wiley.
- STOREY, M.; WOLFF, J.A.; NORRY, M.J.; MARRINER, G.F. 1989. Origin of hybrid lavas from Agua de Pau volcano, Sao Miguel, Azores. In: Saunders, A.D.; Norry, M.J. (eds) *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. Special Publication, 42: 161-180.
- STORMER, J. C. 1978. Fourchite to phonolite: the origin of phonolite on Fernando de Noronha. *Trans. Am. Geophys. Unin*, 59: 410.
- SUN, S.S.; McDONOUGH, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In:

- Saunders, A.D.; Norry, M.F. (eds). Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. Special Publ., 42: 313-345.
- TATSUMI, Y.; ARAI, R.; ISHIZAKA, K. 1999. The Petrology of a Melilite-Olivine Nephelinite from Hamada, SW Japan. *J. Petrol.*, 40 (4): 497-509.
- THOMPSON, R.N. 1974. Some high-pressure pyroxenes. *Mineral. Mag.*, 39: 768-787.
- TILLEY, C.E. 1957. Problems of alkali rock genesis. *Quarterly J. Geol. Soc. London*, 113: 323-359.
- ULBRICH, H.H.G.J.; ULBRICH, M.N.C.; LOPES, R.P. 1998. Diques máfico-ultramáficos e félsicos da Formação Remédios, Arquipélago de Fernando de Noronha, Pe: contemporaneidade das intrusões. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belo Horizonte, 1998. *Anais*, SBG, p. 464.
- ULBRICH, M.N.C. 1993. Petrography of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de Noronha Archipelago, Southern Atlantic Ocean. *Bol. IG-USP, Série Cient.*, 24: 77-94.
- ULBRICH, M.N.C.; LOPES, R.P. 1996. Xenocristais de olivina com coroas e bordas de reação, em fonólito porfíritico de Fernando de Noronha, Pe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador, 1996. *Anais*. Salvador, SBG, 3: 43-45.
- ULBRICH, M. N. C.; LOPES, R. P. 1999. Petrografia e química mineral dos fragmentos de rochas gábricas e dioríticas em depósitos piroclásticos de Fernando de Noronha, PE. In: V CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA E VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, Porto Seguro - BA, SBG, 1999. *Anais*, 620-622.
- ULBRICH, M.N.C.; LOPES, R.P. 2000. Barium- and Titanium-rich biotites and phlogopites from Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro, SBG. *Abstracts volumn, CD-Rom*.
- ULBRICH, M.N.C.; LOPES, R.P. 2000. Xenólitos de origem subvulcânica na Formação Remédios, Arquipélago de Fernando de Noronha: Petrologia, textura e química mineral. *Geochim. Bras.*, 14 (1): 97-114.
- ULBRICH, M.N.C.; MARÍNGOLO, V.; RUBERTI, E. 1994a. The geochemistry of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de

- Noronha Archipelago, southern Atlantic Ocean. *Geochim. Brasil.*, 8 (1): 21-39.
- ULBRICH, M.N.C.; MARÍNGOLO, V.; VLACH, S.R.F. 1994b. Xenocrysts in mafic dikes from the Fernando de Noronha Archipelago. International Symp. on the Physics and Chemistry of the Upper Mantle, ISUM, São Paulo, 1994. *Extended Abstracts*, São Paulo, p 36-38.
- ULBRICH, M.N.C.; RUBERTI, E. 1992. Nova ocorrência de rochas basaníticas no Arquipélago de Fernando de Noronha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. *Bol. Resumos Expandidos*, SBG, 2: 83-84.
- VELDE, D.; YODER, H. S. JR. 1976. Mineralogical Composition of Melilite-Bearing Igneous Rocks. *Carnegie Inst. Wash. Yearb*, 75: 575-580.
- VELDE, D.; YODER, H. S. JR. 1977. Melilite and Melilite-Bearing Igneous Rocks. *Carnegie Inst. Wash. Yearb*, 76: 478-485.
- VELDE, D.; YODER, H. S. JR. 1978. Nepheline solid solutions in melilite-bearing eruptive rocks and olivine nephelinites. *Carnegie Inst. Wash. Yearb*, 77: 761-767.
- VERHULST, A.; BALAGANSKAYA, E.; KIRNARSKY, Y.; DEMAIFFE, D. 2000. Petrological and geochemical (trace elements and Sr-Nd isotopes) characteristics of the Paleozoic Kovdor ultramafic, alkaline and carbonatite intrusion (Kola Peninsula, NW Russia), *Lithos*, 51: 1-25.
- WAGER, L.R.; BROWN, G.M.; WADSWORTH, W.J. 1960. Types of igneous cumulates. *J. Petrol.*, 1 (1): 73-85.
- WEAVER, B.L. 1990. Geochemistry of highly-undersaturated ocean island basalt suites from the South Atlantic Ocean: Fernando de Noronha and Trindade islands. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 105: 502-515.
- WEAVER, B.L. 1991. Trace element evidence for the origin of ocean-island basalts. *Geology*, 19: 123-126.
- WEAVER, B.L.; KAR, A.; DAVIDSON, J.; COLUCCI, M. 1996. Geochemical characteristics of volcanic rocks from Ascension Island, South Atlantic Ocean. *Geothermics*, 25: 449-470.

- WEAVER, B.L.; WOOD, D.A.; TARNEY, J.; JORON, J.L. 1986. Role of subducted sediment in the genesis of ocean-island basalts: Geochemical evidence from South Atlantic Ocean. *Geology*, 14: 275-278.
- WENDLANDT, R.F. 1977. Barian-phlogopite from Haystack Butte, Highwood Mountains, Montana. *Ann. Rept. Carnegie Inst. Wash. Ybk.*, 76: 534-539.
- WHITE, W.M.; TAPIA, M.D.M.; SCHILLING, J-G 1979. The petrology and geochemistry of the Azores Islands. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69: 201-213.
- WILKINSON, J.F.G.; HENSEL, H.D. 1994. Nephelines and analcimes in some alkaline igneous rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 118: 79-91.
- WILSON, M. 1989. *Igneous Petrogenesis - A global tectonic approach*. Londres, Unwin Hyman, 466p.
- WILSON, M.; DOWNES, H.; CEBRIÁ, J.M. 1995. Contrasting fractionation trends in coexisting continental alkaline magma series; Cantal, Massif Central, France. *J. Petrol.*, 36 (6): 1729-1753.
- WOLFF, J.A. 1983. Petrology of Quaternary piroclastic deposits from Tenerife, Canary Islands. Unpublished Ph.D. Thesis, Imperial College, University of London.
- WOLFF, J.A.; STOREY, A. 1984. Zoning in highly alkaline magma bodies. *Geol. Mag.*, 121: 563-575.
- WOLFF, J.A. 1985. Zonation, mixing and eruption of silica-undersaturated alkaline magma. A case study from Tenerife, Canary Islands. *Geol. Mag.*, 122: 623-640.
- WOLFF, J.A.; TONEY, J.B. 1993. Trapped liquid from a nepheline syenite: a re-evaluation of Na, Zr, F-rich interstitial glass in a xenolith from Tenerife, Canary Islands. *Lithos*, 29: 285-293.
- WORNER, G. SCHMINCKE, H.U. 1984. Petrogenesis of the zoned Laacher See tephra. *J. Petrol.*, 25: 836-851.
- WYLLIE, P. J. 1978. Peridotite-CO₂-H₂O and the low-velocity zone. *Bull. Volcanol.*, 41 (4): 670-683.
- YODER, H. S. JR. 1973. Melilite stability and paragenesis. *Fortschr. Miner.*, 50: 140-173.

- YODER, H. S. JR. 1975. Relationship of melilite-bearing rocks to kimberlites: a preliminary report on the system akermanite-CO₂. *Phys. Chem. Earth*, 9: 883-894.
- YODER, H.S. JR; TILLEY, C.E. 1962. Origin of basalt magmas. *J. Petrol.*, 3: 343-532.
- YODER, H. S. JR.; VELDE, D. 1976. Importance of alkali content of magma yielding melilite-bearing rocks. *Carnegie Inst. Wash. Yearb*, 75: 580-585.
- ZHANG, M., SUDDABY, P., THOMPSON, R.N., DUNGAN, M.A. 1993. Barian titanian phlogopite from potassic lavas in northeast China: chemistry, substitutions and paragenesis. *Amer. Mineral.*, 78:1056-1065.
- ZINDLER, A.; HART, S. 1986. Chemical geodynamics. *Annual Review Earth Planet. Sci.*, 14: 493-571.

ANEXOS

Quadros de descrições petrográficas

Tabelas com análises químicas dos minerais e rochas

Publicação

Quadro 1: Descrições petrográficas sucintas das amostras do Episódio Remédios.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
89FN28a Praia do Leão (Morro Branco)	Rocha de coloração cinza, muito fina com feno tabulares (até 3 mm), orientados, de fd e esporadicamente de minerais máficos (menores que 3mm).	Traquito porfirítico. Textura porfirítica. Feno e mfeno de fd de até 4 mm (os maiores são de plagioclásio) subedrais tabulares, muito fraturados, orientados segundo a direção da matriz (principalmente os mfeno), com geminação do Tipo Carlsbad ou polissintética, às vezes zonados; mfeno de noseana ou hauína? anedrais a subedrais isolados ou agrupados; escassos feno de cpx verde de até 1mm, predominando mfeno, isolados ou agrupados com opaco e titanita, formas subedrais prismas curtos ou longos, alguns mostrando zoneamento concêntrico, ângulo de extinção $z\Delta c \pm 45^\circ$ e $2v_z \pm 60^\circ$; raros mfeno de anf marrom, com bd reabsorvidas, rodeados por cpx verde da matriz, com inclusões de op e ap. Matriz: traquítica com ripas orientadas de fd entre as quais aparecem grãos op anedrais a cúbicos e prisma curtos ou longos de cpx verde.
89FN28d Praia do Leão (Morro Branco)	Rocha de coloração cinza, muito fina com feno milimétricos de fd tabular e de minerais máficos. Presença de algumas vesículas preenchidas por zeólitas.	Traquito porfirítico. Muito semelhante ao da amostra 89FN28a, porém com menor presença de feno, tanto de minerais máficos quanto félsicos.
89FN33b Dique da Baía do Sueste	Rocha de coloração cinza, muito fina, com raros feno (menores que 1 mm) de minerais félsicos.	Traquito afanítico. Textura: traquítica. Raros feno de fd (menores que 1 mm); mfeno de fóide isotrópico muito límpido (sodalita ou hauína?). Matriz: composta basicamente por ripas de fd orientadas paralelas a subparalelas entre as quais aparecem micrólitos de anf ? além de pequeninos cristais de cpx e grãos op.
91FN39 Praia do Leão	Rocha de tonalidade cinza, muito fina com feno tabulares de fd (de aproximadamente 3mm), além de alguns minerais máficos menores que 1mm.	Traquito porfirítico. Textura: porfirítica. Feno e mfeno de fd muito fraturados, deformados, com até 3mm, bd reabsorvidas, maioria isolados, alguns apresentando zoneamento, geminados (Carlsbad de contato e polissintética); mfeno de cpx verde (máximo 0,5mm), prismas curtos ou longos, grãos isolados ou agrupados com op, titanita e anf; mfeno de noseana ou hauína? isolados ou aglomerados; escassos mfeno de anf marrom substituídos por op e rodeados por cpx verde da matriz; além de mfeno de op anedral e titanita. Matriz: traquítica composta por ripas orientadas de fd, prismas longos de cpx verde também orientados e grãos op (anedrais a cúbicos).

feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= ap, op=opaco, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN3a Enseada da Caieira	Rocha cinza, porfirítica, com feno de minerais máficos < 6mm, onde em alguns é possível notar clivagem proeminente formando ângulo de $\pm 120^\circ$ (anf).	Lamprófiro alcalino II. Textura porfirítica. Feno e mfeno de cpx euédricos a subédricos prismáticos (longos ou curtos) com até 4mm, grãos isolados castanhos (bem claros), muito fraturados, alguns com clivagem proeminente, maioria mostrando-se homogêneos, raros com zoneamento concêntrico (nc verde e bd castanha), $2V_{\text{NC}} \pm 45^\circ$; feno e mfeno de anf (menores proporções que os cpx) reabsorvidos, com até 6mm, aglomerados ou isolados, alguns com clivagem proeminente, pouco pleocróicos (z= marrom claro e x= castanho claro) com inclusões de op e ap; mfeno de op subedrais cúbicos a anedrais, normalmente agrupados, heterogêneos (manchas de tonalidade distinta, exsoluções?); raros feno de feldspatóide reabsorvidos. Matriz: prismas de cpx castanho claro, anf longos ou basais, pleocróicos (z= marrom e x= castanho claro), fd tabulares, ap e material vítreo.
97FN3b Enseada da Caieira	Rocha cinza, com estrutura amigdaloidal (amígdalas achatadas alongadas de até 1cm preenchidas principalmente por carbonatos), porfirítica, rica em feno prismáticos de minerais máficos < 5mm.	Lamprófiro alcalino II. Textura porfirítica. Feno e mfeno de cpx subedrais (prismas curtos ou longos) de até 2,5mm, bd corroídas, muito fraturados, homogêneos castanho-rosados ou com zoneamento ora concêntrico ora oscilatório (manchas verdes irregulares ao longo de todo o feno), alguns com clivagem proeminente, $2V_{\text{NC}} \pm 60^\circ$, com op inclusos; feno e mfeno de anf pouco a muito reabsorvidos (nc completamente substituído por op), com até 2,5mm, isolados, com clivagem proeminente, marrom alaranjado ou fortemente pleocróicos (z= marrom alaranjado, x= castanho), com abundantes ap (aciculares ou hexagonais) inclusas; feno e mfeno de op anedrais, subedrais a euedrais cúbicos, com até 1mm, heterogêneos (manchas de tonalidades distintas, exsoluções?). Matriz inequigranular faixas de fd tabulares (maiores) e faixas de fd ripiformes junto a prismas curtos de cpx, op, ap em base vítrea. Presença de um glomérulo de cpx + op muito deformado xenocrístico?
97FN3d Enseada da Caieira	Rocha pouco alterada, cinza clara, com poucos feno prismáticos de minerais máficos < 3mm. Presença de amígdalas achatadas de até 1cm com carbonatos e zeólitas.	Lamprófiro alcalino I. Textura porfirítica a glomeroporfirítica. Feno e mfeno de cpx castanhos violáceos, subedrais, com até 2,5mm, isolados ou aglomerados, fraturados, com op e ap inclusos, normalmente heterogêneos exibindo zoneamento concêntrico ou do tipo ampulheta, $2V_{\text{NC}} \pm 60^\circ$; mfeno de feldspatóides anedrais arredondados, incolores ou amarelados, como grãos isolados; mfeno de anf, subedrais seções basais ou alongadas, pouco pleocróicos (z= marrom claro, x= castanho claro); mfeno de op euédricos cúbicos a subédricos, isolados ou agrupados; escassos mfeno de fd tabulares. Matriz inequigranular (zonas alternadas de granulação fina e grossa) com abundantes anf pleocróicos (basais ou longos), ap aciculares ou hexagonais, op e prismas curtos de cpx em base vítrea.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN4a Enseada da Caieira	Parte félsica de dique composto. Rocha cinza clara, pouco alterada, orientada, com feno prismáticos alongados ou curtos de minerais máficos (até 2mm). Aparecimento de algumas amígdalas achatadas e alongadas (orientadas como os fenocristais) com carbonatos e zeólitas.	Traquiandesito basáltico porfirítico. Textura: porfirítica. Feno e microfenocristais de feldspato tabulares, bordas reabsorvidas, com até 3,0mm, geminados (Carlsbad e polissintética), isolados ou aglomerados; feno e microfenocristais de anfibólio, seções basais ou alongadas, de dois tipos: um fracamente pleocróico marrom (+ fenocristalino), com até 1,5mm e o outro fortemente pleocróico marrom a castanho (+ microfenocristalino), ambos com inclusões de opacos e apatitas, isolados ou agrupados com cpx, opacos e titanitas; microfenocristais de cpx verdes ou castanho-esverdeados, com zoneamento setorial, agrupados com opacos e titanitas, bordas reabsorvidas, fraturados e em menores proporções que os anfibólios; microfenocristais de opacos cúbicos ou subedrais e euedrais de titanita castanha. Matriz: praticamente só de ripas orientadas de feldspatos tabulares ou ripiformes, alguns com textura em peneira e subordinadamente prismas longos de cpx castanho, opacos e material vítreo.
97FN4b Enseada da Caieira	Parte máfica de dique composto. Rocha cinza, porfirítica, com feno de minerais máficos de até 3mm. Abundantes vesículas ou amígdalas achatadas, orientadas, com até 5mm.	Lamprófiro alcalino I (corresponde ao mesmo dique da amostra 3d). Textura porfirítica. Feno e mfenos de cpx agrupados ou isolados, castanho-violáceos, subédricos, muito fraturados, com op associados, cristais zonados (zoneamento concêntrico) ou homogêneos, alguns com clivagem proeminente, com ap e op inclusos, em alguns casos rodeados por material de alteração verde; mfenos (raros feno) de anf pouco reabsorvidos, longos, isolados, pleocróicos (z= marrom, x= castanho); mfenos de op subedrais ou euedrais cúbicos, isolados ou agrupados; mfenos de ap euédricos e tabulares de fd; pseudomorfos de ol (raros) totalmente substituídos por carbonatos e clorita?. Matriz constituída principalmente de anf, grãos op, prismas curtos de cpx, ap, raros fd em base vítrea. Amígdalas alongadas com carbonatos, zeólitas e um material verde?.
97FN5a Enseada da Caieira	Dique félsico. Rocha cinza clara, pouco porfirítica, com algumas amígdalas.	Traquiandesito pouco porfirítico. Textura: porfirítica. Feno predominantemente máficos. Feno e mfenos (mais abundante) de anf fracamente pleocróico marrom, alguns com clivagem proeminente e inclusões de ap, isolados ou agrupados com cpx e op, com as bd pouco reabsorvidas; feno e mfenos de cpx castanho-rosados ou esverdeados, subedrais, corroídos, prismas longos ou curtos, mfenos de op cúbicos ou subedrais isolados ou aglomerados, alguns com exsoluções; mfenos muito alterados de um fóide provavelmente do grupo da sodalita?. Matriz: com ripas bem orientadas paralelas a subparalelas de fd tabulares ou ripiformes e, subordinadamente prismas curtos de cpx castanho esverdeado, op, anf, material vítreo, titanita e fóide.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN6a Enseada da Caieira	Dique félsico (bd). Rocha cinza clara, porfirítica, com feno de minerais máficos (longos, orientados, com até 4mm) e de félsicos (arredondados ou tabulares, com até 2mm). Abundantes amígdalas alongadas (< 2cm) com carbonatos e zeólitas.	Traquiandesito basáltico porfirítico. <i>Textura:</i> porfirítica. Feno predominantemente máficos. Feno e mfenos de anf, seções basais ou alongadas, de dois tipos: um fracamente pleocróico marrom (+ feno), com até 4mm, contendo além das inclusões de ap algumas inclusões aciculares de um material incolor e o outro fortemente pleocróico marrom a castanho (+ mfenos, com até 1,5mm), com clivagem proeminente e inclusões de ap, ambos isolados ou agrupados com cpx e op, com as bd pouco reabsorvidas; feno e mfenos de cpx castanho-rosados ou esverdeados, subedrais, corroídos, normalmente muito fraturados, isolados ou agrupados com op e anf, com algumas inclusões aciculares incolores ou de op, com no máximo 1,5mm e bem mais escassos que os anf; mfenos de op cúbicos ou subedrais isolados ou aglomerados, alguns com exsoluções; mfenos muito alterados de um fóide provavelmente do grupo da sodalita?. Matriz: com ripas bem orientadas paralelas a subparalelas de fd tabulares ou ripiformes e, subordinadamente prismas curtos de cpx castanho esverdeado, op, anf (longos), material vítreo e raros cristais de carbonato. Presença de algumas amígdalas achatadas e alongadas preenchidas principalmente por carbonatos.
97FN6b Enseada da Caieira	Dique félsico (nc). Rocha cinza esverdeada, porfirítica, com abundantes feno orientados de minerais máficos e félsicos (<2mm), com algumas vesículas ou amígdalas achatadas com zeólitas e carbonatos.	Traquiandesito basáltico porfirítico. <i>Textura:</i> porfirítica a glomeroporfirítica. Muito semelhante a anterior porém com feno de anf maiores, alguns zonados, e maior ocorrência de agrupamentos (glomérulos) fenocrystalinos. No caso dos cpx nota-se a presença de manchas verdes irregulares nos nc dos feno cujo restante (nc externo e bd) possui coloração castanho-rosada. Também se observa nc de anf com borda de salita titanífera. Como no caso anterior os fd aparecem apenas como mfenos tabulares um pouco maiores do que a os da matriz. Na matriz além dos fd, cpx verdes ou castanhos, anf, op e material vítreo, também aparecem alguns cristais de titanita e ap. Presença de uma grande amígdala preenchida por carbonatos.
97FN10a Enseada da Caieira	Dique félsico. Rocha cinza, parcialmente alterada, porfirítica, com feno de minerais máficos alongados (< 3mm) e pequenos fenocrystalinos de minerais félsicos arredondados (< 1mm). Aparecimento de algumas amígdalas arredondadas.	Rocha de granulação mais grossa que as demais. Traquiandesito basáltico porfirítico. <i>Textura:</i> porfirítica. Feno e microfenocrystalinos de anf, seções alongadas (maioria) ou basais, de dois tipos: um fracamente pleocróico marrom, com até 2 mm, contendo inclusões de apatita e o outro fortemente pleocróico marrom a castanho, com até 1,0 mm, com clivagem proeminente e inclusões de ap, ambos isolados ou agrupados com cpx e opacos, com as bordas pouco reabsorvidas; feno e mfenos de cpx castanho-rosados, fraturados, subedrais, pouco corroídos, prismas longos ou curtos, isolados ou agrupados com opacos com no máximo 3,0 mm (um único megacristal) sendo a maioria de $\pm 1,0$ mm; mfenos de opacos cúbicos ou subedrais isolados ou aglomerados com os cpx. Matriz: tábuas ou ripas de fd orientadas, prismas longos de cpx castanho, op, anf (seções basais ou alongadas) e material vítreo. Várias amígdalas arredondadas (um pouco maiores que os cristais da matriz) preenchidas principalmente por minerais do grupo das zeólitas.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN7 Enseada da Caieira	Rocha negra fresca, porfirítica, com feno de minerais máficos prismáticos (curtos ou longos) com até 1cm e feno menores de ol arredondada (± 1 mm). Presença de algumas vesículas ou amígdalas achatadas (<1 mm).	Lamprófiro alcalino III. Textura porfirítica (granulação bem grossa, muito rica em feno). Feno e mfeno de cpx, subedrais (com até 4mm), prismáticos (curtos ou longos), isolados, castanhos homogêneos ou heterogêneos (nc com manchas irregulares verdes) com zoneamento concêntrico, $2V\angle C \pm 60^\circ$; ângulo de extinção $Z\angle c \pm 45^\circ$; feno de ol (até 4mm) muito fraturados, totalmente alterados (carbonatos e clorita); feno e mfeno de fóide com até 1mm, subedrais, bd pouco corroídas, raros com op inclusos (maioria como cristais limpos); mfeno de op heterogêneos (manchas claras), anedrais ou subedrais cúbicos, isolados ou agrupados; poucos mfeno de anf fortemente pleocróico (z= marrom, x= castanho claro) ou fracamente (marrom), bd reabsorvidas, isolados, com ap inclusas. Matriz rica em op, com prismas curtos de cpx castanho, fóide, anf e ap em base vítrea. Aparecimento de um grande xenólito praticamente constituído só de anf, poiquilitico, com clivagem proeminente, pleocroísmo z= marrom esverdeado, y= marrom e x= castanho claro, com várias inclusões de cpx, op, outros anf (marrom alaranjado), titanita e ap.
97FN7a Dique da Enseada da Caieira	Rocha cinza esverdeada, bem clara, parcialmente alterada, com feno de minerais máficos (± 2 mm) e de minerais félsicos (± 4 mm). Presença de duas zonas distintas: uma mais maciça com raras amígdalas e outra rica em amígdalas arredondadas com zeólitas.	Traquiandesito porfirítico. Textura: porfirítica. Feno e mfeno de fd muito fraturados, isolados ou aglomerados, alguns zonados, com até 5mm, tabulares, corroídos, geminados (Carlsbad de contato ou polissintética); feno (um único grão) e mfeno de cpx verde com até 1,5mm, fraturados, isolados ou agrupados com titanita e op cúbicos; feno e mfeno de anf verde (menores que 1,0mm), fortemente pleocróicos (marrom muito escuro a verde musgo), pouco reabsorvidos, com clivagem proeminente; feno e mfeno de op euédricos cúbicos (menores que 1,0mm). Matriz: traquítica composta essencialmente de ripas orientadas de fd tabulares ou ripiformes, cpx verde, grãos op cúbicos ou subedrais e material vítreo. Alterações: zeólitas e carbonatos.
97FN11b Enseada da Caieira	Rocha cinza escura, parcialmente alterada com escassos feno prismáticos de minerais máficos (± 1 mm) e arredondados de minerais félsicos. Aparecimento de algumas amígdalas menores que 1mm.	Lamprófiro alcalino. Textura porfirítica. Feno e mfeno de cpx euédricos a subédricos (prismas curtos ou longos), com no máximo 2mm (predominando os mfeno) castanhos, grãos isolados, fraturados, $2V\angle C \pm 50^\circ$, ângulo de extinção $Z\angle c \pm 40^\circ$, zoneamento do tipo ampulheta; feno e mfeno de anf com até 1mm (predominando mfeno), isolados ou agrupados, alguns com as bd reabsorvidas, seções basais ou alongadas, clivagem proeminente, pleocróicos (y= marrom claro x= castanho), com ap aciculares e op inclusos; mfeno de op subédricos cúbicos a anédricos, isolados ou agrupados. Matriz apresentando prismas longos de anf marrom, prismas curtos ou longos de cpx castanho, grãos op e ap em base vítrea. Presença de amígdalas achatadas e alongadas, orientadas, preenchidas principalmente por zeólitas.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN13a Praia da Biboca	Rocha negra (cinza escura nas partes mais alteradas), porfírica, com abundantes feno prismáticos longos de minerais máficos (< 5mm). Presença de amígdalas achatadas com carbonatos e zeólitas.	Lamprófiro alcalino I. Textura porfírica. Feno e mfeno de anf de até 5mm, bd pouco reabsorvidas, subedrais a euedrais (seções basais ou alongadas), fortemente pleocróicos (z= marrom esverdeado, x= castanho claro), clivagem proeminente, isolados ou agrupados com cpx e op, alguns mostrando uma zona de corrosão entre o nc e a bd; feno e mfeno de cpx (<3mm) euédricos a subédricos prismáticos (curtos e longos), castanho rosados (violáceos) homogêneos ou com nc verde irregular e bd violácea, zoneamento concêntrico, isolados ou agrupados, alguns bem fraturados, ângulo de extinção $z\Delta c \pm 35^\circ$; mfeno de op subédricos a anédricos, maioria agrupados. Matriz muito rica em prismas longos de anf marrom, prismas curtos ou longos de cpx castanho, op e ap em base vítrea. Presença de amígdalas várias preenchidas por carbonatos e zeólitas.
97FN14 Enseada da Caieira	Rocha cinza escura, porfírica, com abundantes feno prismáticos de cpx (± 4 mm) e de ol verde (± 3 mm), com agrupamentos, possivelmente xenocristalinos, de até 2,5 cm.	Basanita. Textura porfírica. Feno e mfeno de cpx prismáticos (curtos ou longos), maioria como grãos isolados, castanhos a violáceos, homogêneos ou zonados (zoneamento concêntrico) alguns com um nc esverdeado, com ângulo de extinção variável $z\Delta c \pm 50^\circ$ ou de baixo ângulo (augita?); feno (quase que totalmente alterados) e mfeno de ol (alguns agrupados), subédricos, alterados (carbonatos e serpentinas); feno e mfeno de um fôide do grupo da sodalita, com até 2mm, fraturados, bd reabsorvidas; mfeno de op heterogêneos (manchas claras e escuras), anedrais a subedrais, muitas vezes como pequenos cristais agrupados. Matriz é composta por prismas longos ou curtos de cpx, op, anf fortemente pleocróicos (marrom alaranjado-castanho pálido), tábuas ou ripas de fd, agulhas de ap em base vítrea. Presença de estruturas esferoidais com zeólitas. Aparecimento de um xenólito de traquito.
97FN15a Enseada da Caieira	Bd de dique máfico. Rocha cinza escura, porfírica, com feno de minerais máficos com até 5mm e de ol (± 3 mm) castanha esverdeada. Raras amígdalas.	Basanita. Textura porfírica. Feno e mfeno de cpx, com até 4mm, bd reabsorvidas, subédricos, castanho pálidos, alguns com zoneamento concêntrico e com clivagem proeminente, isolados ou agrupados, $2V\Delta c \pm 50^\circ$; feno e mfeno de ol subédricos a euédricos, pouco alterados, fraturados, com até 2mm, isolados ou agrupados. Matriz é composta por prisma curtos de cpx, op e ap em base vítrea. Presença de um xenólito (15mm) monominerálico de cpx.
97FN16 Praia do Cachorro	Rocha cinza esverdeada, muito fina, com algumas ripas de minerais félsicos, com até 2mm.	Fonólito afirico - Grupo I. Textura traquítica. Feno e mfeno de fd alcalino reabsorvidos (máximo 2,5mm), muito fraturados e de nef retangulares ou hexagonais (até 1mm); mfeno de cpx verde em glomérulos com op associados. Matriz: abundantes cpx verdes (prismas curtos e longos) maioria como grãos isolados em meio a ripas orientadas paralelas a subparalelas de fd alcalino e nef inequigranular hexagonal ou retangular.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN17a Ponta leste da Praia da Conceição	Rocha cinza, muito fina, com ripas de minerais félsicos de até 2mm e alguns pequenos cristais (menores de 2mm) de minerais máficos.	Fonólito afirico - Grupo I. Textura traquítica. Feno de fd alcalino de até 2,5mm muito fraturados; mfeno de nef retangular, cpx verde (prismas longos) e anf marrom (reabsorvidos e rodeados por pequenos cristais de cpx verde da matriz). Matriz: prismas curtos de cpx verde e nef inequigranular retangular ou arredondada (outro feldspatóide?) em meio a ripas orientadas paralelas a subparalelas de fd alcalino.
97FN17b Ponta leste da Praia da Conceição	Rocha cinza, bem fresca, muito fina, contendo feno tabulares de minerais félsicos de no máximo 3mm.	Fonólito afirico - Grupo I. Textura traquítica. Amostra muito semelhante a anterior (97FN17a) porém mostrando zonas de granulação mais fina e maior enriquecimento em cpx verde (matriz), além de apresentar mfeno de titanita.
97FN23 Baía do Sueste	Rocha cinza escura, parcialmente alterada, porfírica, com feno de minerais máficos (< 3mm) e ol verdes a castanhas quando frescas e ferrugem quando alteradas com até 5mm.	Basanita. Textura porfírica a glomeroporfírica. Feno e mfeno de cpx, com até 4mm, bd reabsorvidas, subédricos, prismas curtos ou longos, castanhos pálidos, homogêneos ou com nc verdes irregulares e bd castanha pálida, com zoneamento concêntrico, isolados ou agrupados com op inclusos; feno e mfeno de ol subédricos a anedrais, pouco alterados (cloritizados), fraturados, com até 2mm, isolados ou aglomerados. Matriz prisma curtos de cpx castanho, op, agulhas de ap, ripas de fd e raros cristais de ol em base vítrea poiquilítica. Presença de uma zona de granulação mais fina glomeroporfírica praticamente composta por cpx + ol + op XENÓLITO?
97FN25 Baía do Sueste	Rocha cinza, parcialmente alterada, porfírica, com feno de minerais máficos alongados (< 6mm) e pequenos cristais de fóide já alterados.	Lamprófiro alcalino IV. Textura porfírica (poucos feno). Feno e mfeno de anf com até 2mm, bd pouco reabsorvidas, subedrais a euedrais (seções basais), pleocróicos (z= marrom, x= castanho claro), clivagem proeminente, isolados ou agrupados; fraturados, com ap inclusas; feno e mfeno de cpx (<3mm) euédricos a subédricos prismáticos (curtos ou longos), castanho rosados (violáceos) homogêneos ou com nc verde irregular e bd violácea, zoneamento concêntrico, isolados ou agrupados, alguns bem fraturados, rodeados por pequenos cristais de op; feno e mfeno de fóide (grupo da sodalita?) euédricos a subédricos, isolados ou agrupados, alterados (manchas marrom) com até 1,5mm. Matriz composta por prismas longos de cpx castanho, op, ripas de fd e agulhas de ap em base vítrea com desenvolvimento de cristais fibrosos de zeólita.
97FN27 Baía do Sueste	Corpo máfico. Rocha alterada com coloração ocre.	Álcali-basalto. Textura afanítica. Raros mfeno de plagioclásio em meio a matriz desvitrificada com tábuas de fd, micrólitos de cpx e op, além de agulhas de ap. Pequenas amígdalas achatadas (menores que 0,5mm) com zeólitas. Material muito alterado.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN30a Praia do Leão porção marginal do corpo do Morro Branco	Rocha de tonalidade cinza, muito fina, com feno tabulares de fd orientado (menores que 3mm) e esporadicamente de minerais máficos (cristais isolados menores que 3mm).	Traquito porfirítico. Textura: porfirítica. Feno e mfeno de fd, subedrais, tabulares (até 4mm), orientados, muitos fraturados, geminados segundo a Lei de Carlsbad (de contato e interpenetrante) e ou polissintética, maioria isolados (alguns aglomerados), com várias inclusões fluidas, as vezes zonados; mfeno de feldspatóides (noseana ou hauína ?) anedrais arredondados a subedrais, aglomerados, com inclusões finas de minerais op (aspecto sujo); mfeno de cpx verde, pleocróico (verde oliva - acastanhado), subedrais a euedrais prismáticos (curtos e longos), alguns com zoneamento concêntrico e outros com ampulheta, isolados ou agrupados com titanita e grãos op; escassos mfeno de anf, anedrais, quase que totalmente substituídos por grãos op e rodeados por cpx verde da matriz, de titanita euedral e de op cúbicos a anedrais. Matriz traquítica com ripas orientadas de fd, grãos op anedrais a cúbicos e prismas curtos de cpx verde.
97FN30b Praia do Leão centro do corpo do Morro Branco	Rocha pouco alterada, muito fraturada, cinza clara onde destacam-se alguns feno de fd tabular e de minerais máficos menores que 3mm.	Traquito porfirítico. Textura: porfirítica. Feno (mais raros) e mfeno de fd, com as bd reabsorvidas, tabulares, geminados (polissintética e Carlsbad de contanto); mfeno de feldspatóide (noseana ou hauína ?), anedrais arredondados, isolados (alguns aglomerados), reabsorvidos, com aspecto sujo; escassos mfeno de cpx verde, prismas curtos, alguns agrupados com op cúbicos e titanitas euédras. Matriz traquítica com op e raros cpx verde em meio a ripas orientadas de fd.
97FN33a Enseada do Abreu	Rocha cinza escura com abundantes feno de minerais félsicos tabulares e também alguns máficos prismáticos alongados. Em alguns pontos nota-se a presença de amígdalas preenchidas por zeólitas.	Fonólito porfirítico. Textura porfirítica a glomeroporfirítica. Feno e mfeno de fd alcalino (até 5mm) tabulares com bd corroídas, geminados (Tipo Carlsbad de contato ou interpenetrante), fraturados, alguns zonados, isolados ou aglomerados (principalmente mfeno); feno e mfeno de nef retangular zeolitizada e de noseana (nc com inclusões finas de op) com no máximo 1mm isolados ou aglomerados; feno e mfeno de cpx verde pleocróico, prismas curtos e longos com grãos op e titanita associados; mfeno de cpx castanho com bd verde; escassos mfeno de anf marrom pleocróico (marrom – castanho), alguns com zoneamento, parcial ou totalmente substituídos por grãos op e rodeados por cpx verde da matriz; raros mfeno de titanita e op. Matriz: traquítica com ripas de fd alcalino orientadas, nef euédras e prismas curtos ou longos de cpx verde.
97FN34b Enseada do Abreu	Rocha negra, parcialmente alterada, amigdaloidal, fortemente porfirítica com feno de ol e de cpx de até 5mm.	Basanita. Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de cpx castanho rosado (violáceo) com até 5mm, bd reabsorvidas, prismas curtos ou longos, a maioria como grãos isolados, alguns agrupados poiquilíticos (várias inclusões de op e titanita), fraturados, homogêneos ou com nc verde irregular; feno e mfeno de ol com até 4mm (destacando-se um megacristal com ± 8 mm), subédricos, isolados ou aglomerados, fraturados (fraturas preenchidas por carbonatos). Matriz composta por prismas curtos de cpx castanho a violáceo, op cúbicos a anédricos, agulhas de ap e biotita em base vítrea (analcima?) poiquilítica. Presença de poucas amígdalas com carbonatos e zeólitas.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN35b Enseada do Abreu	Rocha cinza escura, fresca, quase afanítica com raros feno de piroxênio de aproximadamente 1mm.	Álcali-basalto. <i>Textura afanítica a pouco porfirítica.</i> Raros feno de plagioclásio subédricos, com até 5mm, muito fraturados (com carbonatos), bd corroídas, geminação polissintética; mfeno de op anedrais ou cúbicos heterogêneos (manchas de tonalidade mais clara, exsoluções?), de ol euédricas totalmente alteradas para carbonatos e de cpx castanho a violáceo prismático. Matriz marcada pela orientação de ripas ou tábuas de fd entre as quais aparecem prismas curtos ou longos de cpx, op, algumas ol e ap.
97FN42 Praia do Atalaia	Rocha cinza, bem fresca, porfirítica com feno de fd tabular de até 2,5mm e vários prismas longos ou curtos de cpx ? (± 3 mm).	Essexito. <i>Textura fortemente porfirítica com matriz fina, porém apresentando cristais de dimensões maiores.</i> Feno e mfeno de cpx castanho esverdeado, subédricos, com até 3mm, bd corroídas, fraturados, isolados ou agrupados, alguns com nc corroído com várias inclusões de op e ap, homogêneos ou com zoneamento concêntrico, ângulo de extinção $z\Delta c \pm 35^\circ$, $2V\Delta c \pm 45^\circ$; feno e mfeno tabulares finos de fd com até 2mm, geminados (geminação polissintética) ou não, fraturados, com inclusões de ap; feno e mfeno de ol euédricos, totalmente alterados (carbonatos) com até 1,5mm, fraturados, isolados ou agrupados; mfeno de op anedrais a cúbicos, heterogêneos (exsoluções?); escassos mfeno de fóide incolor. Matriz marcada por tábuas de fd entre as quais aparecem cpx castanho esverdeado, anf, biotita, ap, nef (alterada para analcima?), op e material desvitrificado.
97FN43c Saco do Atalaia	Rocha negra, pouco alterada, fortemente porfirítica, com feno prismáticos curtos ou longos (alguns agrupados) com até 5mm. Presença de grandes amígdalas (até 1cm) achatadas e orientadas.	Lamprófiro alcalino I. <i>Textura porfirítica.</i> Feno e mfeno de cpx castanhos violáceos com bd reabsorvidas, prismas curtos ou longos, com até 5mm, isolados ou aglomerados, fraturados, com op e ap inclusos (alguns com textura alveolar), normalmente heterogêneos exibindo zoneamento concêntrico ou do tipo ampulheta, ângulo de extinção $z\Delta c \pm 50^\circ$, $2V\Delta c \pm 50^\circ$; feno e mfeno de anf, subedrais seções basais ou alongadas, com até 4mm, pleocróicos (z= marrom alaranjado, x= castanho claro); mfeno de op euédricos cúbicos a subédricos, isolados ou agrupados; mfeno de feldspatóides anedrais arredondados, incolores ou amarelados, como grãos isolados ou agrupados; mfeno de op cúbicos a anedrais; escassos mfeno de fd tabulares. Matriz equigranular orientada, com anf, flogopita, prismas curtos de cpx, ap aciculares ou hexagonais, op e ripas de fd em base vítrea (parcialmente desvitrificada). Presença de várias amígdalas e estruturas globulares com zeólitas e carbonatos.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN48a Enseada da Caieira	Rocha negra, pouco alterada, porfirítica, com feno de ol parcialmente alterados e prismas longos ou curtos de cpx ou anf com até 3mm.	Lamprófiro alcalino III. Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de cpx castanho rosados (violáceos) euédricos a subédricos (prismas curtos ou longos), com no máximo 2,5mm (predominando os mfeno), agrupados ou isolados, fraturados, ângulo de extinção $z\Delta c \pm 50^\circ$, zoneamento do tipo ampulheta ou concêntrico (nc verde com fina bd castanho rosada); feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 1,5mm quase que totalmente substituídos por carbonatos e clorita; feno e mfeno de anf com até 2mm (predominando mfeno), isolados ou agrupados com cpx e op, alguns com as bd reabsorvidas, seções basais ou alongadas, pleocróicos (z= marrom esverdeado x= castanho pálido), com op inclusos; mfeno de op subédricos cúbicos a anédricos, isolados ou agrupados; raros mfeno de fóide azul anédricos. Matriz rica em prismas longos de cpx castanho rosado, grãos op, pequenas placas de biotita, tábuas de fd, agulhas de ap e material vítreo. Presença de pequenas amígdalas preenchidas por carbonatos.
97FN48b Enseada da Caieira	Rocha negra com vários feno de cpx ou anf de ± 1 mm e de glomérulos ou feno de ol verde com até 4mm.	Basanita. Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de cpx castanho (com fina bd violácea), euédricos a subédricos, com até 2,5mm, bd reabsorvidas, prismas curtos ou longos, a maioria como grãos isolados, alguns agrupados poiquilíticos (várias inclusões de op gerando uma textura alveolar), fraturados, zoneamento concêntrico; feno e mfeno de ol com até 3mm, subédricos, isolados ou aglomerados, fraturados (fraturas preenchidas por carbonatos), pouco alterados (cloritas e carbonatos). Matriz composta por prismas longos de cpx castanho e op cúbicos a anédricos em material desvitrificado. Presença de um grande xenólito monominerálico de cpx (poiquilítico).
97FN48c Enseada da Caieira	Rocha muito semelhante a 97FN48b, porém mais alterada.	Basanita. Textura fortemente porfirítica. Muito semelhante a amostra 97FN48b, porém mais alterada, com maior quantidade de feno de ol (que chegam a exceder os de cpx) e com aparecimento de várias estruturas esferoidais ou globulares com carbonatos no interior. Na matriz é possível notar agulhas de ap em meio ao material vítreo.
97FN49 Morro do Medeira	Rocha cinza esverdeada, muito fina, com feno de no máximo 2mm.	Fonólito afirico - Grupo II. Textura traquítica. Raros feno de fd alcalino e nef com no máximo 1mm, formas subedrais, predominando mfeno de nef retangulares ou hexagonais. Matriz: ripas de fd alcalino orientadas entre as quais dispõem-se cristais de nef inequigranulares retangulares ou hexagonais além de outro fóide isotrópico (provavelmente sodalita?); cpx verde intensamente pleocróicos como prismas longos com aspecto de feltro.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN50a e b Encosta da Enseada do Abreu	Rocha negra, pouco alterada, com várias amígdalas com carbonatos (até 1cm), porfírica com feno prismáticos curtos ou longos (cpx ou anf) de até 4mm.	Lamprófiro alcalino III. Textura porfírica. Feno e mfeno de cpx castanho rosado euédricos a subédricos (prismas curtos ou longos), com no máximo 1,5mm, agrupados ou isolados, fraturados, ângulo de extinção $z\Delta c \pm 35^\circ$, zoneamento concêntrico, alguns com nc verde irregular e bd castanho rosada, com ap e op inclusos; feno e mfeno de anf com até 1mm (predominando mfeno), maioria isolados, alguns com as bd reabsorvidas, pleocróicos (z= marrom x= castanho pálido), com op inclusos; mfeno de fóide incolor com inclusões de op no nc; mfeno de fd tabulares e de op cúbicos a anédricos. Matriz rica em cpx castanho rosado, com grãos op, anf, tábuas de fd, agulhas de ap e material vítreo. Várias estruturas esferoidais com zeólitas e amígdalas com carbonatos.
97FN50c Encosta da Enseada do Abreu	Rocha alterada muito semelhante a 97FN48b e 97FN48c.	Basanita. Textura fortemente porfírica. Feno e mfeno de cpx castanho (com fina bd violácea), euédricos a subédricos, prismas curtos ou longos, com até 4mm, bd reabsorvidas, grãos isolados ou agrupados, com nc poiquilíticos (várias inclusões de op gerando uma textura alveolar), fraturados, zoneamento concêntrico; pseudomorfos de ol com até 3mm, isolados ou aglomerados (cloritas e carbonatos); mfeno de op cúbicos ou anédricos e de fóides azuis euédricos. Matriz composta por prismas longos de cpx castanho, op cúbicos a anédricos, agulhas de ap e tábuas de fd em material desvitrificado. Presença de várias vesículas pequenas com zeólita. Obs: rocha relativamente alterada, com manchas laranjas ao redor de op (hidróxido de ferro?).
97FN51 Morro Boa Vista	Rocha cinza esverdeada, possuindo raros feno de minerais félsicos tabulares, com até 1mm.	Fonólito afírico - Grupo II. Textura traquítica. Escassos feno e mfeno de fd alcalino muito reabsorvido com recristalização nas bd (máximo 1,5mm) e nef (máximo 1mm); presença de um glomérulo de noseana envolto pela matriz, muito alterado, provavelmente xenocristalino?. Matriz: muito rica em ripas de fd alcalino com menor presença de feldspatóides (nef e sodalita?); cpx verde intensamente pleocróico como prismas longos com aspecto de feltro.
97FN52 Morro do Gato	Rocha cinza esverdeada, fresca, bem fina, contendo algumas ripas de minerais félsicos, de até 3mm.	Fonólito afírico - Grupo II. Textura traquítica. Feno de fd alcalino com até 3mm fraturados, bd reabsorvidas e presença de um único feno de nef retangular com 1mm. Matriz: ripas orientadas de fd alcalino entre as quais aparecem nef retangular ou hexagonal e sodalita ? anhedral a subhedral isotrópica; cpx verde fortemente pleocróico como agrupamentos com textura em feltro.
97FN53a Praia do Atalaia	Rocha cinza escura, bem fresca, amigdaloidal, porfírica, com feno de minerais máficos de até 4mm e de ol verde arredondada.	Basanita. Textura fortemente porfírica. Feno e mfeno de cpx castanho rosado (violáceo), com até 5mm, subédricos, com as bd corroídas, fraturados, isolados ou aglomerados, com zoneamento concêntrico, alguns com nc verde irregular, outros com textura alveolar (nc cheio de inclusões de op e ap, com carbonatos); feno e mfeno de ol subédricos, com até 5mm, alterados (clorita e carbonatos), fraturados, isolados ou aglomerados. Matriz com prismas longos de cpx, op anédricos ou cúbicos, alguns anf, tábuas de fd e agulhas de ap em base vítrea. Amígdalas com carbonatos.

Continuação do quadro 1.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN53b Praia do Atalaia	Rocha cinza clara, maciça, bem fresca, porfírica, com feno arredondados de ol fresca (< 2mm) e alguns máficos prismáticos (cpx?). Raras amígdalas preenchidas por carbonatos.	Basanita. Idem a 97FN53a com várias estruturas esferoidais (com carbonatos e zeólitas) e um feno de nef.
97FN54 Morro do Espinhaço	Rocha semelhante a 97FN52, porém com feno menores, com até 2mm, de minerais félsicos.	Fonólito afírico - Grupo II. Textura traquítica. Feno de fd alcalino (máximo 2,5mm) reabsorvidos subedrais tabulares e mfeno de nef retangulares; presença de um glomérulo com fd bem mais deformados do que os demais com feno de até 5mm com noseanas associadas (glomérulo xenocristalino?). Matriz: nef retangular ou hexagonal e fóide isotrópico em meio a ripas orientadas de fd alcalino; prismas longos de cpx verde intensamente pleocróico formando textura em feltro.
97FN57 Baía de Santo Antônio divisa com Praia da Biboca	Rocha cinza clara, muito fina, fraturada, com alguns feno de minerais máficos e félsicos menores que 3mm.	Traquito porfírico. Textura: porfírica. Raros feno de fd (com até 4mm) predominando mfeno tabulares, bd corroídas, fraturados, geminados (tipo polissintética e Carlsbad de contato), maioria como grãos isolados, alguns aglomerados; alguns mfeno isolados de feldspatóide anedrais arredondados a subedrais, nc com aspecto sujo (inclusões de op); mfeno de cpx verde, pleocróicos, maioria prismas curtos, alguns com zoneamento concêntrico, isolados ou agrupados com op cúbicos e titanitas euédricas; alguns pseudomorfos de anf totalmente substituídos por grãos op e rodeados por cpx verde da matriz. Matriz traquítica, com ripas orientadas de fd entre as quais aparecem grãos euedrais a subedrais de minerais op e prismas longos de cpx verde.
WWF - SG Ilha Sela Gineta	Rocha cinza esverdeada, fina, com feno tabulares de até 5mm, tabulares e vários mfeno retangulares e arredondados de minerais félsicos, além de escassos mfeno de minerais máficos.	Fonólito porfírico. Textura porfírica a glomeroporfírica. Feno e mfeno de fd alcalino muito deformados com até 5mm, subedrais tabulares, bd corroídas e recristalizadas (fóides); feno e mfeno de nef (em maiores quantidades que os fd) retangulares (predominantes) ou hexagonais com até 2,5mm isolados ou aglomerados, fraturados; feno (escassos) e mfeno de anf de até 3mm, pleocróicos (marrom-castanho) parcialmente alterados para op, rodeados por cpx verde da matriz; mfeno de noseana aglomerados ou isolados, bd corroídas, com inclusões aciculares de op; mfeno de cpx verde (prismas curtos ou longos) e mais raramente castanho com bd verde, isolados ou agrupados com grãos op e titanita. Matriz: traquítica com ripas paralelas subparalelas de fd alcalino entre as quais aparecem nef principalmente retangulares e prismas curtos de cpx verde pleocróico (castanho-verde oliva). Observação: amostra muito semelhante as da Enseada do Abreu e as mais máficas do Morro do Pico.

Quadro 2: Descrições petrográficas sucintas das amostras do Episódio Quixaba.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
89FN78a - BAS Baía do Sancho perfil (25 metros)	Rocha cinza clara onde se destacam feno de ol com até 3 mm, alterados, com tonalidade marrom-ocre.	Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 2,5 mm, parciais ou totalmente substituídos por material laranja (idingisita), fraturados, isolados; feno e mfeno de cpx castanho a castanho rosado, subédricos, com até 2 mm, isolados, nc corroído com inclusões de op, exibindo zoneamento concêntrico; feno e mfeno de fd tabular, com até 1,5 mm, geminados (geminção do Tipo Carlsbad de contato), com inclusões aciculares de ap; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos. Matriz: plagioclásio poiquilítico com prismas longos de cpx, ripas de fd e op.
89FN78b - BAS Baía do Sancho perfil (40 metros)	Rocha cinza clara com feno de ol alterados (até 3 mm) marrom-ocre.	Muito semelhante a 89FN78a, porém mostrando uma matriz um pouco mais orientada com maiores feno de ol e fd chegando a ter até 3,5 mm.
97FN1 - OLM Enseada da Caieira	Rocha cinza escura, pouco alterada, muito fina, porfirítica, com feno de ol castanho-esverdeada de até 3 mm. Raras amígdalas preenchidas por carbonatos ou zeólitas.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol com até 3 mm, euédricos a subédricos, parcialmente alterados (bd laranjas de idingisita), fraturados, com op inclusos; mfeno de mica subédricos, bd reabsorvidas, pleocróicos (x= castanho pálido, z= marrom avermelhado); mfeno de op cúbicos a anédricos e de prismas longos de cpx castanho pálido. Matriz muito fina marcada principalmente por prismas longos de cpx, micrólitos de ne, ol e op, além de agulhas de ap e material vítreo (analcima?). Aparecimento de algumas amígdalas com zeólitas.
97FN8 - PIM Baía de Santo Antônio a leste do Pier	Rocha cinza escura, com feno de ol pouco alterados (verdes a castanhos) com até 2 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos, com até 3 mm, fraturados, com as bd alteradas de tonalidade laranja (idingisita); escassos feno e mfeno de cpx prismático longo, castanho pálido a rosado, menores que 1mm; raros mfeno de mica (principalmente junto a zeólitas) pleocróicos (x= amarelo a castanho pálido, z= marrom avermelhado) com inclusões aciculares de ap e de ne euédrica retangular. Matriz: muito rica em ne contendo também op, prismas longos de cpx e ol. Presença de amígdalas com zeólitas.
97FN13c - PIM Praia da Biboca	Rocha cinza parcialmente alterada, porfirítica, com feno de ol de até 2 mm parcialmente alterados (verdes a castanhos). Presença de amígdalas com carbonatos.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 2,5 mm, pouco alterados (bd finas laranjas de idingisita), com mica nas bd, isolados (maioria) ou agrupados em matriz de ne (analcima?) poiquilítica com prismas longos de cpx castanho pálido, op, algumas micas (<0,08 mm) pleocróicas (x= amarelo, z= marrom alaranjado) e agulhas de ap.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN13d - PIM Morro próximo a Praia da Biboca	Rocha cinza com estrutura granular, porfirítica, com feno parcialmente alterados de ol verde a castanha de até 3 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 3 mm, pouco ou muito alterados (laranjas, idingisita), isolados ou agrupados; feno (1,5 mm) e mfeno (< 0,5 mm) de mica reabsorvidos, isolados, fortemente pleocróicos (x= castanho, z= marrom avermelhado) com ap e op inclusos; mfeno de op anedrais a subedrais cúbicos. Matriz: base de ne (analcima?) poiquilítica com vários prismas de cpx castanho pálido, op, mica e agulhas de ap.
97FN19 - PIM Proximidades do Morro do Meio	Rocha cinza escura, fresca, porfirítica, rica em feno de ol castanha avermelhada de até 4 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol com até 3 mm, euédricos a subédricos, fraturados, pouco alterados (bd ferruginosas) com op e micas inclusos, normalmente rodeados por pequenos grãos de op e mais esporadicamente de mica; feno e mfeno de cpx castanho a castanho rosado, com até 1,5 mm, zoneamento do tipo ampulheta, isolados ou agrupados; mfeno de mica subédricos, pleocróicos (x= castanho pálido, z= marrom avermelhado); mfeno de op cúbicos a anédricos. Matriz muito fina marcada principalmente por prismas longos de cpx, micrólitos de ne, ol e op, além de agulhas de ap e material vítreo (analcima?).
97FN20 - OLM Proximidades do Morro do Meio Dique?	Rocha negra, com estrutura granular (muito semelhante a 97FN13d), porfirítica, com feno de ol castanha esverdeada de até 5 mm. Ankaratrito?	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subedral, fraturados, alguns cloritizados, com até 4 mm, isolados ou aglomerados, bordejados por op e cristais de mica (< 0,1 mm); mfeno de cpx prismáticos castanho pálido a rosado. Matriz marcada por prismas longos de cpx, junto a mica pleocróica (igual a da bd da ol, x= castanho e z= marrom avermelhado) e op em base vítrea poiquilítica.
97FN21 - OLM Morro a E do Morro do Meio	Rocha fresca, cinza escura, porfirítica, rica em feno de ol castanha avermelhada (< 4 mm).	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 3 mm, isolados ou agrupados, fraturados, com bd fina de alteração (laranja), alguns com nc reabsorvido (op inclusos); mfeno de mica (< 0,25 mm) reabsorvidos, pleocróicos (x= amarelo, z= marrom) isolados ou ao redor da ol; mfeno de cpx prismas longos castanhos a rosados (alguns com zoneamento concêntrico). Matriz: orientada (devido aos prismas longos de cpx castanho) com ne retangulares ou hexagonais (com ap inclusas) e op cúbicos a anédricos.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN31 - MEM Proximidades da Praia do Leão	Rocha cinza clara, muito fresca, muito fina, com pequenos feno de ol verde menores que 2 mm.	Textura porfirítica (granulação da matriz bem mais grossa). Feno e mfenos (forma mais abundante) de ol com até 3 mm, euédricos a subédricos, fraturados, alguns cloritizados, porém a maioria bem fresco, isolados ou agrupados; mfenos de cpx castanho rosado (prismas finos e longos), de micas (< 0,2 mm, pleocróicos x= amarelo e z= marrom alaranjado, c/ ap inclusas) e de op (agrupados). Matriz: granulação bem mais grossa que a dos demais ankaratritos, com ne retangulares (com ap inclusas) entre as quais aparecem prismas de cpx castanho, micrólitos de op (ora isolados ora agrupados), algumas micas (iguais aos mfenos) e melilita completamente alterada (de cor amarelo canário).
97FN32b - OLM Ponta das Caracas (perfil)	Rocha cinza escura, pouco alterada, porfirítica, com feno de ol de até 4 mm verdes a castanhos. Aparecimento de algumas amígdalas (2 a 5mm) com carbonatos.	Textura porfirítica. Feno e mfenos de ol euédricos a subédricos, com até 5 mm, pouco alterados (bd finas laranjas de idingisita), isolados ou agrupados, alguns com nc corroído com carbonatos, em matriz de ne (analcima?) poiquilítica com prismas longos de cpx castanho pálido, op, algumas micad (< 0,1 mm) pleocróicas (x= quase incolor, z= amarelo a amarelo salmão) e agulhas de ap. Presença de amígdalas de até 5mm com carbonatos.
97FN38 - PIM Bloco rolado próximo ao Morro do V.O.R. (em nível topográfico mais alto)	Rocha cinza, fina, onde se destacam feno de ol parcialmente alterados (coloração castanha) com até 2mm de comprimento.	Textura fortemente porfirítica. Feno e mfenos de ol com até 2,5 mm, euédricos a subédricos, alterados (raramente com nc preservado estando a maioria com tonalidade laranja - idingisita), isolados ou agrupados, fraturados; feno e mfenos de cpx castanho a rosado de até 1mm, prismas curtos ou longos, fraturados, homogêneos ou com zoneamento concêntrico, isolados; mfenos de mica com bd corroídas, fortemente pleocróicos (x= castanho pálido, z= marrom avermelhado). Matriz: ne poiquilítica com prismas de cpx castanho, op, mica e agulhas de ap.
97FN39 - PIM Divisa Ponta do Capim-Açu e Barro Vermelho	Rocha cinza, muito fina, porfirítica, com feno de ol alterada (ferruginosa) com no máximo 3 mm. Aparecimento de amígdalas achatadas preenchidas por carbonatos.	Textura porfirítica. Feno e mfenos de ol com até 3 mm, euédricos a subédricos, fraturados, com op inclusos; mfenos de mica subédricos, bd reabsorvidas, pleocróicos (x= castanho, z= marrom avermelhado); mfenos de op cúbicos a anédricos e de prismas longos de cpx castanho pálido a rosado. Matriz muito fina marcada principalmente por prismas longos de cpx, micrólitos de ne, ol e op, além de agulhas de ap e material vítreo. Presença de amígdalas (até 5 mm).

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfenos= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
97FN40 - PIM ± 100m marco do Alto da Bandeira	Rocha cinza escura, fresca, com feno de ol menores que 3mm. Presença de algumas vesículas ou amígdalas com carbonato.	Textura fortemente porfirítica. Muito semelhante a 97FN38, porém apresentado-se menos alterada (ol mais frescas), com alguns cristais de plagioclásio e contendo amígdalas preenchidas com zeólitas ou carbonatos.
97FN41 - BAS Morro do V.O.R.	Rocha cinza clara, muito fina, porfirítica, com pequenos feno de ol castanha esverdeada (< 2 mm).	Textura porfirítica. Muito semelhante a 97FN37, porém com matriz pouco orientada, com vários agrupamentos de mfeno de cpx castanho e sem amígdalas.
97FN44a e 97FN44b - OLM Baía do Sancho	Rocha cinza escura, muito fina, porfirítica, com ol castanho esverdeadas com até 5 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 3,5 mm, com fina bd de alteração laranja (idingisita), isolados, fraturados; poucos mfeno de cpx castanho (prismas longos e finos) com zoneamento concêntrico e de mica pleocróica (x= castanho, z= marrom). Matriz: muito fina com micrólitos de ne, prismas curtos de cpx micrólitos de op (muitas vezes agrupados). Presença de pequenas vesículas (< 1mm) com micas.
97FN45 - PIM Buraco da Raquel	Rocha cinza escura, muito fina, pouco alterada muito semelhante a 97FN44a e 97FN44b.	Textura porfirítica. Semelhante a 97FN44a e 97FN44b porém com grandes amígdalas com até 4 mm preenchidas por zeólitas e carbonatos, além de de mica (< 0,2 mm) pleocróica (x= castanho, z= marrom avermelhado), ap e op.
97FN46 - PIM Tamandaré	Rocha cinza escura, muito fina, porfirítica, com ol (castanho – esverdeadas) com até 3 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, com até 3 mm, parcial ou totalmente alterados (idingisita), isolados, fraturados, rodeados ou não por op da matriz, com inclusão dos mesmos; mfeno de mica (< 0,5 mm) subédricos, pleocróicos (x= castanho pálido, z= marrom avermelhado), alguns com op inclusos; raros mfeno de cpx castanho pálido, reabsorvidos, com op inclusos. Matriz: muito fina com ne isoladas ou agrupadas, prismas curtos ou longos de cpx castanho pálido a incolor, op cúbicos ou anédricos e material vítreo. Poucas amígdalas pequenas com zeólitas.
97FN58a - OLM Topo do Morro do Francês	Rocha cinza fresca, com feno de ol de até 2 mm arredondados, verdes a castanhos.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol euédricos a subédricos, de até 2 mm, a maioria como grãos isolados, alguns agrupados, fraturados, pouco alterados (bd finas de idingisita), com op inclusos, rodeados por uma bd marcada por pequenos grãos de ne, cpx e op, os últimos com estrutura vermicular; raros mfeno (< 0,2 mm) de mica subédricos marrom-castanho (quando pleocróicos x= castanho e z= marrom). Matriz muito fina de micrólitos de ne, pequenos prismas de cpx castanho pálido, op e ol.

OLM = olivina melaneferinito, MEM = melilita melaneferinito e melaneferinito com melilita, PIM = piroxênio melaneferinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN1 - OLM Lado leste da Praia dos Americanos (nível 0,5 metros)	Rocha cinza escura, muito fresca, maciça, porfirítica, com feno de ol (castanhos a verdes) de até 3 mm. Aparecimento de raras amígdalas (< 4 mm) com zeólitas.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos, < 2 mm, alguns com bd de alteração de clorita, fraturados, em parte rodeados por grãos op e mais raramente micas, isolados, as vezes com nc corroído; mfeno de op anédricos a cúbicos; mfeno de cpx castanho a castanho rosado, subédricos, prismas longos, com inclusões de op, exibindo zoneamento concêntrico fraco; escassos cristais de mica, um pouco maiores do os da matriz, fortemente pleocróicos (x= amarelo e z= marrom avermelhado), raros feno de fd anédrico, muito reabsorvidos, menores que 1,5 mm, aparentemente como parte integrante da matriz, com inclusões aciculares de ap. Matriz: prismas longos de cpx castanho, ne retangular e grãos op cúbicos ou anédricos.
99FN2 - OLM Lado leste da Praia dos Americanos (nível 15 metros)	Rocha cinza, parcialmente alterada, amigdaloidal (amígdalas achatadas ou arredondadas, com zeólitas), porfirítica, com feno de ol de até 5 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos, com até 2,5 mm, parciais ou totalmente alterados para idingisita, muito fraturados, rodeados por grãos op, isolados ou agrupados, alguns com nc totalmente reabsorvido com desenvolvimento de micas; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos; raros mfeno de cpx castanho, com inclusões de op, muito reabsorvidos; escassos cristais de mica, um pouco maiores do que os que compõem a matriz, fortemente pleocróicos (x= castanho e z= marrom avermelhado), ocorrendo principalmente junto as zeólitas preenchendo as amígdalas. Matriz: rica em prismas curtos de cpx castanho, grãos op, em meio a base de ne (analcima?) com agulhas de ap. Amígdalas menores que 1 mm.
99FN3 - OLM Drenagem Boldró (nível 5,4 m)	Rocha cinza escura, pouco alterada, maciça, porfirítica, com feno de ol (castanhos) de até 3 mm. Aparecimento de pequenas amígdalas (< 1 mm) com zeólitas.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos, com até 3 mm, parcialmente alterados para idingisita, muito fraturados, em parte rodeados por grãos op, isolados ou agrupados, alguns com nc totalmente reabsorvido; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos; raros mfeno de cpx castanho muito reabsorvidos; escassos cristais de mica, um pouco maiores do que os que compõem a matriz (< 0,1 mm), fortemente pleocróicos (x= castanho e z= marrom avermelhado), ocorrendo junto as zeólitas preenchendo as amígdalas, ou ao redor de ol, ou disseminados na matriz. Matriz: prismas curtos de cpx castanho, grãos op, em meio a cristais subédricos de ne. Amígdalas menores que 1 mm com zeólitas e ap, com estrutura globular.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN4 – BAS Drenagem Boldró (nível 21,5 m)	Rocha cinza, parcialmente alterada, amigdaloidal (amígdalas achatadas ou arredondadas, < 1 mm, com zeólitas), porfírica, com feno de ol de até 5 mm (alguns totalmente alterados, de cor ocre).	Textura porfírica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 2 mm), parciais ou totalmente alterados para iddingsita, muito fraturados, rodeados por grãos op, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; feno e mfeno (< 1 mm) de cpx castanho rosado (violáceo), alguns com zoneamento concêntrico ou do tipo ampulheta; mfeno de mica (< 0,5 mm) fortemente pleocróica (x= amarelo, y= castanho esverdeado, z= marrom). Matriz: prismas longos de cpx castanho, intercrescidos com grãos op cúbicos ou anédricos, mica marrom esverdeada, ap e fd. Em alguns pontos o fd aparece como uma massa poiquilítica incluindo os outros cristais da matriz. Amígdalas com zeólitas.
99FN7a – BAS Baía do Sancho perfil (nível 15 m)	Rocha cinza clara, alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (< 3mm) parcial ou totalmente alterados.	Textura porfírica a microporfírica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 2 mm), parciais ou totalmente alterados para iddingsita, fraturados, rodeados por grãos op, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; feno e mfeno (< 1 mm) de cpx castanho rosado (violáceo), bd reabsorvidas, nc corroídos com várias inclusões, com zoneamento concêntrico ou como grãos homogêneos. Matriz: marcada por bandas finas ($\pm 0,08$ mm) alternadas com bandas muito finas ($\pm 0,03$ mm), ambas compostas por prismas de cpx castanho, grãos op cúbicos ou anédricos, raros cristais de mica marrom pleocróica (x= castanho, z= marrom alaranjado ou x= amarelo, z= marrom avermelhado próximas a ol) e ripas de plagioclásio ou material vítreo com inclusões de ap acicular.
99FN7b - BAS Baía do Sancho perfil (nível 20 m)	Rocha cinza clara, alterada, maciça, porfírica, com feno de ol ($\pm 2,5$ mm chegando até 9 mm), parcial ou totalmente alterados.	Textura fortemente porfírica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 2,5 mm), parciais ou totalmente alterados para iddingsita, fraturados, rodeados por grãos op, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; feno e mfeno (< 2,5 mm) de cpx castanho rosado (violáceo), bd reabsorvidas, nc corroídos com várias inclusões, com zoneamento concêntrico ou como grãos homogêneos; feno e mfeno de plagioclásio (geminação polissintética - leis de Albita e Carlsbad). Matriz: plagioclásio poiquilítico (como grandes cristais sem contorno definido), que incluem prismas de cpx castanho, grãos op cúbicos, cristais de mica marrom pleocróica (x= castanho, z= marrom esverdeado) e ap. Em algumas áreas nota-se o aparecimento de pequenos cristais tabulares de plagioclásio ($\pm 0,05$ mm), intercrescidos com cpx, op e ap, com material vítreo intersticial.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN7c - BAS Baía do Sancho perfil (nível 25 m)	Rocha cinza clara, alterada, maciça, porfirítica, fraturada, com feno de ol (± 5 mm) e de cpx (< 1 mm), parcial ou totalmente alterados.	Semelhante a 99FN7b. A textura é fortemente porfirítica e os feno de ol são maiores (com até 4 mm). A matriz é representada apenas por plagioclásio poiquilítico, incluindo cristais maiores ($\pm 0,06$ mm) de cpx, op, mica e ap.
99FN7d - BAS Baía do Sancho perfil (nível 30 m)	Rocha cinza azulada, alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol e de cpx (± 5 mm), parcial ou totalmente alterados.	Semelhante a 99FN7c. Novamente nota-se um aumento da dimensão dos cristais tanto dos feno de plagioclásio (< 5 mm), quanto dos componentes da matriz ($\pm 0,08$ mm), que ocorrem inclusos na massa poiquilítica de plagioclásio.
99FN7e - BAS Baía do Sancho perfil (nível 40 m)	Rocha cinza azulada, alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol, plagioclásio (± 5 mm até 9 mm), parcial ou totalmente alterados.	Semelhante a 99FN7d. Megacristais de até 10 mm de ol, rodeados por massas de plagioclásio. A matriz é representada por plagioclásio poiquilítico (grandes tábuas sem contorno definido), com inclusões de cristais ($\pm 0,08$ mm) de cpx, op, mica e ap.
99FN7f - BAS Baía do Sancho perfil (nível 50 m)	Rocha cinza clara a azulada, alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol e plagioclásio (5 mm - 9 mm), alterados.	Idem a 99FNf.
99FN8a - BAS Ilha São José (nível 0 m)	Rocha cinza escura a negra, bem fresca, maciça (muito fina), pouco porfirítica, com feno de ol (± 3 mm), verdes. Aparecem raras amígdalas, pequenas (< 1 mm).	Textura porfirítica a microporfirítica. Feno (raros) e mfeno de ol subédricos (< 1 mm), parcialmente alterados para clorita, fraturados, rodeados por grãos op, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; feno e mfeno (< 1 mm) de cpx castanho rosado (violáceo), bd reabsorvidas, nc corroídos com várias inclusões (estrutura alveolar), com zoneamento concêntrico. Matriz muito fina (cristais de $\pm 0,02$ mm), micrólitos de cpx castanho e de grãos op cúbicos ou anédricos, entre os quais aparecem ripas muito finas de plagioclásio, ap e vidro. Raras amígdalas ($< 0,5$ mm) com material de alteração verde (clorita?).
99FN8b e 8c- BAS Ilha São José (níveis 5m e 2 m)	Idem a 99FN8a, com maior presença de xenólitos de ol verde, centimétricos (1 a 2 cm).	Semelhante a 99FN8a, porém com aumento de feno e mfeno de ol e cpx. Cristais da matriz um pouco maiores ($\pm 0,03$ mm).

OLM = olivina melaneferinito, MEM = melilita melaneferinito e melaneferinito com melilita, PIM = piroxênio melaneferinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN9a e c - BAS Ilha Cuscuz (nível 0 m)	Rocha cinza escura a negra, bem fresca, maciça, porfírica, com feno de ol (± 3 mm), verdes. Aparecem xenólitos centimétricos (< 3 cm) de ol.	<i>Textura porfírica.</i> Feno e mfenos de ol subédricos (< 2 mm), parcialmente alterados para clorita, fraturados, rodeados por grãos op ou com várias inclusões dos mesmos, isolados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; feno e mfenos (< 2 mm) de cpx castanho rosado (violáceo), bd e nc muito reabsorvidos, com várias inclusões de op (estrutura alveolar) ou com material vítreo da matriz. Matriz: ripas de plagioclásio subparalelas ($\pm 0,08$ mm), com ap inclusas, entre as quais aparecem prismas curtos ou micrólitos de cpx castanho, grãos op cúbicos ou anédricos, ol e em algumas áreas vidro marrom lilás intersticial. Xenólitos de cpx incolor e ol aglomerada (± 10 mm).
99FN9b - BAS Ilha Cuscuz (nível 10 m)	Rocha cinza escura, fresca, maciça (muito fina), pouco porfírica, com feno de ol (± 2 mm), verdes. Presença de amígdalas, pequenas (< 1 mm).	Semelhante as amostras 99FN9a e 99FN9c, porém com mais cpx na matriz (prismas longos), mais material vítreo e menos plagioclásio. Aparecimento de algumas amígdalas < 1 mm, com zeólitas.
99FN10b - BAS Ilha São José	Rocha cinza clara, pouco alterada, maciça, fina, porfírica, com feno de ol ($\pm 2,5$), parcial ou totalmente alterados e feno de cpx (< 2 mm). Xenólitos de ol verde centimétricos (< 3 cm).	<i>Muito diferente dos outros basanitos da Ilha São José. Textura pouco porfírica.</i> Feno e mfenos ($< 2,5$ mm) de cpx castanho com bd violácea, nc muito reabsorvidos, com várias inclusões de op (estrutura alveolar); feno (raros) e mfenos de ol subédricos (< 2 mm), frescos, fraturados, raramente rodeados por grãos op, isolados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos. Matriz: marcada pela orientação subparalela de ripas ou tábuas de plagioclásio ($\pm 0,2$ mm), entre as quais aparecem prismas curtos de cpx castanho-esverdeado ($\pm 0,05$ mm), grãos op cúbicos, ol, agulhas de ap e vidro marrom lilás (muito fresco) intersticial.
99FN13a - OLM BR descida para Sueste	Rocha cinza escura, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocre) de até 3 mm. Aparecimento de pequenas amígdalas (< 1 mm) com zeólitas.	<i>Textura porfírica.</i> Feno e mfenos de ol subédricos, parcial ou totalmente alterados para idingisita, muito fraturados, rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a cúbicos, isolados ou formando agrupamentos; escassos cristais de mica, fortemente pleocróicos (x= castanho e z= marrom alaranjado) principalmente nas amígdalas. Matriz: prismas de cpx castanho intercrescidos com ne retangulares, grãos op, algumas micas e material vítreo intersticial (com algumas agulhas de ap.) Amígdalas menores que 0,5 mm, principalmente com zeólitas.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanito, feno= fenocristal, mfenos= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN13b - OLM BR descida para Sueste	Rocha cinza escura, pouco alterada, maciça, porfirítica, com feno de ol (castanhos) < 3 mm. Presença de pequenas amígdalas (< 1 mm) com zeólitas.	Muito semelhante a 99FN13a, porém com micas maiores (< 0,7 mm), com op e ap inclusos, aparecendo próximas a feno de ol.
99FN15 - PIM (quase um piroxenito) Estrada Caracas - Leão (desfiladeiro)	Rocha cinza a cinza azulada, parcialmente alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol (< 4 mm), parcial (castanho esverdeados) ou totalmente alterados (ocres).	Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 5 mm), bd de alteração de iddingsita, fraturados, nc reabsorvido com cristais da matriz, isolados; feno e mfeno (< 2 mm) de cpx castanho rosado (violáceo), prismas longos, com zoneamento concêntrico (nc castanho e bd violácea) ou como grãos homogêneos. Matriz: prismas de cpx castanho violáceo ($\pm$ 0,08 mm), grãos op cúbicos ou anédricos, com fd alcalino e material vítreo (com agulhas de ap) intersticiais, além de raros micrólitos de mica marrom pleocróica (x= castanho, z=).
99FN16 - PIM Praia da Cacimba do Padre (alto da encosta $\pm$ 50 m)	Rocha cinza, fresca, parte maciça, parte amigdaloidal (amígdalas redondas < 2 mm, com zeólitas), porfirítica, com feno de ol e cpx (< 2 mm).	Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de cpx subédricos (< 2,5 mm), prismas curtos, castanho esverdeados, com inclusões de op, exibindo zoneamento concêntrico (nc verde e bd lilas), ou zoneamento do tipo ampluheta; feno e mfeno de ol subédricos, (< 2 mm) alguns com bd fina de alteração de idingsita, fraturados, em parte rodeados por grãos op. Matriz: muito rica em prismas longos de cpx castanho esverdeado, intercrescidos com micrólitos de ne retangular e grãos op cúbicos ou anédricos, com vidro intersticial (contendo agulhas de ap). Algumas amígdalas com estruturas globulares (< 0,3 mm) com zeólitas.
99FN17 - OLM Entrocamento Estrada Praia dos Americanos e Baía do Sancho	Rocha cinza, parcialmente alterada, maciça a amigdaloidal, porfirítica, com feno de ol (< 3 mm), parcial (castanho esverdeados) ou totalmente alterados (ocres).	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos, parciais ou totalmente alterados para idingsita, fraturados, rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos, isolados ou formando agrupamentos; escassos mfeno de cpx castanho violáceo, alguns com nc verde, muito reabsorvidos; mfeno de mica, fortemente pleocróicos (x= amarelo e z= marrom alaranjado). Matriz: prismas curtos ou longos de cpx castanho intercrescidos com ne subédrica (com ap inclusas), grãos op cúbicos ou anédricos e micas. Amígdalas menores que 1 mm, principalmente com zeólitas e, algumas micas.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN18 - OLM Baía dos Porcos - divisa Cacimba (nível 0 m)	Rocha cinza, alterada, maciça a amigdaloidal, porfírica, com feno de ol (< 2 mm), parcial (castanho esverdeados) ou totalmente alterados (ocres).	Textura porfírica, matriz muito fina. Feno e mfenos (predominantes) de ol subédricos, (< 2 mm), alterados para idingisita nas bd, fraturados, rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; escassos cristais de mica, fortemente pleocróicos (x= castanho e z= marrom avermelhado), principalmente nas amígdalas. Matriz: rica em prismas curtos de cpx castanho entre os quais aparecem microlitos de ne, grãos op cúbicos ou anédricos, algumas micas e ap. Amígdalas com até 2 mm, preenchidas com zeólitas.
99FN19 - OLM W da Cacimba do Padre	Rocha cinza, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocres) de até 3 mm. Aparecimento de algumas amígdalas achatadas (< 2 mm) com carbonato.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos, (< 2 mm), parciais ou totalmente alterados para idingisita, alguns com nc muito reabsorvido, fraturados, rodeados por grãos op, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos, isolados ou formando agrupamentos; escassos mfenos de cpx castanho esverdeado a violáceo, poiquilíticos, muito reabsorvidos; mfenos de mica um pouco maiores que os da matriz, pleocróicos (x= castanho e z= marrom avermelhado). Matriz: prismas curtos ou longos de cpx castanho a esverdeado, intercrescidos com ne (com ap inclusas) e grãos op. Amígdalas achatadas e alongadas menores que 3 mm, com carbonatos.
99FN20 - OLM Centro da Cacimba do Padre (nível 0 m)	Rocha cinza, pouco alterada, amigdaloidal, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocres) de até 4 mm. Aparecimento de algumas amígdalas (< 5 mm) com carbonato ou zeólitas.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos, (< 2,5 mm) alguns com bd de alteração de idingisita (alguns totalmente alterados), fraturados, em parte rodeados por grãos op, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; mfenos (< 0,5 mm) de mica, pleocróicos (x= castanho e z= marrom avermelhado), raros mfenos de fd anédrico, muito reabsorvidos, menores que 0,5 mm. Matriz: prismas curtos de cpx castanho, entre os quais aparecem ne retangular, grãos op cúbicos ou anédricos e ap. Algumas amígdalas < 0,5 mm com zeólitas ou carbonatos.
99FN21a - MEM Próximo a Ponta do Capim-açu (derrame da base)	Rocha cinza clara, maciça, fraturada, porfírica, com feno de ol (castanhos a verdes) de até 4 mm. Aparecimento de algumas amígdalas (< 1 mm) com carbonato.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos, (< 2,5 mm) bem frescos, fraturados, em parte rodeados por grãos op, isolados ou agrupados; mfenos de cpx castanho a castanho rosado, subédricos, prismas longos ou curtos, com inclusões de op; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; raros cristais de mica, um pouco maiores do que os que compõem a matriz, marrom alaranjados, associados a cpx; raríssimos mfenos de melilita. Matriz: prismas longos de cpx castanho, ne subédrica (com ap inclusa) e grãos op cúbicos ou anédricos. Algumas amígdalas (< 0,5 mm) preenchidas com carbonato e zeólitas. OBS: muito semelhante a am 97FN31.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfenos= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN21b - MEM Protuberância antes da ponta do Capim- açu (derrame de cima)	Rocha cinza, fresca, maciça, porfirítica, com feno de ol verde de até 2,5 mm. Raras amígdalas (< 3 mm) com zeólitas.	Textura porfirítica, matriz muito fina. Feno e mfeno de ol subédricos (< 2,5 mm), bem frescos, reabsorvidos, fraturados, rodeados por grãos op ou micas, isolados ou agrupados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos, isolados ou formando agrupamentos; escassos mfeno de cpx castanho esverdeado a violáceo, poiquilíticos, muito reabsorvidos; mfeno de melilita (< 0,3 mm) tabular, pouco a muito alterados, com estrutura do tipo <i>peg</i> ; mica um pouco maiores que os da matriz (< 0,1 mm), pleocróicos (x= amarelo pálido e z= amarelo rosado - salmão). Matriz: prismas longos de cpx castanho pálido, entre os quais aparecem micrólitos de ne, grãos op cúbicos ou anédricos e algumas ap. Amígdalas < 3 mm, com zeólitas, ne e mica.
99FN22 - BAS Proximidades da planície da viração	Rocha cinza, pouco alterada, porfirítica, com feno de ol castanha (< 3 mm) e algumas amígdalas com carbonato.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 2,5 mm), parcialmente alterados para iddingsita, fraturados, nc reabsorvidos, isolados; mfeno (< 0,5 mm) de cpx castanho a rosado (violáceo), com zoneamentos concêntricos ou homogêneos. Matriz: prismas curtos de cpx castanho a violáceo ($\pm$ 0,07 mm), grãos op cúbicos ou anédricos, tábuas de plagioclásio, acículas de ap e material vítreo (alterado) intersticial. Raras amígdalas com carbonatos.
99FN24 - OLM Entre a Planície da viração – Praia do Leão	Rocha cinza, pouco alterada, maciça, porfirítica, com feno de ol (castanhos a ocres) < 3 mm. Aparecimento de algumas amígdalas achatadas (< 1 mm) com zeólitas.	Textura fracamente porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 2,5 mm) alguns com bd de alteração clorita ou de iddingsita, fraturados, alguns com nc muito reabsorvido, em parte rodeados por grãos op, isolados ou agrupados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos; raros mfeno (2) de cpx castanho rosado; mfeno quase matriz (< 0,1 mm) de mica, pleocróicos (x= castanho e z= marrom avermelhado), sendo que ao longo das amígdalas chegam a 0,2 mm. Matriz: prismas curtos ou longos de cpx castanho, entre os quais aparecem ne subédrica (com ap inclusa) e grãos op cúbicos ou anédricos. Algumas amígdalas < 0,7 mm com zeólitas radiadas.
99FN25 -MEM Proximidades da Praia do Leão (nível 25 m) lâmina sonda	Rocha cinza escura, bem fresca, muito fina, porfirítica, com vários feno (< 1,5 mm) de ol verde oliva. Presença de várias amígdalas.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol frescos, subédricos (< 2 mm), alguns com bd muito fina de alteração de iddingsita, fraturados, rodeados por grãos op, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; raros mfeno (< 0,2 mm) de cpx castanho rosado; mfeno (< 0,2 mm) a quase matriz ($\pm$ 0,08 mm) de melilita, com estrutura do tipo <i>peg</i> . Matriz: ne subédrica (com ap inclusa) intercrecida com prismas curtos ou longos de cpx castanho, grãos op cúbicos ou anédricos, micas fortemente pleocróicas (x= amarelo, z=salmão) e ap.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN27 - BAS Alto da Baía dos Golfinhos	Rocha cinza azulada, alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol (± 5 mm), parcial ou totalmente alterados (ocres).	Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos ($< 2,5$ mm) quase que totalmente alterados para iddingsita, fraturados, em parte rodeados por grãos op, isolados; feno e mfeno de cpx zonado (nc castanho esverdeado e bd violácea), fraturados, alguns com textura alveolar (inclusões de op e ap); mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos. Matriz: prismas curtos ou longos de cpx castanho, grãos op cúbicos ou anédricos, entre os quais aparecem ripas de plagioclásio (entre 0,2mm e 0,1 mm) com acículas de ap, mica pleocróica (x= amarelo e z= marrom esverdeado). Algumas amígdalas $< 1,5$ mm com zeólita.
99FN28 - BAS Trilha paralela ao desfiladeiro da Baía dos Golfinhos para Baía do Sancho	Rocha cinza clara a azulada, alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol (< 3 mm) parciais ou totalmente alterados e de cpx (< 2 mm).	Textura fortemente porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 3 mm) quase que totalmente alterados para iddingsita, fraturados, em parte rodeados por grãos op, isolados; mfeno ($< 0,5$ mm) de cpx homogêneo ou com zoneamento concêntrico (nc castanho e bd violácea) ou do tipo ampulheta, fraturados, com inclusões de op. Matriz: plagioclásio poiquilítico com prismas curtos ou longos de cpx castanho ($\pm 0,07$ mm), grãos op cúbicos ou subédricos, mica pleocróica (x= amarelo e z= marrom esverdeado a avermelhado) e ap. Algumas amígdalas $< 0,5$ mm com zeólita.
99FN29 - BAS Mesma trilha da 99FN28	Rocha cinza clara a azulada, alterada, maciça, fraturada, porfirítica, com feno de ol (< 3 mm) parciais ou totalmente alterados e de cpx (< 2 mm).	Mesmo material que o da 99FN28.
99FN37 - PIM Dique. BR caminho para o Pier – início da descida	Rocha negra, pouco alterada, muito fina, maciça, porfirítica, com feno esverdeados de ol de até 4 mm.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos (< 4 mm) em parte ou totalmente alterados para iddingsita, fraturados, nc reabsorvido com mica ou material da matriz, alguns rodeados por uma bd de cpx incolor e mais externamente, outra bd de grãos op (semelhante a am 97FN58a), isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos; mfeno de cpx castanho ($< 0,2$ mm), prismas longos, fraturados, orientados, subparalelos; mfeno ($< 0,3$ mm) de mica, pleocróicos (x= amarelo e z= marrom avermelhado), maiores cristais dispostos ao longo das amígdalas ($< 0,3$ mm). Matriz muito fina: prismas de cpx castanho ($\pm 0,03$ mm), entre os quais aparecem micrólitos de ne, fd, grãos op cúbicos ou anédricos, mica e ap. Várias amígdalas achatadas e alongadas $< 0,5$ mm com zeólitas.

OLM = olivina melanefelinito, MEM = melilita melanefelinito e melanefelinito com melilita, PIM = piroxênio melanefelinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN40a - OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 3 m)	Rocha cinza, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocre) < 4 mm.	Textura fracamente porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos (< 3 mm) alguns com bd de alteração de iddingsita ou de clorita, fraturados, com nc muito reabsorvido (com micas ou material da matriz), em parte rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; raros mfenos de cpx castanho esverdeado a rosado; mfenos (< 0,3 mm) de mica, pleocrícos (x= amarelo e z= marrom avermelhado), ocorrendo também nas amígdalas. Matriz: prismas curtos ou longos de cpx castanho, entre os quais aparecem ne, grãos op cúbicos ou anédricos, ap e micas. Escassas amígdalas < 0,7 mm com zeólitas ou carbonatos.
99FN40b - OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 0,5 m)	Rocha cinza clara, mais alterada que a 99FN40a, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocre) < 4 mm.	Semelhante a 99FN40a, porém com ol alterando-se preferencialmente para cloritas e subordinadamente para iddingsitas. As amígdalas são preenchidas com carbonatos e apresentam também cristais de mica.
99FN41 - PIM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 25 m)	Rocha cinza azulada a cinza-lilás, alterada, porfírica, com feno de ol bem alterados, vermelhos (< 6 mm) e algumas amígdalas com zeólitas.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol (< 3 mm) quase que totalmente alterados para iddingsita, fraturados, em parte rodeados por grãos op; feno e mfenos (1,5 mm a 0,5 mm) de cpx castanho rosado, homogêneos, fraturados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos. Matriz: prismas de cpx castanho (0,1 a 0,05 mm), grãos op cúbicos ou anédricos, entre os quais aparecem ripas de feld (0,15 mm), ap e mica marrom esverdeado, com material vítreo, em avançado grau de alteração (com várias exsoluções de material marrom) intersticial. Algumas amígdalas < 0,5 mm com zeólita.
99FN44 - OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 0 m)	Rocha cinza, fresca, maciça, porfírica, com feno de ol (castanho - esverdeados) < 3 mm.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos (< 2 mm) pouco alterados para clorita, fraturados, com nc reabsorvido (com micas ou material da matriz), em parte rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; raros mfenos de cpx castanho rosado, muito reabsorvidos, com vários op inclusos; mfenos de mica (< 0,1 mm), pleocrícos (x= amarelo e z= marrom alaranjado a avermelhado). Matriz: prismas curtos ou longos de cpx castanho, entre os quais aparecem ne subédrica (com acículas de ap), grãos op cúbicos ou anédricos e micas. Escassas amígdalas < 0,3 mm com zeólitas e micas.

OLM = olivina melaneferinito, MEM = melilita melaneferinito e melaneferinito com melilita, PIM = piroxênio melaneferinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfenos= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN45 - OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 0 m)	Rocha cinza, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocre) < 3 mm. Algumas amígdalas < 1 mm.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos (< 2 mm) alterados para idingisita, fraturados, alguns com nc corroído (com micas ou material da matriz), em parte rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; mfenos de mica (< 0,25 mm), pleocróicos (x= amarelo e z= marrom alaranjado a avermelhado), cristais maiores ao longo das amígdalas. Matriz: ne subédrica (com acículas de ap), entre as quais aparecem prismas curtos de cpx castanho, grãos op anédricos, micas e ap. Escassas amígdalas < 0,5 mm com zeólitas e micas.
99FN46a – OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 2 m)	Rocha cinza escura, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a esverdeados) < 4 mm.	Semelhante a 99FN45, porém com ol mais frescas (algumas alteradas para clorita) e micas anédricas disseminadas na matriz.
99FN46b – OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 4 m)	Rocha cinza, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocre) < 3 mm.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos (< 2 mm) alterados para idingisita, fraturados, alguns com nc corroído, em parte rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; mfenos de mica (< 0,25 mm), pleocróicos (x= amarelo e z= marrom alaranjado a avermelhado); raros mfenos (< 0,3 mm) de cpx violáceo, reabsorvidos. Matriz muito fina (cristais $\pm$ 0,02 mm): ne subédrica (com ap), entre as quais aparecem micrólitos cpx castanho, grãos op anédricos, micas, ap e, em algumas partes, vidro intersticial.
99FN47 - OLM Perfil Sancho – Porcos – Cacimba (nível 15 m)	Rocha cinza, pouco alterada, maciça, porfírica, com feno de ol (castanhos a ocre) < 3 mm. Amígdalas com zeólitas < 1 mm.	Textura porfírica. Feno e mfenos de ol subédricos (< 2,5 mm) alterados para idingisita, fraturados, alguns com nc corroído com desenvolvimento de micas ou com preenchimento por material da matriz, em parte rodeados por grãos op e micas, isolados ou agrupados; mfenos de op anédricos a subédricos cúbicos; mfenos (< 0,2 mm) de mica, um pouco maiores do que os da matriz, pleocróicos (x= amarelo e z= marrom alaranjado); raros mfenos (< 0,3 mm) de cpx castanho, muito reabsorvidos, com op inclusos. Matriz muito fina (cristais $\pm$ 0,03 mm): prismas de cpx castanho a castanho esverdeado equigranulares, entre os quais aparecem ne subédrica (com ap), grãos op anédricos ou cúbicos e micas. Aparecimento de amígdalas < 0,5 mm com zeólitas, algumas com estrutura globular.

OLM = olivina melaneferinito, MEM = melilita melaneferinito e melaneferinito com melilita, PIM = piroxênio melaneferinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfenos= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda.

Continuação do quadro 2.

AMOSTRA LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA
99FN48 – BAS Baía do Sancho (praia - nível 0 m)	Rocha cinza clara azulada, alterada, maciça, bem porfirítica, com feno de ol (< 4 mm) parciais ou totalmente alterados. Aparecem algumas amígdalas com zeólitas.	Muito semelhante a 99FN4, com textura fortemente porfirítica, feno ol < 5 mm, em matriz de fd poiquilítico, incluindo cristais de $\pm 0,07$ mm de: prismas de cpx castanho rosado, grãos op, micas e ripas de fd alcalino ou plagioclásio.
99FN49 – BAS Mirante Baía dos Porcos	Rocha cinza clara azulada, alterada, maciça, bem porfirítica, com feno de ol totalmente alterados. Aparecem algumas amígdalas com zeólitas.	Textura porfirítica a microporfirítica. Feno e mfeno de ol subédricos, fraturados alterados para iddingsita, rodeados por grãos op; mfeno de cpx castanho com borda rosada. Matriz: orientada, com cpx castanho e plag e fd ocupando os interstícios dos grãos, além de op, flog marrom e ap. Abundantes amígdalas orientadas com zeólitas.
99FN56a - MEM Derrame Caverna Capim-açu (nível 5 m)	Rocha cinza clara, parcialmente alterada, maciça, porfirítica, com abundantes feno de ol alterada (vermelha) de até 2 mm. Presença de algumas amígdalas < 2 mm com zeólitas.	Textura porfirítica, matriz muito fina (cristais de $\pm 0,03$ mm). Feno e mfeno de ol subédricos (< 4 mm), alterando-se para iddingsita, reabsorvidos, fraturados, rodeados por grãos op, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos, isolados ou formando agrupamentos; mfeno de melilita (< 0,25 mm) tabular, pouco (com estrutura do tipo <i>peg</i>) a muito alterados (amarelo canário); escassos mfeno de cpx castanho (< 0,3 mm), prismas longos, reabsorvidos. Matriz: micrólitos de ne intercrescidos com prismas de cpx castanho a castanho esverdeado, grãos op cúbicos ou anédricos, algumas ap, ol alteradas e raras micas marrons. Amígdalas < 0,25 mm, com zeólitas.
99FN62 - MEM Continuação da descida do V.O.R.	Rocha cinza escura, bem fresca, maciça, porfirítica, com feno (< 3 mm) de ol castanho esverdeada.	Textura porfirítica. Feno e mfeno de ol frescos, subédricos (< 4 mm), fraturados, rodeados por grãos op e micas, isolados; mfeno de op anédricos a subédricos cúbicos ou agrupados; raros mfeno (< 0,5 mm) de cpx castanho rosado, alguns muito reabsorvidos; mfeno (< 0,25 mm) a quase matriz ($\pm 0,08$ mm) de melilita, pouco alterados, com início da estrutura do tipo <i>peg</i> . Matriz: ne subédrica (com ap inclusa) intercrescida com prismas curtos ou longos de cpx castanho a castanho esverdeado, grãos op cúbicos ou anédricos, micas fortemente pleocróicas (x= amarelo, z=salmão) e ap.
99FN63 - MEM Continuação da descida do V.O.R.	Rocha cinza escura, fresca, maciça, porfirítica, com feno (< 3 mm) de ol castanho esverdeada.	Muito semelhante a anterior (99FN62), porém com os feno de ol alterando-se para cloritas, com maior quantidade de melilita (também mais alterada) e com mica intersticial, anédrica (não mais como cristais subédricos na matriz).

OLM = olivina melaneferinito, MEM = melilita melaneferinito e melaneferinito com melilita, PIM = piroxênio melaneferinito, BAS = basanita, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal, ol= olivina, cpx = clinopiroxênio, fd= feldspato, ne= nefelina, ap= apatita, nc= núcleo, bd= borda

Tabela 1: Análises químicas das olivinas das rochas de Fernando de Noronha.

Rocha	Basalto										Álcali-basalto		MEM				
Amostra	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN23	97FN23	97FN23	97FN23	97FN35b	97FN35b	97FN31	97FN31	97FN31	99FN21b	99FN21b	
Grão	mfeo	nc 1	bd 1	matriz	matriz	nc 1	bd 1	mfeo	matriz	mfeo	mfeo	mfeo	nc 1	bd 1	feno	feno	
SiO ₂	39,83	40,06	38,72	40,06	39,55	40,38	39,53	39,45	39,69	37,77	37,80	39,73	39,90	39,82	39,96	39,95	
TiO ₂	0,09	0,05	0,02	0,00	0,05	0,04	0,04	0,03	0,00	0,03	0,11	0,06	0,00	0,07	0,05	0,08	
Al ₂ O ₃	0,03	0,04	0,17	0,03	0,03	0,01	0,04	0,06	0,06	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	
FeO	14,04	12,38	15,25	13,71	15,49	15,48	17,19	16,18	16,50	25,61	26,00	15,88	15,56	15,95	14,55	15,21	
MnO	0,17	0,16	0,23	0,13	0,24	0,20	0,28	0,24	0,23	0,71	0,72	0,18	0,20	0,33	0,13	0,14	
MgO	46,18	48,15	43,79	47,00	45,30	45,28	43,42	45,08	44,48	36,50	36,27	45,53	45,60	45,03	46,36	45,80	
CaO	0,29	0,18	0,78	0,24	0,42	0,30	0,30	0,33	0,28	0,28	0,30	0,23	0,22	0,46	0,20	0,19	
Na ₂ O	0,04	0,03	0,07	0,01	0,02	0,00	0,04	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NiO	0,21	0,26	0,20	0,26	0,21	0,19	0,15	0,17	0,24	0,04	0,00	0,15	0,21	0,07	0,00	0,00	
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,04	0,02	
Total	100,88	101,32	99,28	101,47	101,34	101,89	100,98	101,63	101,53	100,96	101,25	101,85	101,76	101,82	101,33	101,42	

Cátions para 4 Oxigênios

Si	0,989	0,983	0,986	0,987	0,985	0,997	0,994	0,983	0,990	0,991	0,991	0,985	0,988	0,988	0,988	0,990
Al	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Ti	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
Fe ²⁺	0,291	0,254	0,325	0,282	0,323	0,320	0,362	0,337	0,344	0,562	0,570	0,329	0,322	0,331	0,301	0,315
Mn	0,004	0,003	0,005	0,003	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005	0,016	0,016	0,004	0,004	0,007	0,003	0,003
Mg	1,709	1,762	1,662	1,727	1,682	1,667	1,628	1,674	1,654	1,428	1,418	1,683	1,684	1,666	1,709	1,692
Ca	0,008	0,005	0,021	0,006	0,011	0,008	0,008	0,009	0,008	0,008	0,008	0,006	0,006	0,012	0,005	0,005
Na	0,002	0,001	0,004	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,005	0,001	0,000	0,003	0,004	0,001	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
mg#	85,45	87,40	83,64	85,96	83,89	83,90	81,81	83,24	82,78	71,76	71,33	83,65	83,95	83,43	85,02	84,30

mfeo= microfenocristal; feno= fenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados; mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Basalto e álcali-basalto do episódio Remédios; MEM= melilita melaneferinito do episódio Quixaba

Continuação da tabela 1.

Rocha	MEM						OLM									
Amostra	UCFN37	UCFN37	UCFN37	UCFN47	UCFN47	UCFN47	97FN20	97FN20	97FN20	97FN32b	97FN32b	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	99FN3
Análise	mfeno	mfeno	mfeno	feno	feno	feno	mfeno	mfeno	mfeno	feno	feno	nc 1	bd 1	feno	feno	feno
SiO ₂	39,41	39,63	38,31	39,08	38,99	39,86	40,22	39,98	39,78	40,01	39,80	39,96	39,76	39,58	39,59	40,09
TiO ₂	0,10	0,05	0,02	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,08	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02
Al ₂ O ₃	0,04	0,03	0,00	0,05	0,07	0,04	0,02	0,07	0,04	0,09	0,05	0,03	0,07	0,11	0,12	0,06
FeO	15,14	15,01	19,44	16,22	16,39	13,45	14,71	14,91	14,65	14,58	15,63	16,65	16,20	17,93	18,05	12,63
MnO	0,24	0,26	0,61	0,25	0,29	0,15	0,24	0,22	0,26	0,18	0,18	0,27	0,34	0,42	0,46	0,16
MgO	45,35	44,92	40,44	44,07	43,21	46,65	46,05	45,96	45,61	45,66	45,42	43,18	43,14	41,32	41,60	47,93
CaO	0,27	0,32	0,48	0,24	0,43	0,21	0,29	0,28	0,48	0,22	0,25	0,08	0,33	0,30	0,46	0,21
Na ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,10	0,08	0,10	0,00	0,04	0,07	0,10	0,10	0,05	0,13	0,12	0,13	0,09	0,08	0,04	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,04	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
Total	100,66	100,30	99,48	100,01	99,48	100,46	101,65	101,54	100,97	100,96	101,54	100,34	99,92	99,80	100,42	101,10

Cátions para 4 Oxigênios

Si	0,986	0,994	0,993	0,989	0,993	0,990	0,993	0,989	0,989	0,994	0,988	1,007	1,005	1,010	1,005	0,986
Al	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,002
Ti	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Fe ²⁺	0,317	0,315	0,421	0,343	0,349	0,279	0,304	0,308	0,305	0,303	0,325	0,351	0,342	0,383	0,383	0,260
Mn	0,005	0,006	0,013	0,005	0,006	0,003	0,005	0,005	0,006	0,004	0,004	0,006	0,007	0,009	0,010	0,003
Mg	1,691	1,679	1,562	1,662	1,641	1,728	1,695	1,695	1,692	1,691	1,681	1,622	1,626	1,572	1,575	1,757
Ca	0,007	0,009	0,013	0,006	0,012	0,006	0,008	0,007	0,013	0,006	0,007	0,002	0,009	0,008	0,013	0,006
Na	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,002	0,002	0,002	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,000
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
mg#	84,21	84,20	78,77	82,89	82,46	86,10	84,79	84,62	84,73	84,80	83,80	82,21	82,62	80,41	80,44	87,11

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados; mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Episódio Quixaba: MEM= melilita melaneferinito; OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 1.

Rocha	OLM	PIM												BAS		
Amostra	99FN51	97FN8	97FN8	97FN8	97FN38	97FN38	99FN14	99FN14	99FN14	99FN14	99FN15	99FN15	99FN15	89FN78a	89FN78a	89FN78a
Análise	matriz	fenó	fenó	mfenó	fenó	fenó	fenó	fenó	fenó	matriz	fenó	fenó	fenó	mfenó	mfenó	fenó
SiO ₂	38,21	40,22	39,43	39,15	39,87	39,56	39,91	39,84	40,09	37,11	40,15	39,43	39,45	39,67	38,38	38,48
TiO ₂	0,07	0,02	0,04	0,06	0,02	0,07	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,01	0,00	0,02
Al ₂ O ₃	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,08	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04
FeO	19,91	13,35	15,83	16,87	14,86	15,10	14,05	13,22	14,40	25,99	13,44	13,13	13,60	14,93	20,91	19,20
MnO	0,57	0,17	0,25	0,28	0,32	0,25	0,16	0,20	0,24	0,70	0,16	0,14	0,20	0,19	0,47	0,37
MgO	40,54	46,27	44,14	43,08	46,14	45,49	46,50	46,84	45,83	35,97	46,61	46,56	45,99	43,93	38,94	43,04
CaO	0,60	0,17	0,28	0,25	0,18	0,30	0,21	0,19	0,25	0,38	0,19	0,22	0,26	0,20	0,26	0,20
Na ₂ O	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
NiO	0,00	0,37	0,20	0,21	0,18	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,25	0,14	0,24
Cr ₂ O ₃	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01	0,06	0,06	0,04	0,02	0,00	0,02	0,02	0,09	0,00	0,01	0,01
Total	99,96	100,66	100,24	99,96	101,62	100,99	101,01	100,43	100,88	100,23	100,63	99,61	99,71	99,24	99,17	101,59

Cátions para 4 Oxigênios

Si	0,987	0,997	0,994	0,994	0,986	0,986	0,988	0,989	0,995	0,985	0,995	0,987	0,989	1,004	1,002	0,974
Al	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ti	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,430	0,277	0,334	0,358	0,308	0,315	0,291	0,274	0,299	0,577	0,278	0,275	0,285	0,316	0,457	0,406
Mn	0,013	0,004	0,005	0,006	0,007	0,005	0,003	0,004	0,005	0,016	0,003	0,003	0,004	0,004	0,010	0,008
Mg	1,561	1,710	1,658	1,631	1,702	1,691	1,716	1,734	1,696	1,423	1,721	1,738	1,719	1,658	1,516	1,624
Ca	0,017	0,005	0,008	0,007	0,005	0,008	0,006	0,005	0,007	0,011	0,005	0,006	0,007	0,005	0,007	0,005
Na	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,007	0,004	0,004	0,004	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,005
Cr	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
mg#	78,40	86,06	83,23	82,00	84,68	84,30	85,50	86,35	85,01	71,15	86,09	86,34	85,78	83,99	76,84	80,00

mfenó= microfenocristal; fenó= fenocristal; mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Episódio Quixaba: OLM= olivina melanefelinito; PIM= piroxênio melanefelinito; BAS= basanita

Continuação da tabela 1.

Rocha	BAS															
Amostra	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN10a	99FN10a	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22
Análise	feno	feno	feno	feno	matriz	matriz	matriz	feno	feno	mfero	matriz	feno	mfero	mfero	mfero	mfero
SiO ₂	39,02	39,72	40,07	39,74	37,14	37,43	37,19	37,74	37,61	37,35	37,47	37,76	40,19	39,87	39,91	39,50
TiO ₂	0,02	0,00	0,03	0,02	0,10	0,12	0,19	0,07	0,07	0,00	0,09	0,05	0,13	0,03	0,00	0,01
Al ₂ O ₃	0,02	0,04	0,03	0,03	0,06	0,04	0,36	0,02	0,04	0,02	0,23	0,04	0,03	0,04	0,08	0,02
FeO	13,67	13,58	13,43	14,00	25,88	26,79	25,76	25,82	25,34	26,81	27,30	25,30	15,98	16,09	17,53	17,01
MnO	0,20	0,17	0,16	0,19	0,51	0,47	0,47	0,47	0,48	0,53	0,52	0,48	0,26	0,24	0,31	0,24
MgO	46,77	45,20	45,08	44,75	35,46	34,51	34,53	35,86	36,01	35,01	34,53	36,27	43,91	44,28	42,83	43,12
CaO	0,18	0,21	0,19	0,25	0,48	0,46	0,50	0,33	0,39	0,42	0,40	0,39	0,40	0,36	0,46	0,43
Na ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,07	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
NiO	0,20	0,18	0,21	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,07	0,16	0,14	0,08	0,11	0,13
Cr ₂ O ₃	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,05	0,00	0,06	0,00
Total	100,11	99,12	99,21	99,25	99,67	99,86	99,12	100,31	99,95	100,28	100,64	100,50	101,09	100,99	101,30	100,45

Cátions para 4 Oxigênios

Si	0,977	1,001	1,007	1,002	0,990	0,999	0,996	0,997	0,995	0,994	0,994	0,994	1,003	0,997	1,002	0,998
Al	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,011	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,004	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,286	0,286	0,282	0,295	0,577	0,598	0,577	0,570	0,561	0,596	0,606	0,557	0,333	0,336	0,368	0,359
Mn	0,004	0,004	0,003	0,004	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	0,012	0,011	0,005	0,005	0,007	0,005
Mg	1,745	1,697	1,689	1,682	1,409	1,373	1,379	1,412	1,421	1,389	1,366	1,424	1,634	1,651	1,602	1,624
Ca	0,005	0,006	0,005	0,007	0,014	0,013	0,014	0,009	0,011	0,012	0,011	0,011	0,011	0,010	0,012	0,012
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,003	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ni	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003
Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
mg#	85,92	85,58	85,69	85,08	70,95	69,66	70,50	71,24	71,70	69,97	69,27	71,88	83,07	83,09	81,32	81,90

mfero= microfenocristal; feno= fenocristal; mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Episódio Quixaba: BAS= basanita

Tabela 2: Análises químicas das melilitas das rochas do episódio Quixaba.

Amostra grão	97FN31					99FN21b				
	nc mfen	nc mfen	nc mfen	nc mfen	nc mfen	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	42,99	43,23	42,99	42,68	43,05	42,43	42,77	42,39	42,84	42,98
TiO ₂	0,18	0,60	0,08	0,22	0,27	0,11	0,09	0,17	0,18	0,16
Al ₂ O ₃	6,86	6,95	6,71	7,40	6,96	6,32	6,02	5,91	5,77	5,77
FeO	3,94	3,88	3,90	3,86	3,73	3,79	3,77	3,88	3,64	3,89
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,08	0,10	0,06
MgO	7,42	7,73	7,34	7,25	7,48	8,41	8,42	8,27	8,56	8,46
CaO	33,45	32,19	33,26	33,05	32,84	34,09	33,78	33,59	33,70	34,09
Na ₂ O	3,86	3,87	3,84	4,18	3,94	3,30	3,20	3,26	3,27	3,19
BaO	0,34	0,45	0,20	0,43	0,42	0,08	0,11	0,03	0,03	0,05
SrO	1,13	0,96	0,94	0,94	1,00	0,34	0,50	0,53	0,50	0,53
K ₂ O	0,11	0,12	0,15	0,13	0,10	0,13	0,14	0,16	0,15	0,12
Total	100,33	100,10	99,53	100,19	99,83	99,06	98,90	98,26	98,74	99,28

Cátions para 14 Oxigênios										
Si	3,928	3,941	3,951	3,903	3,941	3,908	3,944	3,938	3,953	3,950
Al	0,739	0,746	0,727	0,798	0,751	0,686	0,654	0,646	0,627	0,625
Ti	0,012	0,041	0,005	0,015	0,019	0,008	0,007	0,012	0,012	0,011
Fe ²⁺	0,301	0,296	0,299	0,295	0,285	0,292	0,291	0,301	0,281	0,299
Mn	0,005	0,010	0,010	0,005	0,004	0,005	0,007	0,006	0,008	0,004
Mg	1,010	1,051	1,005	0,988	1,021	1,155	1,157	1,145	1,177	1,159
Ca	3,275	3,145	3,275	3,238	3,221	3,364	3,338	3,344	3,332	3,357
Na	0,684	0,683	0,683	0,741	0,699	0,589	0,572	0,586	0,585	0,568
Ba	0,012	0,016	0,007	0,016	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,060	0,051	0,050	0,050	0,053	0,020	0,030	0,030	0,030	0,030
K	0,012	0,014	0,017	0,015	0,011	0,016	0,017	0,019	0,018	0,014

mol %										
Akerm	61,97	62,98	61,99	60,26	62,28	67,18	67,78	67,12	68,38	67,92
Fe-akerm	11,53	11,07	11,54	11,24	10,87	10,61	10,65	11,03	10,21	10,93
Mel sod	25,83	25,20	25,94	27,81	26,22	21,08	20,62	21,14	20,92	20,48
Gelenita	0,67	0,75	0,54	0,69	0,63	1,13	0,96	0,70	0,49	0,67

Akerm= akermanita Ca₂MgSi₂O₇, Fe-akerm= ferro-akermanita Ca₂FeSi₂O₇Mel sod= melilita sódica CaNaAlSi₂O₇, Gelenita= Ca₂Al₂SiO₇

Continuação da tabela 2.

Amostra grão	99FN21b			99FN25						
	matriz	matriz	matriz	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	bd mfenô	nc mfenô	nc mfenô
SiO ₂	42,83	42,52	42,36	42,78	42,43	42,53	41,76	42,03	42,27	42,71
TiO ₂	0,12	0,14	0,18	0,11	0,10	0,10	0,20	0,14	0,12	0,07
Al ₂ O ₃	5,95	6,17	6,19	6,79	6,42	6,72	7,65	6,79	6,30	6,52
FeO	3,90	3,80	4,03	3,78	4,05	3,94	3,51	3,78	3,83	3,85
MnO	0,04	0,08	0,09	0,11	0,16	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10
MgO	8,29	8,15	8,19	7,65	7,70	7,57	7,19	7,49	7,65	7,72
CaO	33,84	33,74	33,52	32,98	33,06	32,79	33,36	32,84	33,16	33,11
Na ₂ O	3,30	3,17	3,45	3,91	3,79	3,96	4,12	3,98	3,74	3,83
BaO	0,14	0,05	0,00	0,12	0,34	0,31	0,13	0,18	0,65	0,30
SrO	0,61	0,60	0,35	1,07	1,46	1,31	0,96	1,03	1,27	1,47
K ₂ O	0,16	0,14	0,14	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11
Total	99,15	98,55	98,47	99,38	99,62	99,43	99,11	98,49	99,19	99,78

Cátions para 14 Oxigênios

Si	3,946	3,937	3,924	3,934	3,921	3,926	3,859	3,910	3,925	3,932
Al	0,645	0,672	0,676	0,736	0,699	0,731	0,833	0,744	0,689	0,708
Ti	0,008	0,009	0,012	0,008	0,007	0,007	0,014	0,010	0,008	0,005
Fe ²⁺	0,300	0,294	0,312	0,291	0,313	0,304	0,271	0,294	0,297	0,296
Mn	0,003	0,006	0,007	0,009	0,012	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008
Mg	1,138	1,124	1,130	1,048	1,060	1,041	0,990	1,039	1,059	1,059
Ca	3,341	3,347	3,327	3,250	3,274	3,243	3,303	3,274	3,299	3,266
Na	0,589	0,569	0,619	0,697	0,680	0,708	0,738	0,717	0,673	0,683
Ba	0,010	0,000	0,000	0,004	0,012	0,011	0,005	0,007	0,024	0,011
Sr	0,030	0,030	0,020	0,057	0,078	0,070	0,052	0,056	0,068	0,078
K	0,018	0,016	0,016	0,011	0,012	0,012	0,014	0,015	0,013	0,013
mol %										
Akerm	66,98	66,97	65,80	62,89	63,18	62,29	60,64	62,24	63,71	63,44
Fe-akerm	11,04	10,95	11,36	10,91	11,67	11,37	10,39	11,00	11,18	11,09
Mel sod	21,32	20,85	22,18	25,74	24,93	26,07	27,81	26,45	24,91	25,17
Gelenita	0,66	1,23	0,66	0,46	0,23	0,27	1,16	0,32	0,20	0,30

Akerm= akermanita Ca₂MgSi₂O₇, Fe-akerm= ferro-akermanita Ca₂FeSi₂O₇Mel sod= melilita sódica CaNaAlSi₂O₇, Gelenita= Ca₂Al₂SiO₇

Continuação da tabela 2.

Amostra grão	99FN25	99FN62							99FN63		
	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	nc mfenô	matriz	matriz	
SiO ₂	42,46	43,11	43,07	43,02	42,61	42,85	42,88	42,86	43,00	42,58	
TiO ₂	0,14	0,15	0,15	0,12	0,16	0,16	0,08	0,17	0,17	0,19	
Al ₂ O ₃	6,41	7,44	7,19	7,32	7,37	7,19	7,43	6,25	6,33	7,14	
FeO	3,69	3,66	3,75	3,68	3,66	3,65	3,72	4,16	3,88	4,04	
MnO	0,17	0,12	0,08	0,07	0,10	0,10	0,06	0,10	0,11	0,10	
MgO	7,71	7,53	7,47	7,54	7,26	7,49	7,52	8,36	8,18	7,62	
CaO	33,42	33,18	32,95	32,86	32,66	32,92	32,40	34,20	34,27	33,21	
Na ₂ O	3,76	4,02	4,00	3,84	4,06	3,93	3,98	3,27	3,45	3,70	
BaO	0,18	0,29	0,49	0,26	0,45	0,14	0,46	0,09	0,09	0,00	
SrO	1,34	1,28	1,24	1,22	1,24	1,21	1,19	0,63	0,48	0,60	
K ₂ O	0,10	0,12	0,10	0,11	0,12	0,12	0,11	0,14	0,15	0,38	
Total	99,38	100,88	100,48	100,02	99,68	99,76	99,84	100,23	100,11	99,56	

Cátions para 14 Oxigênios

Si	3,922	3,910	3,927	3,928	3,916	3,924	3,926	3,913	3,923	3,905
Al	0,698	0,794	0,771	0,787	0,797	0,775	0,801	0,672	0,680	0,771
Ti	0,010	0,010	0,010	0,008	0,011	0,011	0,006	0,012	0,011	0,013
Fe ²⁺	0,285	0,277	0,286	0,281	0,281	0,279	0,285	0,317	0,296	0,310
Mn	0,014	0,009	0,006	0,005	0,008	0,007	0,005	0,008	0,009	0,008
Mg	1,062	1,018	1,015	1,026	0,994	1,023	1,027	1,137	1,113	1,042
Ca	3,308	3,224	3,219	3,215	3,216	3,230	3,178	3,346	3,350	3,263
Na	0,673	0,707	0,707	0,679	0,724	0,698	0,707	0,579	0,611	0,659
Ba	0,007	0,010	0,020	0,010	0,020	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000
Sr	0,072	0,070	0,070	0,060	0,070	0,060	0,060	0,030	0,030	0,030
K	0,011	0,014	0,012	0,013	0,014	0,013	0,013	0,017	0,018	0,044
mol %										
Akerm	64,01	61,94	61,83	62,52	60,98	62,27	61,91	66,49	65,94	62,63
Fe-akerm	10,74	10,54	10,88	10,69	10,78	10,63	10,73	11,60	10,97	11,65
Mel sod	24,95	26,45	26,50	25,47	27,33	26,15	26,22	20,84	22,27	24,37
Gelenita	0,30	1,07	0,79	1,31	0,90	0,95	1,14	1,08	0,82	1,35

Akerm= akermanita Ca₂MgSi₂O₇, Fe-akerm= ferro-akermanita Ca₂FeSi₂O₇
 Mel sod= melilita sódica CaNaAlSi₂O₇, Gelenita= Ca₂Al₂SiO₇

Continuação da tabela 2.

Amostra grão	99FN63					UCFN37 - Ilha Rata				
	nc mfen	nc mfen	bd mfen	matriz	nc mfen	nc mfen	nc mfen	nc mfen	nc mfen	nc mfen
SiO ₂	42,55	42,44	42,84	43,36	43,03	42,43	42,43	42,17	41,94	42,45
TiO ₂	0,14	0,20	0,10	0,10	0,19	0,09	0,10	0,07	0,13	0,02
Al ₂ O ₃	6,21	6,03	6,82	6,74	6,60	6,27	6,30	6,32	6,37	7,22
FeO	4,41	4,26	4,37	3,95	4,56	3,86	3,86	3,93	3,86	3,70
MnO	0,09	0,07	0,12	0,09	0,08	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10
MgO	7,83	8,03	7,88	7,77	7,90	7,74	7,57	7,62	7,59	7,26
CaO	33,75	33,64	33,99	33,42	33,67	33,68	33,59	33,54	33,68	32,40
Na ₂ O	3,47	3,36	3,35	3,75	3,45	3,51	3,34	3,36	3,51	4,05
BaO	0,11	0,48	0,11	0,15	0,11	0,29	0,08	0,22	0,29	0,19
SrO	0,94	1,03	0,83	0,59	0,76	0,83	0,95	0,93	1,03	0,86
K ₂ O	0,14	0,11	0,15	0,18	0,17	0,13	0,11	0,12	0,14	0,40
Total	99,63	99,64	100,55	100,09	100,51	98,88	98,39	98,35	98,62	98,63

Cátions para 14 Oxigênios

Si	3,921	3,920	3,903	3,950	3,920	3,933	3,945	3,934	3,908	3,932
Al	0,673	0,656	0,732	0,723	0,708	0,685	0,691	0,685	0,699	0,788
Ti	0,010	0,014	0,007	0,007	0,013	0,006	0,007	0,005	0,009	0,001
Fe ²⁺	0,340	0,329	0,333	0,301	0,348	0,299	0,300	0,307	0,301	0,287
Mn	0,007	0,005	0,009	0,007	0,006	0,004	0,006	0,005	0,007	0,008
Mg	1,076	1,105	1,070	1,055	1,073	1,070	1,049	1,060	1,054	1,003
Ca	3,332	3,328	3,318	3,261	3,287	3,345	3,346	3,353	3,363	3,215
Na	0,621	0,601	0,592	0,662	0,609	0,631	0,602	0,608	0,635	0,727
Ba	0,000	0,020	0,000	0,010	0,000	0,011	0,003	0,008	0,011	0,007
Sr	0,050	0,050	0,040	0,030	0,040	0,045	0,051	0,050	0,056	0,046
K	0,017	0,013	0,018	0,021	0,019	0,015	0,013	0,014	0,017	0,047
mol %										
Akerm	64,02	65,33	64,06	63,45	63,68	64,62	64,55	64,50	64,06	61,08
Fe-akerm	12,62	12,16	12,46	11,31	12,89	11,29	11,55	11,66	11,41	10,92
Mel sod	22,72	21,85	21,80	24,51	22,25	23,45	22,81	22,79	23,75	27,25
Gelenita	0,63	0,65	1,67	0,73	1,17	0,65	1,08	1,05	0,78	0,74

Akerm= akermanita Ca₂MgSi₂O₇, Fe-akerm= ferro-akermanita Ca₂FeSi₂O₇Mel sod= melilita sódica CaNaAlSi₂O₇, Gelenita= Ca₂Al₂SiO₇

Continuação da tabela 2.

Amostra grão	UCFN37	UCFN47							
	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno	nc mfeno
SiO ₂	41,96	42,44	42,91	42,16	42,73	42,71	42,28	42,56	43,10
TiO ₂	0,04	0,16	0,08	0,16	0,16	0,06	0,11	0,13	0,10
Al ₂ O ₃	6,36	6,36	6,64	6,21	6,49	5,89	6,08	6,52	6,28
FeO	3,81	3,49	3,28	3,63	3,61	3,52	3,74	3,57	3,63
MnO	0,04	0,10	0,11	0,10	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07
MgO	7,62	7,74	7,73	7,84	7,66	7,90	7,91	7,62	7,67
CaO	33,73	33,81	34,18	34,12	33,77	34,14	34,12	33,99	33,45
Na ₂ O	3,26	3,49	3,78	3,44	3,58	3,48	3,23	3,40	3,56
BaO	0,24	0,16	0,00	0,08	0,01	0,11	0,03	0,01	0,14
SrO	1,02	0,80	0,72	0,81	0,74	0,74	0,87	0,78	0,69
K ₂ O	0,12	0,14	0,14	0,12	0,14	0,14	0,15	0,13	0,14
Total	98,19	98,70	99,58	98,69	98,96	98,75	98,56	98,77	98,82

Cátions para 14 Oxigênios

Si	3,920	3,932	3,931	3,913	3,940	3,954	3,927	3,933	3,975
Al	0,700	0,695	0,717	0,680	0,705	0,643	0,666	0,710	0,682
Ti	0,003	0,011	0,006	0,011	0,011	0,004	0,008	0,009	0,007
Fe ²⁺	0,298	0,271	0,251	0,282	0,279	0,273	0,291	0,276	0,280
Mn	0,003	0,008	0,009	0,008	0,006	0,006	0,004	0,006	0,006
Mg	1,061	1,069	1,056	1,085	1,053	1,091	1,095	1,050	1,055
Ca	3,377	3,355	3,354	3,393	3,336	3,387	3,396	3,366	3,305
Na	0,590	0,627	0,671	0,619	0,640	0,624	0,581	0,609	0,637
Ba	0,009	0,006	0,000	0,003	0,000	0,004	0,001	0,001	0,005
Sr	0,055	0,043	0,038	0,044	0,039	0,040	0,047	0,042	0,037
K	0,014	0,017	0,016	0,015	0,017	0,016	0,017	0,015	0,017
mol %									
Akerm	65,01	65,27	64,58	65,59	64,45	66,14	66,32	64,91	64,69
Fe-akerm	11,41	10,33	9,61	10,65	10,66	10,34	11,00	10,65	10,72
Mel sod	22,24	23,58	25,27	23,04	24,10	23,30	21,65	23,20	24,03
Gelenita	1,34	0,81	0,55	0,72	0,79	0,22	1,02	1,24	0,56

Akerm= akermanita Ca₂MgSi₂O₇, Fe-akerm= ferro-akermanita Ca₂FeSi₂O₇Mel sod= melilita sódica CaNaAlSi₂O₇, Gelenita= Ca₂Al₂SiO₇

Tabela 3a: Análises químicas dos clinopiroxênios do episódio Remédios de Fernando de Noronha.

Rocha	Basanita									
	Amostra	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN23	97FN23	97FN23	97FN23
grão		matriz	matriz	matriz	xeno	xeno	nc feno 1	bd feno 1	mfeno	matriz
							castanho	castanho	castanho	matriz
SiO ₂		49,44	45,11	42,69	51,51	51,77	48,56	47,64	47,70	46,54
TiO ₂		3,37	3,61	5,29	0,79	0,81	1,94	3,11	2,66	3,31
Al ₂ O ₃		6,01	7,13	9,86	2,66	2,87	5,50	5,37	5,80	5,53
FeOtotal		7,65	7,60	8,62	4,13	4,37	6,15	6,43	7,21	7,36
Cr ₂ O ₃		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO		0,13	0,14	0,13	0,09	0,04	0,06	0,10	0,11	0,12
NiO		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO		11,66	12,51	10,69	16,45	16,68	14,52	13,70	13,43	13,59
CaO		20,89	22,80	22,37	22,90	22,38	23,15	23,29	23,03	23,15
Na ₂ O		0,53	0,50	0,65	0,46	0,47	0,68	0,48	0,72	0,45
K ₂ O		0,09	0,03	0,09	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02
ZrO ₂		0,03	0,08	0,08	0,01	0,00	0,02	0,06	0,02	0,10
TOTAL		99,80	99,51	100,47	99,00	99,39	100,60	100,20	100,68	100,16

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,857	1,690	1,598	1,895	1,896	1,774	1,763	1,754	1,728	1,680
Al ^{IV}	0,143	0,310	0,402	0,105	0,104	0,226	0,234	0,246	0,242	0,312
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,030	0,008
Al ^{VI}	0,123	0,004	0,032	0,010	0,020	0,011	0,000	0,006	0,000	0,000
Ti	0,095	0,102	0,149	0,022	0,022	0,053	0,086	0,074	0,092	0,105
Fe ³⁺	0,000	0,138	0,115	0,082	0,072	0,155	0,093	0,143	0,059	0,133
Fe ²⁺	0,128	0,058	0,107	0,000	0,000	0,000	0,064	0,041	0,096	0,056
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,653	0,699	0,597	0,886	0,885	0,780	0,756	0,736	0,752	0,705
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,017	0,025	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,112	0,042	0,047	0,045	0,061	0,033	0,039	0,037	0,042	0,033
Mn	0,004	0,004	0,004	0,003	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004
Ca	0,841	0,915	0,897	0,903	0,878	0,906	0,924	0,908	0,921	0,920
Na	0,039	0,037	0,047	0,032	0,034	0,048	0,035	0,051	0,032	0,040
K	0,004	0,001	0,004	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002
Wo	48,4	49,3	50,8	46,6	45,7	48,0	49,1	48,6	48,4	49,5
En	37,6	37,7	33,8	46,6	47,3	41,9	40,2	39,4	39,5	37,9
Fs	14,0	13,0	15,4	6,7	7,0	10,1	10,7	12,0	12,1	12,6
mg#	73,1	74,6	68,9	87,7	87,2	80,8	79,2	76,9	76,8	75,4

xeno= xenocristal; nc= núcleo, bd= borda de fenocristais zonados

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Basanito				Tefrito					
	97FN23	97FN23	97FN23	97FN23	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a
Amostra	mfeno	nc feno 1	inter 1	bd feno 1	matriz	matriz	nc feno 1	bd feno 1	bd feno 1	nc feno 2
grão		verde	verde	castanho			verde	verde	castanho	castanho
SiO ₂	46,03	49,07	49,99	47,50	45,56	47,43	48,18	46,13	46,73	45,89
TiO ₂	3,45	1,33	1,99	3,01	3,26	2,72	1,11	1,48	2,80	3,10
Al ₂ O ₃	6,33	2,66	3,50	5,90	7,20	5,36	4,47	6,66	6,80	7,40
FeOtotal	7,46	12,39	5,91	6,41	7,47	7,18	13,00	14,15	7,02	6,30
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,11	0,72	0,12	0,11	0,16	0,27	4,01	1,91	0,13	0,11
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,18	10,37	15,35	13,47	12,18	13,27	6,82	6,95	12,69	12,99
CaO	23,33	22,36	23,22	23,29	23,17	22,86	19,37	20,31	23,02	23,40
Na ₂ O	0,55	0,98	0,39	0,53	0,77	0,72	2,16	2,10	0,75	0,56
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02
ZrO ₂	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05	0,09	0,02	0,16	0,06	0,03
TOTAL	100,48	99,90	100,49	100,26	99,83	99,90	99,14	99,84	100,00	99,78

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,703	1,860	1,832	1,755	1,698	1,761	1,859	1,762	1,733	1,702
Al ^{IV}	0,276	0,119	0,151	0,245	0,302	0,234	0,141	0,238	0,267	0,298
Fe ³⁺	0,021	0,021	0,017	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,012	0,014	0,000	0,062	0,062	0,030	0,025
Ti	0,096	0,038	0,055	0,084	0,091	0,076	0,032	0,042	0,078	0,086
Fe ³⁺	0,102	0,095	0,052	0,103	0,161	0,130	0,176	0,247	0,134	0,138
Fe ²⁺	0,075	0,277	0,055	0,060	0,057	0,060	0,244	0,205	0,056	0,032
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,727	0,586	0,838	0,742	0,677	0,735	0,392	0,396	0,702	0,719
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,032	0,000	0,057	0,036	0,014	0,029	0,000	0,000	0,027	0,026
Mn	0,004	0,023	0,004	0,004	0,005	0,008	0,131	0,062	0,004	0,003
Ca	0,924	0,908	0,911	0,922	0,925	0,910	0,801	0,831	0,915	0,930
Na	0,039	0,072	0,028	0,038	0,056	0,051	0,162	0,156	0,054	0,040
K	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
Wo	49,0	47,5	47,1	49,4	50,3	48,5	45,9	47,7	49,8	50,3
En	38,6	30,7	43,3	39,7	36,8	39,2	22,5	22,7	38,2	38,9
Fs	12,4	21,8	9,6	10,9	12,9	12,3	31,6	29,5	12,0	10,8
mg#	76,0	59,9	82,2	78,9	74,5	76,7	48,3	46,7	76,4	78,6

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Tefrito									
Amostra	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN42
grão	bd feno 2	nc feno 3	inter 3	bd feno 3	bd feno 3	matriz	mfeno	nc feno 4	bd feno 4	nc feno 1
	castanho	verde	verde	verde	castanho		castanho	castanho	castanho	castanho
SiO ₂	48,32	46,18	45,58	45,39	48,55	48,15	48,54	46,41	42,67	45,63
TiO ₂	1,99	1,46	1,54	1,54	1,91	2,24	2,17	2,93	4,41	2,93
Al ₂ O ₃	4,17	5,23	5,78	7,18	4,54	5,50	4,85	6,69	9,78	7,93
FeOtotal	6,59	14,34	14,40	14,71	6,58	7,42	6,44	6,79	7,97	7,55
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,21	0,45	0,45	0,54	0,18	0,51	0,13	0,10	0,15	0,20
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,80	9,07	8,61	7,39	13,66	11,74	13,98	13,50	11,18	12,51
CaO	23,60	22,49	22,54	20,63	23,34	21,72	23,45	23,53	22,77	22,25
Na ₂ O	0,69	0,79	0,81	1,92	0,68	1,51	0,57	0,57	0,81	0,74
K ₂ O	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,46	0,00	0,01	0,00	0,01
ZrO ₂	0,08	0,05	0,04	0,21	0,01	0,11	0,04	0,06	0,10	0,06
TOTAL	99,45	100,06	99,77	99,53	99,45	99,35	100,16	100,59	99,83	99,79

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,796	1,760	1,744	1,735	1,804	1,797	1,791	1,708	1,597	1,697
Al ^{IV}	0,183	0,235	0,256	0,265	0,196	0,203	0,209	0,290	0,403	0,303
Fe ³⁺	0,021	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,004	0,058	0,002	0,038	0,001	0,000	0,027	0,044
Ti	0,056	0,042	0,044	0,044	0,053	0,063	0,060	0,081	0,124	0,082
Fe ³⁺	0,099	0,205	0,222	0,259	0,136	0,127	0,128	0,166	0,186	0,149
Fe ²⁺	0,080	0,238	0,238	0,211	0,052	0,105	0,042	0,012	0,039	0,032
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,765	0,515	0,491	0,421	0,757	0,653	0,769	0,741	0,623	0,693
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,004	0,009	0,000	0,000	0,016	0,000	0,028	0,028	0,024	0,054
Mn	0,007	0,014	0,014	0,017	0,006	0,016	0,004	0,003	0,005	0,006
Ca	0,940	0,918	0,924	0,845	0,929	0,868	0,927	0,928	0,913	0,886
Na	0,050	0,058	0,060	0,143	0,049	0,109	0,041	0,041	0,058	0,054
K	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000
Wo	49,1	48,2	48,9	48,2	49,0	49,1	48,8	49,4	51,0	48,7
En	39,9	27,0	26,0	24,0	39,9	36,9	40,5	39,4	34,8	38,1
Fs	11,0	24,7	25,1	27,8	11,1	14,0	10,6	11,2	14,2	13,2
mg#	78,9	53,0	51,6	47,3	78,8	73,8	79,5	78,1	71,4	74,7

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Essexito							Tefritonólito		
Amostra	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN11a	97FN11a	97FN11a
grão	bd feno 1	bd feno 1	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	nc feno 1	bd feno 1	mfeno
	castanho	castanho			verde			verde	verde	verde
SiO ₂	44,62	47,86	47,76	48,08	47,13	46,64	49,94	48,65	48,67	48,88
TiO ₂	3,77	2,03	1,75	1,91	2,72	2,29	1,58	1,41	0,99	0,99
Al ₂ O ₃	8,59	5,03	4,85	4,72	5,94	5,38	3,05	4,85	4,38	3,98
FeOtotal	7,59	9,58	11,07	9,52	7,14	11,04	7,10	9,95	12,63	12,17
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,21	0,53	0,65	0,57	0,18	0,59	0,44	0,43	0,73	0,73
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	11,84	11,40	10,35	11,39	13,36	9,89	13,94	11,02	9,21	9,76
CaO	22,44	22,53	21,91	22,18	22,62	21,80	22,06	21,98	21,01	21,03
Na ₂ O	0,74	1,18	1,39	1,24	0,61	1,33	1,06	1,39	1,80	1,78
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
ZrO ₂	0,04	0,13	0,19	0,14	0,04	0,24	0,09	0,07	0,12	0,11
TOTAL	99,82	100,28	99,91	99,75	99,74	99,23	99,28	99,75	99,55	99,43

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,665	1,786	1,799	1,803	1,752	1,774	1,858	1,822	1,845	1,851
Al ^{IV}	0,335	0,214	0,201	0,197	0,248	0,226	0,134	0,178	0,155	0,149
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,042	0,007	0,014	0,012	0,012	0,015	0,000	0,036	0,041	0,028
Ti	0,106	0,057	0,049	0,054	0,076	0,065	0,044	0,040	0,028	0,028
Fe ³⁺	0,136	0,178	0,189	0,168	0,129	0,176	0,113	0,163	0,190	0,195
Fe ²⁺	0,058	0,121	0,159	0,130	0,043	0,175	0,070	0,146	0,211	0,190
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,658	0,634	0,581	0,637	0,740	0,561	0,773	0,615	0,521	0,551
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,043	0,000	0,000	0,001	0,050	0,000	0,029	0,003	0,000	0,000
Mn	0,007	0,017	0,021	0,018	0,006	0,019	0,014	0,014	0,023	0,023
Ca	0,897	0,901	0,884	0,891	0,901	0,888	0,879	0,882	0,853	0,853
Na	0,054	0,085	0,101	0,090	0,044	0,098	0,077	0,101	0,132	0,130
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000
Wo	49,9	48,7	48,2	48,3	48,2	48,8	46,6	48,4	47,4	47,1
En	36,6	34,3	31,7	34,5	39,6	30,8	41,0	33,7	29,0	30,4
Fs	13,6	17,1	20,1	17,2	12,2	20,3	12,5	17,9	23,6	22,5
mg#	73,5	68,0	62,5	68,1	76,9	61,5	77,8	66,3	56,5	58,9

nc= núcleo, bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Tefrifonólito		Fonólito porfíritico							FAGI
Amostra	97FN11a	97FN11a	91FN128*	91FN131*	91FN89a*	89FN71*	89FN71*	91FN89*	91FN89*	89FN47*
grão	mfeño	feño	feño	feño	feño	feño	feño	mat	mat	mat
	verde	verde	verde	castanho	verde	castanho	verde			
SiO ₂	49,37	49,33	47,70	42,60	45,70	44,00	45,70	51,40	49,30	46,00
TiO ₂	1,02	0,93	1,33	4,44	2,40	4,09	1,99	0,60	0,88	1,86
Al ₂ O ₃	3,63	3,69	5,01	9,81	7,31	8,65	6,35	1,60	1,28	4,90
FeOtotal	11,05	11,47	12,30	9,80	12,30	7,99	19,60	24,90	22,40	19,10
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,07	0,01	0,00	0,08	0,00
MnO	0,71	0,65	0,69	-	0,50	0,90	1,03	1,90	1,00	1,31
NiO	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	10,41	10,04	8,89	9,77	8,84	11,40	4,11	1,47	3,51	4,62
CaO	21,40	21,32	20,90	22,80	22,40	22,40	20,10	10,90	17,40	19,70
Na ₂ O	1,64	1,64	1,45	0,85	1,14	0,68	1,21	6,55	3,35	1,91
K ₂ O	0,01	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO ₂	0,13	0,08	0,20	0,00	0,16	0,05	0,36	0,47	0,01	0,33
TOTAL	99,38	99,15	98,47	100,10	100,84	100,23	100,46	99,79	99,21	99,73

Cátions para 6 Oxigénios

Si	1,865	1,870	1,836	1,601	1,720	1,644	1,794	2,002	1,943	1,805
Al ^{IV}	0,135	0,130	0,164	0,399	0,280	0,356	0,206	0,000	0,057	0,195
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,026	0,035	0,063	0,037	0,044	0,024	0,087	0,073	0,002	0,032
Ti	0,029	0,026	0,039	0,126	0,068	0,115	0,059	0,018	0,026	0,055
Fe ³⁺	0,171	0,162	0,132	0,172	0,166	0,116	0,097	0,386	0,221	0,199
Fe ²⁺	0,178	0,202	0,256	0,137	0,222	0,107	0,516	0,423	0,517	0,427
Cr	0,000	0,000	0,000	-	0,003	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000
Mg	0,586	0,568	0,510	0,548	0,496	0,635	0,240	0,085	0,206	0,270
Ni	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,026	0,028	0,000	0,000	0,000
Mn	0,023	0,021	0,022	-	0,016	0,028	0,034	0,063	0,033	0,044
Ca	0,866	0,866	0,862	0,918	0,903	0,897	0,845	0,455	0,735	0,828
Na	0,120	0,121	0,108	0,062	0,083	0,049	0,092	0,495	0,256	0,145
K	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Wo	47,5	47,6	48,17	48,14	50,11	49,55	47,97	32,20	42,90	46,86
En	32,1	31,2	28,51	23,18	27,52	35,09	13,65	6,04	12,04	15,29
Fs	20,4	21,2	23,33	28,68	22,38	15,36	38,38	61,76	45,06	37,85
mg#	62,7	60,9	56,8	63,9	56,1	74,1	28,1	9,5	21,8	30,1

nc= núcleo, bd= borda de fenocristais zonados;

mfeño= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

amostras com asterisco correspondem aos piroxênios dos fonólitos apresentados por Lopes (1997).

Continuação da tabela 3a.

Rocha	FAGI		FAGII			Álcali-basalto				
Amostra grão	89FN47*	89FN47*	89FN66*	89FN66*	89FN66*	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b
	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	nc mfn	mat
SiO ₂	49,90	49,20	52,80	53,10	52,80	44,74	42,05	48,99	50,17	50,36
TiO ₂	1,27	0,59	4,05	1,99	0,95	3,63	4,69	2,23	1,55	1,79
Al ₂ O ₃	1,10	5,08	0,96	3,22	1,31	8,19	9,18	4,15	3,84	3,20
FeOtotal	25,70	21,80	24,50	25,00	27,10	8,19	10,05	7,60	7,17	7,30
Cr ₂ O ₃	0,06	0,07	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
MnO	1,98	1,74	0,88	0,73	0,54	0,14	0,22	0,25	0,18	0,32
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00
MgO	0,68	2,20	0,72	0,56	0,69	12,39	11,13	13,96	14,78	14,23
CaO	13,70	14,60	2,32	2,49	2,78	22,25	21,50	21,81	22,12	22,19
Na ₂ O	4,79	4,49	11,40	11,50	11,40	0,41	0,64	0,54	0,37	0,55
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,03
ZrO ₂	0,67	0,31	0,91	0,52	0,23	0,05	0,11	0,09	0,01	0,08
TOTAL	99,85	100,08	98,54	99,11	97,88	99,99	99,58	99,64	100,26	100,05

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,989	1,910	2,034	2,011	2,024	1,670	1,589	1,825	1,849	1,866
Al ^{IV}	0,011	0,090	0,000	0,000	0,000	0,330	0,408	0,175	0,151	0,134
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,041	0,143	0,044	0,144	0,059	0,030	0,000	0,007	0,016	0,006
Ti	0,038	0,017	0,117	0,057	0,027	0,102	0,133	0,062	0,043	0,050
Fe ³⁺	0,263	0,247	0,576	0,589	0,729	0,126	0,191	0,082	0,077	0,069
Fe ²⁺	0,593	0,461	0,212	0,179	0,139	0,053	0,049	0,073	0,051	0,089
Cr	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,040	0,127	0,041	0,032	0,039	0,689	0,627	0,775	0,812	0,786
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,076	0,075	0,082	0,093	0,068
Mn	0,067	0,057	0,029	0,023	0,018	0,004	0,007	0,008	0,006	0,010
Ca	0,585	0,607	0,096	0,101	0,114	0,890	0,870	0,870	0,873	0,881
Na	0,370	0,338	0,851	0,844	0,847	0,029	0,047	0,039	0,027	0,039
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001
Wo	37,78	40,49	10,04	10,70	10,99	48,4	47,7	46,0	45,7	46,3
En	2,61	8,49	4,34	3,35	3,79	37,5	34,4	41,0	42,5	41,3
Fs	59,61	51,02	85,63	85,96	85,22	14,1	17,8	13,0	11,9	12,4
mg#	4,5	15,2	5,0	3,9	4,3	73,0	66,3	76,6	78,6	77,7

nc= núcleo fenocristal

mfero= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

amostras com asterisco correspondem aos piroxênios dos fonólitos apresentados por Lopes (1997).

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Traquiandesito basáltico									
Amostra	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6a
grão	nc feno 1	bd feno 1	nc feno 2	bd feno 2	nc feno	nc feno	nc feno 1	bd feno1	nc feno 2	inter 2
	castanho	castanho	verde	verde	verde	verde	verde	castanho	castanho	castanho
SiO₂	47,70	45,83	47,77	49,60	45,74	46,47	47,10	47,60	47,52	48,16
TiO₂	1,81	2,35	1,66	1,12	2,16	2,85	2,08	2,16	2,45	2,26
Al₂O₃	5,16	7,13	5,61	3,98	7,02	6,73	5,94	5,75	5,88	5,35
FeOtotal	9,28	9,97	9,26	8,91	9,84	8,66	8,56	8,21	7,15	6,84
Cr₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,03	0,02	0,03
MnO	0,36	0,33	0,31	0,42	0,36	0,26	0,30	0,23	0,15	0,09
NiO	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
MgO	12,18	10,64	11,79	12,34	11,14	11,56	11,45	12,03	13,12	13,43
CaO	22,53	22,53	22,65	22,93	22,62	22,60	22,81	22,55	22,70	22,73
Na₂O	0,71	0,84	0,73	0,67	0,82	0,81	0,78	0,75	0,63	0,61
K₂O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,02	0,11	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,00
TOTAL	99,80	99,73	99,86	100,04	99,76	99,99	99,06	99,34	99,64	99,49

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,785	1,726	1,788	1,850	1,716	1,737	1,776	1,785	1,768	1,792
Al^{IV}	0,215	0,274	0,212	0,150	0,284	0,263	0,224	0,215	0,232	0,208
Fe³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al^{VI}	0,012	0,042	0,035	0,025	0,026	0,033	0,039	0,040	0,026	0,026
Ti	0,051	0,066	0,047	0,032	0,061	0,080	0,059	0,061	0,069	0,063
Fe³⁺	0,151	0,160	0,136	0,109	0,194	0,128	0,124	0,107	0,113	0,099
Fe²⁺	0,105	0,134	0,124	0,148	0,095	0,115	0,134	0,119	0,064	0,066
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Mg	0,679	0,597	0,658	0,686	0,623	0,644	0,644	0,673	0,728	0,745
Ni	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe²⁺	0,034	0,020	0,029	0,021	0,020	0,028	0,012	0,031	0,046	0,047
Mn	0,011	0,010	0,010	0,013	0,011	0,008	0,009	0,007	0,005	0,003
Ca	0,903	0,909	0,908	0,917	0,909	0,905	0,921	0,906	0,905	0,906
Na	0,051	0,061	0,053	0,049	0,059	0,059	0,057	0,055	0,045	0,044
K	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Wo	48,0	49,7	48,7	48,4	49,1	49,5	49,9	49,2	48,6	48,6
En	36,1	32,6	35,3	36,2	33,6	35,2	34,9	36,5	39,1	39,9
Fs	16,0	17,7	16,0	15,4	17,3	15,3	15,1	14,3	12,3	11,5
mg#	70,1	65,5	69,5	71,2	66,8	70,4	70,5	72,4	76,6	77,8

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

$$\text{mg\#} = 100 * [\text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})]$$

Continuação da tabela 3a.

Rocha	<i>Traquiandesito basáltico</i>									
Amostra	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b
grão	bd feno 2	mat	mat	nc feno 1	inter 1	bd feno 1	nc feno 2	inter 2	bd feno 2	bd anf
	castanho			castanho	castanho	castanho	castanho	castanho	castanho	
SiO ₂	46,36	49,09	43,25	47,07	46,79	44,77	47,99	46,97	45,92	43,51
TiO ₂	2,96	1,72	3,85	2,40	2,42	2,99	1,82	2,22	2,57	4,45
Al ₂ O ₃	6,84	4,39	8,62	6,03	6,39	7,72	5,19	5,92	6,66	8,82
FeOtotal	7,75	7,50	9,91	8,44	8,23	9,25	8,13	8,11	9,09	9,05
Cr ₂ O ₃	0,04	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
MnO	0,10	0,23	0,29	0,28	0,20	0,22	0,27	0,22	0,28	0,22
NiO	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
MgO	12,43	13,95	10,43	11,88	11,86	10,73	12,40	12,18	11,27	10,75
CaO	22,89	23,33	22,82	22,71	22,54	22,54	22,80	22,61	22,55	22,22
Na ₂ O	0,61	0,50	0,83	0,77	0,72	0,85	0,74	0,74	0,80	0,76
K ₂ O	0,00	0,02	0,06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
ZrO ₂	0,07	0,00	0,00	0,02	0,09	0,12	0,09	0,07	0,07	0,11
TOTAL	100,09	100,74	100,05	99,64	99,25	99,23	99,46	99,05	99,23	99,89
Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,725	1,805	1,624	1,762	1,759	1,692	1,796	1,766	1,732	1,637
Al ^{IV}	0,275	0,190	0,376	0,238	0,241	0,308	0,204	0,234	0,268	0,363
Fe ³⁺	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,025	0,000	0,005	0,028	0,041	0,035	0,025	0,028	0,027	0,028
Ti	0,083	0,048	0,109	0,068	0,068	0,085	0,051	0,063	0,073	0,126
Fe ³⁺	0,126	0,136	0,215	0,128	0,115	0,164	0,130	0,135	0,153	0,137
Fe ²⁺	0,075	0,052	0,087	0,111	0,110	0,110	0,101	0,092	0,112	0,106
Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
Mg	0,689	0,765	0,584	0,663	0,665	0,605	0,692	0,682	0,634	0,603
Ni	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,041	0,037	0,010	0,024	0,034	0,018	0,023	0,028	0,021	0,042
Mn	0,003	0,007	0,009	0,009	0,006	0,007	0,009	0,007	0,009	0,007
Ca	0,912	0,919	0,918	0,911	0,908	0,913	0,914	0,911	0,911	0,896
Na	0,044	0,036	0,060	0,056	0,052	0,062	0,054	0,054	0,059	0,055
K	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Wo	49,4	47,8	50,4	49,3	49,4	50,2	48,9	49,1	49,5	50,0
En	37,3	39,8	32,0	35,9	36,2	33,3	37,0	36,8	34,5	33,7
Fs	13,3	12,4	17,6	14,7	14,4	16,5	14,1	14,1	16,0	16,3
mg#	74,0	76,8	65,2	71,6	72,0	67,4	73,2	72,8	68,9	67,9

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo; bd anf= borda de anfibólio

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Traquiandesito									
	Amostra	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN7a	97FN7a
grão		matriz	matriz	nc feno castanho	bd feno castanho	matriz	matriz	matriz	nc feno verde	nc feno verde
SiO ₂		42,14	48,14	47,32	46,41	43,25	46,36	45,90	46,54	47,23
TiO ₂		4,59	2,06	2,03	2,37	3,84	2,61	2,81	1,02	0,73
Al ₂ O ₃		9,08	4,45	5,58	5,17	8,00	5,03	5,39	5,47	4,39
FeOtotal		9,30	7,76	8,21	8,51	8,94	8,98	8,60	12,68	13,83
Cr ₂ O ₃		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01
MnO		0,21	0,29	0,26	0,31	0,20	0,27	0,28	1,03	1,23
NiO		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
MgO		10,29	13,00	12,30	12,08	10,93	12,09	12,22	8,85	8,17
CaO		22,51	22,88	22,81	23,04	22,48	22,98	22,57	21,57	21,33
Na ₂ O		0,75	0,64	0,68	0,59	0,73	0,61	0,63	1,17	1,23
K ₂ O		0,02	0,06	0,00	0,01	0,09	0,02	0,04	0,01	0,00
ZrO ₂		0,10	0,05	0,04	0,23	0,12	0,17	0,22	0,12	0,11
TOTAL		98,99	99,32	99,22	98,72	98,57	99,14	98,67	98,48	98,25
Cátions para 6 Oxigênios										
Si		1,602	1,802	1,776	1,759	1,646	1,752	1,741	1,793	1,834
Al ^{IV}		0,398	0,196	0,224	0,231	0,354	0,224	0,241	0,207	0,166
Fe ³⁺		0,000	0,002	0,000	0,010	0,000	0,024	0,018	0,000	0,000
Al ^{VI}		0,009	0,000	0,022	0,000	0,004	0,000	0,000	0,041	0,035
Ti		0,131	0,058	0,057	0,068	0,110	0,074	0,080	0,030	0,021
Fe ³⁺		0,181	0,131	0,136	0,149	0,187	0,144	0,146	0,192	0,180
Fe ²⁺		0,095	0,085	0,096	0,101	0,079	0,100	0,082	0,216	0,269
Cr		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Mg		0,583	0,725	0,688	0,683	0,620	0,681	0,691	0,508	0,473
Ni		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺		0,019	0,024	0,025	0,010	0,019	0,015	0,026	0,000	0,000
Mn		0,007	0,009	0,008	0,010	0,006	0,009	0,009	0,034	0,041
Ca		0,917	0,917	0,917	0,936	0,917	0,930	0,917	0,891	0,888
Na		0,055	0,047	0,049	0,044	0,054	0,045	0,046	0,087	0,093
K		0,001	0,003	0,000	0,000	0,004	0,001	0,002	0,000	0,000
Wo		50,9	48,4	49,0	49,3	50,2	48,9	48,5	48,4	48,0
En		32,4	38,3	36,8	36,0	33,9	35,8	36,6	27,6	25,6
Fs		16,8	13,3	14,2	14,7	15,9	15,3	14,9	24,0	26,5
mg#		66,4	75,0	72,8	71,7	68,5	70,6	71,8	55,5	51,3

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Traquito									
	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57
Amostra	nc feno 1	bd feno 1	bd feno 1	matriz	nc feno 2	bd feno 2	nc feno 1	inter 1	inter 1	bd feno 1
grão	verde	verde	verde		verde	verde	verde	verde	castanho	castanho
SiO ₂	48,15	46,78	47,41	44,46	48,16	46,29	47,42	46,15	44,57	45,66
TiO ₂	1,37	1,55	1,32	2,79	1,04	1,80	1,12	1,72	2,87	1,44
Al ₂ O ₃	5,57	5,92	5,09	7,25	4,69	6,67	5,61	6,83	8,54	6,76
FeOtotal	11,21	11,88	11,29	12,91	11,80	11,50	11,88	11,89	9,60	12,26
Cr ₂ O ₃	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,65	0,72	0,73	0,66	0,77	0,51	0,74	0,59	0,21	0,63
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	10,00	9,21	9,71	8,20	9,47	9,37	9,54	9,26	10,50	9,09
CaO	22,14	21,60	21,73	21,35	22,01	22,01	21,99	22,29	22,53	22,07
Na ₂ O	1,17	1,28	1,21	1,31	1,12	1,18	1,09	1,02	0,69	1,00
K ₂ O	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
ZrO ₂	0,10	0,10	0,12	0,27	0,13	0,00	0,10	0,04	0,08	0,11
TOTAL	100,37	99,08	98,62	99,21	99,19	99,31	99,50	99,80	99,60	99,01

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,807	1,785	1,814	1,709	1,837	1,750	1,801	1,748	1,680	1,746
Al ^{IV}	0,193	0,215	0,186	0,291	0,163	0,250	0,199	0,252	0,320	0,254
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,053	0,051	0,043	0,037	0,048	0,047	0,052	0,053	0,059	0,050
Ti	0,039	0,045	0,038	0,081	0,030	0,051	0,032	0,049	0,081	0,041
Fe ³⁺	0,147	0,168	0,156	0,184	0,137	0,188	0,163	0,176	0,149	0,195
Fe ²⁺	0,201	0,211	0,205	0,229	0,239	0,187	0,213	0,199	0,120	0,195
Cr	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,560	0,524	0,553	0,470	0,539	0,528	0,540	0,523	0,590	0,518
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,006	0,001	0,001	0,033	0,002
Mn	0,021	0,023	0,023	0,021	0,025	0,016	0,024	0,019	0,007	0,020
Ca	0,890	0,883	0,890	0,879	0,900	0,891	0,895	0,904	0,910	0,904
Na	0,085	0,094	0,090	0,098	0,083	0,086	0,080	0,075	0,051	0,074
K	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Wo	48,8	48,8	48,7	49,2	48,9	49,1	48,7	49,6	50,3	49,3
En	30,7	29,0	30,3	26,3	29,3	29,1	29,4	28,7	32,6	28,2
Fs	20,4	22,2	21,0	24,4	21,8	21,9	21,8	21,7	17,1	22,5
mg#	61,5	58,0	60,5	53,1	58,9	58,1	58,9	58,2	66,1	56,9

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Traquito								Lamprófiro I	
Amostra	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN3d	97FN3d
grão	bd feno 1	nc feno	nc feno	m feno	mat	mat	mat	mat	matriz	matriz
	castanho	verde	verde	verde						
SiO ₂	46,40	48,02	49,28	47,33	45,59	47,97	46,16	48,54	45,34	44,85
TiO ₂	1,35	1,17	0,73	1,31	2,13	1,12	2,03	0,98	2,66	3,67
Al ₂ O ₃	6,26	5,31	4,08	5,40	5,98	3,59	5,39	3,63	6,73	8,15
FeOtotal	12,23	11,68	10,78	11,72	12,89	12,98	12,91	11,61	7,43	7,43
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00
MnO	0,72	0,71	0,68	0,69	1,17	1,20	1,10	1,03	0,17	0,18
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	8,97	9,99	10,87	9,76	8,97	9,53	9,30	10,55	12,48	12,08
CaO	22,04	22,26	22,50	22,19	21,98	22,56	20,84	22,66	23,06	22,68
Na ₂ O	1,07	1,07	0,96	1,02	1,32	0,97	1,64	0,89	0,56	0,61
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,02	0,11	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0,00	0,09	0,02	0,16	0,25	0,29	0,40	0,29	0,04	0,09
TOTAL	99,07	100,31	99,91	99,58	100,39	100,27	99,92	100,19	98,50	99,76

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,773	1,806	1,853	1,797	1,727	1,823	1,753	1,834	1,710	1,675
Al ^{IV}	0,227	0,194	0,147	0,203	0,267	0,161	0,241	0,162	0,290	0,325
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,016	0,006	0,005	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,054	0,042	0,033	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,034
Ti	0,039	0,033	0,021	0,037	0,061	0,032	0,058	0,028	0,076	0,103
Fe ³⁺	0,174	0,164	0,143	0,164	0,249	0,184	0,254	0,176	0,170	0,128
Fe ²⁺	0,217	0,202	0,194	0,207	0,153	0,213	0,151	0,186	0,044	0,063
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000
Mg	0,511	0,560	0,609	0,552	0,507	0,540	0,526	0,594	0,702	0,673
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,042
Mn	0,023	0,023	0,021	0,022	0,037	0,039	0,035	0,033	0,005	0,006
Ca	0,902	0,897	0,906	0,903	0,892	0,919	0,848	0,917	0,932	0,908
Na	0,079	0,078	0,070	0,075	0,097	0,072	0,121	0,065	0,041	0,044
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001
			4,000	4,000	3,998	3,999	3,995	3,999		
Wo	49,4	48,5	48,3	48,9	48,3	48,1	46,6	48,0	49,7	49,9
En	28,0	30,3	32,5	29,9	27,5	28,3	28,9	31,1	37,5	37,0
Fs	22,7	21,2	19,2	21,3	24,2	23,7	24,5	20,9	12,8	13,1
mg#	56,7	60,3	64,2	59,8	55,3	56,7	56,1	61,8	74,9	74,3

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados;

m feno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Lamprófiro I									
Amostra	97FN3d	97FN3d	97FN3d	97FN11b	97FN11b	97FN11b	97FN11b	97FN13a	97FN13a	97FN13a
grão	nc feno	bd feno	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	nc feno 1	inter 1	bd feno 1
	castanho	castanho					castanho	verde	verde	castanho
SiO ₂	44,67	42,41	44,92	42,15	48,10	47,21	44,13	47,43	47,26	48,72
TiO ₂	3,49	4,48	3,29	5,11	2,48	2,78	4,28	1,02	1,22	2,26
Al ₂ O ₃	8,84	9,92	7,56	9,25	4,70	5,08	7,80	5,39	5,57	4,88
FeOtotal	7,03	7,22	7,95	7,84	7,22	7,55	7,70	15,52	15,53	6,63
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06
MnO	0,12	0,18	0,24	0,21	0,23	0,18	0,15	0,46	0,44	0,15
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	11,94	11,44	11,66	11,49	14,34	14,03	12,27	6,87	6,87	13,47
CaO	22,61	22,91	22,64	22,58	22,59	22,18	22,66	20,53	20,19	22,65
Na ₂ O	0,72	0,69	0,65	0,63	0,46	0,50	0,67	1,98	2,09	0,53
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO ₂	0,04	0,13	0,11	0,05	0,01	0,11	0,04	0,16	0,18	0,06
TOTAL	99,46	99,39	99,02	99,34	100,15	99,63	99,69	99,37	99,34	99,39
Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,668	1,591	1,694	1,588	1,778	1,758	1,651	1,824	1,817	1,817
Al ^{IV}	0,332	0,409	0,306	0,410	0,204	0,223	0,343	0,176	0,183	0,183
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,002	0,018	0,019	0,006	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,057	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,069	0,070	0,031
Ti	0,098	0,127	0,093	0,145	0,069	0,078	0,120	0,030	0,035	0,063
Fe ³⁺	0,130	0,175	0,137	0,169	0,117	0,123	0,156	0,196	0,199	0,062
Fe ²⁺	0,050	0,028	0,085	0,041	0,023	0,021	0,040	0,303	0,301	0,093
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Mg	0,665	0,640	0,656	0,645	0,790	0,779	0,684	0,394	0,394	0,749
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,039	0,023	0,029	0,035	0,065	0,072	0,039	0,000	0,000	0,052
Mn	0,004	0,006	0,008	0,007	0,007	0,006	0,005	0,015	0,014	0,005
Ca	0,905	0,921	0,915	0,911	0,895	0,885	0,908	0,846	0,832	0,905
Na	0,052	0,050	0,048	0,046	0,033	0,036	0,048	0,148	0,156	0,039
K	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Wo	50,5	51,4	50,0	50,3	46,7	46,5	49,4	48,2	47,8	48,5
En	37,1	35,7	35,8	35,6	41,3	40,9	37,2	22,5	22,6	40,1
Fs	12,4	12,9	14,2	14,0	12,0	12,7	13,4	29,3	29,5	11,4
mg#	75,2	73,9	72,3	72,3	78,0	76,8	73,9	44,1	44,1	78,3

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Lamprófiro I								Lamprófiro II	
Amostra	97FN13a	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN3a	97FN3a
grão	bd fn1	nc feno 1	inter 1	bd feno 1	nc feno 2	bd feno 2	mat	mat	nc feno 1	inter 1
	castanho	castanho	castanho	castanho	castanho	castanho			castanho	castanho
SiO ₂	47,20	43,84	47,25	44,47	47,43	43,59	39,97	42,07	47,79	49,01
TiO ₂	2,56	4,10	2,73	4,20	2,68	4,08	6,56	5,95	2,16	1,90
Al ₂ O ₃	5,77	7,98	5,76	8,11	5,79	8,02	11,12	10,77	5,78	3,82
FeOtotal	8,17	7,52	7,13	8,19	6,83	8,46	10,19	9,75	7,09	6,42
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03
MnO	0,19	0,27	0,19	0,26	0,26	0,31	0,29	0,27	0,15	0,11
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03
MgO	12,04	11,74	12,67	10,60	12,75	10,89	8,36	7,81	13,52	14,86
CaO	22,87	22,97	23,03	22,87	23,17	22,61	21,73	19,97	22,38	22,41
Na ₂ O	0,66	0,84	0,82	0,96	0,89	0,95	1,23	1,16	0,64	0,50
K ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,02	0,21	1,21	0,00	0,03
ZrO ₂	0,13	0,04	0,08	0,12	0,06	0,13	0,00	0,25	0,02	0,00
TOTAL	99,62	99,31	99,67	99,82	99,86	99,05	99,66	99,21	99,60	99,11

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,770	1,645	1,760	1,671	1,761	1,649	1,520	1,611	1,775	1,822
Al ^{IV}	0,230	0,353	0,240	0,329	0,239	0,351	0,480	0,389	0,225	0,167
Fe ³⁺	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011
Al ^{VI}	0,025	0,000	0,013	0,030	0,014	0,006	0,019	0,097	0,028	0,000
Ti	0,072	0,116	0,077	0,119	0,075	0,116	0,188	0,171	0,060	0,053
Fe ³⁺	0,108	0,180	0,132	0,131	0,140	0,183	0,185	0,093	0,121	0,085
Fe ²⁺	0,121	0,047	0,075	0,127	0,066	0,081	0,135	0,193	0,040	0,037
Cr	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Mg	0,673	0,657	0,704	0,594	0,705	0,614	0,474	0,446	0,748	0,823
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,027	0,006	0,015	0,000	0,006	0,003	0,004	0,026	0,059	0,067
Mn	0,006	0,009	0,006	0,008	0,008	0,010	0,009	0,009	0,005	0,003
Ca	0,919	0,924	0,919	0,921	0,922	0,916	0,885	0,819	0,890	0,892
Na	0,048	0,061	0,059	0,070	0,064	0,070	0,091	0,086	0,046	0,036
K	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,010	0,059	0,000	0,001
		3,999	3,999							
Wo	49,6	50,6	49,6	51,7	49,9	50,7	52,3	51,6	47,8	46,5
En	36,3	36,0	38,0	33,4	38,2	34,0	28,0	28,1	40,2	42,9
Fs	14,1	13,4	12,3	14,9	11,9	15,3	19,7	20,2	12,1	10,6
mg#	72,4	73,7	76,0	69,7	76,9	69,7	59,4	58,8	77,3	80,4

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Lamprófiro II									
Amostra	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3b
grão	bd feno 1	nc feno 2	inter 2	bd feno 2	nc feno 3	bd feno 3	matriz	matriz	matriz	nc feno 1
	castanho	verde	castanho	castanho	castanho	castanho				castanho
SiO ₂	43,26	46,81	47,79	43,79	49,45	43,36	45,67	44,14	47,99	47,26
TiO ₂	4,64	0,74	2,47	4,44	2,01	4,79	3,67	4,33	2,88	2,41
Al ₂ O ₃	8,94	5,39	5,76	8,97	3,94	8,96	7,15	7,94	5,53	6,25
FeOtotal	8,07	15,77	6,98	7,12	6,57	7,83	7,17	7,82	6,28	7,25
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
MnO	0,10	0,84	0,12	0,18	0,15	0,17	0,21	0,15	0,17	0,12
NiO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
MgO	11,56	6,94	13,21	11,75	14,55	11,46	12,59	12,01	13,76	12,24
CaO	22,66	21,06	23,08	22,59	22,68	22,55	22,70	22,58	23,00	22,89
Na ₂ O	0,58	1,65	0,57	0,73	0,44	0,66	0,63	0,64	0,60	0,54
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,03	0,06	0,05	0,03	0,00
ZrO ₂	0,04	0,08	0,04	0,08	0,05	0,09	0,04	0,12	0,07	0,05
TOTAL	99,89	99,30	100,00	99,70	99,86	99,88	99,88	99,78	100,35	99,00

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,621	1,805	1,772	1,637	1,830	1,625	1,701	1,653	1,770	1,777
Al ^{IV}	0,379	0,195	0,228	0,363	0,170	0,375	0,299	0,347	0,230	0,223
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,015	0,050	0,023	0,032	0,002	0,020	0,015	0,003	0,011	0,053
Ti	0,131	0,021	0,069	0,125	0,056	0,135	0,103	0,122	0,080	0,068
Fe ³⁺	0,143	0,226	0,108	0,132	0,087	0,132	0,121	0,144	0,099	0,129
Fe ²⁺	0,064	0,282	0,070	0,056	0,052	0,073	0,062	0,061	0,052	0,064
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,645	0,399	0,730	0,655	0,803	0,640	0,699	0,670	0,756	0,686
Ni	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,045	0,000	0,038	0,034	0,065	0,040	0,040	0,040	0,042	0,035
Mn	0,003	0,027	0,004	0,006	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,004
Ca	0,909	0,870	0,917	0,905	0,900	0,905	0,906	0,906	0,909	0,922
Na	0,042	0,124	0,041	0,053	0,031	0,048	0,045	0,046	0,043	0,039
K	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,003	0,002	0,001	0,000
Wo	50,2	48,2	49,1	50,6	47,1	50,4	49,4	49,6	48,8	50,1
En	35,7	22,1	39,1	36,6	42,0	35,7	38,1	36,7	40,6	37,3
Fs	14,1	29,7	11,8	12,8	10,9	13,9	12,5	13,7	10,6	12,6
mg#	71,9	44,0	77,2	74,7	79,7	72,3	75,8	73,2	79,7	75,1

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Lamprófiro II						Lamprófiro III			
Amostra	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7
grão	bd feno 1	nc feno 2	inter 2	bd feno 2	matriz	matriz	nc mfn	matriz	matriz	matriz
	castanho	verde	castanho	castanho						
SiO ₂	48,31	47,22	46,21	46,41	46,14	46,83	46,96	47,68	48,52	48,31
TiO ₂	2,40	2,08	2,23	3,12	2,47	2,13	2,60	2,74	2,08	2,29
Al ₂ O ₃	5,89	6,44	7,24	7,09	6,05	5,09	6,53	5,57	4,98	5,39
FeOtotal	7,01	9,83	9,27	7,14	9,31	9,94	6,69	6,20	6,66	6,75
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,16	0,31	0,23	0,09	0,30	0,39	0,11	0,16	0,12	0,18
NiO	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,31	11,28	11,14	13,17	11,81	11,58	13,47	13,67	14,33	13,87
CaO	22,87	22,53	22,81	22,96	22,67	22,35	23,33	23,42	22,97	23,26
Na ₂ O	0,55	0,87	0,80	0,51	0,58	0,60	0,74	0,63	0,51	0,70
K ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,02	0,01	0,03	0,01
ZrO ₂	0,05	0,05	0,05	0,03	0,08	0,25	0,11	0,14	0,02	0,08
TOTAL	100,55	100,63	100,05	100,54	99,48	99,24	100,54	100,21	100,21	100,83

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,781	1,757	1,727	1,713	1,737	1,775	1,726	1,761	1,787	1,771
Al ^{IV}	0,219	0,243	0,273	0,287	0,263	0,225	0,274	0,239	0,213	0,229
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,037	0,039	0,046	0,021	0,005	0,002	0,009	0,003	0,003	0,003
Ti	0,067	0,058	0,063	0,086	0,070	0,061	0,072	0,076	0,058	0,063
Fe ³⁺	0,086	0,150	0,156	0,128	0,157	0,141	0,173	0,128	0,130	0,149
Fe ²⁺	0,078	0,126	0,112	0,039	0,105	0,142	0,008	0,040	0,023	0,026
Cr	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,732	0,626	0,621	0,725	0,663	0,654	0,738	0,752	0,787	0,758
Ni	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,052	0,029	0,021	0,053	0,031	0,032	0,024	0,023	0,052	0,031
Mn	0,005	0,010	0,007	0,003	0,009	0,012	0,003	0,005	0,004	0,006
Ca	0,904	0,898	0,914	0,908	0,914	0,908	0,919	0,927	0,907	0,913
Na	0,039	0,063	0,058	0,036	0,042	0,044	0,053	0,045	0,036	0,050
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,001	0,000	0,001	0,000
Wo	48,7	48,8	49,9	48,9	48,6	48,1	49,3	49,4	47,7	48,5
En	39,4	34,0	33,9	39,1	35,3	34,6	39,6	40,1	41,4	40,3
Fs	11,9	17,1	16,2	12,0	16,1	17,3	11,2	10,5	11,0	11,3
mg#	77,2	67,2	68,2	76,7	69,4	67,5	78,3	79,7	79,3	78,6

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfn= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3a.

Rocha	Lamprófiro III								Lamprófiro IV		
Amostra	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7	97FN25	97FN25	97FN25
grão	nc feno 1	inter 1	bd feno 1	nc feno 2	bd feno 2	nc feno 3	bd feno 3		matriz	nc feno	bd feno
	verde	verde	castanho	castanho	castanho	castanho	castanho			castanho	castanho
SiO ₂	47,25	46,44	46,70	49,02	43,30	47,80	48,08		42,98	47,67	43,31
TiO ₂	1,61	1,79	2,96	1,92	4,43	2,06	2,71		4,83	2,18	4,54
Al ₂ O ₃	5,73	6,47	6,34	4,50	8,91	8,08	5,10		7,97	5,01	8,51
FeOtotal	9,99	11,59	6,58	6,25	6,87	6,16	6,54		8,47	6,62	8,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
MnO	0,37	0,41	0,12	0,14	0,13	0,10	0,12		0,15	0,20	0,18
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
MgO	10,87	9,23	13,02	14,29	11,71	13,62	14,09		10,89	13,11	11,00
CaO	22,58	21,84	23,38	23,27	23,33	21,46	23,54		22,57	23,30	22,55
Na ₂ O	1,10	1,43	0,77	0,65	0,73	0,95	0,56		0,86	0,74	0,83
K ₂ O	0,02	0,00	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02		0,06	0,00	0,01
ZrO ₂	0,12	0,08	0,10	0,03	0,14	0,01	0,00		0,20	0,04	0,05
TOTAL	99,64	99,28	100,00	100,08	99,58	100,24	100,77		98,98	98,86	98,97

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,776	1,763	1,730	1,805	1,620	1,750	1,764	1,632	1,785	1,638
Al ^{IV}	0,224	0,237	0,270	0,195	0,380	0,250	0,220	0,356	0,215	0,362
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,012	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,030	0,052	0,007	0,000	0,013	0,098	0,000	0,000	0,006	0,017
Ti	0,045	0,051	0,082	0,053	0,125	0,057	0,075	0,000	0,061	0,129
Fe ³⁺	0,183	0,187	0,020	0,134	0,169	0,105	0,127	0,138	0,140	0,147
Fe ²⁺	0,131	0,180	0,172	0,028	0,040	0,000	0,027	0,133	0,062	0,087
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,000	0,000
Mg	0,609	0,523	0,719	0,785	0,653	0,740	0,771	0,000	0,731	0,620
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,616	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,000	0,012	0,031	0,006	0,083	0,030	0,011	0,006	0,020
Mn	0,012	0,013	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,006	0,006
Ca	0,909	0,888	0,928	0,918	0,936	0,842	0,925	0,918	0,935	0,914
Na	0,080	0,105	0,056	0,046	0,053	0,068	0,040	0,063	0,053	0,061
K	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000
								3,997	4,000	4,000
Wo	49,3	49,6	50,0	48,3	51,8	47,4	48,7	50,8	49,7	50,9
En	33,0	29,2	38,8	41,3	36,1	41,9	40,6	34,1	38,9	34,6
Fs	17,7	21,2	11,2	10,4	12,1	10,7	10,7	15,2	11,4	14,5
mg#	66,0	58,8	77,9	80,3	75,2	79,8	79,4	69,6	77,8	70,9

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfero= microfenocristal homogêneo

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Tabela 3b: Análises químicas dos clinopiroxênios do episódio Quixaba de Fernando de Noronha.

Rocha	MEM (melilita melaneofilinitos)									
	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31
Amostra grão	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	49,71	52,09	46,88	47,86	44,65	44,44	51,32	48,91	52,22	50,63
TiO ₂	2,46	1,46	3,51	2,86	4,41	3,84	1,74	2,62	1,33	1,92
Al ₂ O ₃	3,10	1,44	5,93	4,75	6,91	7,03	1,62	3,74	1,18	2,15
FeOtotal	5,32	5,22	6,01	5,28	7,05	7,30	5,09	5,28	5,26	5,23
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
MnO	0,10	0,11	0,11	0,10	0,15	0,11	0,13	0,12	0,09	0,12
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	14,43	15,60	13,58	14,21	12,75	12,26	15,38	14,42	15,38	14,88
CaO	24,38	24,36	24,40	24,50	23,85	23,96	24,53	24,56	24,30	24,13
Na ₂ O	0,57	0,43	0,53	0,50	0,61	0,62	0,48	0,51	0,54	0,55
K ₂ O	0,04	0,06	0,02	0,01	0,08	0,05	0,00	0,03	0,00	0,03
ZrO ₂	0,13	0,02	0,02	0,00	0,13	0,12	0,10	0,04	0,00	0,00
TOTAL	100,23	100,79	100,98	100,08	100,58	99,71	100,38	100,24	100,33	99,63

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,832	1,901	1,719	1,764	1,654	1,661	1,883	1,801	1,914	1,871
Al ^{IV}	0,135	0,062	0,256	0,206	0,302	0,309	0,070	0,162	0,051	0,094
Fe ³⁺	0,033	0,037	0,024	0,030	0,044	0,029	0,048	0,037	0,035	0,035
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,068	0,040	0,097	0,079	0,123	0,108	0,048	0,072	0,037	0,053
Fe ³⁺	0,073	0,051	0,125	0,113	0,146	0,169	0,056	0,092	0,050	0,062
Fe ²⁺	0,057	0,060	0,035	0,019	0,027	0,030	0,053	0,033	0,072	0,064
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,793	0,849	0,743	0,781	0,704	0,683	0,841	0,792	0,841	0,820
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,011	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000
Mn	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004
Ca	0,963	0,953	0,959	0,968	0,947	0,960	0,964	0,969	0,955	0,956
Na	0,041	0,030	0,038	0,036	0,044	0,045	0,034	0,037	0,038	0,039
K	0,002	0,003	0,001	0,000	0,004	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001
Wo	50,1	48,5	50,8	50,6	50,5	51,2	49,0	50,3	48,7	49,3
En	41,3	43,2	39,3	40,8	37,5	36,4	42,8	41,1	42,9	42,2
Fs	8,6	8,2	9,9	8,6	11,9	12,3	8,2	8,6	8,4	8,5
mg#	82,9	84,2	80,2	82,8	76,3	75,0	84,3	83,0	83,9	83,6

mfeno= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	MEM									
	Amostra	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	99FN21b	99FN21b
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	50,60	50,68	48,23	46,16	51,27	52,43	48,32	50,74	49,46	50,52
TiO ₂	2,05	2,21	3,23	3,31	1,87	1,30	2,93	1,71	2,03	1,68
Al ₂ O ₃	2,81	2,55	4,67	5,91	2,13	0,99	4,11	1,77	4,15	2,26
FeOtotal	5,16	5,16	6,43	7,10	5,41	4,90	5,90	4,97	5,05	4,84
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,02
MnO	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,05	0,14	0,12	0,08	0,14
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	15,02	15,01	13,86	13,52	15,21	15,72	14,00	15,40	14,46	15,51
CaO	24,31	24,52	23,75	23,94	24,18	24,52	24,00	24,03	22,35	23,39
Na ₂ O	0,52	0,55	0,55	0,52	0,45	0,48	0,65	0,47	1,55	0,56
K ₂ O	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,50	0,11
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08	0,02
TOTAL	100,55	100,75	100,83	100,51	100,57	100,39	100,14	99,28	99,69	99,03

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,852	1,852	1,773	1,703	1,878	1,918	1,784	1,879	1,810	1,871
Al ^{IV}	0,121	0,110	0,202	0,257	0,092	0,043	0,179	0,077	0,179	0,099
Fe ³⁺	0,027	0,038	0,025	0,040	0,030	0,039	0,037	0,043	0,000	0,031
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,056	0,061	0,089	0,092	0,051	0,036	0,081	0,048	0,056	0,047
Fe ³⁺	0,072	0,066	0,087	0,149	0,051	0,045	0,100	0,059	0,000	0,080
Fe ²⁺	0,052	0,054	0,063	0,016	0,066	0,063	0,045	0,043	0,154	0,017
Cr	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
Mg	0,819	0,818	0,760	0,743	0,831	0,857	0,770	0,850	0,789	0,856
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,008	0,000	0,023	0,015	0,017	0,003	0,000	0,009	0,000	0,023
Mn	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,004	0,004	0,002	0,004
Ca	0,953	0,960	0,935	0,947	0,949	0,961	0,949	0,954	0,876	0,928
Na	0,037	0,039	0,039	0,037	0,032	0,034	0,047	0,034	0,110	0,040
K	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,023	0,005
Wo	49,3	49,5	49,3	49,5	48,8	48,8	49,8	48,6	48,1	47,9
En	42,4	42,2	40,1	38,9	42,7	43,5	40,4	43,3	43,3	44,1
Fs	8,3	8,3	10,6	11,6	8,5	7,7	9,8	8,1	8,6	8,0
mg#	83,7	83,8	79,3	77,2	83,5	85,1	80,9	84,7	83,7	85,0

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn
 mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	MEM							OLM (olivina melanefelinitos)		
Amostra	99FN21b	99FN62 N	99FN62 N	99FN62 M	99FN56b	99FN56b	99FN56b	97FN20	97FN20	97FN20
grão	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	48,50	51,94	52,04	51,78	46,44	46,87	43,75	50,53	50,29	47,23
TiO ₂	2,51	1,61	1,63	1,71	3,41	3,11	4,47	1,45	1,75	2,69
Al ₂ O ₃	3,44	1,30	1,51	1,54	6,40	5,93	8,54	2,30	2,77	5,43
FeOtotal	5,76	4,92	4,91	5,10	5,98	5,86	6,56	7,30	6,81	7,13
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
MnO	0,12	0,15	0,16	0,16	0,07	0,12	0,11	0,19	0,13	0,13
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	14,36	15,74	15,84	15,61	13,42	13,56	12,03	14,09	14,14	12,80
CaO	23,82	23,79	23,89	23,95	23,93	23,78	23,31	23,90	24,18	23,50
Na ₂ O	0,56	0,55	0,50	0,57	0,36	0,36	0,44	0,40	0,38	0,48
K ₂ O	0,05	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,00	0,01	0,02
ZrO ₂	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,03	0,03	0,05
TOTAL	99,17	100,01	100,48	100,42	100,04	99,68	99,36	100,17	100,48	99,46

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,806	1,907	1,901	1,894	1,720	1,742	1,641	1,872	1,856	1,767
Al ^{IV}	0,151	0,056	0,065	0,066	0,279	0,258	0,359	0,100	0,120	0,233
Fe ³⁺	0,043	0,037	0,034	0,039	0,000	0,000	0,000	0,027	0,024	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,018	0,000	0,000	0,006
Ti	0,070	0,044	0,045	0,047	0,095	0,087	0,126	0,040	0,049	0,076
Fe ³⁺	0,095	0,044	0,046	0,052	0,116	0,108	0,123	0,075	0,074	0,111
Fe ²⁺	0,037	0,050	0,047	0,050	0,048	0,052	0,059	0,106	0,100	0,094
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Mg	0,797	0,862	0,863	0,851	0,741	0,751	0,673	0,778	0,778	0,714
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,003	0,020	0,024	0,015	0,021	0,022	0,024	0,017	0,012	0,018
Mn	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004
Ca	0,950	0,936	0,935	0,939	0,950	0,947	0,937	0,949	0,956	0,942
Na	0,040	0,039	0,036	0,040	0,026	0,026	0,032	0,028	0,027	0,034
K	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,004	0,000	0,001	0,001
Wo	49,2	47,9	47,9	48,1	50,6	50,3	51,5	48,5	49,1	50,0
En	41,3	44,1	44,2	43,6	39,5	39,9	37,0	39,7	39,9	37,9
Fs	9,4	8,0	8,0	8,3	10,0	9,9	11,5	11,8	11,0	12,1
mg#	81,7	85,1	85,1	84,5	80,0	80,5	76,6	77,6	78,7	76,2

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn
 mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	OLM									
	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b
Amostra grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	46,94	49,49	49,90	50,78	45,59	46,10	48,46	49,17	49,98	43,19
TiO ₂	3,22	1,67	1,80	1,34	4,24	3,83	3,00	2,58	2,28	5,62
Al ₂ O ₃	5,66	3,04	2,68	2,39	5,59	5,68	4,27	3,29	2,38	7,58
FeOtotal	6,92	7,30	7,01	7,37	6,77	6,37	5,64	6,01	6,43	6,92
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,17	0,13	0,15	0,13	0,11	0,09	0,12	0,09	0,10	0,08
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	12,52	13,51	13,57	13,63	12,98	13,61	14,02	14,00	14,00	11,99
CaO	23,35	23,72	23,80	23,33	23,72	23,85	24,33	24,16	23,83	23,50
Na ₂ O	0,47	0,43	0,43	0,40	0,48	0,39	0,40	0,42	0,46	0,48
K ₂ O	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02
ZrO ₂	0,08	0,00	0,06	0,00	0,10	0,05	0,03	0,05	0,00	0,00
TOTAL	99,35	99,28	99,39	99,37	99,63	99,99	100,27	99,76	99,47	99,37

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,761	1,851	1,866	1,899	1,706	1,712	1,790	1,827	1,864	1,627
Al ^{IV}	0,239	0,134	0,118	0,101	0,246	0,248	0,186	0,144	0,104	0,336
Fe ³⁺	0,000	0,015	0,016	0,000	0,047	0,039	0,025	0,029	0,032	0,037
Al ^{VI}	0,012	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,091	0,047	0,051	0,038	0,119	0,107	0,083	0,072	0,064	0,159
Fe ³⁺	0,080	0,085	0,064	0,051	0,090	0,103	0,073	0,059	0,041	0,090
Fe ²⁺	0,117	0,114	0,129	0,148	0,066	0,037	0,073	0,094	0,116	0,077
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,701	0,754	0,756	0,760	0,724	0,754	0,772	0,775	0,778	0,673
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,020	0,014	0,010	0,032	0,009	0,019	0,004	0,005	0,011	0,013
Mn	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,002
Ca	0,939	0,951	0,953	0,935	0,951	0,949	0,963	0,962	0,952	0,948
Na	0,034	0,031	0,031	0,029	0,035	0,028	0,029	0,030	0,033	0,035
K	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
Wo	50,4	49,1	49,3	48,4	50,3	49,8	50,3	49,9	49,2	51,5
En	37,6	38,9	39,1	39,4	38,3	39,6	40,3	40,2	40,2	36,6
Fs	11,9	12,0	11,6	12,2	11,4	10,6	9,4	9,9	10,5	11,9
mg#	76,4	76,8	77,5	76,7	77,4	79,2	81,5	80,6	79,6	75,6

nc= núcleo, borda de fenocristais zonados;

mfero= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	OLM									
	97FN44a	97FN44b	97FN44b	97FN44b	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a
Amostra grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
					50,34	48,65	50,32	48,30	49,51	50,89
SiO ₂	46,97	43,83	47,82	49,08	2,24	2,76	2,08	2,63	2,58	1,89
TiO ₂	2,80	3,87	2,53	2,27	2,79	2,88	3,01	2,61	3,18	2,26
Al ₂ O ₃	5,80	7,60	4,27	3,67	5,67	8,52	5,80	7,58	6,07	5,86
FeOtotal	6,48	7,56	6,86	6,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,05	0,02	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	0,04	0,04	0,03
MnO	0,10	0,09	0,13	0,15	0,10	0,15	0,15	0,22	0,12	0,12
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00
MgO	13,49	11,72	13,47	13,85	14,45	13,75	13,70	13,40	13,29	14,50
CaO	24,54	23,31	23,73	23,78	23,50	22,88	23,74	23,01	23,57	23,54
Na ₂ O	0,39	0,55	0,49	0,49	0,54	0,53	0,52	0,58	0,56	0,46
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,01
ZrO ₂	0,00	0,08	0,02	0,00	0,06	0,12	0,07	0,09	0,13	0,05
TOTAL	100,62	98,63	99,31	99,62	99,71	100,27	99,41	98,48	99,13	99,60

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,730	1,660	1,787	1,824	1,866	1,811	1,876	1,828	1,857	1,889
Al ^{IV}	0,252	0,339	0,188	0,161	0,122	0,126	0,124	0,116	0,141	0,099
Fe ³⁺	0,018	0,001	0,026	0,015	0,013	0,062	0,000	0,056	0,002	0,012
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
Ti	0,078	0,110	0,071	0,063	0,062	0,077	0,058	0,075	0,073	0,053
Fe ³⁺	0,140	0,159	0,106	0,085	0,047	0,071	0,036	0,063	0,039	0,038
Fe ²⁺	0,040	0,069	0,072	0,083	0,091	0,087	0,136	0,104	0,143	0,106
Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Mg	0,741	0,662	0,751	0,767	0,799	0,763	0,761	0,756	0,743	0,802
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,001	0,011	0,010	0,011	0,025	0,044	0,009	0,017	0,006	0,026
Mn	0,003	0,003	0,004	0,005	0,003	0,005	0,005	0,007	0,004	0,004
Ca	0,968	0,946	0,950	0,947	0,933	0,913	0,948	0,933	0,947	0,936
Na	0,028	0,041	0,036	0,036	0,039	0,038	0,037	0,042	0,041	0,033
K	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000
Wo	50,7	51,1	49,5	49,5	48,8	46,9	50,0	48,2	50,3	48,6
En	38,8	35,8	39,1	40,1	41,8	39,2	40,2	39,0	39,4	41,7
Fs	10,6	13,1	11,4	10,4	9,4	13,8	9,8	12,8	10,3	9,7
mg#	78,8	73,4	77,8	79,8	81,9	74,3	80,8	75,9	79,6	81,5

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn
mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha Amostra grão	OLM									
	97FN58a matriz	97FN58a matriz	97FN58a matriz	97FN58a matriz	97FN58a matriz	97FN58a matriz	99FN3 mfeno	99FN3 matriz	99FN3 nc mfeno	99FN3 bd mfeno
SiO ₂	49,39	49,97	50,70	50,34	48,65	50,32	44,03	46,24	44,15	48,98
TiO ₂	2,51	2,27	1,81	2,24	2,76	2,08	3,72	3,01	3,92	2,14
Al ₂ O ₃	3,37	2,85	2,48	2,79	2,88	3,01	7,75	5,70	7,83	3,93
FeOtotal	5,96	5,81	5,21	5,67	8,52	5,80	6,68	6,77	7,33	6,02
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,27	0,00	0,00	0,03
MnO	0,17	0,18	0,11	0,10	0,15	0,15	0,03	0,13	0,09	0,08
NiO	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,25	13,79	14,07	14,45	13,75	13,70	12,53	12,62	12,32	13,99
CaO	23,79	23,69	23,97	23,50	22,88	23,74	23,30	24,12	23,57	24,12
Na ₂ O	0,57	0,51	0,50	0,54	0,53	0,52	0,36	0,46	0,40	0,43
K ₂ O	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00
ZrO ₂	0,11	0,12	0,11	0,06	0,12	0,07	0,05	0,02	0,02	0,02
TOTAL	99,16	99,23	98,98	99,71	100,27	99,41	98,71	99,09	99,64	99,73

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,850	1,868	1,894	1,866	1,811	1,876	1,660	1,736	1,651	1,816
Al ^{IV}	0,149	0,125	0,106	0,122	0,126	0,124	0,340	0,252	0,345	0,171
Fe ³⁺	0,001	0,007	0,000	0,013	0,062	0,000	0,000	0,012	0,004	0,012
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,009	0,004	0,000	0,000	0,000
Ti	0,071	0,064	0,051	0,062	0,077	0,058	0,105	0,085	0,110	0,060
Fe ³⁺	0,050	0,041	0,037	0,047	0,071	0,036	0,143	0,128	0,156	0,094
Fe ²⁺	0,136	0,126	0,125	0,091	0,087	0,136	0,036	0,072	0,046	0,072
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,001
Mg	0,740	0,769	0,784	0,799	0,763	0,761	0,704	0,706	0,687	0,773
Ni	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,008	0,001	0,025	0,044	0,009	0,032	0,000	0,023	0,008
Mn	0,005	0,006	0,004	0,003	0,005	0,005	0,001	0,004	0,003	0,003
Ca	0,955	0,949	0,959	0,933	0,913	0,948	0,941	0,970	0,944	0,958
Na	0,041	0,037	0,036	0,039	0,038	0,037	0,026	0,033	0,029	0,031
K	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Wo	50,6	49,8	50,2	48,8	46,9	50,0	50,7	51,3	50,7	49,9
En	39,2	40,3	41,0	41,8	39,2	40,2	37,9	37,3	36,9	40,3
Fs	10,2	9,9	8,7	9,4	13,8	9,8	11,4	11,4	12,5	9,8
mg#	79,8	80,9	82,8	81,9	74,3	80,8	76,9	76,9	75,0	80,6

nc= núcleo, bd= borda de microfenocristal zonado

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn
mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	OLM									
	Amostra	99FN51	99FN51	99FN51	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54	99FN55	99FN55
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	49,34	38,32	48,99	49,23	49,36	48,63	48,97	43,33	45,14	45,13
TiO ₂	1,99	6,31	2,31	2,86	2,62	3,31	2,92	4,13	3,67	3,81
Al ₂ O ₃	3,26	11,99	3,46	3,62	3,06	4,21	3,89	7,55	6,99	7,05
FeOtotal	5,19	8,47	5,45	5,83	5,47	5,67	5,56	6,60	6,68	6,69
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,03
MnO	0,12	0,07	0,11	0,12	0,08	0,10	0,07	0,10	0,12	0,10
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	14,69	10,11	14,60	14,45	14,56	14,05	14,14	12,48	12,76	12,79
CaO	23,70	23,20	23,92	23,50	23,76	23,57	23,71	23,82	24,05	23,90
Na ₂ O	0,44	0,52	0,49	0,60	0,64	0,59	0,67	0,58	0,43	0,52
K ₂ O	0,02	0,02	0,03	0,04	0,00	0,02	0,00	0,06	0,03	0,03
ZrO ₂	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,07	0,02
TOTAL	98,75	99,06	99,41	100,25	99,53	100,19	99,99	98,77	99,96	100,05

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,840	1,456	1,817	1,814	1,829	1,796	1,810	1,631	1,680	1,676
Al ^{IV}	0,143	0,537	0,151	0,157	0,134	0,183	0,169	0,335	0,306	0,308
Fe ³⁺	0,017	0,008	0,032	0,029	0,038	0,021	0,021	0,000	0,014	0,016
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,056	0,180	0,065	0,079	0,073	0,092	0,081	0,117	0,103	0,106
Fe ³⁺	0,081	0,221	0,090	0,072	0,070	0,062	0,075	0,000	0,145	0,148
Fe ²⁺	0,047	0,026	0,038	0,055	0,052	0,072	0,065	0,183	0,043	0,037
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Mg	0,816	0,573	0,807	0,794	0,804	0,774	0,779	0,701	0,708	0,708
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,017	0,014	0,009	0,024	0,009	0,021	0,011	0,025	0,005	0,008
Mn	0,004	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003
Ca	0,947	0,944	0,951	0,928	0,943	0,933	0,939	0,961	0,959	0,951
Na	0,032	0,038	0,035	0,043	0,046	0,042	0,048	0,042	0,031	0,037
K	0,001	0,001	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001
Wo	49,1	52,8	49,2	48,7	49,2	49,5	49,6	51,3	51,1	50,8
En	42,3	32,0	41,8	41,7	41,9	41,0	41,2	37,4	37,7	37,8
Fs	8,6	15,2	9,0	9,7	8,9	9,5	9,2	11,3	11,2	11,3
mg#	83,4	68,1	82,7	81,5	82,6	81,5	81,9	77,1	77,4	77,2

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn
mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	OLM	PIM (piroxênio melanefelinitos)								
Amostra grão	99FN55 matriz	97FN8 matriz	97FN8 matriz	97FN8 matriz	97FN8 matriz	97FN8 matriz	97FN13c matriz	97FN13c matriz	97FN13c matriz	97FN13c matriz
SiO ₂	49,75	49,21	47,39	46,42	49,38	49,36	44,36	46,37	46,41	49,08
TiO ₂	2,40	2,65	2,76	3,78	2,60	2,43	4,18	3,22	3,09	2,18
Al ₂ O ₃	3,12	3,55	4,46	5,52	2,83	3,41	7,25	5,01	4,93	4,03
FeOtotal	5,59	6,46	6,56	6,95	7,69	6,39	7,58	7,33	7,23	7,57
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,12	0,18	0,07
MnO	0,10	0,15	0,13	0,16	0,18	0,16	0,06	0,06	0,07	0,13
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	15,10	13,73	13,21	12,87	12,77	13,29	11,94	13,57	13,54	12,91
CaO	23,93	22,95	23,21	23,03	22,79	23,07	22,98	23,08	23,03	22,44
Na ₂ O	0,54	0,76	0,72	0,73	0,81	0,72	0,53	0,34	0,34	0,81
K ₂ O	0,05	0,06	0,01	0,03	0,03	0,07	0,02	0,00	0,02	0,14
ZrO ₂	0,01	0,07	0,09	0,07	0,13	0,11	0,03	0,08	0,04	0,07
TOTAL	100,60	99,59	98,53	99,56	99,20	99,00	99,01	99,18	98,88	99,43

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,821	1,831	1,784	1,735	1,858	1,850	1,675	1,740	1,746	1,835
Al ^{IV}	0,135	0,156	0,198	0,243	0,125	0,150	0,322	0,221	0,218	0,165
Fe ³⁺	0,044	0,014	0,019	0,022	0,017	0,000	0,003	0,038	0,036	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,012
Ti	0,066	0,074	0,078	0,106	0,074	0,069	0,119	0,091	0,088	0,061
Fe ³⁺	0,086	0,078	0,112	0,106	0,055	0,066	0,125	0,098	0,099	0,093
Fe ²⁺	0,023	0,086	0,068	0,071	0,155	0,121	0,083	0,048	0,049	0,112
Cr	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,005	0,002
Mg	0,824	0,761	0,741	0,717	0,717	0,743	0,672	0,759	0,759	0,720
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,018	0,023	0,007	0,019	0,015	0,013	0,029	0,046	0,044	0,032
Mn	0,003	0,005	0,004	0,005	0,006	0,005	0,002	0,002	0,002	0,004
Ca	0,939	0,915	0,936	0,922	0,919	0,927	0,929	0,928	0,928	0,899
Na	0,038	0,055	0,052	0,053	0,059	0,052	0,039	0,024	0,025	0,059
K	0,002	0,003	0,000	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000	0,001	0,007
Wo	48,5	48,6	49,6	49,5	48,8	49,4	50,4	48,4	48,4	48,3
En	42,5	40,4	39,3	38,5	38,1	39,6	36,5	39,6	39,6	38,7
Fs	9,0	10,9	11,1	12,0	13,2	10,9	13,1	12,1	12,0	13,0
mg#	82,8	79,1	78,2	76,7	74,8	78,8	73,7	76,7	76,9	75,2

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn
 mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	PIM									
	97FN37	97FN37	97FN37	97FN37	97FN37	97FN37	97FN37	97FN38	97FN38	97FN38
Amostra grão	mfeno	matriz	nc mfeno	bd mfeno	matriz	matriz	matriz	nc feno 1	inter 1	bd feno 1
SiO ₂	47,19	48,83	48,97	48,98	46,66	46,94	48,33	50,44	48,05	50,63
TiO ₂	2,70	2,20	1,90	1,81	2,76	2,48	2,15	1,71	2,29	1,71
Al ₂ O ₃	5,63	4,30	3,68	3,78	5,95	5,45	4,82	3,59	5,57	3,18
FeOtotal	6,50	6,60	5,88	5,93	6,66	6,05	6,42	5,78	6,52	6,29
Cr ₂ O ₃	0,46	0,11	0,10	0,13	0,72	0,77	0,12	0,26	0,26	0,01
MnO	0,09	0,11	0,09	0,11	0,08	0,10	0,12	0,07	0,08	0,15
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
MgO	13,68	14,21	14,75	14,65	13,46	13,72	14,05	14,52	13,93	14,16
CaO	23,53	23,49	23,65	23,76	23,48	23,37	23,46	23,59	23,37	22,83
Na ₂ O	0,50	0,44	0,41	0,43	0,55	0,39	0,42	0,56	0,48	0,71
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
ZrO ₂	0,04	0,05	0,04	0,08	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03
TOTAL	100,31	100,38	99,45	99,65	100,35	99,27	99,88	100,57	100,63	99,70

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,743	1,800	1,815	1,813	1,724	1,751	1,789	1,850	1,766	1,875
Al ^{IV}	0,245	0,187	0,161	0,165	0,259	0,240	0,210	0,150	0,234	0,125
Fe ³⁺	0,012	0,013	0,024	0,022	0,017	0,010	0,002	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,007	0,014
Ti	0,075	0,061	0,053	0,050	0,077	0,069	0,060	0,047	0,063	0,048
Fe ³⁺	0,129	0,107	0,105	0,113	0,140	0,116	0,118	0,083	0,128	0,067
Fe ²⁺	0,030	0,048	0,024	0,024	0,021	0,029	0,043	0,064	0,030	0,090
Cr	0,013	0,003	0,003	0,004	0,021	0,023	0,003	0,008	0,008	0,000
Mg	0,753	0,781	0,815	0,809	0,742	0,763	0,775	0,794	0,763	0,782
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,030	0,036	0,029	0,024	0,028	0,034	0,036	0,031	0,042	0,038
Mn	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,002	0,002	0,005
Ca	0,931	0,928	0,939	0,942	0,930	0,934	0,930	0,927	0,920	0,906
Na	0,036	0,032	0,029	0,031	0,039	0,028	0,030	0,040	0,034	0,051
K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Wo	49,3	48,4	48,4	48,6	49,5	49,4	48,7	48,8	48,8	48,0
En	39,9	40,8	42,0	41,8	39,5	40,4	40,6	41,8	40,5	41,4
Fs	10,8	10,8	9,5	9,6	11,1	10,2	10,6	9,5	10,7	10,6
mg#	78,9	79,3	81,7	81,6	78,3	80,1	79,6	81,7	79,2	80,0

nc= núcleo, bd= borda de microfenocristais zonados

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	PIM									
	Amostra	97FN38	97FN38	97FN38	97FN38	97FN38	97FN38	97FN39	97FN39	97FN39
grão	nc feno 2	bd feno 2	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	47,41	50,15	47,26	48,92	45,33	50,31	43,78	49,58	49,22	49,54
TiO ₂	2,02	2,23	2,42	1,88	3,55	1,57	4,07	2,03	1,82	2,22
Al ₂ O ₃	5,37	3,14	5,46	3,85	6,81	3,21	7,96	2,63	2,51	2,36
FeOtotal	6,06	6,12	6,93	6,38	7,39	5,07	6,59	5,95	6,94	6,61
Cr ₂ O ₃	0,61	0,00	0,04	0,05	0,00	0,29	0,00	0,00	0,03	0,02
MnO	0,11	0,13	0,14	0,07	0,17	0,09	0,09	0,16	0,13	0,14
NiO	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,89	14,26	13,02	14,66	12,18	15,40	12,35	14,40	13,94	13,91
CaO	23,18	22,53	23,10	23,42	23,01	23,56	23,59	24,38	24,10	23,85
Na ₂ O	0,49	0,81	0,62	0,37	0,76	0,43	0,49	0,35	0,48	0,52
K ₂ O	0,00	0,04	0,01	0,01	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01
ZrO ₂	0,00	0,07	0,09	0,04	0,06	0,02	0,10	0,08	0,10	0,17
TOTAL	99,14	99,49	99,13	99,67	99,29	99,97	99,05	99,57	99,28	99,35

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,766	1,861	1,769	1,812	1,700	1,849	1,645	1,843	1,839	1,852
Al ^{IV}	0,234	0,137	0,231	0,168	0,300	0,139	0,352	0,115	0,111	0,104
Fe ³⁺	0,000	0,002	0,000	0,020	0,000	0,012	0,003	0,042	0,050	0,043
Al ^{VI}	0,001	0,000	0,010	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,057	0,062	0,068	0,052	0,100	0,043	0,115	0,057	0,051	0,063
Fe ³⁺	0,136	0,074	0,129	0,109	0,154	0,086	0,161	0,068	0,092	0,060
Fe ²⁺	0,017	0,074	0,064	0,027	0,064	0,018	0,032	0,075	0,075	0,102
Cr	0,018	0,000	0,001	0,002	0,000	0,008	0,000	0,000	0,001	0,001
Mg	0,771	0,789	0,726	0,809	0,681	0,843	0,691	0,798	0,777	0,776
Ni	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,036	0,039	0,024	0,041	0,014	0,039	0,011	0,000	0,000	0,002
Mn	0,004	0,004	0,004	0,002	0,005	0,003	0,003	0,005	0,004	0,004
Ca	0,925	0,896	0,926	0,929	0,925	0,928	0,950	0,971	0,965	0,956
Na	0,036	0,058	0,045	0,027	0,055	0,030	0,036	0,025	0,035	0,038
K	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001
Wo	49,0	47,7	49,4	48,0	50,2	48,1	51,3	49,6	49,2	49,2
En	40,8	42,0	38,8	41,8	37,0	43,7	37,3	40,7	39,6	39,9
Fs	10,2	10,3	11,8	10,3	12,9	8,2	11,3	9,7	11,3	10,9
mg#	80,3	80,7	77,0	80,4	74,6	84,5	76,9	81,2	78,2	78,9

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	PIM									
	Amostra	97FN39	97FN40	97FN40	97FN40	97FN46	97FN46	97FN46	97FN46	97FN46
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfino	mfino
SiO ₂	47,74	49,96	50,41	48,87	46,09	47,98	48,65	50,60	47,25	44,96
TiO ₂	3,09	1,57	1,36	2,40	3,56	2,86	2,19	1,59	3,23	3,19
Al ₂ O ₃	4,39	3,58	3,06	4,52	6,37	4,96	5,30	2,30	6,64	7,73
FeOtotal	6,92	7,63	7,88	7,23	7,35	6,47	6,91	6,63	6,84	6,91
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,06	0,00
MnO	0,11	0,14	0,14	0,10	0,13	0,13	0,12	0,14	0,12	0,11
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,26	13,47	13,56	14,20	12,45	13,35	12,69	14,43	12,68	12,20
CaO	23,62	22,67	22,62	23,06	23,42	23,53	22,17	23,70	22,70	23,84
Na ₂ O	0,53	0,61	0,63	0,39	0,81	0,85	0,82	0,71	0,95	0,50
K ₂ O	0,06	0,00	0,02	0,01	0,01	0,08	0,07	0,00	0,20	0,01
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,05	0,15	0,11	0,00	0,00
TOTAL	99,71	99,62	99,70	100,76	100,28	100,26	99,11	100,23	100,68	99,46

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,780	1,861	1,876	1,797	1,711	1,771	1,822	1,866	1,739	1,680
Al ^{IV}	0,193	0,139	0,124	0,196	0,278	0,216	0,178	0,100	0,261	0,320
Fe ³⁺	0,028	0,000	0,000	0,007	0,011	0,013	0,000	0,034	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,018	0,010	0,000	0,000	0,000	0,056	0,000	0,027	0,020
Ti	0,087	0,044	0,038	0,066	0,099	0,080	0,062	0,044	0,089	0,090
Fe ³⁺	0,087	0,077	0,083	0,097	0,148	0,133	0,060	0,095	0,130	0,156
Fe ²⁺	0,089	0,113	0,116	0,058	0,063	0,052	0,113	0,067	0,056	0,054
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000
Mg	0,737	0,748	0,753	0,778	0,689	0,735	0,708	0,793	0,695	0,679
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,012	0,047	0,047	0,060	0,006	0,001	0,043	0,009	0,024	0,005
Mn	0,004	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003
Ca	0,944	0,905	0,902	0,909	0,931	0,931	0,890	0,937	0,895	0,954
Na	0,038	0,044	0,045	0,028	0,058	0,061	0,060	0,051	0,068	0,036
K	0,003	0,000	0,001	0,000	0,001	0,004	0,003	0,000	0,010	0,000
Wo	49,7	47,8	47,3	47,5	50,3	49,8	49,0	48,3	49,6	51,5
En	38,8	39,5	39,5	40,7	37,2	39,3	38,9	40,9	38,5	36,7
Fs	11,6	12,7	13,2	11,8	12,5	10,9	12,1	10,8	11,9	11,8
mg#	77,3	75,9	75,4	77,8	75,1	78,7	76,6	79,5	76,8	76,0

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	PIM							BAS (basanitos)		
Amostra	99FN14	99FN14	99FN14	99FN37	99FN37	99FN37	99FN37	89FN78a	89FN78a	89FN78a
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	nc feno 1	inter 1	inter 1
SiO ₂	43,63	41,45	43,74	45,90	47,51	47,86	46,95	51,57	51,09	46,36
TiO ₂	4,59	5,16	4,18	3,70	2,97	2,72	3,12	0,98	0,96	2,95
Al ₂ O ₃	8,06	10,78	7,98	5,68	4,68	4,37	4,98	2,42	2,77	6,24
FeOtotal	7,13	6,78	6,96	7,28	6,78	6,61	7,17	4,88	4,91	6,52
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,02	0,17	0,00	0,08	0,04	0,44	0,74	0,40
MnO	0,12	0,11	0,06	0,11	0,10	0,08	0,09	0,09	0,13	0,09
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,04
MgO	12,01	10,89	11,94	13,33	13,76	14,13	13,28	16,26	15,78	13,14
CaO	23,51	22,48	23,60	22,98	23,11	23,16	22,70	22,69	22,90	22,46
Na ₂ O	0,45	0,77	0,40	0,40	0,34	0,46	0,51	0,41	0,44	0,62
K ₂ O	0,03	0,16	0,00	0,03	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00
ZrO ₂	0,08	0,05	0,05	0,05	0,00	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00
TOTAL	99,61	98,64	98,92	99,63	99,27	99,50	98,93	99,77	99,77	98,81

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,637	1,567	1,650	1,716	1,776	1,781	1,765	1,892	1,878	1,739
Al ^{IV}	0,356	0,433	0,350	0,250	0,206	0,191	0,221	0,104	0,120	0,261
Fe ³⁺	0,008	0,000	0,000	0,034	0,017	0,028	0,015	0,004	0,002	0,000
Al ^{VI}	0,000	0,047	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014
Ti	0,130	0,147	0,119	0,104	0,084	0,076	0,088	0,027	0,027	0,083
Fe ³⁺	0,138	0,156	0,135	0,101	0,082	0,098	0,097	0,071	0,078	0,113
Fe ²⁺	0,061	0,037	0,069	0,047	0,068	0,040	0,070	0,000	0,008	0,042
Cr	0,000	0,000	0,001	0,005	0,000	0,002	0,001	0,013	0,021	0,012
Mg	0,672	0,614	0,672	0,743	0,767	0,784	0,744	0,889	0,865	0,735
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,017	0,021	0,015	0,045	0,045	0,040	0,044	0,075	0,062	0,050
Mn	0,004	0,004	0,002	0,004	0,003	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003
Ca	0,945	0,911	0,954	0,921	0,926	0,923	0,914	0,892	0,902	0,902
Na	0,033	0,057	0,029	0,029	0,025	0,033	0,037	0,029	0,031	0,045
K	0,001	0,008	0,000	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000
Wo	51,2	52,3	51,7	48,6	48,5	48,2	48,4	46,1	47,0	48,9
En	36,4	35,2	36,4	39,2	40,2	40,9	39,4	46,0	45,0	39,8
Fs	12,4	12,5	12,0	12,2	11,3	10,9	12,1	7,9	8,0	11,3
mg#	75,0	74,2	75,4	76,6	78,3	79,2	76,7	85,6	85,2	78,2

mfeno= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	BAS									
	Amostra	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	99FN4
grão	bd feno 1	nc feno 2	inter 2	inter 2	bd feno 2	matriz	matriz	matriz	matriz	m feno
SiO ₂	46,07	48,52	48,83	46,59	46,75	49,48	47,05	45,08	46,48	44,84
TiO ₂	3,13	2,40	2,50	2,99	2,99	1,76	2,69	3,44	3,10	3,55
Al ₂ O ₃	6,27	4,31	4,07	6,53	6,59	3,56	6,01	7,34	6,01	7,75
FeOtotal	6,97	6,97	6,78	7,13	7,14	6,06	6,36	7,35	6,97	7,31
Cr ₂ O ₃	0,08	0,03	0,08	0,05	0,09	0,27	0,29	0,11	0,05	0,00
MnO	0,11	0,14	0,12	0,13	0,13	0,10	0,09	0,08	0,12	0,13
NiO	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00
MgO	13,06	14,08	14,64	12,98	13,04	15,07	13,43	12,45	13,22	12,32
CaO	22,23	22,11	22,29	22,32	22,59	21,96	21,78	21,99	23,12	23,00
Na ₂ O	0,73	0,49	0,42	0,61	0,59	0,53	0,64	0,68	0,64	0,56
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,02
ZrO ₂	0,00	0,09	0,04	0,05	0,02	0,07	0,07	0,12	0,02	0,00
TOTAL	98,67	99,19	99,78	99,38	99,94	98,93	98,45	98,68	99,74	99,47

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,730	1,813	1,810	1,740	1,736	1,842	1,768	1,700	1,728	1,677
Al ^{IV}	0,270	0,187	0,178	0,260	0,264	0,156	0,232	0,300	0,263	0,323
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,009	0,000
Al ^{VI}	0,007	0,003	0,000	0,027	0,024	0,000	0,034	0,025	0,000	0,018
Ti	0,089	0,067	0,070	0,084	0,084	0,049	0,076	0,098	0,087	0,100
Fe ³⁺	0,136	0,083	0,078	0,107	0,111	0,089	0,085	0,126	0,143	0,146
Fe ²⁺	0,034	0,060	0,040	0,058	0,056	0,015	0,044	0,048	0,036	0,050
Cr	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0,008	0,008	0,003	0,002	0,000
Mg	0,731	0,785	0,809	0,723	0,722	0,836	0,752	0,700	0,733	0,687
Ni	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,049	0,075	0,080	0,058	0,054	0,082	0,071	0,058	0,029	0,033
Mn	0,003	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004
Ca	0,894	0,885	0,885	0,893	0,899	0,876	0,877	0,888	0,921	0,921
Na	0,053	0,036	0,030	0,044	0,043	0,038	0,047	0,050	0,046	0,041
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001
Wo	48,4	46,8	46,4	48,5	48,7	46,0	47,9	48,7	49,1	50,0
En	39,6	41,5	42,4	39,2	39,1	43,9	41,0	38,4	39,1	37,3
Fs	12,0	11,8	11,2	12,3	12,2	10,0	11,1	12,9	11,8	12,7
mg#	76,9	78,3	79,4	76,4	76,6	81,6	79,0	75,1	77,2	75,0

nc= núcleo, inter= zona intermediária

m feno= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	BAS									
	Amostra	99FN4	99FN4	99FN4	99FN7e	99FN7e	99FN7e	99FN7e	99FN7e	99FN9c
grão	matriz	matriz	mfeno	mfeno	matriz	matriz	nc mfeno	bd mfeno	mfeno	matriz
SiO ₂		45,10	49,71	47,28	46,09	48,09	48,80	46,67	46,79	51,86
TiO ₂		3,68	2,02	2,92	2,84	2,42	2,58	3,05	2,83	1,21
Al ₂ O ₃		7,26	3,66	5,45	7,23	4,99	4,62	5,87	6,04	2,24
FeOtotal		7,04	6,05	6,81	6,89	6,88	6,22	6,78	7,27	4,96
Cr ₂ O ₃		0,04	0,00	0,01	0,27	0,02	0,00	0,37	0,02	0,60
MnO		0,12	0,15	0,10	0,13	0,13	0,14	0,12	0,11	0,08
NiO		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
MgO		12,70	14,34	13,36	12,59	13,82	13,80	13,57	13,33	15,43
CaO		23,08	22,60	23,24	22,22	22,59	22,89	22,79	22,78	23,52
Na ₂ O		0,54	0,79	0,44	0,63	0,75	0,84	0,59	0,58	0,45
K ₂ O		0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01
ZrO ₂		0,07	0,04	0,03	0,07	0,06	0,00	0,06	0,06	0,00
TOTAL		99,65	99,36	99,65	98,98	99,75	99,91	99,87	99,81	100,41
Cátions para 6 Oxigênios										
Si		1,683	1,844	1,762	1,729	1,782	1,803	1,733	1,739	1,899
Al ^{IV}		0,317	0,156	0,238	0,271	0,218	0,197	0,257	0,261	0,096
Fe ³⁺		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,004
Al ^{VI}		0,002	0,004	0,001	0,048	0,000	0,004	0,000	0,003	0,000
Ti		0,103	0,056	0,082	0,080	0,067	0,072	0,085	0,079	0,033
Fe ³⁺		0,145	0,096	0,105	0,101	0,137	0,109	0,128	0,140	0,049
Fe ²⁺		0,041	0,051	0,070	0,059	0,032	0,054	0,025	0,039	0,057
Cr		0,001	0,000	0,000	0,008	0,001	0,000	0,011	0,000	0,017
Mg		0,706	0,793	0,742	0,704	0,763	0,760	0,751	0,738	0,842
Ni		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Mg		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺		0,033	0,040	0,037	0,056	0,044	0,029	0,047	0,047	0,042
Mn		0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002
Ca		0,923	0,898	0,928	0,893	0,897	0,906	0,906	0,907	0,923
Na		0,039	0,056	0,032	0,046	0,054	0,060	0,042	0,042	0,032
K		0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
Wo		49,8	47,7	49,2	49,1	47,8	48,7	48,4	48,4	48,1
En		38,1	42,1	39,4	38,7	40,6	40,8	40,1	39,4	43,9
Fs		12,0	10,2	11,4	12,1	11,6	10,5	11,5	12,3	8,0
mg#		76,3	80,9	77,8	76,5	78,2	79,8	78,1	76,6	84,7

nc= núcleo, bd= borda de fenocristais zonados;

mfeno= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	BAS									
Amostra	99FN9c	99FN9c	99FN10a	99FN10a	99FN10a	99FN10a	99FN10a	99FN10a	99FN10b	99FN10b
grão	nc mfero	bd mfero	xeno	xeno	matriz	mfero	nc feno 1	bd feno 1	matriz	matriz
SiO ₂	48,73	47,26	54,78	51,60	46,48	45,20	49,66	49,69	48,33	48,22
TiO ₂	1,46	2,54	0,02	0,04	3,01	2,75	1,10	1,39	2,34	2,19
Al ₂ O ₃	5,39	5,24	4,36	6,67	7,12	7,90	5,25	4,83	4,51	4,65
FeOtotal	5,65	7,01	5,66	5,90	7,06	6,67	5,24	5,58	6,75	6,90
Cr ₂ O ₃	0,66	0,00	0,74	1,76	0,06	0,28	0,49	0,21	0,04	0,00
MnO	0,08	0,10	0,16	0,13	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	14,14	13,53	33,65	32,22	12,35	12,53	15,19	15,00	13,06	13,84
CaO	21,99	22,52	0,46	1,06	22,65	22,88	21,06	21,59	22,10	22,22
Na ₂ O	0,60	0,50	0,00	0,00	0,63	0,55	0,69	0,63	0,91	0,57
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,08	0,03
ZrO ₂	0,02	0,04	0,00	0,00	0,05	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03
TOTAL	98,72	98,75	99,83	99,36	99,51	98,86	98,80	99,05	98,23	98,73

Cátions para 6 Oxigênios

Si	1,817	1,774	1,888	1,794	1,736	1,694	1,838	1,839	1,821	1,807
Al ^{IV}	0,183	0,226	0,112	0,206	0,264	0,306	0,162	0,161	0,179	0,193
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ^{VI}	0,053	0,006	0,065	0,066	0,050	0,043	0,067	0,050	0,021	0,012
Ti	0,041	0,072	0,000	0,001	0,084	0,078	0,031	0,039	0,066	0,062
Fe ³⁺	0,071	0,113	0,025	0,089	0,089	0,138	0,068	0,073	0,093	0,100
Fe ²⁺	0,029	0,052	0,000	0,000	0,088	0,032	0,000	0,005	0,085	0,053
Cr	0,019	0,000	0,020	0,048	0,002	0,008	0,014	0,006	0,001	0,000
Mg	0,786	0,757	0,889	0,795	0,688	0,700	0,820	0,827	0,733	0,773
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,840	0,874	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,076	0,055	0,139	0,083	0,044	0,038	0,095	0,095	0,035	0,063
Mn	0,003	0,003	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Ca	0,878	0,906	0,017	0,039	0,907	0,919	0,835	0,856	0,892	0,892
Na	0,043	0,036	0,000	0,000	0,046	0,040	0,049	0,046	0,066	0,041
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,004	0,001
Wo	47,6	48,0	0,9	2,1	49,9	50,2	45,4	46,0	48,5	47,3
En	42,6	40,1	90,3	88,6	37,8	38,3	45,6	44,5	39,8	41,0
Fs	9,7	11,8	8,8	9,3	12,3	11,5	9,0	9,5	11,7	11,6
mg#	81,7	77,5	91,3	90,7	75,7	77,1	83,7	82,7	77,5	78,2

xeno= xenocristal; nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

mfero= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mnmg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Continuação da tabela 3b.

Rocha	BAS									
	Amostra	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22
grão	nc feno 2	bd feno 2	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	m feno
SiO ₂	46,04	49,51	46,39	45,80	46,39	48,56	48,25	48,22	48,71	48,66
TiO ₂	2,75	2,18	2,90	2,81	2,41	2,00	2,02	2,48	2,13	2,51
Al ₂ O ₃	7,22	3,67	6,77	6,91	6,62	4,90	5,13	5,44	4,49	5,34
FeOtotal	6,72	6,69	7,18	7,48	7,61	6,00	6,60	7,80	6,62	7,45
Cr ₂ O ₃	0,05	0,00	0,30	0,21	0,18	0,70	0,41	0,03	0,49	0,01
MnO	0,08	0,15	0,09	0,13	0,11	0,09	0,09	0,15	0,07	0,16
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	12,87	13,76	12,76	12,59	12,85	14,53	14,38	13,28	14,76	12,80
CaO	22,74	22,04	22,23	22,32	22,08	23,04	22,92	22,68	22,62	23,12
Na ₂ O	0,50	0,75	0,56	0,74	0,64	0,49	0,49	0,52	0,45	0,61
K ₂ O	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,04	0,00	0,02
ZrO ₂	0,00	0,02	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00
TOTAL	98,99	98,78	99,17	99,06	98,91	100,34	100,29	100,67	100,34	100,68

Cátions para 6 Oxigênios										
Si	1,723	1,854	1,738	1,716	1,740	1,785	1,776	1,781	1,793	1,798
Al ^{IV}	0,277	0,146	0,262	0,284	0,260	0,212	0,222	0,219	0,194	0,202
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,013	0,000
Al ^{VI}	0,042	0,016	0,036	0,021	0,032	0,000	0,000	0,018	0,000	0,030
Ti	0,077	0,061	0,082	0,079	0,068	0,055	0,056	0,069	0,059	0,070
Fe ³⁺	0,115	0,062	0,094	0,152	0,133	0,119	0,135	0,101	0,107	0,076
Fe ²⁺	0,047	0,092	0,067	0,038	0,043	0,009	0,009	0,081	0,010	0,119
Cr	0,001	0,000	0,009	0,006	0,005	0,020	0,012	0,001	0,014	0,000
Mg	0,718	0,768	0,713	0,704	0,719	0,796	0,789	0,731	0,810	0,705
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,049	0,055	0,064	0,045	0,063	0,053	0,058	0,059	0,073	0,036
Mn	0,003	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,005	0,002	0,005
Ca	0,912	0,884	0,892	0,896	0,887	0,908	0,904	0,897	0,892	0,915
Na	0,036	0,054	0,041	0,054	0,046	0,035	0,035	0,037	0,032	0,044
K	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001
Wo	49,5	47,4	48,7	48,7	48,0	48,0	47,6	47,9	46,8	49,3
En	38,9	41,2	38,9	38,3	38,9	42,1	41,5	39,0	42,5	38,0
Fs	11,6	11,5	12,4	13,0	13,1	9,9	10,9	13,1	10,7	12,7
mg#	77,3	78,6	76,0	75,0	75,1	81,2	79,5	75,2	80,0	75,3

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados;

m feno= microfenocristal homogêneo;

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria; Wo= Ca, En= Mg, Fs= Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn

mg# = 100 * [Mg / (Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)]

Tabela 4: Análises químicas dos anfibólios do Episódio Remédios de Fernando de Noronha.

Rocha	Tefritonólito		Traquiandesito basáltico							
	97FN11a	97FN11a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a
Amostra	nc feno	bd feno	nc feno 1	bd feno 1	nc feno	nc feno	nc feno 2	bd feno 2	nc mfeno	bd mfeno
grão										
SiO ₂	39,28	39,35	38,46	38,83	38,97	38,50	38,52	38,44	39,18	38,55
TiO ₂	5,98	5,53	4,97	5,16	4,87	4,90	5,56	4,83	5,07	5,47
Al ₂ O ₃	13,64	13,73	13,77	13,86	13,30	13,95	14,24	14,03	13,96	13,87
FeOt	9,22	9,23	14,35	13,72	13,75	13,85	13,11	14,42	13,62	13,06
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00
MnO	0,10	0,11	0,35	0,27	0,28	0,27	0,20	0,30	0,26	0,20
MgO	14,09	14,10	10,84	11,14	11,20	11,01	11,40	10,89	11,27	11,64
CaO	12,24	12,27	11,77	11,90	11,85	11,77	11,94	11,79	11,85	11,91
Na ₂ O	2,22	2,21	2,44	2,46	2,51	2,39	2,36	2,38	2,36	2,43
K ₂ O	1,51	1,48	1,46	1,42	1,40	1,45	1,35	1,49	1,46	1,34
F	0,22	0,11	0,06	0,11	0,18	0,07	0,11	0,09	0,12	0,15
Cl	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,05	0,04	0,02	0,04	0,01
Total	98,52	98,12	98,50	98,88	98,32	98,21	98,83	98,67	99,16	98,64
O_F_CL	0,10	0,04	0,03	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,06	0,07
Ctotal	98,42	98,08	98,47	98,83	98,24	98,17	98,78	98,63	99,10	98,57

Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)

Si	5,761	5,780	5,755	5,780	5,842	5,764	5,714	5,734	5,800	5,731
Al ^{IV}	2,239	2,220	2,245	2,220	2,158	2,236	2,286	2,266	2,200	2,269
Al ^{VI}	0,118	0,154	0,183	0,210	0,189	0,223	0,202	0,198	0,232	0,160
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,041	0,074	0,182	0,082	0,070	0,163	0,107	0,241	0,130	0,136
Ti	0,659	0,611	0,559	0,578	0,549	0,552	0,621	0,542	0,564	0,612
Mg	3,080	3,088	2,418	2,471	2,502	2,457	2,522	2,421	2,486	2,579
Fe ²⁺	1,090	1,059	1,614	1,626	1,653	1,571	1,519	1,558	1,556	1,487
Mn	0,013	0,013	0,044	0,033	0,036	0,034	0,026	0,038	0,032	0,025
Ca	1,924	1,930	1,887	1,897	1,902	1,888	1,898	1,884	1,880	1,897
Na	0,076	0,070	0,113	0,103	0,098	0,112	0,102	0,116	0,120	0,103
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,556	0,561	0,596	0,607	0,631	0,581	0,578	0,573	0,555	0,597
K	0,282	0,278	0,279	0,269	0,268	0,276	0,256	0,283	0,275	0,254
Cl	0,005	0,000	0,006	0,006	0,005	0,011	0,009	0,005	0,009	0,003
F	0,103	0,049	0,030	0,050	0,086	0,031	0,050	0,041	0,055	0,072
mg#	73,21	73,29	57,63	59,25	59,32	58,85	60,96	57,70	59,77	61,58

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, bd= borda, feno= fenocrystal, mfeno= microfenocrystal

Continuação da tabela 4.

Rocha	Traquiandesito basáltico									
	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6a	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b
Amostra	nc feno 1	bd feno 1	nc feno 2	bd feno 2	nc feno	matriz	nc feno	matriz	nc feno	nc feno
grão										
SiO ₂	39,07	38,57	38,72	38,99	39,17	39,30	38,20	38,26	39,45	39,07
TiO ₂	5,51	5,56	5,98	5,46	5,46	5,61	6,33	5,87	5,93	5,94
Al ₂ O ₃	13,45	13,78	13,38	13,46	13,27	13,28	13,73	13,39	13,27	13,35
FeOt	12,09	12,68	12,73	12,70	12,05	10,75	12,01	11,78	11,73	11,83
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
MnO	0,21	0,23	0,22	0,21	0,23	0,21	0,16	0,17	0,18	0,24
MgO	11,84	11,50	11,29	11,59	12,04	12,81	12,13	12,03	12,17	12,02
CaO	11,94	11,85	11,71	11,67	11,80	11,98	11,68	11,87	11,88	11,90
Na ₂ O	2,36	2,28	2,36	2,34	2,33	2,33	2,35	2,24	2,38	2,35
K ₂ O	1,58	1,62	1,61	1,57	1,55	1,58	1,63	1,61	1,54	1,55
F	0,10	0,12	0,09	0,08	0,12	0,04	0,12	0,14	0,16	0,06
Cl	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	98,18	98,22	98,11	98,10	98,05	97,90	98,35	97,37	98,70	98,33
O_F_CL	0,05	0,06	0,05	0,04	0,06	0,02	0,06	0,06	0,07	0,03
Ctotal	98,13	98,16	98,06	98,06	97,99	97,88	98,29	97,31	98,63	98,30
Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)										
Si	5,839	5,769	5,811	5,824	5,842	5,843	5,682	5,758	5,851	5,819
Al ^{IV}	2,161	2,231	2,189	2,176	2,158	2,157	2,318	2,242	2,149	2,181
Al ^{VI}	0,206	0,195	0,175	0,192	0,173	0,169	0,088	0,131	0,169	0,161
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,005	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,000	0,016	0,000	0,044	0,013	0,000	0,105	0,000	0,000	0,000
Ti	0,619	0,626	0,675	0,613	0,613	0,628	0,708	0,664	0,662	0,666
Mg	2,638	2,563	2,526	2,580	2,677	2,839	2,690	2,698	2,691	2,670
Fe ²⁺	1,511	1,571	1,597	1,543	1,490	1,336	1,389	1,483	1,455	1,474
Mn	0,027	0,029	0,027	0,026	0,029	0,027	0,020	0,022	0,023	0,030
Ca	1,912	1,899	1,883	1,868	1,886	1,908	1,862	1,915	1,888	1,900
Na	0,088	0,101	0,117	0,132	0,114	0,092	0,138	0,085	0,112	0,100
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,595	0,560	0,569	0,546	0,561	0,581	0,539	0,569	0,573	0,578
K	0,302	0,309	0,308	0,298	0,294	0,299	0,309	0,309	0,291	0,295
Cl	0,007	0,009	0,008	0,009	0,005	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006
F	0,048	0,057	0,043	0,035	0,058	0,021	0,057	0,067	0,076	0,029
mg#	63,58	61,78	61,27	61,98	64,06	68,00	64,45	64,53	64,91	64,43

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, bd= borda, feno= fenocristal

Continuação da tabela 4.

Rocha	Traquiandesito									
	97FN7a	97FN7a	97FN7a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN3d
Amostra	mfeno	nc feno	nc feno	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz
grão										
SiO ₂	37,74	37,98	38,18	38,53	37,96	38,88	38,02	37,87	38,65	37,62
TiO ₂	2,60	2,98	2,94	6,11	6,69	5,57	6,13	5,78	5,82	6,31
Al ₂ O ₃	13,27	13,26	13,66	12,87	13,14	13,54	13,25	13,35	13,24	13,46
FeOt	17,05	17,01	17,27	10,86	11,25	11,34	10,88	11,40	11,57	9,30
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,87	0,74	0,77	0,18	0,15	0,15	0,19	0,20	0,19	0,12
MgO	8,87	9,04	8,71	12,51	12,00	12,73	12,52	12,61	12,31	12,56
CaO	11,37	11,32	11,29	12,03	12,14	12,02	11,86	11,74	12,09	13,70
Na ₂ O	2,54	2,46	2,44	2,26	2,30	2,29	2,36	2,17	2,29	2,15
K ₂ O	1,54	1,59	1,59	1,56	1,55	1,55	1,59	1,48	1,58	1,23
F	0,04	0,08	0,18	0,00	0,00	0,31	0,37	0,33	0,17	0,26
Cl	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Total	95,91	96,50	97,06	96,90	97,19	98,39	97,19	96,94	97,92	96,73
O_F_CL	0,03	0,04	0,08	0,00	0,00	0,13	0,16	0,14	0,07	0,11
Ctotal	95,88	96,46	96,98	96,90	97,19	98,26	97,03	96,80	97,85	96,62
Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)										
Si	5,874	5,864	5,870	5,813	5,746	5,769	5,737	5,695	5,788	5,765
Al ^{IV}	2,126	2,136	2,130	2,187	2,254	2,231	2,263	2,305	2,212	2,235
Al ^{VI}	0,305	0,276	0,343	0,099	0,088	0,136	0,091	0,061	0,123	0,195
Cr	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,351	0,370	0,350	0,000	0,000	0,077	0,000	0,235	0,000	0,000
Ti	0,304	0,346	0,340	0,694	0,762	0,622	0,696	0,654	0,655	0,728
Mg	2,057	2,081	1,996	2,814	2,707	2,816	2,816	2,827	2,749	2,870
Fe ²⁺	1,868	1,827	1,870	1,370	1,424	1,330	1,372	1,198	1,449	1,192
Mn	0,114	0,096	0,100	0,023	0,019	0,019	0,025	0,025	0,023	0,015
Ca	1,895	1,872	1,859	1,944	1,969	1,910	1,918	1,893	1,939	2,000
Na	0,105	0,128	0,141	0,056	0,031	0,090	0,082	0,107	0,061	0,000
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,249
Na	0,661	0,608	0,586	0,605	0,645	0,569	0,608	0,525	0,605	0,640
K	0,306	0,313	0,312	0,299	0,300	0,294	0,305	0,283	0,301	0,241
Cl	0,010	0,011	0,009	0,000	0,000	0,003	0,005	0,005	0,004	0,003
F	0,021	0,040	0,088	0,000	0,000	0,143	0,178	0,158	0,080	0,125
mg#	48,50	49,07	47,74	67,26	65,53	66,80	67,24	66,73	65,48	70,65

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal

Continuação da tabela 4.

Rocha	Lamprófiro I									
Amostra	97FN3d	97FN3d	97FN3d	97FN3d	97FN3d	97FN11b	97FN11b	97FN13a	97FN13a	97FN13a
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfero	fero	nc feno 1	bd feno 1	nc feno 2
SiO ₂	37,66	37,36	37,51	37,36	38,05	39,37	38,83	39,56	38,79	38,27
TiO ₂	7,54	6,88	7,29	7,74	7,17	6,60	6,33	5,63	6,09	5,71
Al ₂ O ₃	14,28	14,44	14,41	14,28	14,28	13,44	13,52	13,59	13,72	14,37
FeO _t	9,57	11,54	9,37	9,56	9,75	9,24	10,64	9,91	10,16	10,80
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00
MnO	0,11	0,22	0,17	0,17	0,18	0,11	0,16	0,18	0,12	0,21
MgO	12,46	11,29	12,31	12,34	12,35	14,08	13,32	12,80	12,34	11,94
CaO	12,36	12,12	12,28	12,76	12,29	12,35	12,26	12,19	11,91	11,72
Na ₂ O	2,23	2,27	2,27	2,21	2,27	2,31	2,29	2,47	2,53	2,40
K ₂ O	1,28	1,30	1,27	1,29	1,18	1,43	1,43	1,48	1,42	1,49
F	0,46	0,31	0,31	0,36	0,33	0,33	0,21	0,00	0,06	0,11
Cl	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
Total	97,97	97,75	97,20	98,08	97,88	99,26	99,00	97,84	97,16	97,03
O_F_CL	0,20	0,13	0,13	0,16	0,15	0,14	0,09	0,01	0,03	0,05
Ctotal	97,77	97,62	97,07	97,92	97,73	99,12	98,91	97,83	97,13	96,98
Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)										
Si	5,639	5,634	5,651	5,613	5,687	5,753	5,71	5,887	5,828	5,752
Al ^{IV}	2,361	2,366	2,349	2,387	2,313	2,247	2,29	2,113	2,172	2,248
Al ^{VI}	0,156	0,198	0,207	0,139	0,201	0,066	0,05	0,268	0,255	0,295
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,008	0,002	0,000
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,05	0,000	0,000	0,000
Ti	0,850	0,781	0,826	0,874	0,806	0,725	0,70	0,630	0,688	0,645
Mg	2,781	2,537	2,764	2,765	2,753	3,067	2,92	2,840	2,764	2,676
Fe ²⁺	1,199	1,455	1,181	1,201	1,218	1,129	1,26	1,233	1,276	1,358
Mn	0,014	0,029	0,022	0,021	0,023	0,013	0,02	0,022	0,015	0,026
Ca	1,983	1,958	1,982	2,000	1,968	1,934	1,93	1,944	1,918	1,887
Na	0,017	0,042	0,018	0,000	0,032	0,066	0,07	0,056	0,082	0,113
Ca	0,000	0,000	0,000	0,054	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000
Na	0,630	0,623	0,644	0,643	0,626	0,588	0,59	0,657	0,653	0,585
K	0,244	0,249	0,245	0,247	0,225	0,267	0,27	0,282	0,273	0,286
Cl	0,006	0,006	0,004	0,008	0,009	0,004	0,01	0,006	0,007	0,005
F	0,216	0,147	0,149	0,171	0,158	0,151	0,10	0,000	0,028	0,053
mg#	69,87	63,55	70,06	69,72	69,33	73,09	69,13	69,73	68,42	66,34

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, bd= borda, feno= fenocristal, mfero= microfenocristal

Continuação da tabela 4.

Rocha	Lamprófiro I									
Amostra	97FN13a	97FN13a	97FN13a	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN3a
grão	bd feno 2	bd feno 2	mfeno	nc feno 1	bd feno 1	nc feno 2	bd feno 2	mfeno	matriz	nc feno 1
SiO ₂	39,04	39,53	37,98	38,47	38,61	36,98	38,11	39,27	37,38	38,30
TiO ₂	5,89	6,24	5,62	6,36	6,07	6,52	6,12	6,35	6,98	5,89
Al ₂ O ₃	13,59	13,31	14,44	13,87	13,62	14,32	13,11	13,18	14,52	13,49
FeOt	10,59	10,50	11,67	10,01	11,12	10,19	11,17	10,17	10,68	10,49
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,08	0,23	0,11	0,20	0,26	0,19	0,30	0,29	0,23	0,14
MgO	12,27	12,38	11,45	12,75	12,00	12,55	12,41	13,02	12,48	13,33
CaO	11,88	11,94	11,84	11,90	11,96	11,95	11,99	12,07	11,99	11,96
Na ₂ O	2,46	2,48	2,42	2,26	2,25	2,19	2,37	2,29	2,29	2,50
K ₂ O	1,41	1,41	1,62	1,78	1,74	1,85	1,76	1,70	1,90	1,46
F	0,21	0,25	0,16	0,31	0,46	0,39	0,37	0,44	0,36	0,10
Cl	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02
Total	97,45	98,28	97,31	97,92	98,11	97,14	97,72	98,79	98,84	97,66
									0,16	
O_F_CL	0,09	0,11	0,07	0,13	0,20	0,17	0,16	0,19	0,16	0,05
Ctotal	97,36	98,17	97,24	97,79	97,91	96,97	97,56	98,60	98,68	97,61

Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)										
Si	5,854	5,884	5,732	5,740	5,795	5,581	5,744	5,819	5,556	5,698
Al ^{IV}	2,146	2,116	2,268	2,260	2,205	2,419	2,256	2,181	2,444	2,302
Al ^{VI}	0,254	0,218	0,298	0,176	0,202	0,126	0,071	0,119	0,098	0,061
Cr	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,111
Ti	0,665	0,699	0,638	0,713	0,685	0,740	0,694	0,708	0,780	0,659
Mg	2,743	2,748	2,576	2,837	2,684	2,823	2,788	2,876	2,766	2,956
Fe ²⁺	1,328	1,306	1,472	1,249	1,395	1,286	1,409	1,260	1,328	1,195
Mn	0,011	0,029	0,014	0,025	0,034	0,025	0,038	0,036	0,028	0,018
Ca	1,908	1,904	1,914	1,902	1,923	1,933	1,937	1,916	1,908	1,907
Na	0,092	0,096	0,086	0,098	0,077	0,067	0,063	0,084	0,092	0,093
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,624	0,621	0,622	0,556	0,577	0,572	0,628	0,573	0,568	0,628
K	0,269	0,267	0,312	0,338	0,333	0,357	0,338	0,321	0,360	0,276
Cl	0,006	0,002	0,001	0,006	0,007	0,002	0,004	0,006	0,006	0,005
F	0,099	0,118	0,078	0,144	0,217	0,188	0,178	0,207	0,170	0,046
mg#	67,38	67,78	63,64	69,43	65,80	68,70	66,43	69,54	67,56	69,54

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, bd= borda, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal

Continuação da tabela 4.

Rocha	Lamprófiro II									
	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3b	97FN3b	97FN3b
Amostra	inter 1	bd feno 1	bd feno 1	nc feno 2	bd feno 2	nc feno 3	bd feno 3	nc feno 1	bd feno 1	mfeno
grão										
SiO ₂	38,96	38,85	38,99	39,05	37,97	38,56	37,77	39,15	39,32	38,75
TiO ₂	5,92	7,27	7,39	5,88	7,33	5,72	7,13	5,55	7,69	6,39
Al ₂ O ₃	13,31	13,83	13,69	13,64	13,93	13,63	13,73	13,52	12,93	13,76
FeOt	10,31	9,72	9,56	9,88	9,61	10,75	9,44	9,31	9,94	10,49
Cr ₂ O ₃	0,08	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03
MnO	0,14	0,26	0,17	0,11	0,22	0,12	0,21	0,11	0,13	0,17
MgO	13,16	12,70	13,09	13,50	12,51	12,65	12,25	13,76	12,90	13,22
CaO	11,97	11,97	12,11	12,06	11,97	11,85	11,89	12,03	11,83	12,19
Na ₂ O	2,42	2,31	2,18	2,23	2,29	2,41	2,27	2,26	2,52	2,32
K ₂ O	1,36	1,40	1,51	1,74	1,37	1,61	1,40	1,47	1,30	1,42
F	0,08	0,19	0,11	0,12	0,19	0,14	0,28	0,10	0,05	0,13
Cl	0,01	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02
Total	97,64	98,53	98,83	98,21	97,41	97,45	96,40	97,27	98,62	98,84
O_F_CL	0,03	0,09	0,05	0,05	0,09	0,06	0,12	0,05	0,02	0,06
Ctotal	97,61	98,44	98,78	98,16	97,32	97,39	96,28	97,22	98,60	98,78
Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)										
Si	5,787	5,747	5,739	5,767	5,689	5,769	5,733	5,809	5,809	5,699
Al ^{IV}	2,213	2,253	2,261	2,233	2,311	2,231	2,267	2,191	2,191	2,301
Al ^{VI}	0,116	0,156	0,112	0,139	0,147	0,171	0,187	0,170	0,059	0,082
Cr	0,009	0,000	0,001	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,003
Fe ³⁺	0,001	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,035
Ti	0,661	0,809	0,818	0,653	0,826	0,643	0,814	0,619	0,854	0,706
Mg	2,915	2,801	2,872	2,972	2,794	2,821	2,773	3,043	2,842	2,898
Fe ²⁺	1,280	1,202	1,177	1,215	1,205	1,346	1,199	1,123	1,228	1,255
Mn	0,018	0,032	0,021	0,014	0,028	0,015	0,027	0,014	0,016	0,021
Ca	1,905	1,896	1,910	1,908	1,922	1,900	1,933	1,912	1,873	1,920
Na	0,095	0,104	0,090	0,092	0,078	0,100	0,067	0,088	0,127	0,080
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,601	0,559	0,532	0,547	0,588	0,600	0,602	0,561	0,596	0,581
K	0,258	0,265	0,284	0,327	0,261	0,308	0,271	0,279	0,244	0,266
Cl	0,003	0,010	0,005	0,004	0,008	0,004	0,009	0,004	0,005	0,004
F	0,036	0,089	0,049	0,055	0,090	0,067	0,133	0,048	0,022	0,062
mg#	69,47	69,97	70,93	70,89	69,87	67,70	69,81	72,56	69,83	69,26

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, bd= borda, feno= fenocristal, mfeno= microfenocristal

Continuação da tabela 4.

Rocha	Lamprófiro II						Lamprófiro III		Lamprófiro IV	
	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN7	97FN7	97FN25	97FN25
Amostra	nc feno 2	bd feno 2	nc feno 3	bd feno 3	nc feno 4	bd feno 4	nc feno	bd feno	nc feno	bd feno
grão										
SiO ₂	39,23	39,22	39,36	38,78	39,25	39,51	40,60	40,26	38,67	38,27
TiO ₂	5,75	5,56	5,85	8,00	5,54	5,17	4,60	5,46	5,57	5,81
Al ₂ O ₃	13,69	13,73	13,77	13,69	13,57	13,37	13,52	13,34	13,87	13,74
FeOt	11,25	11,52	10,96	10,06	9,62	11,52	9,17	9,13	10,15	10,27
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,13	0,15	0,10	0,10	0,10	0,14	0,10	0,13	0,17	0,13
MgO	12,72	12,77	13,01	12,57	13,74	13,03	14,46	14,29	13,11	13,13
CaO	12,00	11,97	12,04	12,32	12,04	12,12	12,15	12,06	12,10	12,10
Na ₂ O	2,37	2,34	2,39	2,23	2,23	2,41	2,42	2,45	2,21	2,35
K ₂ O	1,44	1,43	1,40	1,24	1,46	1,51	1,59	1,61	1,58	1,66
F	0,15	0,09	0,11	0,18	0,08	0,13	0,12	0,26	0,14	0,29
Cl	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,00
Total	98,74	98,80	98,99	99,17	97,66	98,93	98,77	99,00	97,58	97,74
O_F_CL	0,07	0,04	0,05	0,08	0,04	0,06	0,06	0,11	0,06	0,12
Ctotal	98,67	98,76	98,94	99,09	97,62	98,87	98,71	98,89	97,52	97,62

Número de cátions com base em 23 Oxigênios (13-CNK)

Si	5,783	5,770	5,772	5,719	5,797	5,816	5,911	5,872	5,754	5,713
Al ^{IV}	2,217	2,230	2,228	2,281	2,203	2,184	2,089	2,128	2,246	2,287
Al ^M	0,160	0,148	0,150	0,097	0,158	0,133	0,229	0,164	0,185	0,128
Cr	0,003	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,040	0,141	0,057	0,000	0,087	0,111	0,082	0,006	0,018	0,000
Ti	0,638	0,615	0,645	0,887	0,616	0,572	0,504	0,599	0,623	0,652
Mg	2,795	2,801	2,844	2,763	3,025	2,858	3,138	3,107	2,908	2,922
Fe ²⁺	1,347	1,276	1,287	1,240	1,101	1,307	1,034	1,108	1,245	1,282
Mn	0,016	0,019	0,012	0,012	0,013	0,018	0,013	0,016	0,021	0,017
Ca	1,895	1,887	1,892	1,946	1,906	1,912	1,895	1,884	1,930	1,935
Na	0,105	0,113	0,108	0,054	0,094	0,088	0,105	0,116	0,070	0,065
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,572	0,555	0,572	0,584	0,545	0,600	0,579	0,577	0,567	0,615
K	0,270	0,269	0,262	0,233	0,276	0,284	0,295	0,299	0,300	0,316
Cl	0,003	0,004	0,000	0,003	0,004	0,003	0,007	0,007	0,005	0,001
F	0,070	0,041	0,051	0,083	0,036	0,061	0,054	0,119	0,066	0,135
mg#	66,90	66,63	68,00	69,02	71,95	67,01	73,91	73,62	69,75	69,51

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13-CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions= 13 excluindo Ca, Na e K.

nc= núcleo, bd= borda, feno= fenocristal

Tabela 5a: Análises químicas dos espinélios do episódio Remédios de Fernando de Noronha.

Rocha	Basanito						Tefrito			Essexito
Amostra	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN23	97FN23	97FN23	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN42
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
TiO ₂	13,96	24,11	19,63	21,27	19,68	20,46	17,19	18,04	17,32	17,58
Al ₂ O ₃	7,59	4,49	5,92	4,62	4,68	4,76	0,50	3,64	3,53	1,44
Cr ₂ O ₃	15,95	0,05	4,61	0,01	0,00	0,00	0,55	0,01	0,00	0,28
FeOtotal	51,10	58,95	58,19	64,20	65,37	65,95	69,17	65,37	65,53	67,28
MnO	0,36	0,61	0,54	0,84	0,84	0,84	1,33	1,28	1,27	1,58
MgO	4,95	2,87	4,42	3,08	2,55	3,18	1,49	4,21	4,41	3,23
ZnO	0,08	0,10	0,11	0,12	0,10	0,15	0,28	0,24	0,25	0,20
TOTAL	93,99	91,18	93,40	94,15	93,21	95,35	90,51	92,77	92,31	91,59
FeO	36,20	46,82	41,46	44,69	43,90	44,29	41,24	39,16	38,08	39,30
Fe ₂ O ₃	16,56	13,47	18,58	21,67	23,85	24,06	31,04	29,12	30,50	31,09
TOTAL1	95,64	92,52	95,26	96,32	95,60	97,75	93,61	95,68	95,36	94,70
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	2,598	1,635	2,060	1,621	1,661	1,647	0,187	1,284	1,250	0,523
Ti	3,053	5,607	4,365	4,766	4,465	4,520	4,118	4,068	3,919	4,085
Cr	3,663	0,011	1,077	0,003	0,000	0,000	0,139	0,003	0,000	0,069
Fe ²⁺	8,804	12,106	10,253	11,133	11,073	10,877	10,985	9,820	9,577	10,153
Fe ³⁺	3,620	3,131	4,130	4,853	5,408	5,311	7,432	6,564	6,895	7,220
Mn	0,088	0,161	0,135	0,212	0,215	0,209	0,358	0,325	0,325	0,414
Mg	2,148	1,322	1,947	1,370	1,145	1,394	0,707	1,880	1,976	1,487
Zn	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,030	0,070	0,050	0,050	0,040

Rocha	Essexito		Tefritonólito			Álcali-basalto				
Amostra	97FN42	97FN42	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b
grão	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	feno	mfeno	matriz	matriz	mfeno
TiO ₂	17,36	17,03	7,39	7,43	7,36	15,19	19,75	19,83	20,27	19,88
Al ₂ O ₃	1,69	1,53	1,48	1,53	1,55	5,13	3,21	2,75	2,94	3,24
Cr ₂ O ₃	0,06	0,16	0,00	0,02	0,01	0,06	0,04	0,05	0,00	0,03
FeOtotal	69,08	68,11	77,11	79,66	79,26	70,18	67,03	66,59	66,47	66,73
MnO	1,69	1,70	2,12	1,67	1,69	0,69	0,81	0,78	0,86	0,79
MgO	3,00	2,20	0,91	0,89	0,92	4,69	4,84	4,60	4,78	4,85
ZnO	0,27	0,21	0,19	0,24	0,17	0,15	0,06	0,10	0,13	0,13
TOTAL	93,15	90,94	89,20	91,44	90,96	96,08	95,75	94,68	95,45	95,65
FeO	39,80	39,94	32,65	33,81	33,60	37,84	41,16	41,20	41,51	41,25
Fe ₂ O ₃	32,53	31,30	49,40	50,94	50,73	35,93	28,75	28,21	27,73	28,32
TOTAL1	96,40	94,07	94,14	96,53	96,03	99,67	98,62	97,50	98,22	98,49
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,606	0,566	0,555	0,561	0,574	1,728	1,097	0,952	1,012	1,108
Ti	3,968	4,015	1,778	1,743	1,734	3,268	4,312	4,394	4,449	4,346
Cr	0,013	0,039	0,000	0,004	0,002	0,013	0,009	0,012	0,000	0,007
Fe ²⁺	10,117	10,466	8,730	8,819	8,806	9,052	9,990	10,151	10,131	10,024
Fe ³⁺	7,433	7,373	11,873	11,944	11,951	7,726	6,273	6,248	6,083	6,186
Mn	0,435	0,450	0,573	0,442	0,449	0,167	0,198	0,194	0,212	0,194
Mg	1,359	1,027	0,434	0,414	0,428	2,000	2,096	2,019	2,079	2,100
Zn	0,060	0,050	0,050	0,060	0,040	0,030	0,010	0,020	0,030	0,030

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal;

Continuação da tabela 5a.

Rocha	Lamprófiro I			Lamprófiro II						
	97FN13a	97FN43c	97FN43c	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3b
Amostra	matriz	mfeno	incl anf	mfeno	matriz	matriz	mfeno	matriz	mfeno	matriz
TiO ₂	14,08	17,85	15,52	16,99	16,45	17,96	17,18	17,27	16,36	21,22
Al ₂ O ₃	4,79	4,01	5,01	5,07	5,31	5,26	5,62	4,44	4,88	2,98
Cr ₂ O ₃	0,25	0,09	0,04	0,20	0,04	0,04	0,18	0,01	0,18	0,52
FeOtotal	69,41	63,78	65,73	67,98	67,22	67,11	66,86	66,76	67,79	64,25
MnO	0,99	1,50	0,64	0,82	0,86	1,03	0,90	1,17	0,72	1,00
MgO	4,23	3,99	7,46	5,92	5,92	4,55	5,43	3,44	6,08	4,39
ZnO	0,05	0,36	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,19	0,19	0,04
TOTAL	93,80	91,57	94,48	97,07	95,89	96,04	96,27	93,27	96,18	94,39
FeO	36,60	38,58	33,48	37,85	36,98	40,23	38,40	40,07	36,79	42,49
Fe ₂ O ₃	36,46	28,00	35,83	33,48	33,59	29,86	31,62	29,65	34,44	24,17
TOTAL1	97,44	94,37	98,06	100,42	99,25	99,03	99,43	96,23	99,62	96,80
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	1,658	1,433	1,678	1,678	1,776	1,777	1,878	1,561	1,627	1,038
Ti	3,112	4,077	3,322	3,595	3,515	3,880	3,668	3,882	3,489	4,728
Cr	0,059	0,021	0,009	0,044	0,009	0,009	0,041	0,003	0,040	0,121
Fe ²⁺	8,995	9,796	7,970	8,902	8,785	9,661	9,116	10,016	8,721	10,526
Fe ³⁺	8,055	6,391	7,667	7,078	7,173	6,446	6,747	6,662	7,339	5,382
Mn	0,246	0,384	0,154	0,196	0,206	0,251	0,217	0,297	0,173	0,251
Mg	1,852	1,805	3,167	2,481	2,509	1,948	2,298	1,531	2,568	1,937
Zn	0,010	0,080	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,040	0,040	0,010

Rocha	Lamprófiro II				Lamprófiro III			
	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN7	97FN7	97FN7	97FN7
Amostra	mfeno	matriz	matriz	mfeno	matriz	mfeno	mat	mat
TiO ₂	18,43	19,61	20,39	19,25	15,78	13,99	15,63	15,74
Al ₂ O ₃	5,18	3,57	4,18	4,62	5,61	5,60	5,88	5,76
Cr ₂ O ₃	0,14	1,19	0,27	0,26	0,63	0,94	0,59	0,71
FeOtotal	68,36	67,02	63,05	67,61	67,86	67,38	65,65	65,51
MnO	0,75	0,75	0,85	0,63	0,82	0,51	0,77	0,91
MgO	5,62	4,90	4,93	5,57	6,18	6,96	6,20	5,87
ZnO	0,12	0,06	0,12	0,14	0,04	0,06	0,08	0,13
TOTAL	98,60	97,10	93,79	98,06	96,91	95,43	94,81	94,63
FeO	40,19	41,43	40,96	40,74	36,53	33,46	35,66	35,95
Fe ₂ O ₃	31,30	28,43	24,54	29,86	34,81	37,69	33,32	32,84
TOTAL1	101,73	99,94	96,24	101,05	100,39	99,21	98,13	97,91
Cátions calculados com base em 32 O								
Al	1,696	1,202	1,451	1,524	1,851	1,859	1,977	1,947
Ti	3,854	4,217	4,524	4,060	3,327	2,968	3,360	3,400
Cr	0,031	0,269	0,063	0,057	0,139	0,208	0,134	0,162
Fe ²⁺	9,345	9,903	10,103	9,553	8,562	7,894	8,520	8,632
Fe ³⁺	6,542	6,109	5,441	6,294	7,334	7,993	7,157	7,088
Mn	0,177	0,180	0,212	0,149	0,194	0,123	0,186	0,221
Mg	2,327	2,089	2,167	2,327	2,584	2,928	2,642	2,511
Zn	0,020	0,010	0,030	0,030	0,010	0,010	0,020	0,030

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal;

incl anf= inclusão em anfibólio

Continuação da tabela 5a.

Rocha		Traquiandesito basáltico						Traquiandesito		Traquito
Amostra	97FN35b	97FN6a	97FN6a	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN5a	97FN5a	97FN57
grão	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	matriz	mfeno	mfeno	feno
TiO ₂	20,03	14,18	14,58	13,47	13,50	15,47	14,60	12,51	13,85	8,70
Al ₂ O ₃	2,11	3,48	3,30	3,65	3,62	1,17	3,42	2,92	3,60	1,22
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02	0,00	0,04	0,00	0,11	0,00
FeOtotal	66,35	72,80	73,34	71,91	72,98	71,98	72,95	73,24	71,22	78,82
MnO	0,82	0,86	0,93	0,90	0,90	2,02	1,15	1,18	1,13	3,60
MgO	4,31	3,74	3,49	3,94	3,85	0,90	3,40	3,27	3,90	0,62
ZnO	0,08	0,12	0,11	0,07	0,12	0,25	0,14	0,16	0,07	0,46
TOTAL	93,71	95,19	95,77	93,97	94,99	91,79	95,70	93,28	93,87	93,42
FeO	41,44	37,78	38,61	36,50	37,00	40,55	38,60	36,06	36,58	33,83
Fe ₂ O ₃	27,68	38,91	38,59	39,34	39,98	34,92	38,17	41,31	38,49	49,99
TOTAL1	96,48	99,08	99,63	97,90	98,99	95,28	99,52	97,41	97,72	98,42
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,745	1,198	1,132	1,269	1,248	0,433	1,177	1,029	1,255	0,439
Ti	4,507	3,120	3,199	2,992	2,970	3,655	3,208	2,820	3,080	2,008
Cr	0,002	0,004	0,006	0,008	0,003	0,000	0,009	0,000	0,025	0,001
Fe ²⁺	10,369	9,241	9,418	9,013	9,051	10,649	9,428	9,039	9,049	8,682
Fe ³⁺	6,226	8,555	8,462	8,733	8,792	8,243	8,380	9,309	8,559	11,533
Mn	0,208	0,214	0,230	0,225	0,224	0,537	0,284	0,300	0,283	0,937
Mg	1,922	1,630	1,515	1,733	1,678	0,419	1,479	1,462	1,720	0,284
Zn	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,060	0,030	0,040	0,020	0,100

Rocha	Traquito		Lamprófiro I							
Amostra	97FN57	97FN57	97FN3d	97FN11b	97FN11b	97FN11b	97FN13a	97FN13a	97FN13a	97FN13a
grão	feno	feno	matriz	mfeno	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno
TiO ₂	8,19	8,56	15,63	15,10	18,01	17,43	15,02	12,68	12,97	14,23
Al ₂ O ₃	1,38	1,09	5,87	5,22	5,54	5,47	5,13	4,91	4,64	5,75
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,07	0,26	0,02	0,06	0,01	3,67	2,40	1,19
FeOtotal	78,22	79,15	64,51	67,39	65,27	65,06	67,74	65,41	67,36	67,19
MnO	3,29	3,43	0,74	0,48	0,76	0,83	0,50	0,65	0,73	0,46
MgO	0,75	0,63	6,24	7,12	6,35	6,59	6,35	5,65	5,66	6,57
ZnO	0,42	0,36	0,02	0,07	0,09	0,18	0,09	0,03	0,09	0,06
TOTAL	92,24	93,24	93,08	95,63	96,04	95,61	94,85	93,00	93,84	95,45
FeO	33,14	33,87	35,14	34,23	37,77	36,70	35,02	33,37	33,72	34,32
Fe ₂ O ₃	50,09	50,31	32,63	36,84	30,56	31,51	36,36	35,61	37,37	36,52
TOTAL1	97,25	98,27	96,34	99,31	99,10	98,76	98,49	96,57	97,57	99,10
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,505	0,395	2,009	1,732	1,845	1,825	1,728	1,694	1,590	1,914
Ti	1,909	1,980	3,415	3,202	3,831	3,717	3,229	2,795	2,836	3,028
Cr	0,001	0,005	0,015	0,059	0,005	0,013	0,002	0,849	0,550	0,265
Fe ²⁺	8,592	8,712	8,538	8,069	8,931	8,702	8,370	8,178	8,200	8,118
Fe ³⁺	11,674	11,632	7,127	7,806	6,495	6,716	7,812	7,844	8,168	7,765
Mn	0,863	0,894	0,183	0,113	0,181	0,199	0,122	0,162	0,179	0,111
Mg	0,345	0,287	2,704	2,991	2,678	2,785	2,707	2,469	2,452	2,771
Zn	0,100	0,080	0,000	0,010	0,020	0,040	0,020	0,010	0,020	0,010

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal;

Tabela 5b: Análises químicas dos espinélios do episódio Quixaba de Fernando de Noronha.

Rocha	MEM (melilita melanefelinito)									
Amostra	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	99FN21b	99FN21b	99FN21b
grão	mfeno	incl ol	mfeno	matriz	matriz	matriz	incl ol	matriz	incl ol	matriz
TiO ₂	20,42	19,02	19,53	19,32	17,91	19,63	16,80	16,18	13,08	15,56
Al ₂ O ₃	0,89	0,89	1,05	0,82	0,77	0,77	1,01	0,77	1,92	0,60
Cr ₂ O ₃	0,17	0,62	0,16	0,19	0,17	0,14	5,49	0,12	7,51	0,10
FeOtotal	68,31	68,87	68,14	70,39	70,29	69,35	67,45	69,64	63,43	71,31
MnO	1,01	0,97	0,95	0,75	0,62	0,62	0,66	0,91	0,71	0,78
MgO	4,21	4,06	4,28	4,18	3,93	4,30	3,90	4,85	4,93	3,19
ZnO	0,01	0,05	0,00	0,03	0,03	0,12	0,11	0,03	0,00	0,02
TOTAL	95,01	94,48	94,10	95,68	93,71	94,92	95,42	92,51	91,58	91,56
FeO	42,11	40,84	40,92	41,55	40,25	41,51	39,66	36,63	33,77	38,50
Fe ₂ O ₃	29,12	31,14	30,24	32,05	33,38	30,93	30,88	36,68	32,95	36,46
TOTAL1	97,93	97,59	97,12	98,88	97,05	98,01	98,51	96,18	94,87	95,21
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,310	0,312	0,370	0,284	0,273	0,270	0,353	0,275	0,685	0,219
Ti	4,562	4,272	4,396	4,284	4,057	4,387	3,743	3,677	2,989	3,623
Cr	0,040	0,146	0,037	0,044	0,041	0,032	1,283	0,030	1,801	0,025
Fe ²⁺	10,463	10,202	10,239	10,244	10,139	10,314	9,823	9,255	8,578	9,967
Fe ³⁺	6,504	6,992	6,801	7,103	7,558	6,908	6,875	8,331	7,523	8,485
Mn	0,254	0,246	0,239	0,188	0,158	0,155	0,166	0,232	0,182	0,203
Mg	1,863	1,809	1,907	1,836	1,763	1,906	1,721	2,186	2,233	1,472
Zn	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,030	0,020	0,010	0,000	0,010

Rocha	MEM		OLM (olivina melanefelinito)							
Amostra	99FN21b	99FN21b	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b
grão	incl ol	bd ol	incl ol	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno
TiO ₂	13,37	16,06	22,73	21,76	21,76	23,32	24,05	24,63	20,55	18,39
Al ₂ O ₃	1,15	0,75	1,83	2,74	1,72	1,69	0,24	0,69	1,73	3,43
Cr ₂ O ₃	7,68	1,53	2,10	2,41	0,73	0,28	0,01	0,15	5,66	9,05
FeOtotal	64,58	69,24	65,77	63,82	66,20	65,94	65,64	65,57	62,08	59,05
MnO	0,81	0,91	0,60	0,64	0,61	0,60	0,85	0,91	0,77	0,70
MgO	5,36	4,78	3,52	4,15	3,12	3,64	2,23	3,30	3,34	4,11
ZnO	0,01	0,11	0,12	0,11	0,15	0,01	0,08	0,07	0,12	0,16
TOTAL	92,96	93,38	96,65	95,61	94,29	95,49	93,09	95,32	94,24	94,89
FeO	33,58	36,76	46,03	43,98	44,98	46,15	47,53	47,13	43,35	40,74
Fe ₂ O ₃	34,44	36,09	21,93	22,04	23,58	21,99	20,12	20,49	20,81	20,34
TOTAL1	96,40	96,99	98,84	97,81	96,65	97,68	95,10	97,37	96,33	96,92
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,406	0,264	0,631	0,947	0,610	0,591	0,088	0,242	0,614	1,193
Ti	3,010	3,621	5,019	4,810	4,934	5,209	5,610	5,555	4,859	4,086
Cr	1,816	0,362	0,486	0,558	0,174	0,065	0,001	0,035	1,347	2,110
Fe ²⁺	8,407	9,215	11,302	10,810	11,339	11,461	12,329	11,818	10,929	10,065
Fe ³⁺	7,751	8,132	4,840	4,869	5,344	4,909	4,691	4,618	4,716	4,517
Mn	0,206	0,232	0,148	0,158	0,155	0,151	0,223	0,232	0,197	0,175
Mg	2,392	2,138	1,539	1,817	1,403	1,612	1,032	1,473	1,502	1,811
Zn	0,000	0,020	0,030	0,020	0,030	0,000	0,020	0,020	0,030	0,030

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal;

incl ol= inclusão em olivina; bd ol= borda de olivina

Continuação da tabela 5b.

Rocha	OLM									
Amostra	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	99FN3	99FN51	99FN51	99FN54
grão	matriz	bd ol	matriz	mfeno	incl ol	incl ol	matriz	matriz	bd ol	bd ol
TiO ₂	17,21	14,82	18,20	18,39	2,79	6,51	18,25	18,69	19,31	19,89
Al ₂ O ₃	2,65	3,03	2,42	2,25	27,59	5,24	1,94	2,30	2,38	1,86
Cr ₂ O ₃	2,20	6,33	1,30	0,41	22,94	15,95	0,83	0,33	0,60	0,31
FeOtotal	64,94	63,51	65,51	66,18	32,12	59,88	67,65	64,85	64,26	65,79
MnO	0,82	0,64	0,75	0,77	0,10	0,54	0,81	0,80	0,74	0,72
MgO	6,12	6,21	6,45	5,71	12,35	5,43	3,56	5,70	5,63	6,11
ZnO	0,14	0,06	0,11	0,10	0,23	0,04	0,14	0,14	0,02	0,15
TOTAL	94,08	94,59	94,73	93,82	98,11	93,59	93,19	92,82	92,94	94,82
FeO	36,20	34,57	17,31	37,91	19,42	28,36	40,68	37,83	38,72	38,91
Fe ₂ O ₃	31,94	32,15	53,55	31,41	14,11	35,03	29,97	30,02	28,37	29,86
TOTAL1	97,27	97,80	100,09	96,95	99,52	97,10	96,19	95,82	95,77	97,80
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,912	1,036	0,638	0,781	7,937	1,798	0,691	0,807	0,836	0,640
Ti	3,785	3,238	3,061	4,079	0,512	1,427	4,152	4,190	4,328	4,366
Cr	0,508	1,451	0,229	0,096	4,425	3,670	0,198	0,079	0,140	0,071
Fe ²⁺	8,854	8,396	8,758	9,348	3,967	6,912	10,288	9,427	9,647	9,497
Fe ³⁺	7,022	7,019	8,999	6,962	2,591	7,674	6,813	6,725	6,353	6,552
Mn	0,203	0,156	0,142	0,192	0,020	0,134	0,208	0,202	0,187	0,178
Mg	2,667	2,687	2,148	2,510	4,496	2,360	1,605	2,532	2,500	2,656
Zn	0,030	0,010	0,020	0,020	0,040	0,010	0,030	0,030	0,000	0,030

Rocha	OLM				PIM (piroxênio melanefelinito)					
Amostra	99FN54	99FN54	99FN55	99FN55	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN13c
grão	incl ol	matriz	matriz	incl ol	mfeno	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz
TiO ₂	19,45	17,80	21,28	19,40	20,26	15,75	19,26	13,95	20,76	22,92
Al ₂ O ₃	1,82	1,55	2,10	2,07	0,86	0,64	0,23	0,95	0,79	1,10
Cr ₂ O ₃	0,43	0,41	0,22	1,04	0,22	0,60	0,07	0,16	0,28	0,17
FeOtotal	66,85	67,83	63,90	64,44	67,56	75,02	71,75	76,59	68,87	66,58
MnO	0,77	0,73	0,54	0,78	0,77	0,45	0,55	0,47	0,48	0,40
MgO	5,47	4,73	5,34	5,71	2,93	1,32	1,37	2,05	3,03	3,00
ZnO	0,03	0,07	0,16	0,15	0,15	0,17	0,12	0,08	0,16	0,08
TOTAL	94,82	93,13	93,53	93,58	92,74	93,95	93,35	94,25	94,36	94,24
FeO	39,54	38,70	41,05	38,62	43,17	42,39	45,02	39,94	44,33	46,36
Fe ₂ O ₃	30,34	32,37	25,39	28,69	27,10	36,25	29,70	40,72	27,26	22,46
TOTAL1	97,85	96,36	96,07	96,45	95,45	97,57	96,32	98,32	97,09	96,48
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,628	0,549	0,735	0,721	0,310	0,232	0,084	0,339	0,282	0,391
Ti	4,290	4,017	4,765	4,323	4,686	3,632	4,490	3,177	4,721	5,223
Cr	0,099	0,098	0,051	0,243	0,052	0,146	0,018	0,038	0,067	0,040
Fe ²⁺	9,696	9,712	10,219	9,567	11,101	10,868	11,670	10,109	11,208	11,749
Fe ³⁺	6,688	7,302	5,681	6,389	6,264	8,354	6,921	9,265	6,196	5,116
Mn	0,191	0,185	0,136	0,196	0,201	0,116	0,143	0,120	0,123	0,103
Mg	2,393	2,117	2,369	2,520	1,343	0,604	0,634	0,923	1,365	1,355
Zn	0,010	0,020	0,040	0,030	0,030	0,040	0,030	0,020	0,030	0,020

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal;
incl ol= inclusão em olivina; bd ol= borda de olivina

Continuação da tabela 5b.

Rocha	PIM									
Amostra	97FN13c	97FN13c	97FN13c	97FN13c	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN38
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	bd ol	mfeno
TiO ₂	20,04	21,71	21,09	22,08	20,11	17,89	20,44	23,25	18,33	18,75
Al ₂ O ₃	1,40	1,04	1,22	1,03	0,69	0,76	0,63	0,57	2,30	1,56
Cr ₂ O ₃	4,48	2,11	2,01	1,34	0,33	0,30	0,35	0,41	0,42	0,59
FeOtotal	65,58	67,12	67,44	66,05	71,03	72,86	70,78	68,86	70,34	68,82
MnO	0,48	0,51	0,50	0,53	0,52	0,46	0,52	0,55	0,37	0,82
MgO	3,26	2,97	2,83	3,08	2,94	2,51	3,02	2,91	3,75	3,26
ZnO	0,04	0,13	0,13	0,03	0,05	0,09	0,06	0,03	0,06	0,17
TOTAL	95,27	95,59	95,21	94,14	95,67	94,87	95,80	96,58	95,56	93,97
FeO	43,68	45,61	45,16	45,40	44,34	42,87	44,53	47,44	41,88	41,80
Fe ₂ O ₃	24,33	23,90	24,75	22,94	29,65	33,32	29,17	23,80	31,62	30,02
TOTAL1	97,71	97,98	97,68	96,43	98,63	98,20	98,72	98,96	98,73	96,97
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,491	0,366	0,432	0,369	0,241	0,269	0,222	0,200	0,796	0,554
Ti	4,499	4,880	4,757	5,034	4,513	4,052	4,580	5,190	4,056	4,251
Cr	1,056	0,499	0,475	0,322	0,078	0,072	0,081	0,095	0,097	0,140
Fe ²⁺	10,903	11,399	11,326	11,510	11,061	10,795	11,093	11,773	10,301	10,534
Fe ³⁺	5,459	5,369	5,580	5,228	6,649	7,542	6,532	5,309	6,991	6,801
Mn	0,121	0,128	0,127	0,135	0,131	0,117	0,132	0,138	0,093	0,209
Mg	1,450	1,323	1,265	1,394	1,308	1,128	1,339	1,288	1,643	1,465
Zn	0,010	0,030	0,030	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,040

Rocha	PIM									
Amostra	97FN38	97FN38	97FN38	97FN39	97FN39	97FN39	97FN39	99FN14	99FN14	99FN14
grão	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	bd ol	incl ol
TiO ₂	17,79	23,34	14,31	22,19	10,07	10,00	17,98	21,08	18,38	2,55
Al ₂ O ₃	2,27	1,31	1,67	1,06	0,90	1,03	0,91	1,15	2,51	28,67
Cr ₂ O ₃	2,75	0,17	1,81	2,50	0,17	0,66	0,53	1,13	6,59	21,73
FeOtotal	66,89	63,33	72,62	64,15	77,62	76,91	69,45	65,82	62,00	30,30
MnO	0,75	0,93	0,41	0,92	0,75	0,75	0,74	0,95	1,09	0,16
MgO	2,98	3,67	1,50	4,36	3,28	3,46	4,22	3,53	3,52	13,15
ZnO	0,16	0,12	0,11	0,09	0,16	0,06	0,12	0,09	0,25	0,12
TOTAL	93,59	92,87	92,44	95,27	92,94	92,86	93,95	93,74	94,35	96,66
FeO	41,40	44,69	40,58	43,41	33,92	33,60	39,70	43,25	40,92	17,70
Fe ₂ O ₃	28,32	20,71	35,61	23,05	48,55	48,12	33,06	25,07	23,42	14,00
TOTAL1	96,42	94,94	96,00	97,58	97,79	97,67	97,26	96,25	96,69	98,06
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,808	0,472	0,608	0,369	0,321	0,366	0,321	0,409	0,884	8,265
Ti	4,047	5,364	3,330	4,950	2,292	2,273	4,052	4,801	4,139	0,469
Cr	0,656	0,042	0,442	0,585	0,040	0,157	0,125	0,271	1,558	4,201
Fe ²⁺	10,470	11,420	10,500	10,768	8,584	8,492	9,947	10,952	10,242	3,624
Fe ³⁺	6,438	4,757	8,283	5,140	11,045	10,932	7,446	5,707	5,269	2,577
Mn	0,193	0,241	0,108	0,232	0,192	0,191	0,188	0,243	0,276	0,032
Mg	1,343	1,670	0,692	1,930	1,479	1,557	1,886	1,593	1,569	4,798
Zn	0,040	0,030	0,030	0,020	0,030	0,010	0,030	0,020	0,060	0,020

mfeno= microfenocristal; feno= fenocristal;

incl ol= inclusão em olivina; bd ol= borda de olivina

Continuação da tabela 5b.

Rocha	PIM		BAS (basanita)							
Amostra	99FN14	99FN14	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a
grão	incl ol	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
TiO ₂	2,09	22,91	21,18	16,28	17,49	17,76	19,21	21,15	20,54	20,77
Al ₂ O ₃	30,17	1,68	1,53	1,40	1,86	2,06	2,17	1,71	1,57	1,70
Cr ₂ O ₃	21,26	0,22	0,29	0,34	0,31	0,31	0,32	0,29	0,32	0,34
FeOtotal	31,05	64,06	65,39	72,04	70,08	70,53	68,15	66,92	67,16	66,95
MnO	0,22	1,01	0,64	0,56	0,64	0,57	0,64	0,57	0,48	0,51
MgO	12,68	3,17	4,14	3,00	3,14	3,29	3,46	3,45	2,92	2,67
ZnO	0,07	0,18	0,14	0,14	0,12	0,08	0,16	0,11	0,20	0,01
TOTAL	97,55	93,23	93,30	93,75	93,64	94,60	94,11	94,21	93,18	92,95
FeO	18,49	45,09	42,54	40,28	41,09	41,45	42,18	44,07	43,92	44,62
Fe ₂ O ₃	13,95	21,08	25,39	35,29	32,21	32,31	28,85	25,39	25,82	24,81
TOTAL1	98,94	95,34	95,84	97,28	96,86	97,83	96,99	96,74	95,76	95,42
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	8,610	0,603	0,545	0,498	0,662	0,723	0,766	0,604	0,563	0,613
Ti	0,382	5,256	4,812	3,699	3,970	3,984	4,330	4,785	4,716	4,790
Cr	4,068	0,053	0,068	0,082	0,075	0,073	0,076	0,069	0,078	0,081
Fe ²⁺	3,747	11,502	10,744	10,176	10,374	10,336	10,572	11,084	11,213	11,439
Fe ³⁺	2,541	4,834	5,765	8,014	7,310	7,243	6,500	5,740	5,925	5,718
Mn	0,046	0,260	0,162	0,142	0,163	0,143	0,162	0,145	0,124	0,132
Mg	4,580	1,443	1,863	1,349	1,413	1,464	1,547	1,548	1,329	1,220
Zn	0,010	0,040	0,030	0,030	0,030	0,020	0,030	0,020	0,040	0,000

Rocha	BAS									
Amostra	89FN78a	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN7e	99FN7e	99FN7e	99FN9c	99FN9c
grão	matriz	matriz	matriz	mfero	matriz	mfero	mfero	matriz	matriz	matriz
TiO ₂	17,49	16,67	15,75	21,98	18,93	18,56	22,35	22,20	22,23	20,81
Al ₂ O ₃	2,03	1,33	1,56	2,11	1,58	1,46	0,65	1,94	3,19	2,88
Cr ₂ O ₃	0,35	0,20	0,11	0,25	0,06	0,39	0,17	0,23	0,27	0,32
FeOtotal	70,38	72,55	72,58	63,78	70,07	70,24	67,55	64,85	62,55	62,95
MnO	0,64	0,85	0,69	0,78	0,77	0,71	0,79	0,63	0,53	0,58
MgO	3,18	1,77	2,70	4,33	3,25	3,73	3,34	5,33	4,60	4,41
ZnO	0,19	0,13	0,17	0,11	0,08	0,20	0,18	0,10	0,14	0,04
TOTAL	94,27	93,50	93,57	93,33	94,73	95,28	95,03	95,27	93,51	91,99
FeO	41,16	42,08	40,04	42,99	42,33	41,40	45,07	42,43	43,15	41,68
Fe ₂ O ₃	32,47	33,86	36,15	23,10	30,82	32,05	24,97	24,91	21,56	23,64
TOTAL1	97,52	96,89	97,18	95,65	97,81	98,49	97,52	97,77	95,67	94,36
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,718	0,478	0,558	0,748	0,555	0,509	0,230	0,671	1,121	1,028
Ti	3,941	3,839	3,590	4,976	4,255	4,134	5,045	4,891	4,990	4,753
Cr	0,084	0,048	0,027	0,059	0,014	0,090	0,039	0,053	0,064	0,076
Fe ²⁺	10,311	10,774	10,145	10,821	10,580	10,253	11,311	10,393	10,768	10,582
Fe ³⁺	7,312	7,793	8,233	5,227	6,924	7,135	5,633	5,485	4,836	5,395
Mn	0,162	0,219	0,177	0,198	0,195	0,177	0,202	0,157	0,133	0,149
Mg	1,421	0,809	1,220	1,945	1,448	1,647	1,496	2,326	2,047	1,995
Zn	0,040	0,030	0,040	0,020	0,020	0,040	0,040	0,020	0,030	0,010

mfero= microfenocrystal; feno= fenocrystal;
incl ol= inclusão em olivina

Continuação da tabela 5b.

Rocha	BAS									
Amostra	99FN10a	99FN10a	99FN10a	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22
grão	incl ol	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
TiO ₂	22,82	21,87	22,21	24,43	24,55	23,72	24,59	25,34	25,05	24,33
Al ₂ O ₃	2,32	2,76	2,62	1,66	1,80	2,09	1,74	1,68	0,88	0,52
Cr ₂ O ₃	0,38	0,41	0,17	0,10	0,19	0,15	0,19	0,46	0,06	0,03
FeOtotal	63,49	63,58	64,08	62,50	63,50	62,21	66,69	65,60	64,82	66,68
MnO	0,62	0,60	0,66	0,66	0,60	0,60	0,77	0,85	0,74	0,88
MgO	4,49	4,59	4,03	4,13	3,92	4,35	2,12	2,11	0,80	1,41
ZnO	0,02	0,09	0,10	0,13	0,06	0,15	0,14	0,15	0,12	0,09
TOTAL	94,15	93,89	93,88	93,61	94,60	93,27	96,22	96,20	92,45	93,93
FeO	43,99	42,98	44,01	45,49	46,40	44,54	49,49	49,99	50,54	49,29
Fe ₂ O ₃	21,67	22,89	22,30	18,90	19,00	19,64	19,11	17,35	15,86	19,32
TOTAL1	96,31	96,18	96,10	95,50	96,51	95,23	98,13	97,94	94,03	95,86
Cátions calculados com base em 32 O										
Al	0,813	0,967	0,924	0,588	0,633	0,741	0,611	0,592	0,327	0,190
Ti	5,116	4,898	5,001	5,549	5,523	5,383	5,524	5,700	5,947	5,658
Cr	0,089	0,097	0,041	0,024	0,046	0,035	0,044	0,110	0,014	0,006
Fe ²⁺	10,965	10,704	11,021	11,485	11,608	11,238	12,361	12,501	13,343	12,746
Fe ³⁺	4,855	5,124	5,020	4,290	4,273	4,454	4,291	3,900	3,764	4,491
Mn	0,157	0,150	0,168	0,169	0,152	0,153	0,194	0,216	0,197	0,229
Mg	1,996	2,039	1,800	1,860	1,746	1,955	0,942	0,941	0,374	0,649
Zn	0,010	0,020	0,020	0,030	0,010	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020

mfeo= microfenocristal; feno= fenocristal;

incl ol= inclusão em olivina; bd ol= borda de olivina; incl anf= inclusão em anfólio

Tabela 6: Análises químicas das ilmenitas das rochas de Fernando de Noronha.

Episódio Remédios

Rocha	Traquiandesito basáltico				Tr	Lamprófiro II		
Amostra	97FN6a	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN5a	97FN3b	97FN3b	97FN3b
grão	mfero	mfero	incl cpx	mfero	fero	fero	mfero	mfero
SiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	42,60	43,38	43,57	42,79	43,13	44,04	43,08	43,18
Al ₂ O ₃	0,46	0,46	0,47	0,48	0,42	0,69	0,78	0,80
Cr ₂ O ₃	0,05	0,01	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05
FeO	29,53	29,46	29,82	29,17	29,60	28,24	27,88	27,52
Fe ₂ O ₃	19,30	19,85	19,67	19,56	19,94	21,79	21,86	22,54
MnO	0,86	0,69	0,71	0,87	0,76	0,45	0,41	0,43
MgO	4,45	4,96	4,86	4,74	4,71	6,13	5,84	6,09
NiO	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
TOTAL	97,25	98,84	99,14	97,61	98,56	101,40	99,85	100,61
FeOtotal	46,92	47,35	47,54	46,80	47,56	47,88	47,57	47,83
RIIO	80,88	80,80	80,98	80,85	80,72	79,40	78,80	78,37
R ₂ O ₃	19,12	19,20	19,02	19,16	19,28	20,61	21,20	21,63

Episódio Quixaba

Rocha	PIM				BAS
Amostra	97FN8	97FN8	97FN13d	97FN38	89FN78a
grão	matriz	bd ol	bd ol	matriz	mfero
SiO ₂	0,05	0,01	0,02	0,02	0,01
TiO ₂	48,83	50,34	48,56	50,61	48,85
Al ₂ O ₃	0,03	0,07	0,09	0,08	0,06
Cr ₂ O ₃	0,14	0,10	0,18	0,23	0,00
FeO	35,28	34,42	32,26	30,75	32,55
Fe ₂ O ₃	6,64	7,19	13,16	7,31	8,24
MnO	0,81	0,64	0,50	1,15	0,65
MgO	4,43	5,74	5,11	7,60	5,96
NiO	0,02	0,03	0,01	0,00	0,05
TOTAL	96,23	98,52	97,90	97,76	96,37
FeOtotal	41,26	40,90	44,12	37,34	39,97
RIIO	93,44	93,06	87,41	92,82	92,02
R ₂ O ₃	6,57	6,94	12,59	7,19	7,98

mfero= microfenocristal; fero= fenocristal

incl cpx= inclusão clinopiroxênio; bd ol= borda olivina

Tr= traquiandesito; PIM= piroxênio melaneferilito; BAS= basanita

Tabela 7a: Análises químicas das micas das rochas do episódio Remédios.

Rocha	Basanito			Essexito			Lamprófiro I			
Amostra	97FN15a	97FN15a	97FN15a	97FN42	97FN42	97FN42	97FN43c	97FN43c	97FN43c	97FN43c
grão	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	34,13	34,06	34,28	36,83	39,23	38,35	33,99	35,79	38,71	34,86
TiO ₂	9,13	8,77	8,34	8,69	6,72	6,76	8,34	8,02	6,83	8,42
Al ₂ O ₃	16,42	16,32	16,06	11,93	12,67	8,57	16,85	16,22	19,21	17,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	11,57	11,22	12,04	16,12	10,21	20,00	13,11	12,46	10,60	11,78
MnO	0,13	0,09	0,11	0,51	0,29	0,55	0,25	0,24	0,19	0,21
MgO	14,48	14,47	14,22	11,37	17,17	10,25	12,31	11,90	9,68	13,16
BaO	3,31	3,03	2,40	0,03	0,08	0,00	3,00	3,59	3,02	3,63
CaO	0,04	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,10	0,11	0,15	0,05
Na ₂ O	0,94	0,96	0,83	0,90	1,09	0,83	0,73	0,76	0,72	0,68
K ₂ O	7,79	7,86	7,98	8,91	9,00	9,12	7,84	8,03	6,97	7,35
F	0,63	0,65	0,60	1,63	2,67	2,01	0,45	0,23	0,48	0,53
Cl	0,02	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	98,61	97,52	96,94	96,96	99,17	96,46	96,97	97,34	96,56	97,66
O_F_CL	0,27	0,27	0,26	0,69	1,12	0,85	0,19	0,10	0,20	0,22
Ctotal	98,34	97,25	96,68	96,27	98,05	95,61	96,78	97,24	96,36	97,44

Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,019	5,049	5,105	5,577	5,669	5,978	5,094	5,319	5,619	5,150
Al ^{IV}	2,843	2,849	2,817	2,129	2,157	1,574	2,974	2,839	3,183	2,959
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,101	0,000
Ti	1,010	0,978	0,934	0,990	0,730	0,793	0,940	0,897	0,745	0,935
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,423	1,392	1,500	2,042	1,234	2,607	1,643	1,549	1,286	1,456
Cr	0,000	0,003	0,002	0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,015	0,011	0,013	0,065	0,035	0,073	0,032	0,030	0,023	0,026
Mg	3,175	3,198	3,156	2,567	3,699	2,380	2,750	2,637	2,095	2,900
Ba	0,190	0,176	0,140	0,002	0,004	0,000	0,176	0,209	0,172	0,210
Ca	0,007	0,008	0,007	0,000	0,000	0,002	0,015	0,018	0,023	0,009
Na	0,268	0,276	0,239	0,265	0,307	0,252	0,211	0,218	0,204	0,195
K	1,461	1,486	1,516	1,720	1,660	1,813	1,499	1,523	1,291	1,385
T	7,862	7,898	7,922	7,706	7,826	7,552	8,068	8,158	8,802	8,109
Oct	5,623	5,582	5,605	5,666	5,702	5,853	5,365	5,113	4,250	5,317
Intra	1,926	1,946	1,902	1,987	1,971	2,067	1,901	1,968	1,690	1,799
Def tetra	0,138	0,102	0,078	0,294	0,174	0,448	-0,068	-0,158	-0,802	-0,109

mfeno= microfenocristal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

Tabela 7b: Análises químicas das micas das rochas do episódio Quixaba.

Rocha	MEM									
	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN21b	97FN21b	97FN21b	97FN21b
Amostra grão	mfeno	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	mfeno	mfeno
SiO ₂	32,33	31,54	31,77	32,15	32,30	32,31	33,42	33,51	32,30	32,93
TiO ₂	5,20	5,59	5,61	4,89	5,04	4,94	4,30	4,21	4,21	4,46
Al ₂ O ₃	15,48	15,64	15,21	15,34	15,20	15,08	14,75	14,89	14,92	14,61
Cr ₂ O ₃	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	6,69	7,04	7,47	6,98	7,22	7,18	5,91	5,93	5,86	5,87
MnO	0,05	0,07	0,05	0,05	0,07	0,08	0,06	0,07	0,04	0,07
MgO	19,38	18,67	18,70	19,21	19,17	19,70	20,76	20,50	20,69	20,16
BaO	13,19	14,21	14,34	13,89	13,77	12,96	11,39	12,00	12,65	11,05
CaO	0,30	0,49	0,26	0,13	0,03	0,11	0,05	0,18	0,05	0,39
Na ₂ O	0,26	0,30	0,24	0,26	0,35	0,27	0,28	0,29	0,25	0,26
K ₂ O	5,51	5,24	5,17	5,41	5,36	5,41	5,88	5,65	5,70	5,83
F	4,84	4,45	3,86	3,85	3,64	4,69	4,86	4,40	4,27	4,27
Cl	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	103,25	103,25	102,68	102,17	102,16	102,77	101,66	101,62	100,91	99,89
O_F_CL	2,04	1,87	1,62	1,63	1,54	1,97	2,05	1,85	1,80	1,80
Ctotal	101,21	101,38	101,06	100,54	100,62	100,80	99,61	99,77	99,11	98,09
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,952	4,865	4,906	4,962	4,973	4,968	5,112	5,120	5,006	5,099
Al ^{IV}	2,791	2,841	2,767	2,788	2,756	2,730	2,656	2,679	2,724	2,664
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,599	0,648	0,652	0,568	0,584	0,571	0,495	0,483	0,491	0,519
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,857	0,909	0,965	0,900	0,930	0,923	0,756	0,758	0,759	0,760
Cr	0,006	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,007	0,009	0,007	0,007	0,009	0,010	0,008	0,009	0,006	0,009
Mg	4,424	4,293	4,304	4,420	4,399	4,517	4,733	4,668	4,781	4,652
Ba	0,791	0,859	0,868	0,840	0,831	0,780	0,683	0,718	0,768	0,670
Ca	0,048	0,080	0,043	0,021	0,004	0,019	0,008	0,029	0,008	0,064
Na	0,076	0,090	0,073	0,079	0,103	0,081	0,081	0,087	0,074	0,077
K	1,077	1,032	1,018	1,065	1,053	1,061	1,148	1,100	1,127	1,151
T	7,743	7,706	7,673	7,750	7,729	7,698	7,768	7,799	7,730	7,763
Oct	5,893	5,859	5,928	5,895	5,923	6,027	5,992	5,918	6,037	5,940
Intra	1,992	2,061	2,002	2,005	1,991	1,941	1,920	1,934	1,977	1,962
Def tetra	0,257	0,294	0,327	0,250	0,271	0,302	0,232	0,201	0,270	0,237

mfeno= microfenocristal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

MEM= mellita melanefelinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	MEM									
	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN62	99FN62	99FN62	99FN63	99FN63
Amostra	bd ol	mfeno	matriz	bd ol	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
grão										
SiO ₂	40,30	36,01	36,70	36,24	35,05	30,28	31,39	30,66	34,52	33,78
TiO ₂	6,45	9,77	4,83	4,07	4,13	5,61	5,84	5,39	3,52	3,89
Al ₂ O ₃	12,73	13,70	12,73	13,29	14,53	14,67	14,57	14,93	13,18	13,25
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	5,51	7,46	5,54	4,93	5,96	6,86	6,53	6,02	5,77	5,82
MnO	0,06	0,08	0,06	0,07	0,05	0,09	0,06	0,05	0,07	0,04
MgO	21,72	17,17	20,88	22,24	20,99	18,14	18,69	19,44	21,12	20,94
BaO	0,63	5,82	8,23	8,05	9,46	9,47	8,63	9,37	6,53	6,20
CaO	0,05	0,04	0,32	0,01	0,13	0,17	0,04	0,12	0,13	0,57
Na ₂ O	0,17	0,12	0,26	0,21	0,21	0,31	0,35	0,26	0,23	0,24
K ₂ O	9,80	7,97	7,11	7,18	6,74	4,46	4,92	4,77	6,22	6,38
F	4,70	2,00	4,20	4,85	4,94	3,84	3,73	3,95	5,97	5,41
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	102,13	100,14	100,86	101,13	102,19	93,89	94,75	94,96	97,26	96,51
O_F_CL	1,98	0,84	1,77	2,04	2,08	1,62	1,58	1,67	2,51	2,28
Ctotal	100,15	99,30	99,09	99,09	100,11	92,27	93,17	93,29	94,75	94,23
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,663	5,270	5,480	5,411	5,258	4,941	5,021	4,926	5,390	5,298
Al ^{IV}	2,107	2,360	2,239	2,336	2,568	2,820	2,744	2,824	2,423	2,447
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,682	1,075	0,542	0,457	0,465	0,689	0,702	0,650	0,414	0,459
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,647	0,912	0,692	0,616	0,748	0,935	0,874	0,810	0,754	0,762
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,008	0,010	0,008	0,009	0,007	0,013	0,008	0,007	0,009	0,006
Mg	4,550	3,746	4,650	4,950	4,695	4,415	4,456	4,656	4,917	4,896
Ba	0,035	0,333	0,481	0,471	0,556	0,605	0,540	0,590	0,399	0,381
Ca	0,008	0,006	0,052	0,001	0,022	0,030	0,007	0,021	0,022	0,097
Na	0,045	0,035	0,075	0,062	0,059	0,097	0,108	0,081	0,070	0,072
K	1,757	1,489	1,354	1,368	1,291	0,929	1,003	0,978	1,240	1,276
T	7,770	7,630	7,719	7,747	7,826	7,761	7,765	7,750	7,813	7,745
Oct	5,887	5,743	5,892	6,032	5,915	6,052	6,040	6,123	6,094	6,123
Intra	1,845	1,863	1,962	1,902	1,928	1,661	1,658	1,670	1,731	1,826
Def tetra	0,230	0,370	0,281	0,253	0,174	0,239	0,235	0,250	0,187	0,255

mfeno= microfenocristal

bd ol= mica desenvolvida na borda de fenocristais de olivina

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

MEM= melilita melanefelinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	MEM					OLM				
Amostra grão	99FN63 matriz	UCFN47 matriz	UCFN47 matriz	UCFN47 matriz	UCFN47 matriz	97FN20 nc micro	97FN20 nc micro	97FN20 nc micro	97FN20 nc 1	97FN20 bd 1
SiO ₂	33,81	33,16	33,08	33,23	35,14	37,10	35,34	33,96	29,32	36,51
TiO ₂	3,85	5,46	5,59	5,39	5,02	7,15	8,42	8,50	10,04	7,21
Al ₂ O ₃	13,58	14,06	14,13	14,24	13,49	13,94	14,51	14,69	15,99	13,62
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05
FeO	5,57	6,64	6,77	6,66	5,77	7,55	8,42	8,86	11,93	8,10
MnO	0,05	0,09	0,04	0,03	0,05	0,12	0,07	0,07	0,12	0,04
MgO	20,91	19,24	19,02	19,23	20,91	18,12	17,05	16,11	12,23	18,48
BaO	7,24	9,72	10,10	9,56	7,78	3,99	4,96	7,63	14,93	3,78
CaO	0,06	0,08	0,06	0,08	0,03	0,14	0,17	0,06	0,08	0,15
Na ₂ O	0,26	0,14	0,17	0,21	0,18	0,26	0,23	0,30	0,35	0,34
K ₂ O	6,01	6,74	6,53	6,72	7,51	8,67	8,01	7,21	4,50	8,65
F	5,77	3,52	3,33	3,38	3,95	3,76	3,73	3,61	2,50	3,58
Cl	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	97,09	98,87	98,83	98,74	99,83	100,81	100,98	101,00	102,01	100,52
O_F_CL	2,43	1,49	1,40	1,43	1,67	1,59	1,58	1,52	1,06	1,51
Ctotal	94,66	97,38	97,43	97,31	98,16	99,22	99,40	99,48	100,95	99,01
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,303	5,137	5,127	5,138	5,306	5,423	5,219	5,115	4,626	5,361
Al ^{IV}	2,509	2,565	2,578	2,592	2,399	2,400	2,524	2,604	2,971	2,356
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,454	0,636	0,652	0,627	0,570	0,787	0,935	0,963	1,192	0,797
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,730	0,860	0,878	0,860	0,728	0,923	1,040	1,117	1,573	0,995
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,001	0,007
Mn	0,007	0,011	0,006	0,004	0,006	0,014	0,009	0,009	0,017	0,006
Mg	4,888	4,444	4,396	4,432	4,705	3,948	3,754	3,617	2,877	4,045
Ba	0,444	0,590	0,614	0,579	0,460	0,229	0,287	0,450	0,923	0,217
Ca	0,010	0,014	0,009	0,013	0,004	0,021	0,028	0,010	0,013	0,024
Na	0,077	0,043	0,051	0,062	0,053	0,073	0,065	0,086	0,106	0,096
K	1,201	1,332	1,291	1,325	1,447	1,616	1,508	1,385	0,906	1,622
T	7,812	7,702	7,705	7,730	7,705	7,823	7,743	7,719	7,597	7,717
Oct	6,079	5,951	5,932	5,923	6,009	5,673	5,741	5,707	5,660	5,850
Intra	1,732	1,979	1,965	1,979	1,964	1,939	1,888	1,931	1,948	1,959
Def tetra	0,188	0,298	0,295	0,270	0,295	0,177	0,257	0,281	0,403	0,283

mfeno= microfenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

MEM= melilita melaneferilito; OLM= olivina melaneferilito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20
Amostra grão	nc 2	bd 2	nc 3	bd 3	mfeno	matriz	matriz	incl ol	matriz	mfeno
SiO ₂	33,32	34,34	31,32	31,51	31,59	29,31	35,47	31,45	30,91	31,23
TiO ₂	8,73	8,46	8,76	8,59	8,86	8,94	8,71	8,18	9,07	8,77
Al ₂ O ₃	15,04	14,70	15,45	15,84	15,47	15,86	14,20	15,48	15,65	15,58
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,05	0,04	0,06
FeO	9,66	8,84	10,61	10,28	10,30	11,89	9,42	9,48	11,38	9,77
MnO	0,09	0,04	0,05	0,00	0,07	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04
MgO	15,24	16,19	13,96	14,07	14,64	13,04	15,95	15,03	13,28	15,00
BaO	8,50	6,96	11,75	11,54	11,45	14,20	4,63	13,41	12,74	12,50
CaO	0,09	0,12	0,05	0,12	0,11	0,06	0,48	0,67	0,16	0,04
Na ₂ O	0,31	0,23	0,36	0,33	0,34	0,34	0,24	0,36	0,31	0,39
K ₂ O	6,87	7,40	5,29	5,37	5,61	4,63	7,85	4,95	5,18	5,47
F	3,41	3,46	2,80	2,96	2,59	2,00	2,06	2,80	2,26	2,59
Cl	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,03	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	101,27	100,78	100,46	100,66	101,06	100,35	99,05	101,90	101,02	101,42
O_F_CL	1,44	1,46	1,18	1,25	1,10	0,85	0,87	1,18	0,96	1,09
Ctotal	99,83	99,32	99,28	99,41	99,96	99,50	98,18	100,72	100,06	100,33

Cátions recalculados para 44 cargas positivas

Si	5,045	5,148	4,878	4,884	4,865	4,660	5,259	4,858	4,814	4,818
Al ^{IV}	2,681	2,596	2,834	2,892	2,806	2,969	2,480	2,815	2,872	2,831
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,994	0,954	1,027	1,001	1,025	1,069	0,972	0,951	1,063	1,017
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,224	1,108	1,382	1,332	1,327	1,580	1,168	1,224	1,482	1,260
Cr	0,000	0,003	0,006	0,004	0,000	0,000	0,001	0,007	0,004	0,008
Mn	0,012	0,004	0,007	0,000	0,010	0,004	0,002	0,004	0,003	0,004
Mg	3,441	3,618	3,240	3,251	3,361	3,090	3,525	3,481	3,083	3,449
Ba	0,504	0,409	0,717	0,701	0,691	0,885	0,270	0,811	0,778	0,756
Ca	0,014	0,020	0,008	0,020	0,018	0,010	0,076	0,110	0,026	0,006
Na	0,089	0,068	0,108	0,099	0,101	0,106	0,068	0,109	0,095	0,116
K	1,327	1,414	1,051	1,062	1,102	0,940	1,485	0,976	1,029	1,076
T	7,726	7,744	7,712	7,776	7,671	7,629	7,739	7,673	7,686	7,649
Oct	5,671	5,687	5,662	5,588	5,723	5,743	5,668	5,647	5,635	5,738
Intra	1,934	1,911	1,884	1,882	1,912	1,941	1,899	2,006	1,928	1,954
Def tetra	0,274	0,256	0,288	0,224	0,329	0,371	0,261	0,327	0,314	0,351

mfeno= microfenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

incl ol= inclusão em fenocristal de olivina

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	97FN20	97FN20	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b	97FN32b
Amostra grão	mfeo	matriz	nc 1	inter 1	bd 1	nc 2	bd 2	bd 2	matriz	matriz
SiO ₂	30,44	30,66	37,34	37,83	39,10	35,80	36,91	36,76	38,31	38,95
TiO ₂	8,28	8,91	4,97	5,42	4,29	5,84	5,40	5,40	4,52	4,69
Al ₂ O ₃	15,60	15,21	12,84	12,39	12,20	13,40	13,11	13,10	12,72	12,23
Cr ₂ O ₃	0,01	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
FeO	10,05	10,22	7,31	7,45	6,39	7,99	7,73	7,36	6,63	6,39
MnO	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,10	0,05	0,08	0,09	0,07
MgO	14,70	14,50	20,43	19,70	21,32	19,29	19,53	19,59	20,23	20,48
BaO	13,30	12,94	5,92	4,91	4,09	6,69	6,39	6,18	4,56	4,87
CaO	0,10	0,02	0,06	0,07	0,03	0,07	0,07	0,08	0,03	0,10
Na ₂ O	0,34	0,35	0,50	0,54	0,56	0,43	0,50	0,46	0,60	0,66
K ₂ O	5,03	5,04	8,20	8,37	8,79	7,63	7,71	7,91	8,53	8,47
F	2,77	2,78	5,78	5,86	6,37	4,62	4,70	5,39	4,99	5,34
Cl	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,69	100,74	103,45	102,61	103,19	101,87	102,11	102,31	101,23	102,28
O_F_CL	1,17	1,18	2,44	2,47	2,68	1,95	1,98	2,27	2,10	2,25
Ctotal	99,52	99,56	101,01	100,14	100,51	99,92	100,13	100,04	99,13	100,03
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,780	4,802	5,493	5,577	5,692	5,336	5,460	5,456	5,638	5,690
Al ^{IV}	2,885	2,805	2,225	2,152	2,091	2,353	2,284	2,290	2,204	2,104
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,978	1,050	0,550	0,602	0,469	0,656	0,601	0,603	0,501	0,516
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,319	1,339	0,899	0,918	0,778	0,997	0,956	0,913	0,815	0,781
Cr	0,001	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mn	0,009	0,004	0,008	0,004	0,008	0,013	0,007	0,010	0,011	0,009
Mg	3,439	3,384	4,481	4,329	4,626	4,287	4,307	4,334	4,437	4,462
Ba	0,819	0,794	0,341	0,284	0,233	0,391	0,371	0,360	0,263	0,279
Ca	0,017	0,004	0,009	0,011	0,004	0,011	0,011	0,013	0,004	0,015
Na	0,102	0,108	0,144	0,155	0,158	0,124	0,144	0,133	0,172	0,186
K	1,008	1,007	1,538	1,575	1,633	1,451	1,454	1,497	1,602	1,580
T	7,665	7,607	7,718	7,729	7,783	7,689	7,744	7,746	7,842	7,794
Oct	5,746	5,781	5,938	5,855	5,881	5,953	5,871	5,860	5,765	5,768
Intra	1,946	1,913	2,032	2,025	2,028	1,977	1,980	2,003	2,041	2,060
Def tetra	0,335	0,393	0,282	0,271	0,217	0,311	0,256	0,254	0,158	0,206

mfeo= microfenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
Amostra grão	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN32b matriz	97FN44a matriz
SiO ₂	39,39	38,00	39,57	38,85	39,26	39,06	38,64	40,54	37,57	31,27
TiO ₂	4,80	4,73	4,36	4,01	3,90	4,01	4,44	3,85	5,53	7,36
Al ₂ O ₃	11,97	12,66	11,47	11,81	12,33	11,67	11,90	11,45	12,34	15,78
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03	0,04	0,00	0,03	0,03	0,00
FeO	6,78	7,14	7,87	6,86	6,63	6,43	6,38	5,84	7,93	7,93
MnO	0,06	0,03	0,05	0,00	0,04	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05
MgO	20,54	20,08	20,79	21,70	21,15	21,50	21,51	21,46	19,48	16,38
BaO	4,68	5,06	3,89	4,55	4,33	4,58	3,57	2,73	5,16	15,03
CaO	0,10	0,10	0,13	0,02	0,05	0,06	0,05	0,04	0,09	0,04
Na ₂ O	0,69	0,52	0,69	0,60	0,54	0,73	0,59	0,69	0,56	0,28
K ₂ O	8,46	8,17	8,29	8,59	8,50	8,54	8,77	9,15	8,17	4,75
F	5,19	5,58	4,96	5,57	4,41	5,37	4,94	5,11	4,68	3,04
Cl	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	102,68	102,09	102,09	102,56	101,18	102,04	100,83	100,97	101,58	101,93
O_F_CL	2,18	2,35	2,09	2,35	1,86	2,26	2,08	2,16	1,97	1,28
Ctotal	100,50	99,74	100,00	100,21	99,32	99,78	98,75	98,81	99,61	100,65
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,719	5,603	5,756	5,677	5,720	5,718	5,666	5,879	5,551	4,851
Al ^{IV}	2,048	2,198	1,965	2,032	2,116	2,011	2,055	1,956	2,147	2,882
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,525	0,525	0,477	0,441	0,427	0,441	0,490	0,420	0,615	0,859
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,824	0,880	0,957	0,838	0,808	0,787	0,782	0,708	0,980	1,029
Cr	0,001	0,000	0,003	0,000	0,003	0,004	0,000	0,003	0,003	0,000
Mn	0,008	0,003	0,007	0,000	0,006	0,006	0,007	0,009	0,006	0,007
Mg	4,446	4,414	4,508	4,728	4,594	4,693	4,703	4,640	4,291	3,788
Ba	0,266	0,293	0,221	0,261	0,248	0,263	0,205	0,155	0,299	0,913
Ca	0,015	0,017	0,021	0,002	0,008	0,009	0,007	0,007	0,015	0,007
Na	0,194	0,149	0,195	0,172	0,153	0,208	0,167	0,193	0,160	0,086
K	1,568	1,537	1,538	1,601	1,580	1,595	1,641	1,693	1,541	0,940
T	7,767	7,801	7,721	7,709	7,836	7,729	7,721	7,835	7,698	7,733
Oct	5,804	5,822	5,952	6,007	5,838	5,931	5,982	5,780	5,895	5,683
Intra	2,043	1,996	1,975	2,036	1,989	2,075	2,020	2,048	2,015	1,946
Def tetra	0,233	0,199	0,279	0,291	0,164	0,271	0,279	0,165	0,302	0,267

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	Amostra	97FN44a	97FN44a	97FN44a	97FN44a	97FN44a	97FN44a	97FN44b	97FN44b	97FN44b
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno
SiO ₂	32,21	30,67	31,22	35,65	32,30	35,27	29,83	30,88	33,91	31,62
TiO ₂	8,08	7,70	7,82	7,21	7,01	5,48	7,99	7,98	9,98	11,06
Al ₂ O ₃	16,45	16,23	16,16	14,53	15,20	14,45	15,81	15,75	14,72	15,54
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,05	0,00	0,04	0,06
FeO	7,84	7,47	7,60	5,55	6,35	5,95	7,64	7,42	8,29	8,30
MnO	0,11	0,08	0,07	0,00	0,01	0,05	0,07	0,03	0,03	0,07
MgO	15,91	16,34	16,18	19,63	18,74	19,96	15,92	16,44	15,79	14,47
BaO	13,35	15,75	13,88	6,70	13,16	8,46	15,52	14,98	7,39	10,46
CaO	0,05	0,04	0,02	0,01	0,05	0,03	0,03	0,01	0,04	0,08
Na ₂ O	0,17	0,23	0,22	0,23	0,29	0,25	0,29	0,31	0,21	0,27
K ₂ O	5,45	4,61	4,97	7,83	5,63	7,31	4,44	4,88	7,32	5,95
F	2,77	2,84	2,69	3,56	3,91	4,53	2,84	2,97	2,24	1,78
Cl	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	102,41	101,98	100,91	100,90	102,66	101,76	100,45	101,68	99,97	99,66
O_F_CL	1,17	1,20	1,14	1,50	1,65	1,91	1,20	1,25	0,95	0,75
Ctotal	101,24	100,78	99,77	99,40	101,01	99,85	99,25	100,43	99,02	98,91
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,890	4,763	4,831	5,244	4,923	5,265	4,719	4,797	5,069	4,824
Al ^{IV}	2,940	2,969	2,945	2,516	2,729	2,541	2,945	2,881	2,591	2,792
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,922	0,899	0,911	0,798	0,803	0,615	0,951	0,932	1,122	1,269
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,995	0,970	0,984	0,683	0,809	0,743	1,011	0,965	1,036	1,060
Cr	0,002	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003	0,006	0,000	0,004	0,007
Mn	0,014	0,011	0,010	0,000	0,002	0,006	0,010	0,004	0,003	0,009
Mg	3,601	3,785	3,731	4,304	4,258	4,442	3,755	3,807	3,518	3,291
Ba	0,793	0,958	0,842	0,386	0,786	0,495	0,962	0,912	0,434	0,625
Ca	0,008	0,007	0,003	0,002	0,008	0,006	0,006	0,002	0,007	0,013
Na	0,050	0,070	0,066	0,065	0,085	0,072	0,089	0,095	0,062	0,080
K	1,055	0,913	0,981	1,470	1,094	1,393	0,896	0,967	1,395	1,159
T	7,830	7,732	7,776	7,760	7,652	7,806	7,664	7,678	7,660	7,616
Oct	5,534	5,666	5,639	5,786	5,874	5,809	5,733	5,708	5,683	5,636
Intra	1,906	1,948	1,892	1,923	1,973	1,966	1,953	1,976	1,898	1,877
Def tetra	0,170	0,268	0,224	0,240	0,348	0,194	0,336	0,322	0,340	0,384

mfeno= microfenocristal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	Amostra	97FN44b	97FN44b	97FN44b	97FN44b	97FN44b	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a
grão	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	matriz
SiO ₂	32,79	30,56	31,53	35,08	36,36	25,86	25,88	26,08	26,73	27,07
TiO ₂	9,60	8,78	8,29	9,26	7,59	13,86	13,32	13,54	13,34	13,48
Al ₂ O ₃	16,12	15,65	16,12	14,79	14,27	17,08	16,81	16,86	16,91	16,97
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00
FeO	7,74	7,29	7,56	7,03	6,28	11,46	11,37	10,94	10,61	11,02
MnO	0,03	0,05	0,03	0,05	0,07	0,05	0,04	0,01	0,03	0,00
MgO	14,61	15,92	16,08	16,88	18,79	9,30	9,60	9,74	9,79	10,00
BaO	11,07	13,42	13,27	5,52	5,01	18,48	18,21	18,64	17,40	17,86
CaO	0,08	0,03	0,08	0,01	0,01	0,10	0,09	0,10	0,07	0,04
Na ₂ O	0,25	0,28	0,29	0,24	0,95	0,24	0,21	0,22	0,16	0,19
K ₂ O	5,61	5,13	4,96	7,68	8,10	2,98	3,09	3,08	3,44	3,61
F	1,94	2,72	2,25	2,84	3,18	0,26	0,21	0,39	0,30	0,35
Cl	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,85	99,88	100,51	99,42	100,63	99,68	98,84	99,64	98,79	100,61
O_F_CL	0,82	1,15	0,95	1,20	1,34	0,11	0,09	0,17	0,13	0,15
Ctotal	99,03	98,73	99,56	98,22	99,29	99,57	98,75	99,47	98,66	100,46

Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,974	4,777	4,848	5,192	5,306	4,192	4,225	4,229	4,320	4,315
Al ^{IV}	2,881	2,881	2,918	2,578	2,453	3,260	3,233	3,222	3,218	3,184
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	1,095	1,033	0,959	1,031	0,833	1,690	1,636	1,652	1,621	1,616
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,981	0,953	0,973	0,870	0,767	1,554	1,552	1,484	1,434	1,469
Cr	0,000	0,004	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000
Mn	0,004	0,007	0,004	0,007	0,009	0,008	0,006	0,001	0,004	0,000
Mg	3,304	3,711	3,685	3,722	4,088	2,247	2,336	2,356	2,359	2,375
Ba	0,658	0,823	0,800	0,320	0,286	1,174	1,165	1,185	1,101	1,116
Ca	0,013	0,004	0,013	0,001	0,002	0,018	0,015	0,018	0,012	0,006
Na	0,073	0,085	0,087	0,069	0,270	0,076	0,066	0,068	0,051	0,059
K	1,086	1,024	0,973	1,450	1,509	0,617	0,644	0,637	0,709	0,734
T	7,855	7,658	7,766	7,770	7,759	7,452	7,458	7,451	7,538	7,499
Oct	5,384	5,708	5,624	5,633	5,697	5,499	5,530	5,499	5,420	5,460
Intra	1,830	1,936	1,873	1,840	2,067	1,885	1,890	1,908	1,873	1,915
Def tetra	0,145	0,342	0,234	0,230	0,241	0,548	0,542	0,549	0,462	0,501

mfeno= microfenocrystal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	Amostra	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	97FN58a	99FN3
grão	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno
SiO ₂	25,88	27,32	26,99	26,87	26,18	26,10	25,82	26,75	26,26	31,71
TiO ₂	13,68	13,11	13,28	13,45	13,43	13,53	13,14	13,30	13,20	8,69
Al ₂ O ₃	17,11	16,62	16,80	16,87	16,85	16,83	17,30	17,45	17,72	16,24
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,00	0,04	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	11,38	10,67	11,39	11,15	11,22	11,51	9,53	11,27	11,36	10,48
MnO	0,00	0,03	0,03	0,07	0,06	0,08	0,10	0,10	0,06	0,10
MgO	9,65	9,83	9,80	9,64	9,52	9,78	11,67	9,69	9,47	13,74
BaO	18,87	17,55	16,43	17,66	18,36	18,03	17,96	18,00	18,06	12,28
CaO	0,06	0,11	0,14	0,07	0,06	0,18	0,09	0,01	0,05	0,06
Na ₂ O	0,20	0,18	0,26	0,21	0,25	0,21	0,16	0,17	0,19	0,43
K ₂ O	3,14	3,55	3,79	3,30	3,03	3,09	3,60	3,15	3,13	5,11
F	0,25	0,33	0,38	0,34	0,29	0,38	0,56	0,37	0,34	3,15
Cl	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,23	99,32	99,31	99,67	99,34	99,74	99,91	100,27	99,82	101,99
O_F_CL	0,11	0,14	0,16	0,15	0,13	0,16	0,23	0,16	0,14	1,33
Ctotal	100,12	99,18	99,15	99,52	99,21	99,58	99,68	100,11	99,68	100,66
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,183	4,393	4,333	4,319	4,251	4,221	4,146	4,279	4,227	4,878
Al ^{IV}	3,257	3,148	3,175	3,193	3,223	3,206	3,272	3,288	3,359	2,940
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	1,663	1,585	1,603	1,626	1,641	1,646	1,588	1,600	1,598	1,006
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,538	1,435	1,528	1,499	1,524	1,557	1,280	1,507	1,530	1,348
Cr	0,000	0,004	0,000	0,006	0,008	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,000	0,004	0,004	0,009	0,008	0,011	0,013	0,014	0,008	0,012
Mg	2,325	2,357	2,345	2,311	2,306	2,358	2,792	2,311	2,272	3,150
Ba	1,195	1,106	1,033	1,112	1,168	1,143	1,130	1,128	1,140	0,740
Ca	0,011	0,019	0,024	0,012	0,011	0,031	0,014	0,002	0,009	0,010
Na	0,062	0,055	0,080	0,065	0,078	0,066	0,051	0,053	0,059	0,129
K	0,647	0,727	0,777	0,676	0,628	0,637	0,738	0,643	0,643	1,001
T	7,440	7,541	7,508	7,512	7,474	7,427	7,418	7,567	7,586	7,818
Oct	5,526	5,385	5,480	5,451	5,487	5,576	5,673	5,432	5,408	5,516
Intra	1,915	1,907	1,914	1,865	1,885	1,877	1,933	1,826	1,851	1,880
Def tetra	0,560	0,459	0,492	0,488	0,526	0,573	0,582	0,433	0,414	0,182

mfeno= microfenocristal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	99FN3	99FN3	99FN3	99FN3	99FN3	99FN3	99FN51	99FN51	99FN51	99FN51
Amostra grão	mfeno	matriz	mfeno	mfeno	matriz	mfeno	matriz	mfeno	matriz	mfeno
SiO ₂	32,87	31,59	33,40	32,47	33,52	32,79	28,04	28,69	27,32	28,42
TiO ₂	6,83	8,32	8,73	8,87	7,97	9,82	8,68	8,10	8,89	8,40
Al ₂ O ₃	16,31	15,73	15,23	15,20	14,97	15,14	17,63	18,34	17,27	17,12
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	8,42	9,06	9,34	9,14	8,78	9,89	8,01	8,31	8,86	8,91
MnO	0,06	0,05	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05	0,08
MgO	15,54	15,53	15,19	14,88	16,13	14,36	14,87	13,99	14,21	14,52
BaO	11,23	11,62	8,41	9,47	9,32	9,31	16,56	16,03	16,32	15,83
CaO	0,06	0,12	0,07	0,07	0,10	0,14	0,18	0,34	0,16	0,69
Na ₂ O	0,44	0,40	0,34	0,38	0,36	0,34	0,31	0,76	0,26	0,26
K ₂ O	5,34	5,56	6,37	5,98	6,30	6,17	3,67	3,92	3,84	3,77
F	3,43	3,36	2,97	2,71	3,15	2,72	2,37	2,03	2,17	2,04
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,52	101,34	100,12	99,21	100,65	100,74	100,36	100,53	99,34	100,05
O_F_CL	1,44	1,41	1,25	1,14	1,33	1,15	1,00	0,85	0,91	0,86
Ctotal	99,08	99,93	98,87	98,07	99,32	99,59	99,36	99,68	98,43	99,19
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,044	4,864	5,063	4,996	5,084	4,979	4,454	4,519	4,406	4,516
Al ^{IV}	2,947	2,852	2,719	2,754	2,675	2,708	3,298	3,402	3,281	3,203
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,789	0,964	0,995	1,028	0,909	1,121	1,036	0,959	1,078	1,003
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,080	1,167	1,184	1,175	1,113	1,255	1,064	1,095	1,195	1,184
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,008	0,007	0,011	0,008	0,009	0,009	0,007	0,004	0,007	0,011
Mg	3,555	3,566	3,434	3,414	3,647	3,250	3,521	3,284	3,416	3,438
Ba	0,676	0,702	0,500	0,571	0,553	0,553	1,031	0,989	1,031	0,986
Ca	0,010	0,020	0,011	0,011	0,015	0,023	0,031	0,057	0,029	0,117
Na	0,131	0,119	0,101	0,113	0,105	0,100	0,096	0,231	0,080	0,081
K	1,045	1,093	1,231	1,173	1,220	1,196	0,744	0,788	0,790	0,764
T	7,991	7,716	7,782	7,750	7,759	7,687	7,752	7,921	7,687	7,719
Oct	5,432	5,704	5,624	5,625	5,678	5,635	5,628	5,342	5,696	5,636
Intra	1,862	1,934	1,843	1,868	1,893	1,872	1,902	2,065	1,930	1,948
Def tetra	0,009	0,284	0,218	0,250	0,241	0,313	0,248	0,079	0,313	0,281

mfeno= microfenocrystal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM									
	99FN51	99FN51	99FN51	99FN51	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54
Amostra grão	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	29,88	29,32	28,19	28,08	30,50	29,41	30,70	30,98	28,42	30,69
TiO ₂	7,25	7,33	7,97	8,58	12,20	12,50	12,66	11,90	13,04	12,40
Al ₂ O ₃	17,07	17,39	17,28	17,72	16,44	16,79	16,25	16,64	16,44	16,22
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	7,36	8,30	8,90	8,88	11,10	11,08	10,09	12,71	9,85	8,92
MnO	0,07	0,05	0,10	0,03	0,07	0,08	0,09	0,06	0,03	0,07
MgO	16,62	15,44	14,79	14,78	12,10	11,49	12,31	10,30	11,78	12,64
BaO	13,99	15,07	16,19	16,01	10,77	13,35	10,94	10,33	14,48	11,29
CaO	0,16	0,20	0,05	0,09	0,12	0,10	0,03	0,36	0,15	0,11
Na ₂ O	0,29	0,24	0,30	0,28	0,27	0,38	0,37	0,30	0,30	0,29
K ₂ O	4,80	4,24	3,82	3,88	5,69	4,62	5,29	5,45	4,09	5,26
F	2,50	2,42	2,41	2,02	0,75	0,63	0,67	0,57	0,67	0,48
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,98	99,99	99,98	100,34	99,99	100,43	99,41	99,58	99,26	98,36
O_F_CL	1,05	1,02	1,01	0,85	0,32	0,27	0,28	0,24	0,28	0,20
Ctotal	98,93	98,97	98,97	99,49	99,67	100,16	99,13	99,34	98,98	98,16
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,668	4,626	4,508	4,445	4,660	4,544	4,688	4,751	4,464	4,715
Al ^{IV}	3,141	3,232	3,254	3,304	2,958	3,054	2,923	3,005	3,041	2,934
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,852	0,870	0,959	1,021	1,402	1,452	1,455	1,372	1,541	1,433
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,963	1,096	1,189	1,175	1,418	1,431	1,288	1,630	1,294	1,146
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,009	0,007	0,013	0,004	0,009	0,011	0,011	0,007	0,004	0,009
Mg	3,871	3,631	3,525	3,489	2,756	2,646	2,802	2,356	2,757	2,894
Ba	0,856	0,932	1,014	0,994	0,645	0,809	0,655	0,621	0,891	0,680
Ca	0,026	0,033	0,008	0,015	0,019	0,017	0,004	0,058	0,026	0,018
Na	0,088	0,074	0,094	0,085	0,081	0,113	0,110	0,088	0,090	0,086
K	0,956	0,853	0,778	0,783	1,109	0,911	1,031	1,066	0,821	1,031
T	7,809	7,858	7,762	7,749	7,618	7,598	7,611	7,756	7,505	7,649
Oct	5,695	5,604	5,686	5,689	5,585	5,540	5,556	5,365	5,596	5,482
Intra	1,926	1,892	1,894	1,877	1,854	1,850	1,800	1,833	1,828	1,815
Def tetra	0,191	0,142	0,238	0,251	0,382	0,402	0,389	0,244	0,495	0,351

mfeno= microfenocrystal

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	OLM				PIM					
Amostra	99FN54	99FN55	99FN55	99FN55	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8
grão	matriz	matriz	mfeno	matriz	mfeno	mfeno	nc 1	bd 1	bd 1	nc 2
SiO ₂	32,86	33,18	31,48	32,24	37,22	36,05	36,17	36,41	37,17	33,86
TiO ₂	11,59	7,77	7,36	8,21	9,66	9,63	10,57	9,79	9,41	10,57
Al ₂ O ₃	16,25	15,77	16,22	15,29	13,25	14,03	13,72	13,93	13,40	14,48
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
FeO	10,12	7,18	7,73	7,92	10,78	10,46	11,01	10,97	10,88	10,80
MnO	0,05	0,04	0,09	0,07	0,08	0,12	0,12	0,09	0,11	0,08
MgO	12,71	18,53	16,75	16,65	15,11	14,52	14,33	14,21	15,12	13,97
BaO	8,31	8,69	11,08	9,62	2,87	4,02	3,75	2,95	2,39	7,80
CaO	0,05	0,07	0,24	0,59	0,00	0,01	0,02	0,32	0,02	0,00
Na ₂ O	0,28	0,22	0,28	0,29	0,80	0,87	0,88	0,81	0,76	0,80
K ₂ O	6,13	6,83	5,67	5,63	8,20	7,46	7,67	7,87	8,24	6,42
F	0,81	3,05	2,61	2,29	1,69	1,81	1,70	1,66	2,14	2,17
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,16	101,34	99,51	98,79	99,69	99,00	99,97	99,04	99,68	101,00
O_F_CL	0,34	1,28	1,10	0,97	0,71	0,77	0,72	0,70	0,91	0,92
Ctotal	98,82	100,06	98,41	97,82	98,98	98,23	99,25	98,34	98,77	100,08
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	4,925	4,945	4,854	4,939	5,418	5,321	5,292	5,343	5,420	5,066
Al ^{IV}	2,867	2,768	2,945	2,758	2,272	2,439	2,363	2,407	2,301	2,550
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	1,307	0,871	0,854	0,946	1,057	1,069	1,163	1,081	1,032	1,189
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,268	0,896	0,996	1,014	1,312	1,291	1,347	1,346	1,327	1,351
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Mn	0,007	0,004	0,011	0,009	0,010	0,015	0,015	0,011	0,014	0,010
Mg	2,839	4,116	3,849	3,803	3,279	3,194	3,125	3,109	3,288	3,114
Ba	0,489	0,507	0,669	0,578	0,164	0,232	0,215	0,169	0,136	0,457
Ca	0,008	0,012	0,041	0,097	0,001	0,001	0,002	0,051	0,003	0,000
Na	0,081	0,065	0,085	0,085	0,226	0,249	0,251	0,232	0,216	0,232
K	1,173	1,298	1,116	1,101	1,523	1,404	1,431	1,473	1,533	1,225
T	7,792	7,713	7,799	7,697	7,690	7,760	7,655	7,750	7,721	7,616
Oct	5,421	5,887	5,710	5,772	5,660	5,570	5,650	5,548	5,661	5,666
Intra	1,751	1,882	1,911	1,861	1,914	1,886	1,899	1,925	1,888	1,914
Def tetra	0,208	0,287	0,201	0,303	0,310	0,240	0,345	0,250	0,279	0,384

mfeno= microfenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

OLM= olivina melaneferinito; PIM= piroxênio melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8
Amostra grão	nc 2	inter 2	bd 2	matriz	bd 3	nc 3	nc 3	bd 3	bd 4	nc 4
SiO ₂	33,91	33,88	36,02	36,92	35,83	34,32	33,78	33,73	32,54	32,47
TiO ₂	10,33	10,17	9,72	9,44	9,73	10,10	10,15	10,36	10,78	10,92
Al ₂ O ₃	14,61	14,93	14,70	14,03	13,63	13,86	14,02	14,20	14,73	15,13
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
FeO	10,69	11,47	10,72	10,48	11,66	11,71	11,00	11,41	10,46	10,90
MnO	0,10	0,08	0,08	0,09	0,10	0,06	0,04	0,08	0,09	0,02
MgO	13,84	13,10	13,73	14,35	14,17	13,68	13,51	13,70	13,35	12,95
BaO	7,74	7,25	4,74	2,76	4,28	5,90	7,00	6,96	8,43	9,27
CaO	0,00	0,04	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
Na ₂ O	0,75	0,80	0,81	0,85	0,78	0,80	0,73	0,76	0,68	0,65
K ₂ O	6,38	6,30	7,02	7,66	7,43	6,75	6,46	6,57	5,97	5,85
F	1,77	1,82	1,55	1,92	1,73	1,82	1,58	1,67	1,49	1,44
Cl	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,15	99,86	99,15	98,64	99,37	99,00	98,28	99,47	98,53	99,64
O_F_CL	0,75	0,77	0,65	0,81	0,73	0,77	0,67	0,71	0,63	0,61
Ctotal	99,40	99,09	98,50	97,83	98,64	98,23	97,61	98,76	97,90	99,03
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,088	5,095	5,306	5,417	5,306	5,173	5,140	5,088	4,976	4,941
Al ^{IV}	2,580	2,644	2,550	2,424	2,377	2,461	2,514	2,522	2,652	2,712
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	1,165	1,150	1,077	1,042	1,085	1,145	1,163	1,176	1,241	1,251
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,341	1,442	1,320	1,285	1,444	1,477	1,400	1,440	1,338	1,387
Cr	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Mn	0,012	0,010	0,010	0,011	0,013	0,008	0,006	0,010	0,012	0,002
Mg	3,094	2,937	3,016	3,138	3,128	3,074	3,065	3,080	3,045	2,939
Ba	0,454	0,427	0,274	0,158	0,249	0,349	0,417	0,411	0,505	0,553
Ca	0,000	0,007	0,009	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003
Na	0,219	0,234	0,230	0,242	0,224	0,232	0,216	0,223	0,200	0,193
K	1,221	1,209	1,319	1,434	1,404	1,298	1,253	1,264	1,165	1,134
T	7,668	7,739	7,856	7,841	7,683	7,634	7,654	7,610	7,628	7,653
Oct	5,612	5,540	5,425	5,478	5,671	5,704	5,634	5,708	5,636	5,579
Intra	1,894	1,877	1,832	1,848	1,877	1,879	1,886	1,898	1,873	1,883
Def tetra	0,332	0,261	0,144	0,159	0,317	0,366	0,346	0,390	0,372	0,347

mfeno= microfenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN13c	97FN13c	97FN13c	97FN13c	97FN13c	97FN13c
Amostra grão	bd 4	mfeno	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	matriz	nc mfeno	bd mfeno	nc mfeno
SiO ₂	34,20	34,36	33,75	35,03	37,35	39,61	35,02	34,94	36,13	36,51
TiO ₂	10,02	10,14	9,98	10,30	7,35	5,82	8,60	8,03	9,36	8,45
Al ₂ O ₃	14,16	14,49	14,31	13,84	14,00	13,04	14,59	13,58	13,36	13,29
Cr ₂ O ₃	0,03	0,07	0,00	0,02	0,05	0,00	0,08	0,01	0,02	0,02
FeO	11,34	11,94	11,95	12,19	8,57	6,90	9,92	11,43	12,05	10,56
MnO	0,05	0,05	0,05	0,03	0,06	0,05	0,01	0,03	0,06	0,03
MgO	13,60	12,87	13,08	13,62	17,82	19,99	16,21	14,73	13,71	15,57
BaO	6,51	6,45	7,13	4,86	4,72	1,90	6,37	6,50	3,82	4,41
CaO	0,03	0,01	0,00	0,01	0,51	0,11	0,15	0,19	0,12	0,12
Na ₂ O	0,75	0,79	0,78	0,79	0,71	0,79	0,70	0,67	0,57	0,67
K ₂ O	6,67	6,57	6,48	7,08	7,50	8,76	7,12	6,70	7,60	7,59
F	1,72	1,06	1,19	1,46	2,50	2,79	1,75	1,80	1,33	1,98
Cl	0,03	0,01	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,11	98,79	98,72	99,22	101,15	99,77	100,54	98,63	98,15	99,22
O_F_CL	0,73	0,45	0,51	0,62	1,06	1,17	0,74	0,76	0,56	0,84
Ctotal	98,38	98,34	98,21	98,60	100,09	98,60	99,80	97,87	97,59	98,38
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,157	5,166	5,121	5,216	5,399	5,664	5,164	5,296	5,387	5,405
Al ^{IV}	2,515	2,566	2,557	2,427	2,384	2,196	2,534	2,423	2,345	2,316
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	1,137	1,146	1,140	1,153	0,799	0,626	0,954	0,915	1,049	0,941
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,430	1,501	1,516	1,518	1,036	0,825	1,224	1,449	1,502	1,308
Cr	0,003	0,008	0,000	0,002	0,006	0,000	0,009	0,001	0,002	0,002
Mn	0,007	0,007	0,007	0,004	0,007	0,007	0,001	0,003	0,008	0,004
Mg	3,057	2,884	2,958	3,025	3,840	4,262	3,565	3,327	3,047	3,435
Ba	0,385	0,380	0,424	0,284	0,267	0,107	0,369	0,386	0,223	0,255
Ca	0,004	0,001	0,000	0,001	0,078	0,017	0,023	0,031	0,020	0,019
Na	0,220	0,230	0,228	0,228	0,198	0,219	0,200	0,197	0,165	0,190
K	1,284	1,260	1,254	1,345	1,383	1,598	1,339	1,296	1,444	1,434
T	7,672	7,732	7,678	7,643	7,783	7,860	7,698	7,719	7,732	7,721
Oct	5,634	5,546	5,621	5,702	5,688	5,720	5,753	5,695	5,608	5,690
Intra	1,893	1,871	1,906	1,858	1,926	1,941	1,931	1,910	1,852	1,898
Def tetra	0,328	0,268	0,322	0,357	0,217	0,140	0,302	0,281	0,268	0,279

mfeno= microfenocrystal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melanefelinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	97FN13c	97FN13c	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d
Amostra	matriz	matriz	bd 1	nc 1	bd 2	nc 2	bd 3	nc 3	nc 3	bd 3
grão										
SiO ₂	36,25	39,50	35,54	33,81	34,15	33,58	35,30	34,02	34,45	35,39
TiO ₂	8,30	7,04	10,21	9,77	10,64	10,28	10,05	9,94	10,07	10,27
Al ₂ O ₃	13,43	13,15	13,95	14,56	14,30	14,52	13,99	14,76	14,55	13,89
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,00	0,07	0,05	0,10	0,04	0,11	0,02
FeO	9,64	8,16	12,38	12,02	12,57	11,77	12,53	12,16	11,84	12,03
MnO	0,03	0,02	0,10	0,07	0,06	0,07	0,03	0,08	0,03	0,08
MgO	16,58	17,48	13,71	13,64	12,83	13,42	13,66	13,11	13,32	14,02
BaO	4,49	1,83	4,71	6,84	6,02	7,37	4,57	6,70	6,04	4,39
CaO	0,09	0,16	0,09	0,11	0,05	0,06	0,03	0,06	0,04	0,29
Na ₂ O	0,64	0,63	0,80	0,68	0,66	0,73	0,79	0,66	0,71	0,68
K ₂ O	7,70	8,45	7,26	6,69	6,79	6,54	7,33	6,69	6,85	7,67
F	2,07	2,41	1,64	1,64	1,52	1,43	1,64	1,71	1,88	1,78
Cl	0,00	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,22	98,86	100,40	99,85	99,67	99,84	100,04	99,95	99,90	100,52
O_F_CL	0,87	1,02	0,69	0,70	0,64	0,61	0,70	0,73	0,80	0,75
Ctotal	98,35	97,84	99,71	99,15	99,03	99,23	99,34	99,22	99,10	99,77
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,355	5,695	5,236	5,088	5,121	5,058	5,223	5,109	5,151	5,211
Al ^{IV}	2,336	2,232	2,420	2,580	2,526	2,576	2,437	2,611	2,562	2,409
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,923	0,762	1,132	1,106	1,199	1,164	1,119	1,122	1,132	1,137
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,191	0,984	1,526	1,512	1,576	1,483	1,550	1,527	1,481	1,481
Cr	0,001	0,001	0,001	0,000	0,008	0,006	0,012	0,004	0,013	0,002
Mn	0,003	0,003	0,012	0,009	0,008	0,009	0,003	0,010	0,003	0,010
Mg	3,651	3,757	3,011	3,061	2,868	3,013	3,014	2,937	2,968	3,077
Ba	0,260	0,103	0,272	0,403	0,354	0,435	0,265	0,394	0,354	0,253
Ca	0,014	0,024	0,014	0,017	0,009	0,010	0,004	0,010	0,007	0,046
Na	0,183	0,175	0,228	0,198	0,193	0,212	0,227	0,193	0,205	0,196
K	1,451	1,555	1,364	1,284	1,299	1,257	1,384	1,282	1,307	1,440
T	7,691	7,927	7,656	7,668	7,647	7,634	7,660	7,720	7,713	7,620
Oct	5,769	5,507	5,682	5,688	5,659	5,675	5,698	5,600	5,597	5,707
Intra	1,908	1,857	1,878	1,902	1,855	1,914	1,880	1,879	1,873	1,935
Def tetra	0,309	0,073	0,344	0,332	0,353	0,366	0,340	0,280	0,287	0,380

nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melanefelinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN13d	97FN32d	97FN32d	97FN32d	97FN32d	97FN32d
Amostra	grão	bd 4	inter 4	nc 4	inter 4	mfeno	matriz	mfeno	mfeno	bd oliv
SiO ₂		36,19	36,15	34,96	35,08	34,76	32,68	33,17	33,40	33,00
TiO ₂		10,01	9,89	10,12	10,81	10,61	7,75	7,32	6,82	6,99
Al ₂ O ₃		13,76	14,69	14,25	14,07	14,04	14,84	14,97	14,82	14,82
Cr ₂ O ₃		0,06	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO		11,32	10,86	11,41	12,06	12,76	9,72	9,36	9,45	9,37
MnO		0,05	0,05	0,07	0,04	0,06	0,10	0,11	0,11	0,13
MgO		14,10	13,47	14,04	14,14	13,15	13,99	14,50	14,77	14,99
BaO		3,14	4,26	6,02	4,59	5,28	11,03	11,59	11,92	11,17
CaO		0,04	0,07	0,02	0,02	0,13	0,06	0,05	0,08	0,05
Na ₂ O		0,63	0,66	0,69	0,70	0,63	0,85	0,49	0,60	0,73
K ₂ O		7,70	7,23	6,97	7,17	7,31	5,60	5,64	5,58	5,62
F		1,57	1,75	1,80	1,80	1,65	3,13	3,83	3,83	4,06
Cl		0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		98,57	99,11	100,38	100,51	100,39	99,76	101,03	101,38	100,93
O_F_CL		0,66	0,74	0,76	0,76	0,70	1,32	1,61	1,61	1,71
Ctotal		97,91	98,37	99,62	99,75	99,69	98,44	99,42	99,77	99,22
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si		5,337	5,324	5,186	5,160	5,164	5,096	5,139	5,169	5,124
Al ^{IV}		2,390	2,547	2,489	2,438	2,456	2,725	2,732	2,702	2,709
Al ^{VI}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti		1,111	1,096	1,129	1,196	1,185	0,909	0,853	0,793	0,815
Fe ³⁺		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺		1,396	1,338	1,415	1,484	1,585	1,268	1,214	1,224	1,217
Cr		0,007	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn		0,007	0,007	0,009	0,004	0,008	0,013	0,014	0,015	0,018
Mg		3,100	2,959	3,103	3,102	2,911	3,252	3,349	3,408	3,469
Ba		0,182	0,245	0,350	0,264	0,307	0,674	0,704	0,723	0,680
Ca		0,007	0,011	0,003	0,003	0,021	0,010	0,008	0,013	0,009
Na		0,182	0,189	0,198	0,200	0,182	0,255	0,147	0,180	0,220
K		1,449	1,359	1,318	1,346	1,386	1,113	1,115	1,101	1,112
T		7,727	7,871	7,675	7,598	7,620	7,821	7,871	7,871	7,833
Oct		5,621	5,403	5,657	5,786	5,690	5,442	5,430	5,440	5,519
Intra		1,820	1,804	1,869	1,813	1,896	2,052	1,974	2,017	2,021
Def tetra		0,273	0,129	0,325	0,402	0,380	0,179	0,129	0,129	0,167

mfeno= microfenocristal; nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de cristais zonados;

bd ol= mica desenvolvida na borda de fenocristais de olivina

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	97FN32d	97FN32d	97FN37	97FN37	97FN37	97FN39	97FN39	97FN39	97FN39	97FN39
Amostra grão	amig	amig	mfeno	mfeno	mfeno	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno
SiO ₂	32,62	32,50	38,57	39,54	38,29	32,66	32,57	30,83	31,48	32,26
TiO ₂	8,10	8,17	8,86	7,76	8,97	6,78	7,45	12,89	6,60	7,02
Al ₂ O ₃	15,17	15,24	14,97	15,79	13,80	14,94	15,34	15,33	15,89	15,61
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00
FeO	9,49	9,29	8,52	7,38	8,48	9,19	8,76	9,67	8,32	7,83
MnO	0,07	0,12	0,05	0,10	0,08	0,07	0,07	0,10	0,03	0,10
MgO	12,16	12,94	16,47	16,51	17,50	16,76	14,97	12,80	16,74	16,98
BaO	12,57	12,26	0,15	0,21	0,07	12,58	12,90	11,72	15,15	13,34
CaO	0,13	0,11	0,05	0,05	0,09	0,10	0,08	0,03	0,15	0,04
Na ₂ O	1,26	1,15	0,85	0,80	0,83	0,21	0,24	0,19	0,20	0,23
K ₂ O	5,38	5,29	8,37	8,19	8,82	5,67	5,72	5,50	4,91	5,48
F	2,69	2,55	2,37	3,47	2,82	3,36	2,74	1,60	3,41	3,09
Cl	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,65	99,62	99,24	99,82	99,76	102,35	100,83	100,68	102,87	101,97
O_F_CL	1,13	1,07	1,00	1,47	1,19	1,42	1,15	0,67	1,44	1,30
Ctotal	98,52	98,55	98,24	98,35	98,57	100,93	99,68	100,01	101,43	100,67
Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,123	5,079	5,478	5,589	5,460	5,006	5,041	4,718	4,868	4,942
Al ^{IV}	2,805	2,806	2,503	2,627	2,317	2,697	2,795	2,762	2,893	2,816
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,957	0,961	0,946	0,825	0,963	0,782	0,867	1,484	0,767	0,810
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,246	1,214	1,012	0,873	1,011	1,178	1,134	1,238	1,075	1,003
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,006	0,000	0,000
Mn	0,010	0,015	0,006	0,012	0,010	0,009	0,009	0,012	0,003	0,012
Mg	2,847	3,015	3,487	3,478	3,721	3,830	3,454	2,919	3,858	3,878
Ba	0,773	0,750	0,008	0,011	0,004	0,756	0,782	0,703	0,918	0,801
Ca	0,022	0,018	0,008	0,008	0,013	0,017	0,013	0,004	0,025	0,007
Na	0,385	0,349	0,234	0,220	0,229	0,063	0,073	0,057	0,059	0,067
K	1,079	1,055	1,517	1,477	1,605	1,109	1,129	1,075	0,968	1,071
T	7,928	7,885	7,981	8,216	7,777	7,703	7,836	7,480	7,761	7,758
Oct	5,060	5,205	5,451	5,188	5,705	5,800	5,464	5,659	5,703	5,703
Intra	2,259	2,172	1,767	1,716	1,851	1,945	1,997	1,839	1,970	1,946
Def tetra	0,072	0,115	0,019	-0,216	0,223	0,297	0,164	0,520	0,239	0,242

mfeno= microfenocristal

amig= mica em amígdala

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melanefelinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	97FN40	97FN40	97FN46	97FN46	97FN46	97FN46	97FN46	97FN46	99FN14	99FN14
Amostra grão	amig	amig	mfeno	mfeno	mfeno	nc mfeno	bd mfeno	bd mfeno	matriz	matriz
SiO ₂	38,44	38,37	34,76	36,11	33,55	34,63	35,33	36,01	33,83	33,53
TiO ₂	7,61	7,59	10,73	10,44	10,95	10,92	10,75	10,88	3,35	4,02
Al ₂ O ₃	13,64	12,79	13,06	13,56	15,45	13,74	13,53	13,44	14,88	14,38
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,01	0,05	0,07	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00
FeO	10,28	10,73	11,80	11,67	12,44	12,31	12,53	13,17	5,75	6,75
MnO	0,06	0,09	0,10	0,07	0,11	0,06	0,10	0,08	0,04	0,09
MgO	16,32	16,54	13,16	14,35	11,89	12,85	12,70	12,80	20,95	19,40
BaO	0,34	0,07	4,55	4,45	8,38	5,83	4,39	4,11	11,44	12,02
CaO	0,11	0,03	0,02	0,01	0,08	0,05	0,04	0,05	0,07	0,14
Na ₂ O	0,77	0,95	0,74	0,80	0,70	0,73	0,78	0,78	0,30	0,41
K ₂ O	7,75	8,72	7,09	7,17	5,98	7,00	7,28	7,37	5,92	5,69
F	2,68	2,85	1,53	2,10	1,73	1,57	2,03	1,63	5,90	4,78
Cl	0,01	0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	98,01	98,73	97,54	100,81	101,35	99,69	99,51	100,35	102,43	101,21
O_F_CL	1,13	1,20	0,64	0,89	0,73	0,67	0,86	0,69	2,48	2,01
Ctotal	96,88	97,53	96,90	99,92	100,62	99,02	98,65	99,66	99,95	99,20

Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,588	5,590	5,262	5,288	5,021	5,184	5,273	5,301	5,180	5,194
Al ^{IV}	2,335	2,195	2,328	2,339	2,722	2,421	2,378	2,330	2,684	2,623
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,832	0,832	1,221	1,150	1,232	1,230	1,207	1,205	0,385	0,468
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,250	1,307	1,494	1,429	1,557	1,541	1,565	1,621	0,737	0,875
Cr	0,000	0,000	0,001	0,006	0,009	0,000	0,004	0,002	0,000	0,000
Mn	0,007	0,011	0,012	0,008	0,014	0,007	0,012	0,011	0,006	0,012
Mg	3,537	3,592	2,970	3,132	2,653	2,867	2,824	2,809	4,783	4,480
Ba	0,020	0,004	0,270	0,255	0,492	0,342	0,256	0,238	0,687	0,729
Ca	0,018	0,004	0,003	0,001	0,012	0,008	0,006	0,008	0,011	0,024
Na	0,217	0,268	0,217	0,228	0,202	0,211	0,226	0,222	0,089	0,122
K	1,438	1,620	1,369	1,340	1,142	1,338	1,386	1,384	1,156	1,124
T	7,923	7,785	7,590	7,627	7,743	7,605	7,651	7,631	7,864	7,817
Oct	5,626	5,742	5,698	5,725	5,465	5,645	5,612	5,648	5,911	5,835
Intra	1,693	1,896	1,859	1,824	1,848	1,899	1,874	1,852	1,943	1,999
Def tetra	0,077	0,215	0,410	0,373	0,257	0,395	0,349	0,369	0,136	0,183

mfeno= microfenocristal; nc= núcleo e bd= borda de cristais zonados;

amig= mica em amígdala

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melaneferinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM									
	99FN14	99FN14	99FN14	99FN14	99FN37	99FN37	99FN37	99FN37	99FN37	99FN37
Amostra grão	matriz	matriz	matriz	matriz	bd ol	bd ol	bd ol	amig	amig	amig
SiO ₂	33,30	33,35	33,14	32,36	34,20	37,76	33,80	32,81	35,45	33,21
TiO ₂	3,63	4,24	3,85	4,07	10,05	7,43	9,77	10,72	10,43	11,50
Al ₂ O ₃	14,20	14,00	14,62	14,18	14,79	13,90	15,52	15,20	14,08	15,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	6,54	6,88	6,49	6,92	8,50	6,57	8,74	11,67	11,30	11,75
MnO	0,06	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03	0,02	0,07	0,12	0,06
MgO	19,99	19,65	19,62	19,51	15,85	19,50	15,61	12,17	13,93	12,20
BaO	12,30	12,49	12,09	12,49	6,88	2,60	7,45	8,05	3,70	7,43
CaO	0,04	0,07	0,30	0,10	0,03	0,00	0,07	0,06	0,06	0,04
Na ₂ O	0,36	0,38	0,37	0,39	0,80	0,93	0,74	0,76	0,68	0,78
K ₂ O	5,71	5,78	5,58	5,44	6,45	7,89	6,45	5,82	7,54	6,20
F	6,35	5,76	5,56	5,43	2,28	3,65	1,87	1,65	1,53	1,34
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	102,48	102,63	101,65	100,95	99,88	100,25	100,04	98,97	98,81	99,52
O_F_CL	2,67	2,43	2,34	2,29	0,96	1,54	0,79	0,69	0,64	0,56
Ctotal	99,81	100,20	99,31	98,66	98,92	98,71	99,25	98,28	98,17	98,96

Cátions recalculados para 44 cargas positivas										
Si	5,182	5,170	5,149	5,098	5,082	5,436	5,019	5,005	5,242	5,005
Al ^{IV}	2,604	2,556	2,675	2,631	2,588	2,357	2,714	2,730	2,452	2,664
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,426	0,494	0,450	0,482	1,123	0,804	1,091	1,230	1,161	1,304
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,851	0,892	0,844	0,912	1,056	0,791	1,086	1,489	1,398	1,481
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,008	0,006	0,006	0,008	0,008	0,004	0,002	0,010	0,015	0,008
Mg	4,639	4,542	4,546	4,583	3,512	4,186	3,456	2,768	3,070	2,742
Ba	0,750	0,758	0,736	0,771	0,401	0,146	0,434	0,481	0,215	0,439
Ca	0,007	0,011	0,050	0,017	0,004	0,000	0,012	0,010	0,009	0,007
Na	0,110	0,114	0,110	0,120	0,232	0,259	0,212	0,226	0,196	0,229
K	1,133	1,143	1,106	1,093	1,222	1,450	1,221	1,133	1,421	1,192
T	7,786	7,726	7,824	7,729	7,670	7,793	7,733	7,735	7,694	7,669
Oct	5,924	5,934	5,846	5,985	5,699	5,785	5,635	5,497	5,644	5,535
Intra	2,000	2,026	2,002	2,001	1,859	1,855	1,879	1,850	1,841	1,867
Def tetra	0,214	0,274	0,176	0,271	0,330	0,207	0,267	0,265	0,306	0,331

bd ol= mica desenvolvida na borda de fenocristais de olivina; amig= mica em amígdala

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melanefelinito

Continuação da tabela 7b.

Rocha	PIM		BAS							
Amostra grão	99FN37 bd ol	99FN37 bd ol	99FN4 mfeno	99FN4 matriz	99FN4 mfeno	99FN4 mfeno	99FN4 matriz	99FN4 matriz	99FN4 mfeno	99FN4 matriz
SiO ₂	34,59	33,00	36,31	37,55	36,37	36,23	36,74	35,16	37,62	37,54
TiO ₂	10,72	10,93	9,22	8,62	9,24	8,59	9,40	10,81	9,03	8,71
Al ₂ O ₃	14,89	15,85	13,86	13,82	14,27	13,85	14,35	14,82	14,17	14,23
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	8,13	8,60	11,68	12,32	11,84	11,95	11,69	12,22	11,89	10,08
MnO	0,05	0,05	0,15	0,15	0,12	0,15	0,07	0,07	0,10	0,10
MgO	15,34	14,22	14,97	15,05	14,73	14,38	14,69	12,79	14,79	16,08
BaO	7,11	8,92	1,07	0,53	0,85	0,24	0,57	2,09	0,10	0,43
CaO	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,07	0,03	0,02	0,05	0,01
Na ₂ O	0,77	0,67	0,81	0,68	0,86	0,69	0,83	0,82	0,80	0,65
K ₂ O	6,41	5,58	8,55	9,01	8,46	8,71	8,55	7,87	8,69	8,78
F	1,66	1,75	1,32	1,34	1,41	1,41	1,78	1,17	1,56	1,58
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,69	99,58	97,96	99,10	98,15	96,27	98,70	97,84	98,81	98,19
O_F_CL	0,70	0,74	0,55	0,57	0,59	0,59	0,75	0,49	0,66	0,67
Ctotal	98,99	98,84	97,41	98,53	97,56	95,68	97,95	97,35	98,15	97,52

Cátions recalculados para 44 cargas positivas

Si	5,108	4,953	5,331	5,435	5,320	5,394	5,345	5,201	5,433	5,425
Al ^{IV}	2,589	2,801	2,395	2,356	2,459	2,427	2,459	2,580	2,410	2,421
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	1,191	1,233	1,018	0,939	1,016	0,962	1,029	1,203	0,980	0,947
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,003	1,079	1,434	1,492	1,449	1,488	1,422	1,512	1,436	1,219
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,006	0,006	0,019	0,019	0,014	0,019	0,009	0,009	0,012	0,012
Mg	3,377	3,181	3,277	3,249	3,213	3,192	3,185	2,820	3,185	3,465
Ba	0,411	0,525	0,062	0,030	0,048	0,014	0,033	0,121	0,006	0,024
Ca	0,003	0,004	0,004	0,002	0,002	0,011	0,006	0,002	0,008	0,002
Na	0,219	0,195	0,231	0,191	0,243	0,199	0,234	0,234	0,226	0,182
K	1,208	1,067	1,602	1,663	1,579	1,655	1,587	1,485	1,601	1,618
T	7,697	7,754	7,726	7,791	7,779	7,821	7,804	7,781	7,843	7,846
Oct	5,577	5,499	5,748	5,699	5,692	5,661	5,645	5,544	5,613	5,643
Intra	1,841	1,791	1,899	1,886	1,872	1,879	1,860	1,842	1,841	1,826
Def tetra	0,303	0,246	0,274	0,209	0,221	0,179	0,196	0,219	0,157	0,154

mfeno= microfenocristal

bd ol= mica desenvolvida na borda de fenocristais de olivina

T= posição tetraédrica; Oct= octaédrica e intra= intrafoliar; Def tetra= deficiência tetraédrica

PIM= piroxênio melaneferinito; BAS= basanita

Tabela 8a: Análises químicas dos feldspatos das rochas dos episódio Remédios de Fernando de Noronha.

Rocha	Basanito					Tefrito						Essexito			
Amostra	97FN23	97FN23	97FN23	97FN23	97FN23	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN43a	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42
Análise	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	nc feno	nc feno	matriz	matriz	matriz	mfeno	nc feno 1	inter 1	bd feno 1	matriz
SiO ₂	58,20	57,50	56,36	57,57	57,40	57,99	57,59	64,36	64,26	64,54	54,44	61,62	63,54	62,97	62,44
TiO ₂	0,38	0,13	0,26	0,30	0,32	0,22	0,20	0,22	0,24	0,22	0,23	0,02	0,10	0,10	0,15
Al ₂ O ₃	24,68	24,35	24,56	24,13	24,57	22,59	21,63	18,32	18,59	18,73	23,86	20,78	19,97	20,24	22,39
Fe ₂ O ₃	0,30	0,38	0,53	0,43	0,25	0,38	0,41	0,57	0,62	0,48	0,34	0,29	0,28	0,28	0,40
MnO	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,06	0,07	0,06	0,08
MgO	0,03	0,11	0,27	0,16	0,06	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	2,48	2,45	1,49	1,31	3,41	3,76	3,29	0,00	0,02	0,25	3,44	1,86	1,26	1,09	0,00
BaO	0,97	0,67	1,01	0,61	1,59	3,72	3,45	0,00	0,01	0,15	2,54	2,03	2,18	1,66	0,82
CaO	4,75	4,85	3,38	4,59	4,35	1,93	2,32	0,06	0,22	0,20	2,39	1,14	0,53	0,64	2,07
Na ₂ O	6,39	6,21	7,42	6,67	6,00	4,81	4,74	2,76	2,89	2,78	7,54	5,75	5,30	6,24	6,32
K ₂ O	2,27	2,16	3,22	2,55	2,51	4,84	5,55	12,83	12,69	12,88	3,64	6,04	7,41	6,53	5,37
Total	100,45	98,81	98,52	98,32	100,47	100,23	99,19	99,12	99,58	100,24	98,43	99,58	100,62	99,80	100,05

Cátions para 32 Oxigênios															
Si	10,610	10,628	10,504	10,649	10,570	10,907	10,964	11,904	11,841	11,841	10,432	11,404	11,624	11,553	11,269
Al	5,298	5,300	5,392	5,257	5,328	5,003	4,849	3,990	4,035	4,047	5,385	4,529	4,303	4,373	4,759
Fe ³⁺	0,041	0,053	0,075	0,060	0,034	0,053	0,059	0,080	0,086	0,066	0,049	0,041	0,039	0,039	0,054
Ti	0,052	0,018	0,037	0,041	0,044	0,031	0,028	0,030	0,033	0,031	0,033	0,003	0,013	0,014	0,021
Mn	0,000	0,002	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,002	0,010	0,010	0,009	0,013
Mg	0,007	0,031	0,075	0,045	0,017	0,003	0,003	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,262	0,263	0,161	0,140	0,364	0,410	0,363	0,000	0,002	0,027	0,382	0,200	0,134	0,116	0,000
Ba	0,069	0,048	0,074	0,044	0,115	0,274	0,258	0,000	0,001	0,011	0,191	0,147	0,156	0,119	0,058
Ca	0,928	0,960	0,675	0,910	0,858	0,388	0,472	0,013	0,043	0,039	0,492	0,225	0,103	0,125	0,400
Na	2,259	2,227	2,682	2,394	2,143	1,755	1,751	0,990	1,031	0,989	2,802	2,062	1,879	2,220	2,212
K	0,528	0,509	0,765	0,602	0,589	1,162	1,349	3,028	2,982	3,015	0,889	1,425	1,729	1,528	1,236
Or	13,6	13,1	18,4	15,3	15,1	31,6	34,6	76,2	74,6	75,1	19,9	37,3	46,0	39,4	33,2
Ab	54,7	54,2	60,8	57,4	51,9	44,9	42,4	23,5	24,3	23,2	59,1	50,8	47,1	53,9	56,0
An	31,7	32,7	20,8	27,3	33,0	23,5	23,0	0,3	1,1	1,7	21,0	12,0	6,9	6,7	10,8

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados; mfenoc= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Essexito								Tefritonólito							
Amostra	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a
Análise	m feno	matriz	nc m feno	bd m feno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	nc feno	nc feno 1	bd feno 1	
SiO ₂	65,41	63,76	54,92	55,88	64,91	64,23	65,41	55,02	62,25	62,25	60,77	60,77	55,65	55,65	56,18	
TiO ₂	0,19	0,49	0,15	0,26	0,13	0,17	0,22	0,12	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,00	
Al ₂ O ₃	18,63	17,99	27,47	27,32	18,83	19,69	18,73	25,02	20,33	20,33	20,87	20,87	27,23	27,23	27,13	
Fe ₂ O ₃	0,65	2,22	0,60	0,65	0,47	0,29	0,48	1,30	1,23	1,23	0,46	0,46	0,48	0,48	0,54	
MnO	0,07	0,10	0,08	0,04	0,05	0,04	0,07	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	
MgO	0,00	0,28	0,03	0,01	0,04	0,02	0,00	0,09	0,10	0,10	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	
SrO	0,05	0,03	0,63	0,72	0,02	0,16	0,00	0,05	1,15	1,15	2,95	2,95	0,42	0,42	0,36	
BaO	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,42	0,08	0,18	0,92	0,92	3,04	3,04	0,17	0,17	0,07	
CaO	0,33	0,33	9,96	9,38	0,41	0,89	0,38	0,15	1,09	1,09	0,87	0,87	9,81	9,81	9,38	
Na ₂ O	4,55	4,06	5,22	5,57	5,25	5,48	4,39	10,31	5,71	5,71	5,08	5,08	5,39	5,39	5,89	
K ₂ O	10,00	10,73	0,55	0,56	9,14	8,07	10,30	6,62	6,21	6,21	6,19	6,19	0,41	0,41	0,48	
Total	99,88	99,99	99,59	100,43	99,28	99,46	100,04	98,92	99,08	99,08	100,32	100,32	99,68	99,68	100,08	
Cátions para 32 Oxigênios																
Si	11,892	11,710	9,994	10,075	11,847	11,704	11,884	10,320	11,461	11,461	11,321	11,321	10,091	10,091	10,139	
Al	3,989	3,890	5,886	5,801	4,048	4,226	4,007	5,528	4,409	4,409	4,577	4,577	5,816	5,816	5,767	
Fe ³⁺	0,088	0,307	0,082	0,088	0,064	0,040	0,066	0,184	0,170	0,170	0,064	0,064	0,066	0,066	0,073	
Ti	0,026	0,068	0,020	0,036	0,018	0,024	0,030	0,016	0,010	0,010	0,009	0,009	0,013	0,013	0,000	
Mn	0,010	0,015	0,012	0,005	0,008	0,007	0,011	0,010	0,003	0,003	0,003	0,003	0,000	0,000	0,005	
Mg	0,000	0,078	0,007	0,001	0,011	0,006	0,000	0,026	0,027	0,027	0,000	0,000	0,004	0,004	0,006	
Sr	0,005	0,003	0,066	0,075	0,002	0,017	0,000	0,005	0,123	0,123	0,319	0,319	0,044	0,044	0,038	
Ba	0,000	0,000	0,001	0,003	0,002	0,030	0,006	0,013	0,066	0,066	0,222	0,222	0,012	0,012	0,005	
Ca	0,065	0,066	1,941	1,812	0,080	0,173	0,074	0,030	0,215	0,215	0,174	0,174	1,907	1,907	1,814	
Na	1,605	1,446	1,843	1,946	1,857	1,936	1,546	3,751	2,037	2,037	1,836	1,836	1,897	1,897	2,062	
K	2,320	2,513	0,127	0,130	2,128	1,876	2,387	1,583	1,457	1,457	1,471	1,471	0,094	0,094	0,111	
Or	59,4	63,7	3,3	3,4	53,7	48,2	61,0	30,7	39,0	39,0	39,3	39,3	2,5	2,5	2,8	
Ab	38,7	34,5	44,7	47,5	44,2	46,9	37,2	68,6	51,4	51,4	46,2	46,2	46,5	46,5	49,7	
An	1,8	1,8	52,0	49,2	2,1	5,0	1,9	0,7	9,6	9,6	14,6	14,6	51,0	51,0	47,5	

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados; m feno= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Tefrifonólito										Álcali-basalto					
	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN11a	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN35b
Amostra	bd feno 1	nc feno	nc feno 2	bd feno 2	bd feno 2	matriz	matriz	matriz	matriz	nc feno 1	bd feno 1	matriz	nc feno 2	bd feno 2	matriz	
SiO ₂	56,18	64,63	64,63	62,00	62,00	59,28	59,28	61,93	62,09	55,00	54,09	53,74	55,44	55,22	52,12	
TiO ₂	0,00	0,02	0,02	0,15	0,15	0,27	0,27	0,06	0,10	0,03	0,09	0,25	0,00	0,11	0,13	
Al ₂ O ₃	27,13	19,20	19,20	20,19	20,19	21,36	21,36	20,90	21,07	28,47	28,82	26,01	28,29	27,79	28,74	
Fe ₂ O ₃	0,54	0,21	0,21	0,36	0,36	2,27	2,27	0,56	0,59	0,41	0,83	1,74	0,41	0,62	1,16	
MnO	0,03	0,05	0,05	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,04	
MgO	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SrO	0,36	0,98	0,98	1,21	1,21	0,16	0,16	1,91	2,02	0,34	0,29	0,17	0,41	0,41	0,27	
BaO	0,07	0,65	0,65	1,08	1,08	0,16	0,16	1,86	2,00	0,00	0,10	0,07	0,00	0,08	0,12	
CaO	9,38	0,24	0,24	0,63	0,63	0,96	0,96	1,06	1,08	10,94	11,42	11,00	10,46	10,09	12,10	
Na ₂ O	5,89	4,98	4,98	5,01	5,01	7,79	7,79	5,64	5,58	5,12	4,44	4,67	5,31	5,01	4,19	
K ₂ O	0,48	8,58	8,58	7,89	7,89	6,39	6,39	6,51	6,16	0,36	0,80	0,98	0,37	1,08	0,59	
Total	100,08	99,53	99,53	98,54	98,54	98,91	98,91	100,42	100,69	100,67	100,91	98,68	100,69	100,41	99,45	
Cátions para 32 Oxigênios																
Si	10,139	11,825	11,825	11,532	11,532	11,001	11,001	11,382	11,373	9,890	9,752	9,945	9,956	9,980	9,574	
Al	5,767	4,136	4,136	4,423	4,423	4,669	4,669	4,524	4,544	6,028	6,118	5,668	5,983	5,914	6,217	
Fe ³⁺	0,073	0,028	0,028	0,050	0,050	0,317	0,317	0,077	0,081	0,055	0,113	0,242	0,055	0,084	0,161	
Ti	0,000	0,003	0,003	0,022	0,022	0,037	0,037	0,008	0,014	0,004	0,013	0,034	0,000	0,014	0,018	
Mn	0,005	0,007	0,007	0,000	0,000	0,022	0,022	0,000	0,000	0,000	0,004	0,009	0,000	0,000	0,007	
Mg	0,006	0,000	0,000	0,004	0,004	0,039	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Sr	0,038	0,104	0,104	0,131	0,131	0,018	0,018	0,203	0,215	0,036	0,030	0,018	0,043	0,043	0,028	
Ba	0,005	0,047	0,047	0,079	0,079	0,012	0,012	0,134	0,144	0,000	0,007	0,005	0,000	0,006	0,009	
Ca	1,814	0,047	0,047	0,126	0,126	0,191	0,191	0,209	0,211	2,107	2,206	2,182	2,013	1,954	2,382	
Na	2,062	1,767	1,767	1,805	1,805	2,802	2,802	2,008	1,982	1,786	1,553	1,674	1,849	1,755	1,492	
K	0,111	2,003	2,003	1,873	1,873	1,512	1,512	1,526	1,440	0,083	0,184	0,232	0,085	0,250	0,137	
Or	2,8	52,2	52,2	48,6	48,6	34,7	34,7	39,5	38,2	2,1	4,7	5,8	2,2	6,4	3,5	
Ab	49,7	43,4	43,4	44,2	44,2	60,5	60,5	49,0	49,5	43,0	37,6	39,3	44,8	42,3	35,5	
An	47,5	4,4	4,4	7,2	7,2	4,8	4,8	11,6	12,3	54,9	57,6	54,9	53,0	51,3	61,0	

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados; mfen= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Álcali-basalto			Traquiandesito basáltico											
	97FN35b	97FN35b	97FN35b	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a	97FN4a
Amostra	matriz	matriz	matriz	nc feno 1	bd feno 1	matriz	matriz	matriz	nc feno 2	bd feno 2	matriz	matriz	matriz	mfeno	nc feno
SiO ₂	54,50	53,13	56,02	54,80	56,28	65,46	64,57	60,71	56,19	55,57	62,80	60,03	56,85	56,32	54,79
TiO ₂	0,25	0,21	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	27,22	28,64	25,16	28,74	27,85	19,82	20,25	23,24	27,55	27,21	22,04	24,41	27,41	27,20	28,42
Fe ₂ O ₃	0,93	1,08	1,11	0,60	0,59	0,60	0,64	0,76	0,50	0,60	0,59	0,74	0,73	0,79	0,44
MnO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03
MgO	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
SrO	0,17	0,22	0,21	0,51	0,55	0,00	0,10	0,30	0,55	0,57	0,27	0,32	0,76	0,62	0,52
BaO	0,00	0,11	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	10,41	11,86	8,55	10,77	9,69	1,20	1,57	5,44	9,46	9,71	3,77	6,27	9,35	9,41	10,43
Na ₂ O	4,67	4,45	5,83	4,77	5,43	5,71	5,96	6,33	5,58	5,47	6,79	6,26	5,43	5,26	4,98
K ₂ O	1,57	0,69	1,42	0,43	0,57	7,33	6,57	2,78	0,56	0,55	3,39	1,86	0,72	0,66	0,47
Total	99,72	100,38	98,75	100,61	100,97	100,11	99,69	99,55	100,39	99,70	99,66	99,89	101,25	100,26	100,07
Cátions para 32 Oxigênios															
Si	9,946	9,656	10,297	9,862	10,071	11,759	11,648	10,959	10,108	10,084	11,278	10,779	10,153	10,149	9,908
Al	5,851	6,131	5,447	6,091	5,870	4,193	4,301	4,939	5,837	5,815	4,662	5,161	5,765	5,772	6,052
Fe ³⁺	0,128	0,147	0,154	0,081	0,079	0,081	0,087	0,104	0,068	0,082	0,080	0,100	0,098	0,107	0,059
Ti	0,034	0,028	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,001	0,003	0,000	0,002	0,003	0,000	0,005
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,018	0,024	0,023	0,053	0,057	0,000	0,010	0,031	0,057	0,060	0,028	0,033	0,078	0,065	0,054
Ba	0,000	0,008	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	2,036	2,310	1,683	2,076	1,858	0,230	0,303	1,053	1,824	1,887	0,725	1,205	1,790	1,816	2,021
Na	1,652	1,568	2,076	1,663	1,885	1,989	2,085	2,214	1,947	1,926	2,366	2,181	1,879	1,838	1,745
K	0,365	0,159	0,333	0,099	0,130	1,681	1,512	0,639	0,128	0,127	0,777	0,426	0,163	0,152	0,108
Or	9,2	4,0	8,3	2,6	3,4	44,4	39,9	16,8	3,3	3,3	20,6	11,4	4,3	4,0	2,8
Ab	39,1	37,2	48,9	41,2	46,4	49,5	51,8	54,7	47,6	46,5	59,2	55,2	46,4	45,9	42,9
An	51,7	58,8	42,7	56,2	50,2	6,1	8,3	28,5	49,1	50,2	20,1	33,4	49,3	50,1	54,3

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados; mfeno= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Traquiandesito basáltico								Traquiandesito							
Amostra	97FN6a	97FN6a	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN6b	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a	97FN5a
Análise	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	65,77	64,78	63,26	62,32	64,49	64,58	64,15	63,54	63,13	63,89	62,74	64,65	62,04	61,24	58,92	
TiO ₂	0,17	0,10	0,20	0,21	0,24	0,30	0,16	0,26	0,20	0,26	0,16	0,34	0,16	0,30	0,16	
Al ₂ O ₃	19,51	21,51	20,11	21,50	20,09	19,43	20,03	20,20	20,21	19,37	20,49	19,38	21,75	22,36	23,99	
Fe ₂ O ₃	0,44	0,50	0,32	0,49	0,38	0,28	0,44	0,34	0,30	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	0,44	
MnO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	
MgO	0,01	0,01	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	
SrO	0,00	0,12	0,53	0,52	0,04	0,05	0,06	0,42	0,39	0,10	0,08	0,00	0,54	0,62	0,84	
BaO	0,00	0,19	1,97	1,04	0,21	0,17	0,13	1,88	1,05	0,34	0,11	0,00	0,65	0,56	0,49	
CaO	0,85	2,70	1,02	2,43	1,36	0,77	1,37	0,98	1,55	0,84	1,91	1,08	3,16	3,59	5,68	
Na ₂ O	4,19	4,42	4,03	4,72	4,00	3,55	4,30	3,48	4,99	4,55	5,59	4,75	6,53	6,44	6,23	
K ₂ O	9,39	5,28	8,40	5,63	8,31	9,96	8,14	8,20	7,77	9,68	7,29	9,34	4,07	3,93	2,16	
Total	100,32	99,60	99,83	98,92	99,14	99,07	98,79	99,29	99,60	99,43	98,76	99,92	99,33	99,43	98,93	
Cátions para 32 Oxigênios																
Si	11,841	11,580	11,622	11,389	11,721	11,810	11,705	11,672	11,561	11,714	11,499	11,739	11,271	11,128	10,761	
Al	4,136	4,528	4,351	4,626	4,301	4,184	4,303	4,370	4,358	4,182	4,422	4,143	4,653	4,785	5,160	
Fe ³⁺	0,060	0,067	0,045	0,067	0,052	0,038	0,061	0,046	0,041	0,052	0,053	0,053	0,052	0,052	0,060	
Ti	0,022	0,013	0,028	0,028	0,033	0,041	0,022	0,036	0,027	0,036	0,022	0,046	0,022	0,041	0,022	
Mn	0,000	0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,003	0,000	0,002	0,000	0,000	
Mg	0,002	0,001	0,000	0,022	0,001	0,000	0,002	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,005	0,004	0,004	
Sr	0,000	0,012	0,056	0,055	0,004	0,005	0,006	0,044	0,042	0,011	0,008	0,000	0,057	0,065	0,089	
Ba	0,000	0,013	0,142	0,074	0,015	0,012	0,009	0,135	0,076	0,024	0,008	0,000	0,046	0,040	0,035	
Ca	0,164	0,517	0,200	0,476	0,264	0,150	0,268	0,193	0,304	0,165	0,374	0,210	0,615	0,698	1,112	
Na	1,461	1,533	1,435	1,672	1,410	1,257	1,520	1,241	1,772	1,617	1,985	1,672	2,302	2,270	2,208	
K	2,156	1,203	1,968	1,312	1,928	2,324	1,895	1,921	1,815	2,265	1,704	2,165	0,944	0,911	0,502	
Or	58,3	37,9	54,9	38,3	54,7	63,4	52,6	57,6	47,3	57,1	43,1	54,8	24,9	23,8	13,2	
Ab	37,2	45,4	37,7	46,0	37,7	32,3	39,8	35,1	43,5	38,4	47,3	39,9	57,2	55,9	54,8	
An	4,4	16,7	7,4	15,8	7,6	4,3	7,6	7,3	9,2	4,5	9,7	5,3	18,0	20,3	32,0	

Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Traquiandesito								Traquito							
Amostra	97FN7a	97FN7a	97FN7a	97FN7a	97FN7a	97FN7a	97FN7a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30a
Análise	matriz	matriz	mfero	nc feno	bd feno	mfero	feno	matriz	nc feno 1	bd feno 2	mfero	mat	mfero	feno	nc feno 2	
SiO ₂	65,75	65,30	58,58	57,85	57,80	66,06	58,43	66,02	60,04	66,35	63,74	67,14	65,43	62,63	62,09	
TiO ₂	0,04	0,00	0,05	0,00	0,06	0,14	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	19,30	18,98	25,42	25,91	25,95	18,97	25,59	20,79	26,64	19,07	19,45	19,53	20,36	23,69	23,79	
Fe ₂ O ₃	0,53	0,46	0,40	0,36	0,44	0,55	0,39	0,42	0,33	0,42	1,09	0,39	0,39	0,32	0,36	
MnO	0,00	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	
MgO	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SrO	0,02	0,01	0,75	0,70	0,66	0,00	0,69	0,00	0,60	0,00	0,00	0,01	0,24	0,56	0,50	
BaO	0,41	0,00	0,18	0,08	0,11	0,19	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CaO	0,75	0,61	7,33	7,81	7,89	0,49	7,42	0,36	6,09	0,66	0,62	0,60	1,12	4,60	5,00	
Na ₂ O	4,45	4,63	5,16	5,20	5,07	4,34	5,46	3,84	6,87	5,82	5,65	6,07	6,52	7,36	7,18	
K ₂ O	7,83	8,24	0,75	0,65	0,66	8,24	0,69	7,87	1,15	7,88	8,35	6,93	5,08	1,81	1,58	
Total	99,06	98,26	98,67	98,59	98,67	99,00	98,97	99,33	101,74	100,21	98,93	100,72	99,18	100,97	100,51	
Cátions para 32 Oxigênios																
Si	11,917	11,934	10,618	10,506	10,490	11,971	10,575	11,838	10,566	11,909	11,682	11,919	11,746	11,070	11,021	
Al	4,119	4,084	5,426	5,540	5,546	4,049	5,453	4,390	5,521	4,031	4,198	4,084	4,305	4,930	4,973	
Fe ³⁺	0,072	0,064	0,055	0,049	0,061	0,074	0,053	0,056	0,044	0,057	0,150	0,052	0,053	0,043	0,048	
Ti	0,005	0,000	0,007	0,000	0,008	0,019	0,009	0,005	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	
Mn	0,000	0,004	0,005	0,006	0,005	0,003	0,000	0,001	0,002	0,000	0,005	0,003	0,003	0,000	0,000	
Mg	0,000	0,000	0,007	0,003	0,002	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Sr	0,002	0,001	0,079	0,073	0,069	0,000	0,072	0,000	0,062	0,000	0,000	0,001	0,025	0,057	0,052	
Ba	0,029	0,000	0,013	0,006	0,008	0,013	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Ca	0,146	0,119	1,424	1,519	1,534	0,095	1,439	0,069	1,148	0,128	0,121	0,115	0,216	0,871	0,951	
Na	1,563	1,640	1,813	1,829	1,783	1,524	1,914	1,336	2,342	2,026	2,009	2,090	2,271	2,521	2,472	
K	1,810	1,922	0,173	0,151	0,153	1,906	0,159	1,800	0,258	1,805	1,952	1,570	1,164	0,409	0,358	
Or	52,8	53,6	5,1	4,4	4,4	55,5	4,6	57,6	7,0	47,0	49,2	43,0	32,8	11,0	9,7	
Ab	42,9	43,1	50,3	49,5	48,7	41,8	51,8	40,2	59,9	49,7	47,7	53,9	60,3	63,8	63,0	
An	4,3	3,3	44,6	46,1	46,8	2,8	43,7	2,2	33,1	3,3	3,1	3,2	6,9	25,2	27,3	

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados; mfero= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Traquito															
Amostra	97FN30a	97FN30a	97FN30a	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN30b	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57
Análise	inter 2	bd feno 2	mfeno	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	nc feno	bd feno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	61,72	61,99	66,56	66,23	66,14	66,17	66,12	66,33	66,65	66,57	66,31	66,46	66,67	66,09	66,17	66,17
TiO ₂	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
Al ₂ O ₃	23,73	23,10	19,01	19,38	19,20	18,80	19,55	19,89	19,79	19,73	19,49	20,31	19,85	20,37	20,56	20,56
Fe ₂ O ₃	0,36	0,34	0,37	0,51	0,40	0,47	0,47	0,46	0,21	0,24	0,62	0,51	0,48	0,74	0,46	0,46
MnO	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
MgO	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
SrO	0,57	0,52	0,01	0,02	0,04	0,01	0,06	0,09	0,04	0,01	0,04	0,08	0,05	0,00	0,08	0,08
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	5,07	4,31	0,37	0,63	0,60	0,23	0,68	0,96	0,62	0,46	0,75	1,40	0,92	1,55	1,51	1,51
Na ₂ O	7,12	7,32	5,39	6,47	6,30	5,30	6,40	7,10	5,81	5,68	6,48	6,98	6,43	6,87	7,19	7,19
K ₂ O	1,61	1,99	8,51	6,82	6,97	8,80	6,99	5,53	6,72	7,14	5,73	5,50	6,68	5,45	5,03	5,03
Total	100,20	99,57	100,20	100,08	99,65	99,79	100,26	100,36	99,85	99,83	99,43	101,24	101,07	101,10	100,99	100,99
Cátions para 32 Oxigênios																
Si	11,002	11,113	11,953	11,864	11,897	11,955	11,836	11,803	11,905	11,909	11,883	11,735	11,821	11,694	11,696	11,696
Al	4,982	4,876	4,020	4,089	4,066	4,000	4,121	4,168	4,164	4,157	4,114	4,223	4,144	4,244	4,280	4,280
Fe ³⁺	0,049	0,046	0,050	0,069	0,054	0,063	0,063	0,061	0,028	0,033	0,083	0,068	0,063	0,098	0,061	0,061
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,059	0,054	0,001	0,002	0,005	0,001	0,006	0,009	0,004	0,001	0,004	0,008	0,005	0,000	0,008	0,008
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	0,969	0,828	0,070	0,122	0,116	0,045	0,130	0,184	0,119	0,088	0,144	0,265	0,174	0,295	0,285	0,285
Na	2,462	2,546	1,876	2,247	2,198	1,856	2,222	2,448	2,011	1,972	2,253	2,389	2,210	2,357	2,462	2,462
K	0,365	0,455	1,950	1,558	1,601	2,028	1,596	1,256	1,532	1,630	1,309	1,239	1,510	1,231	1,134	1,134
Or	9,8	12,2	51,5	41,0	42,2	53,1	41,7	33,4	43,2	45,6	36,6	32,9	40,0	32,9	30,3	30,3
Ab	62,3	64,1	46,7	55,7	54,6	45,8	54,7	61,4	53,4	51,9	59,3	59,8	55,2	59,3	61,9	61,9
An	27,9	23,8	1,9	3,3	3,2	1,2	3,6	5,2	3,5	2,5	4,2	7,3	4,8	7,9	7,9	7,9

nc= núcleo, inter= zona intermediária e bd= borda de fenocristais zonados; mfeno= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Traquito						Lamprófiro II								
Amostra	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN57	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3a	97FN3b	97FN3b	97FN3b
Análise	matriz	mfero	nc feno	bd feno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfero	mfero	matriz
SiO ₂	66,99	67,12	58,59	59,05	65,40	64,69	59,63	61,43	60,99	58,39	59,75	59,49	55,77	56,38	57,20
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,21	0,24	0,23	0,31	0,05	0,13	0,09
Al ₂ O ₃	19,40	19,34	26,53	26,24	21,23	22,05	26,82	23,55	23,13	23,86	23,17	23,14	28,13	27,29	26,73
Fe ₂ O ₃	0,41	0,49	0,35	0,36	0,70	0,66	0,48	0,44	0,34	0,37	0,43	0,42	0,71	0,72	0,91
MnO	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,10
SrO	0,06	0,00	0,69	0,61	0,02	0,09	0,00	1,66	0,50	2,27	0,94	1,20	0,62	0,78	0,61
BaO	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,30	0,59	0,24	0,56	0,06	0,04	0,07
CaO	0,66	0,48	7,80	7,45	2,17	3,04	5,60	3,57	4,47	4,73	5,02	4,39	10,20	9,41	8,46
Na ₂ O	5,96	5,54	6,37	6,41	7,57	7,19	6,28	6,17	6,90	6,08	6,81	6,60	5,17	5,65	5,84
K ₂ O	7,74	8,47	0,72	0,85	3,25	2,43	1,61	3,47	2,49	2,14	2,07	2,45	0,60	0,67	0,93
Total	101,22	101,43	101,06	101,02	100,38	100,13	100,77	100,30	99,36	98,72	98,68	98,57	101,33	101,12	100,97
Cátions para 32 Oxigênios															
Si	11,895	11,915	10,424	10,495	11,569	11,441	10,551	11,045	11,020	10,759	10,909	10,914	9,976	10,105	10,243
Al	4,058	4,042	5,558	5,494	4,422	4,592	5,588	4,987	4,922	5,176	4,982	4,999	5,925	5,760	5,637
Fe ³⁺	0,055	0,066	0,046	0,048	0,093	0,087	0,064	0,060	0,046	0,051	0,060	0,058	0,096	0,097	0,122
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,000	0,028	0,033	0,032	0,042	0,007	0,017	0,012
Mn	0,000	0,000	0,002	0,003	0,004	0,001	0,000	0,000	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,006	0,006	0,002	0,004	0,008	0,013	0,026
Sr	0,006	0,000	0,071	0,063	0,002	0,009	0,000	0,173	0,053	0,242	0,100	0,128	0,064	0,081	0,063
Ba	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,017	0,040	0,004	0,003	0,005
Ca	0,126	0,091	1,486	1,418	0,412	0,575	1,061	0,688	0,865	0,933	0,982	0,863	1,954	1,807	1,623
Na	2,052	1,907	2,196	2,211	2,595	2,464	2,155	2,149	2,419	2,174	2,410	2,348	1,794	1,962	2,027
K	1,754	1,918	0,163	0,193	0,734	0,548	0,362	0,796	0,575	0,504	0,483	0,573	0,136	0,153	0,213
Or	45,9	50,4	4,3	5,1	20,4	15,9	10,5	21,5	15,2	13,4	12,6	15,1	3,5	3,9	5,6
Ab	50,6	47,2	54,4	55,3	68,1	67,2	58,8	54,6	60,3	54,4	58,9	58,2	43,9	47,4	50,0
An	3,5	2,4	41,3	39,6	11,5	16,9	30,7	24,0	24,5	32,3	28,5	26,7	52,6	48,7	44,4

nc= núcleo e bd= borda de fenocristais zonados; mfero= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8a.

Rocha	Lamprófiro II						Lamprófiro III		Lamprófiro IV						
Amostra	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN3b	97FN7	97FN7	97FN25	97FN25	97FN25	97FN25	97FN25	97FN25	97FN25
Análise	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	58,10	56,73	58,24	64,80	62,88	58,22	55,17	54,84	60,35	61,23	59,28	63,81	64,15	58,91	61,57
TiO ₂	0,15	0,11	0,22	0,30	0,33	0,71	0,41	0,90	0,47	0,97	0,40	0,24	0,85	0,48	0,33
Al ₂ O ₃	25,87	26,78	25,86	19,74	20,38	24,43	25,53	23,51	20,32	19,81	21,20	19,93	18,99	20,90	19,40
Fe ₂ O ₃	0,76	0,90	0,94	0,65	1,07	1,44	1,58	2,49	0,82	1,31	0,65	0,45	1,03	0,50	0,81
MnO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01
MgO	0,06	0,07	0,12	0,06	0,26	0,90	0,31	1,06	0,06	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02
SrO	0,53	0,63	0,48	0,00	0,06	0,33	0,24	0,27	1,20	0,64	2,47	0,85	0,01	2,85	1,24
BaO	0,18	0,19	0,13	0,14	0,35	0,15	0,00	0,18	1,34	0,62	3,28	0,84	0,15	4,64	1,42
CaO	7,64	8,62	7,63	1,29	2,00	6,55	0,42	0,62	0,36	0,36	0,49	0,37	0,27	0,35	0,37
Na ₂ O	5,90	5,92	5,81	5,25	4,84	5,92	13,06	10,80	2,91	2,99	3,13	2,95	2,47	2,95	2,67
K ₂ O	1,58	0,75	1,56	8,14	6,89	2,31	3,86	5,03	10,39	10,55	8,86	11,51	12,54	8,93	10,74
Total	100,77	100,70	101,02	100,38	99,06	101,01	100,61	99,73	98,22	98,63	99,79	100,95	100,49	100,52	98,58
Cátions para 32 Oxigênios															
Si	10,421	10,200	10,416	11,682	11,479	10,455	10,142	10,227	11,400	11,441	11,201	11,658	11,724	11,190	11,590
Al	5,465	5,670	5,446	4,191	4,382	5,166	5,527	5,163	4,519	4,359	4,718	4,289	4,088	4,675	4,301
Fe ³⁺	0,103	0,121	0,127	0,089	0,147	0,195	0,218	0,349	0,116	0,183	0,092	0,062	0,141	0,072	0,114
Ti	0,020	0,014	0,029	0,040	0,045	0,096	0,056	0,126	0,066	0,137	0,056	0,033	0,117	0,068	0,047
Mn	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,007	0,006	0,007	0,005	0,005	0,000	0,000	0,005	0,000	0,002
Mg	0,016	0,019	0,033	0,016	0,071	0,241	0,084	0,295	0,016	0,036	0,011	0,000	0,000	0,001	0,006
Sr	0,056	0,065	0,050	0,000	0,006	0,034	0,026	0,029	0,131	0,070	0,271	0,090	0,001	0,314	0,136
Ba	0,013	0,014	0,009	0,010	0,025	0,011	0,000	0,013	0,099	0,045	0,243	0,060	0,011	0,345	0,104
Ca	1,467	1,661	1,463	0,250	0,392	1,259	0,082	0,124	0,072	0,071	0,099	0,073	0,052	0,070	0,074
Na	2,051	2,064	2,014	1,836	1,713	2,062	4,654	3,907	1,066	1,083	1,148	1,044	0,874	1,087	0,975
K	0,362	0,171	0,356	1,872	1,604	0,529	0,906	1,196	2,504	2,516	2,135	2,683	2,923	2,164	2,580
Or	9,5	4,4	9,4	48,6	44,4	14,0	16,8	23,8	67,1	68,2	58,8	69,8	76,9	59,7	69,2
Ab	50,5	50,5	50,3	44,9	44,6	51,5	81,2	73,1	26,9	27,7	29,8	25,6	21,7	28,3	24,6
An	40,0	45,1	40,3	6,5	11,0	34,5	2,1	3,1	6,0	4,2	11,4	4,6	1,4	12,1	6,2

Or, Ab e An em mol %

Tabela 8b: Análises químicas dos feldspatos das rochas do episódio Quixaba de Fernando de Noronha.

Rocha	<i>PIM (piroxênio melaneferilito)</i>											<i>BAS (basanita)</i>			
Amostra	97FN37	97FN40	97FN40	97FN40	97FN40	97FN40	99FN37	99FN37	99FN37	99FN37	99FN37	89FN78a	89FN78a	89FN78a	89FN78a
Análise	matriz	feno	matriz	matriz	feno	feno	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeño	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	63,79	60,50	59,88	60,71	59,93	63,60	59,75	60,26	63,88	63,34	63,82	51,53	52,19	54,23	54,56
TiO ₂	0,13	0,23	0,20	0,22	0,16	0,29	0,13	0,17	0,10	0,15	0,09	0,09	0,11	0,16	0,12
Al ₂ O ₃	22,67	24,38	23,29	23,81	24,32	22,47	19,88	19,84	19,71	20,23	19,38	31,56	31,54	28,31	28,42
Fe ₂ O ₃	0,38	0,38	0,30	0,40	0,32	0,22	0,42	0,39	0,47	0,54	0,29	0,66	0,78	0,71	0,64
MnO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,89	0,63	0,90	0,19	1,01	1,03	1,25	1,40	0,83	0,00	0,00	0,61	0,57
BaO	0,22	1,05	2,54	1,21	1,47	0,04	5,03	4,87	0,57	0,87	0,48	0,00	0,15	0,05	0,08
CaO	2,19	4,54	3,80	4,42	4,92	3,68	0,32	0,35	0,58	0,72	0,34	0,34	0,32	11,03	11,13
Na ₂ O	7,14	7,12	6,38	7,30	7,03	8,06	4,10	4,06	5,21	5,79	5,03	14,70	12,62	4,80	4,86
K ₂ O	3,65	1,64	3,04	1,59	1,67	2,22	8,28	8,31	7,64	6,95	8,56	2,26	2,09	0,27	0,24
Total	100,17	99,85	100,34	100,29	100,74	100,78	98,94	99,28	99,42	100,02	98,83	101,15	99,80	100,16	100,62
Cátions para 32 Oxigênios															
Si	11,342	10,868	10,931	10,916	10,789	11,248	11,415	11,450	11,693	11,563	11,754	9,379	9,535	9,828	9,840
Al	4,746	5,158	5,006	5,042	5,157	4,681	4,473	4,439	4,249	4,349	4,203	6,765	6,785	6,043	6,037
Fe ³⁺	0,050	0,052	0,041	0,054	0,043	0,030	0,061	0,055	0,065	0,074	0,040	0,091	0,107	0,097	0,087
Ti	0,017	0,032	0,028	0,030	0,022	0,039	0,019	0,024	0,014	0,021	0,012	0,013	0,015	0,021	0,016
Mn	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,004	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,003	0,002	0,005	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,000	0,000	0,095	0,065	0,094	0,019	0,112	0,114	0,132	0,148	0,089	0,000	0,000	0,064	0,059
Ba	0,015	0,074	0,182	0,085	0,104	0,003	0,377	0,362	0,041	0,062	0,035	0,000	0,011	0,004	0,006
Ca	0,416	0,873	0,744	0,851	0,949	0,698	0,065	0,072	0,114	0,141	0,067	0,066	0,063	2,143	2,151
Na	2,462	2,479	2,259	2,544	2,452	2,764	1,520	1,494	1,850	2,049	1,796	5,188	4,469	1,685	1,701
K	0,827	0,376	0,709	0,366	0,382	0,500	2,017	2,014	1,783	1,619	2,011	0,524	0,488	0,063	0,055
Or	23,2	10,5	19,2	9,9	10,2	13,1	55,3	55,5	47,0	41,9	51,9	9,6	10,3	1,6	1,4
Ab	65,1	65,2	57,7	65,0	61,6	68,1	39,3	38,8	45,9	50,0	43,7	89,2	88,4	41,1	41,3
An	11,7	24,4	23,1	25,1	28,2	18,8	5,4	5,7	7,1	8,1	4,4	1,2	1,3	57,3	57,3

Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8b.

Rocha	BAS (basanito)														
Amostra	89FN78a	89FN78a	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN7e	99FN7e	99FN7e
Análise	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	52,84	65,39	65,45	65,35	65,46	59,07	60,08	63,41	63,49	63,62	60,54	59,61	60,42	60,66	53,84
TiO ₂	0,06	0,30	0,22	0,22	0,20	0,21	0,23	0,26	0,14	0,18	0,19	0,32	0,25	0,19	0,21
Al ₂ O ₃	31,32	19,68	19,18	19,80	19,68	23,57	23,69	21,77	21,06	21,21	23,26	23,48	23,86	23,96	28,12
Fe ₂ O ₃	0,69	0,37	0,30	0,46	0,28	0,50	0,55	0,39	0,26	0,30	0,33	0,45	0,35	0,38	0,67
MnO	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
MgO	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,04
SrO	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	2,15	1,42	0,16	0,19	0,19	1,15	1,48	0,57	0,51	0,43
BaO	0,00	0,51	0,01	0,00	0,07	2,45	1,43	0,00	0,06	0,05	1,03	1,27	1,02	1,14	0,09
CaO	0,34	0,90	0,69	1,28	1,16	3,68	4,10	3,11	2,57	2,52	4,16	4,09	4,80	4,93	10,88
Na ₂ O	12,36	6,32	5,50	6,52	6,08	6,35	6,79	8,05	7,12	7,74	7,19	6,94	7,35	7,51	4,93
K ₂ O	2,02	6,68	8,48	6,27	7,14	2,42	2,15	2,35	4,28	3,35	1,59	1,94	1,39	1,38	0,29
Total	99,64	100,28	99,84	99,91	100,07	100,41	100,45	99,50	99,19	99,16	99,49	99,58	100,01	100,66	99,51
Cátions para 32 Oxigênios															
Si	9,631	11,751	11,833	11,731	11,785	10,827	10,876	11,344	11,461	11,448	10,981	10,873	10,880	10,869	9,820
Al	6,723	4,164	4,083	4,185	4,165	5,089	5,049	4,586	4,477	4,494	4,968	5,043	5,061	5,056	6,040
Fe ³⁺	0,094	0,050	0,041	0,062	0,037	0,069	0,075	0,052	0,036	0,040	0,045	0,062	0,047	0,051	0,092
Ti	0,008	0,040	0,031	0,030	0,027	0,030	0,031	0,034	0,019	0,025	0,027	0,045	0,034	0,026	0,028
Mn	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001
Mg	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,004	0,007	0,000	0,005	0,003	0,005	0,002	0,001	0,002	0,012
Sr	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,228	0,149	0,017	0,020	0,019	0,121	0,157	0,059	0,053	0,046
Ba	0,000	0,036	0,001	0,000	0,005	0,176	0,101	0,000	0,004	0,004	0,074	0,091	0,072	0,080	0,006
Ca	0,067	0,174	0,133	0,245	0,223	0,723	0,794	0,596	0,497	0,485	0,809	0,798	0,925	0,946	2,127
Na	4,367	2,203	1,927	2,269	2,119	2,255	2,385	2,792	2,493	2,702	2,529	2,454	2,566	2,609	1,745
K	0,469	1,532	1,956	1,436	1,638	0,566	0,497	0,537	0,986	0,769	0,367	0,451	0,320	0,316	0,067
Or	10,1	40,4	50,1	37,6	42,5	15,4	13,4	14,2	25,6	20,1	9,9	12,0	8,6	8,4	1,7
Ab	88,5	54,6	46,5	56,0	51,8	57,7	60,5	69,6	60,9	66,6	64,4	61,8	64,8	65,0	42,3
An	1,4	5,0	3,4	6,4	5,8	26,9	26,1	16,3	13,5	13,3	25,7	26,2	26,6	26,7	56,0

Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8b.

Rocha	BAS														
Amostra	99FN7e	99FN7e	99FN7e	99FN7e	97FN7e	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN9c	99FN10a
Análise	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	55,56	64,18	66,29	60,95	65,38	55,88	55,30	57,06	55,37	55,82	59,12	54,53	55,31	53,78	52,89
TiO ₂	0,15	0,18	0,22	0,23	0,08	0,13	0,15	0,57	0,31	0,32	0,26	0,37	0,27	0,22	0,19
Al ₂ O ₃	26,98	20,60	19,44	22,76	19,18	26,97	27,62	24,47	27,08	26,23	24,71	26,77	27,19	29,59	29,19
Fe ₂ O ₃	0,56	0,44	0,35	0,30	0,37	0,69	0,69	1,21	0,73	0,82	0,70	0,97	0,67	0,57	0,69
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,03	0,01
MgO	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
SrO	0,65	0,17	0,05	0,56	0,00	0,24	0,29	0,25	0,39	0,26	0,31	0,29	0,30	0,00	0,43
BaO	0,09	1,21	0,26	1,15	0,00	0,15	0,00	0,22	0,18	0,22	0,18	0,04	0,15	0,00	0,20
CaO	9,42	1,62	0,85	4,17	0,69	9,70	10,25	6,71	9,43	8,83	6,51	9,07	9,55	9,84	11,84
Na ₂ O	5,71	7,14	6,34	7,46	5,54	5,41	5,17	6,51	5,59	5,48	6,95	5,38	5,35	5,36	4,30
K ₂ O	0,41	4,85	6,76	2,03	8,21	0,46	0,37	1,48	0,59	0,78	0,97	1,11	0,53	0,43	0,18
Total	99,56	100,38	100,57	99,59	99,48	99,62	99,88	98,48	99,65	98,76	99,73	98,53	99,36	99,86	99,91
Cátions para 32 Oxigênios															
Si	10,099	11,547	11,838	11,045	11,848	10,128	10,005	10,476	10,062	10,211	10,645	10,036	10,063	9,726	9,630
Al	5,777	4,365	4,088	4,857	4,093	5,757	5,886	5,292	5,795	5,651	5,240	5,802	5,826	6,301	6,258
Fe ³⁺	0,076	0,059	0,047	0,041	0,050	0,094	0,094	0,167	0,100	0,112	0,095	0,134	0,091	0,077	0,094
Ti	0,020	0,025	0,030	0,031	0,011	0,017	0,021	0,078	0,042	0,044	0,035	0,052	0,038	0,030	0,026
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,005	0,004	0,001	0,000	0,002	0,001	0,006	0,004	0,002
Mg	0,010	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
Sr	0,068	0,017	0,005	0,059	0,000	0,025	0,031	0,026	0,041	0,028	0,033	0,030	0,032	0,000	0,046
Ba	0,006	0,085	0,018	0,081	0,000	0,010	0,000	0,016	0,013	0,016	0,012	0,003	0,011	0,000	0,014
Ca	1,835	0,311	0,162	0,810	0,134	1,884	1,986	1,320	1,835	1,731	1,257	1,789	1,862	1,906	2,309
Na	2,014	2,489	2,195	2,620	1,947	1,902	1,813	2,316	1,969	1,942	2,427	1,921	1,887	1,879	1,518
K	0,094	1,112	1,541	0,468	1,898	0,106	0,085	0,346	0,137	0,182	0,224	0,260	0,123	0,099	0,042
Or	2,4	29,4	40,8	12,3	49,1	2,8	2,2	8,9	3,5	4,8	5,9	6,7	3,2	2,6	1,1
Ab	48,6	61,9	54,8	64,7	47,4	47,0	44,8	56,3	47,9	48,5	60,1	46,5	46,8	46,9	37,3
An	49,0	8,8	4,4	23,0	3,5	50,2	53,0	34,8	48,6	46,7	34,0	46,8	50,0	50,5	61,6

Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8b.

Rocha	BAS														
	Amostra	99FN10a	99FN10a	99FN10a	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN10b	99FN22
Análise		matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	nc	mfeno	nc	mfeno	nc	mfeno	nc	mfeno
SiO ₂		53,55	53,60	55,30	53,77	60,43	62,01	53,57	53,17	53,54	53,41	53,85	53,00	62,60	56,97
TiO ₂		0,09	0,14	0,08	0,26	0,17	0,26	0,17	0,09	0,13	0,14	0,24	0,16	0,22	0,20
Al ₂ O ₃		28,32	28,09	26,93	28,67	24,26	23,63	28,61	29,37	28,90	29,01	28,50	29,02	22,55	26,09
Fe ₂ O ₃		0,67	0,89	1,16	0,60	0,48	0,46	1,13	0,61	0,46	0,65	0,61	0,43	0,32	0,58
MnO		0,01	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
MgO		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
SrO		0,45	0,43	0,37	0,32	0,32	0,29	0,39	0,32	0,33	0,28	0,37	0,30	0,29	0,32
BaO		0,00	0,12	0,07	0,06	0,09	0,41	0,03	0,00	0,05	0,15	0,00	0,08	0,66	0,10
CaO		11,03	10,77	9,10	10,97	6,13	5,01	11,03	11,90	11,47	11,55	11,16	11,77	3,91	8,37
Na ₂ O		4,97	4,80	5,53	4,69	7,08	7,41	4,52	4,29	4,69	4,50	4,67	4,30	7,86	5,80
K ₂ O		0,22	0,18	0,24	0,38	1,08	1,21	0,32	0,28	0,29	0,24	0,31	0,36	1,81	0,55
Total		99,32	99,04	98,79	99,75	100,06	100,68	99,75	100,02	99,86	99,94	99,72	99,40	100,22	98,97
Cátions para 32 Oxigênios															
Si		9,785	9,817	10,103	9,772	10,808	11,002	9,746	9,648	9,728	9,701	9,789	9,679	11,182	10,347
Al		6,093	6,060	5,794	6,136	5,111	4,937	6,129	6,275	6,184	6,205	6,101	6,240	4,743	5,581
Fe ³⁺		0,092	0,122	0,159	0,082	0,064	0,062	0,154	0,083	0,062	0,089	0,084	0,059	0,042	0,080
Ti		0,013	0,019	0,010	0,036	0,022	0,034	0,023	0,012	0,018	0,019	0,032	0,021	0,030	0,027
Mn		0,002	0,003	0,000	0,005	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr		0,048	0,046	0,039	0,034	0,033	0,030	0,041	0,034	0,034	0,030	0,039	0,032	0,030	0,033
Ba		0,000	0,009	0,005	0,004	0,006	0,028	0,002	0,000	0,003	0,011	0,000	0,006	0,046	0,007
Ca		2,160	2,114	1,782	2,136	1,176	0,953	2,149	2,313	2,232	2,248	2,173	2,303	0,747	1,628
Na		1,761	1,705	1,959	1,651	2,454	2,549	1,593	1,508	1,654	1,585	1,647	1,521	2,723	2,042
K		0,052	0,041	0,055	0,089	0,247	0,274	0,073	0,064	0,068	0,056	0,072	0,084	0,413	0,128
Or		1,3	1,1	1,5	2,3	6,6	7,5	1,9	1,7	1,7	1,5	1,9	2,2	11,0	3,4
Ab		42,3	42,1	49,5	40,7	61,3	65,6	39,8	37,0	40,0	39,0	40,4	37,2	68,2	51,7
An		56,4	56,8	49,0	57,0	32,2	27,0	58,3	61,3	58,3	59,6	57,7	60,7	20,8	44,8

nc= núcleo; mfeno= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Continuação da tabela 8b.

Rocha	BAS									
Amostra	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22	99FN22
Análise	matriz	mfero	matriz	mfero	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	59,19	56,94	56,73	55,49	65,88	62,27	55,68	58,64	54,96	55,59
TiO ₂	0,14	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,13	0,17	0,19	0,15
Al ₂ O ₃	25,64	27,20	27,32	28,13	19,06	23,53	27,62	25,31	28,78	27,95
Fe ₂ O ₃	0,38	0,44	0,53	0,50	0,21	0,42	0,68	0,44	0,72	0,72
MnO	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,48	0,57	0,60	0,51	0,12	0,56	0,41	0,41	0,37	0,41
BaO	0,77	0,35	0,21	0,04	0,10	0,89	0,12	0,59	0,03	0,09
CaO	5,84	9,15	9,14	10,03	0,59	4,54	9,53	6,60	11,33	9,81
Na ₂ O	7,80	5,99	5,81	5,19	4,37	7,80	5,56	6,47	4,82	5,54
K ₂ O	1,20	0,46	0,37	0,31	9,97	1,54	0,43	2,24	0,26	0,35
Total	101,44	101,27	100,86	100,33	100,43	101,66	100,17	100,88	101,47	100,62
Cátions para 32 Oxigênios										
Si	10,551	10,173	10,160	9,988	11,896	11,017	10,047	10,540	9,819	9,992
Al	5,382	5,722	5,762	5,963	4,053	4,902	5,869	5,358	6,054	5,917
Fe ³⁺	0,051	0,060	0,071	0,067	0,028	0,056	0,092	0,059	0,097	0,097
Ti	0,019	0,023	0,021	0,019	0,017	0,016	0,018	0,023	0,025	0,020
Mn	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002	0,002
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,049	0,059	0,062	0,054	0,013	0,058	0,042	0,043	0,038	0,043
Ba	0,054	0,025	0,015	0,003	0,007	0,061	0,008	0,042	0,002	0,006
Ca	1,116	1,752	1,753	1,935	0,114	0,860	1,843	1,270	2,168	1,889
Na	2,696	2,075	2,018	1,811	1,531	2,675	1,947	2,256	1,670	1,930
K	0,272	0,104	0,084	0,070	2,296	0,347	0,100	0,513	0,059	0,080
Or	6,8	2,7	2,2	1,9	59,4	9,1	2,6	13,0	1,5	2,1
Ab	63,7	50,4	49,9	45,2	37,3	66,4	48,0	53,7	40,9	47,4
An	29,4	46,9	47,9	52,9	3,3	24,4	49,4	33,3	57,5	50,5

mfero= microfenocristal; Or, Ab e An em mol %

Tabela 9: Análises químicas das nefelinas das rochas de Fernando de Noronha.

Rocha	Essexito				FP		FAGI	FAGII	MEM							
Amostra	97FN42	97FN42	97FN42	97FN42	91FN129*	89FN71*	89FN47*	89FN66*	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31	97FN31
Grão	mfero	matriz	matriz	matriz	matriz	mfero	fero	matriz	mfero	matriz	matriz	matriz	matriz	mfero	matriz	matriz
SiO₂	47,93	48,51	47,95	47,49	48,00	44,10	44,50	46,70	42,26	42,33	42,10	41,80	41,83	41,92	41,85	41,54
TiO₂	0,08	0,05	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24	0,06	0,05	0,11	0,09	0,09	0,05
Al₂O₃	30,95	30,68	30,79	32,59	33,00	34,10	34,30	32,00	33,20	32,06	33,00	33,59	32,65	33,28	32,84	33,58
Fe₂O₃	0,69	0,64	0,80	0,76	0,65	0,51	0,34	1,12	1,23	1,51	1,20	1,30	1,17	1,18	1,43	1,09
MnO	0,02	0,06	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
MgO	0,07	0,03	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,72	0,42	0,18	0,22	0,25	0,90	0,14
CaO	0,03	0,06	0,04	0,20	0,00	0,63	0,02	0,00	0,22	1,09	0,34	0,18	1,29	0,20	0,73	0,18
Na₂O	16,71	16,58	16,29	16,62	15,90	16,10	16,90	16,10	15,38	14,26	15,05	15,38	14,31	15,13	14,30	15,19
K₂O	3,46	3,11	3,44	3,41	3,27	4,27	4,60	4,36	8,32	8,14	8,26	8,55	7,41	8,45	7,81	8,44
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,06	0,06	0,01	0,01	0,01	0,03	0,08	0,04	0,03	0,01
BaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,11	0,04	0,17	0,00	0,20	0,00	0,02	0,06
TOTAL	99,94	99,72	99,46	101,20	100,96	99,71	100,74	100,34	101,01	100,43	100,61	101,04	99,26	100,53	100,00	100,29
mol %																
Ne	78,99	78,68	78,28	79,66	77,05	79,72	79,34	78,09	73,43	72,93	73,13	72,97	74,29	72,75	73,67	72,73
Ks	11,44	10,36	11,44	11,38	11,08	14,94	15,47	14,31	26,57	27,07	26,87	27,03	25,71	27,25	26,33	27,27
Qz	9,57	10,96	10,28	8,96	11,87	5,34	5,19	7,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

feno= fenocristal; mfero= microfenocristal

Episódio Remédios: essexito; FP= fonólito porfírico; FAGI= fonólito afírico do Grupo I; FAGII= fonólito afírico do Grupo II

Episódio Quixaba: MEM = melilita melanefelinitos

amostras com asterisco correspondem as nefelinas dos fonólitos apresentados por Lopes (1997).

Continuação da tabela 9.

Rocha	MEM																
Amostra	97FN31	99FN21b	99FN21b	99FN21b	99FN21b	99FN21b	99FN21b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN56b	99FN62	99FN62	
Grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	mfeno	matriz	matriz
SiO ₂	41,14	41,43	41,83	41,30	41,19	41,64	41,68	41,24	41,30	41,54	41,37	41,54	41,72	41,52	41,78	41,65	
TiO ₂	0,04	0,11	0,18	0,04	0,08	0,02	0,07	0,00	0,04	0,08	0,10	0,06	0,11	0,05	0,09	0,04	
Al ₂ O ₃	33,10	32,69	32,10	33,14	32,62	33,10	33,16	33,50	33,24	32,98	33,48	33,40	33,66	33,61	32,64	33,23	
Fe ₂ O ₃	1,14	1,98	1,52	1,47	1,32	1,58	1,63	0,85	1,00	1,11	1,12	1,18	0,87	0,89	1,42	1,48	
MnO	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	
MgO	0,27	0,28	0,77	0,23	0,23	0,18	0,22	0,16	0,17	0,10	0,08	0,09	0,17	0,18	0,00	0,00	
CaO	1,47	0,35	0,81	0,10	0,30	0,18	0,18	0,20	0,18	0,34	0,20	0,21	0,13	0,18	0,97	0,42	
Na ₂ O	13,88	14,23	13,65	14,73	14,33	14,44	14,61	14,21	13,92	14,01	14,08	14,19	14,19	14,29	15,25	15,38	
K ₂ O	7,84	9,17	8,78	8,91	8,71	9,17	8,79	9,17	9,40	8,90	9,04	8,50	9,22	8,98	6,98	7,59	
SrO	0,09	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,06	0,03	
BaO	0,16	0,07	0,05	0,00	0,30	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,03	0,02	0,03	0,17	0,12	
TOTAL	99,14	100,32	99,68	99,95	99,09	100,31	100,34	99,42	99,26	99,13	99,45	99,21	100,12	99,77	99,37	99,95	
mol %																	
Ne	72,61	71,18	70,61	71,61	71,36	70,83	71,98	69,36	68,68	70,03	69,93	71,12	68,92	69,81	76,81	75,50	
Ks	27,39	28,82	29,39	28,39	28,64	29,17	28,02	30,64	31,31	29,79	30,07	28,42	30,59	29,94	23,19	24,50	
Qz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,00	0,47	0,49	0,25	0,00	0,00	

mfeno= microfenocristal

Episódio Quixaba: MEM = melilita melanefelinitos

Continuação da tabela 9.

Rocha	MEM							OLM								
Amostra	99FN62	99FN63	99FN63	99FN63	99FN63	UCFN47	UCFN47	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN20	97FN58a	97FN58a	97FN58a	99FN3
Grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	41,78	41,97	42,33	41,69	41,79	40,98	40,85	42,15	41,79	42,50	42,37	41,94	40,22	42,32	41,37	42,22
TiO ₂	0,04	0,13	0,05	0,13	0,08	0,07	0,10	0,11	0,03	0,09	0,08	0,06	0,03	0,17	0,14	0,06
Al ₂ O ₃	33,39	32,84	32,77	33,57	33,41	32,83	32,77	33,72	35,36	33,41	33,46	33,52	35,22	32,92	32,73	33,89
Fe ₂ O ₃	1,60	1,58	1,02	1,30	1,16	0,88	1,00	1,07	0,00	1,01	0,97	0,79	1,00	1,37	1,31	0,98
MnO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,17	0,05	0,04	0,07	0,06	0,07	0,14	0,46	0,30	0,01
CaO	0,44	2,50	2,87	0,64	1,69	0,46	0,22	0,94	1,10	1,19	0,89	0,84	1,97	1,26	1,02	1,01
Na ₂ O	15,37	13,48	13,08	15,34	14,26	13,65	13,20	15,23	14,16	14,58	15,14	14,96	14,39	14,51	14,20	15,50
K ₂ O	7,53	6,42	5,93	7,68	6,80	9,57	10,15	6,82	6,69	6,65	6,82	6,82	8,01	7,73	7,91	5,72
SrO	0,01	0,05	0,08	0,01	0,07	0,02	0,03	0,18	0,00	0,18	0,19	0,16	0,00	0,06	0,11	0,13
BaO	0,15	0,08	0,15	0,10	0,03	0,01	0,09	0,17	0,34	0,19	0,03	0,25	0,00	0,03	0,05	0,07
TOTAL	100,30	99,04	98,28	100,44	99,33	98,64	98,59	100,44	99,49	99,89	100,04	99,41	100,97	100,86	99,15	99,60
mol %																
Ne	75,79	76,54	76,67	75,01	75,83	67,70	65,92	76,75	71,41	75,40	76,10	75,35	72,63	74,02	73,12	79,22
Ks	24,21	23,46	23,33	24,99	24,17	32,30	34,08	23,25	24,76	23,27	23,34	23,69	27,37	25,98	26,88	19,91
Qz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,83	1,33	0,56	0,96	0,00	0,00	0,00	0,87

Episódio Quixaba: MEM = melilita melanefelinitos; OLM= olivina melanefelinitos

Continuação da tabela 9.

Rocha	OLM															
Amostra	99FN3	99FN3	99FN3	99FN3	99FN51	99FN51	99FN51	99FN51	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54	99FN54	99FN55	99FN55
Grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	42,43	42,13	42,77	43,03	41,06	41,52	41,01	41,18	43,15	44,39	43,07	43,23	43,33	43,08	42,01	41,72
TiO ₂	0,07	0,11	0,04	0,05	0,10	0,13	0,16	0,06	0,00	0,02	0,12	0,06	0,13	0,16	0,06	0,08
Al ₂ O ₃	33,61	33,74	33,11	32,87	32,67	33,62	33,50	33,40	34,06	33,63	33,82	33,70	33,89	33,67	32,98	33,85
Fe ₂ O ₃	1,14	1,02	1,11	1,09	1,09	1,21	1,10	1,07	1,12	0,95	1,20	1,02	1,09	1,11	1,18	1,21
MnO	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,08
MgO	0,03	0,01	0,04	0,07	0,52	0,20	0,17	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,22
CaO	0,87	0,82	1,02	0,76	1,24	0,75	0,63	0,70	0,80	0,73	0,96	0,88	0,80	0,87	1,46	0,74
Na ₂ O	14,45	15,41	15,40	14,92	13,63	14,70	14,62	14,28	15,62	15,78	15,64	15,50	15,58	15,27	14,15	14,37
K ₂ O	6,15	6,05	5,94	5,65	7,58	7,94	7,91	8,00	6,49	6,08	6,66	6,54	6,33	6,56	7,45	8,00
SrO	0,14	0,28	0,20	0,20	0,05	0,07	0,06	0,06	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,10	0,11	0,08
BaO	0,04	0,04	0,13	0,00	0,13	0,13	0,08	0,12	0,01	0,16	0,05	0,11	0,13	0,00	0,04	0,12
TOTAL	98,93	99,61	99,77	98,64	98,06	100,29	99,23	99,15	101,39	101,86	101,65	101,16	101,46	100,81	100,01	100,47
mol %																
Ne	75,79	78,27	78,49	77,05	72,71	73,50	73,33	72,62	77,52	77,04	77,77	76,95	77,45	76,63	74,00	72,94
Ks	21,59	20,88	20,46	19,67	27,05	26,50	26,67	27,38	21,74	20,31	22,23	22,05	21,30	22,23	26,00	27,06
Qz	2,62	0,85	1,05	3,28	0,25	0,00	0,00	0,00	0,74	2,65	0,00	1,00	1,25	1,14	0,00	0,00

Episódio Quixaba: OLM= olivina melaneferinitos

Continuação da tabela 9.

Rocha	OLM					PIM										
Amostra	99FN55	99FN55	99FN55	99FN55	99FN55	97FN8	97FN8	97FN8	97FN8	97FN13c	97FN32d	97FN32d	97FN32d	97FN32d	97FN32d	97FN32d
Grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	41,94	41,82	41,63	41,38	41,28	46,73	43,45	43,85	46,32	46,33	42,27	41,60	42,23	41,49	42,30	42,18
TiO ₂	0,06	0,08	0,05	0,12	0,05	0,05	0,08	0,08	0,15	0,09	0,15	0,05	0,09	0,08	0,14	0,07
Al ₂ O ₃	33,10	33,69	33,66	33,59	33,49	31,32	33,43	33,64	31,96	32,83	33,13	33,11	33,27	33,20	33,44	33,47
Fe ₂ O ₃	1,20	1,06	1,19	1,06	1,25	0,73	1,05	0,89	0,94	0,89	0,99	1,09	0,99	1,19	1,13	1,15
MnO	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,04	0,02	0,03
MgO	0,36	0,11	0,12	0,32	0,63	0,05	0,01	0,02	0,02	0,00	0,06	0,01	0,00	0,11	0,05	0,02
CaO	1,04	0,69	0,61	0,65	0,70	0,49	0,79	0,77	0,60	0,55	0,49	0,85	0,50	0,87	0,46	0,44
Na ₂ O	14,38	14,53	14,41	14,47	13,68	15,71	16,18	16,35	16,31	17,02	14,48	14,62	14,66	14,68	14,64	15,12
K ₂ O	8,03	8,20	8,26	7,98	7,74	3,54	4,83	4,78	3,85	3,68	7,15	7,13	7,16	6,99	6,99	7,22
SrO	0,06	0,07	0,14	0,07	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,14	0,07	0,14	0,13	0,17
BaO	0,01	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,08	0,08	0,11	0,17	0,12	0,25
TOTAL	100,17	100,39	100,10	99,65	98,97	98,61	99,81	100,38	100,26	101,41	98,93	98,69	99,13	98,95	99,40	100,10
mol %																
Ne	72,87	72,42	72,33	72,88	72,06	78,20	81,25	80,95	80,25	82,04	73,30	75,11	73,82	75,87	74,28	75,33
Ks	27,13	27,58	27,67	27,12	26,92	12,22	16,49	16,30	13,01	12,25	24,53	24,67	24,45	24,13	23,83	24,17
Qz	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	9,58	2,27	2,75	6,74	5,71	2,17	0,23	1,73	0,00	1,89	0,51

mfeno= microfenocristal

Episódio Quixaba: OLM= olivina melaneferinitos; PIM= piroxênio melaneferinitos

Continuação da tabela 9.

Rocha	PIM															
	97FN32d	97FN32d	97FN38	97FN38	97FN38	97FN38	97FN40	97FN40	99FN14	99FN14	99FN14	99FN14	99FN14	99FN15	99FN15	99FN37
Amostra	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	fenó	matriz	matriz	matriz	matriz	mfeno	matriz	matriz	matriz
Grão																
SiO ₂	42,68	42,21	47,06	44,26	44,05	44,57	45,93	45,31	42,92	43,19	43,20	42,55	42,87	50,91	49,28	44,51
TiO ₂	0,12	0,08	0,19	0,04	0,06	0,09	0,02	0,10	0,14	0,06	0,15	0,07	0,12	0,11	0,09	0,05
Al ₂ O ₃	33,40	33,79	30,64	33,53	33,54	35,43	33,18	33,41	32,90	33,23	33,16	32,90	33,13	28,66	29,35	32,46
Fe ₂ O ₃	1,06	1,13	0,74	0,74	0,76	0,88	0,74	0,66	1,16	1,09	1,10	1,15	0,95	0,65	0,70	1,04
MnO	0,05	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,06
CaO	0,96	1,80	1,99	1,16	1,35	1,23	1,01	1,10	0,19	0,20	0,13	0,11	0,35	0,08	0,09	1,24
Na ₂ O	14,52	14,25	15,52	16,63	16,35	15,22	16,68	16,31	15,00	15,28	15,22	14,94	14,63	15,52	15,19	16,37
K ₂ O	6,39	5,86	3,00	4,44	4,41	4,43	3,59	4,21	6,56	6,83	6,50	7,16	6,98	2,37	3,24	3,51
SrO	0,14	0,11	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,06	0,02	0,05	0,00	0,00	0,16
BaO	0,05	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,18	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,07
TOTAL	99,38	99,37	99,17	100,81	100,57	101,84	101,16	101,13	98,90	100,14	99,51	98,90	99,11	98,37	98,05	99,46
mol %																
Ne	75,30	77,51	81,06	82,18	82,13	78,85	82,13	80,60	75,11	75,04	75,31	74,14	73,20	75,39	74,56	83,95
Ks	22,34	21,33	10,88	15,29	15,39	15,75	12,33	14,57	22,06	22,65	21,69	23,85	23,74	8,04	11,05	12,25
Qz	2,36	1,16	8,06	2,53	2,48	5,40	5,54	4,84	2,83	2,31	3,00	2,00	3,06	16,57	14,38	3,80

fenó= fenocristal

Episódio Quixaba: PIM= piroxênio melaneferinitos

Continuação da tabela 9.

Rocha	PIM		BAS				
Amostra	99FN37	99FN37	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4	99FN4
Grão	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
SiO ₂	48,26	45,34	45,89	45,80	45,90	45,60	50,35
TiO ₂	0,16	0,12	0,13	0,03	0,09	0,07	0,08
Al ₂ O ₃	31,91	33,30	32,81	32,47	32,48	32,55	30,38
Fe ₂ O ₃	0,67	0,98	0,71	0,69	0,61	0,63	0,57
MnO	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02
MgO	0,00	0,07	0,07	0,03	0,02	0,02	0,03
CaO	0,63	1,40	0,87	0,75	0,73	0,84	0,51
Na ₂ O	16,26	15,62	15,98	15,66	16,20	16,22	16,32
K ₂ O	2,66	3,64	3,96	3,81	3,88	3,94	2,35
SrO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,00	0,06	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,60	100,55	100,47	99,26	99,92	99,89	100,60
mol %							
Ne	79,92	81,21	79,46	78,68	79,61	80,06	78,42
Ks	9,13	12,93	13,69	13,32	13,39	13,62	7,94
Qz	10,96	5,86	6,85	8,00	7,00	6,32	13,63

Episódio Quixaba: PIM= piroxênio melaneferinitos; BAS= basanitos

Tabela 10: Análises químicas das rochas de Fernando de Noronha.

Rocha	Basanito							Tefrito	Essexito	Tefrif.
Amostra	97FN10c	97FN53b	97FN15a	97FN14	97FN23	97FN43b	97FN33c	97FN43a	97FN42	97FN53c
SiO ₂	40,18	41,47	41,51	42,21	42,45	42,94	44,20	45,80	49,89	51,64
TiO ₂	4,26	2,53	3,68	3,19	3,37	2,68	2,59	2,20	1,47	1,25
Al ₂ O ₃	13,09	12,69	11,60	9,49	10,93	13,32	15,00	15,64	17,80	19,17
Fe ₂ O _{3total}	13,62	10,54	12,63	12,92	13,21	10,72	9,80	8,54	5,84	4,86
MnO	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18	0,18	0,19	0,16	0,13
MgO	7,17	8,94	8,68	13,27	11,16	10,57	5,12	6,31	3,74	1,70
CaO	11,66	10,24	11,35	11,19	10,53	10,29	9,36	9,03	5,48	3,77
Na ₂ O	3,01	4,36	2,44	2,31	2,87	4,32	5,63	4,16	5,93	6,76
K ₂ O	1,21	2,19	2,04	1,45	2,21	2,10	1,92	3,10	4,53	5,34
P ₂ O ₅	1,03	0,56	1,90	0,63	0,85	0,55	0,80	0,52	0,36	0,34
LOI	3,16	5,72	3,70	2,49	1,90	2,93	4,65	3,62	3,64	5,50
Total	98,57	99,42	99,69	99,33	99,67	100,59	99,25	99,11	98,85	100,45
Ba	865,26	783,91	624,07	510,18	558,00	734,59	1025,25	1078,36	646,00	1180,00
Rb	25,16	43,13	31,26	53,02	49,10	61,94	69,08	31,80	121,90	172,93
Sr	1170,00	1177,07	1270,00	960,85	1022,50	1090,00	1039,16	1768,46	1033,00	1500,00
Y	38,15	25,54	35,73	28,00	35,00	24,33	31,64	28,93	27,00	22,14
Zr	294,41	324,34	380,47	270,97	355,90	293,13	506,58	406,13	526,60	705,89
Nb	63,06	97,93	83,73	69,67	71,00	60,97	137,88	130,65	70,00	125,30
Th	5,83	9,87	9,74	7,34	10,00	7,52	17,11	11,43	14,50	25,39
Pb	-5,00	-5,00	15,23	-5,00	7,20	-5,00	8,52	-5,00	12,00	17,36
Ga	18,95	21,29	24,65	18,24	18,00	12,97	26,35	23,21	24,90	33,29
Zn	-30,00	76,09	111,76	57,49	114,10	-30,00	120,89	71,40	99,20	70,98
Cu	20,28	44,20	44,12	53,30	53,10	-10,00	43,98	32,31	19,30	-10,00
Ni	44,73	208,14	139,93	358,89	309,60	88,66	117,86	126,63	72,30	-15,00
V	336,94	217,88	299,07	275,13	257,00	244,77	222,43	177,87	104,00	107,52
Cr	99,39	318,94	227,85	505,06	303,00	326,12	194,10	219,28	104,00	21,34
Hf	7,16	6,47	8,93	6,59	8,90	5,81	9,01	7,55	7,60	11,03
Cs	1,11	0,93	1,98	1,20	1,00	0,54	2,74	0,78	2,40	2,82
Sc					20,00				9,00	
Ta	4,82	4,73	4,99	3,98	4,70	4,53	6,58	6,08	3,50	4,44
Co	23,33	47,63	46,37	55,00	44,60	20,06	34,75	28,41	20,50	9,78
U	1,59	2,56	2,35	1,65	2,17	2,35	5,98	3,68	5,90	9,10
W	-0,50	0,81	1,18	0,95	0,50	-0,50	0,74	0,78	1,02	1,64
Sn	1,08	3,59	2,84	1,56	1,00	-1,00	1,73	1,56		1,42
Mo	-2,00	3,44	3,52	2,14	2,00	-2,00	2,37	3,31		6,23
La	65,17	69,91	85,53	60,42	81,00	59,68	99,85	116,79	115,00	88,13
Ce	135,43	120,59	165,84	117,29	169,00	106,50	178,90	182,40	167,00	126,12
Pr	17,41	12,99	19,96	13,84	19,90	12,15	18,35	17,99	14,50	11,73
Nd	72,20	52,47	75,58	59,00	75,00	44,86	70,21	66,50	43,00	37,23
Sm	14,05	9,55	13,89	10,99	12,90	8,34	11,81	10,93	6,60	5,92
Eu	4,57	2,93	4,47	3,24	4,00	2,75	3,56	3,25	1,91	1,82
Gd	12,35	7,42	12,12	8,93	10,80	7,36	9,69	8,36	5,50	4,96
Tb	1,67	1,06	1,57	1,24	1,43	0,99	1,31	1,18	0,80	0,73
Dy	8,20	5,15	7,77	5,96	6,90	5,00	6,40	5,62	3,80	3,76
Ho	1,39	0,88	1,29	1,00	1,16	0,86	1,11	0,99	0,71	0,73
Er	3,53	2,18	3,17	2,42	2,50	2,16	2,84	2,53	1,96	2,11
Tm	0,41	0,28	0,37	0,30	0,31	0,27	0,37	0,33	0,30	0,31
Yb	2,27	1,54	2,05	1,56	1,62	1,55	2,07	1,89	1,79	2,08
Lu	0,28	0,18	0,27	0,16	0,22	0,21	0,24	0,22	0,24	0,29
F										
Na+K/Al	0,47	0,75	0,57	0,58	0,68	0,70	0,73	0,68	0,87	0,93

Rochas do episódio Remédios.

tefrif. = tefritonólito

Continuação da tabela 10.

Rocha	Tefrif.	FP				FAGI		FAGI	FAGII	
Amostra	97FN11a	WWF-SG	89FN71*	91FN127*	89FN88*	89FN47*	97FN28	97FN16	89FN46*	89FN6c*
SiO ₂	53,01	55,24	55,71	55,85	55,97	56,10	56,50	56,88	57,64	57,69
TiO ₂	0,66	0,30	0,29	0,51	0,19	0,18	0,16	0,17	0,17	0,18
Al ₂ O ₃	19,49	21,99	22,38	21,28	21,28	21,02	21,33	22,06	20,99	20,82
Fe ₂ O ₃ total	3,17	2,71	2,27	2,64	2,03	2,68	2,15	2,14	2,19	2,24
MnO	0,16	0,13	0,11	0,13	0,12	0,14	0,15	0,14	0,17	0,21
MgO	0,64	0,16	0,41	0,80	0,05	0,04	0,23	0,18	0,07	0,06
CaO	3,16	1,66	1,23	2,12	1,12	0,88	0,28	1,33	0,65	0,55
Na ₂ O	6,21	9,98	6,32	8,35	11,05	9,96	8,17	9,60	10,75	10,79
K ₂ O	5,25	5,98	5,81	5,87	5,66	5,98	5,15	6,18	5,34	5,07
P ₂ O ₅	0,14	0,04	0,04	0,10	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
LOI	6,36	1,32	2,75	1,68	2,48	3,25	4,96	2,18	1,55	2,03
Total	98,25	99,51	97,32	99,33	99,98	100,25	99,11	100,88	99,54	99,66
Ba	1160,00	962,48	221,00	417,00	154,00	26,00	10,00	4,51	32,00	21,00
Rb	118,83	195,61	182,00	199,00	218,00	240,00		235,67	295,00	323,00
Sr	1970,00	1575,92	356,00	736,00	321,00	33,00	36,00	79,96	0,00	0,00
Y	26,57	14,61	11,00	18,00	15,00	16,00	15,00	12,24	20,00	26,00
Zr	1020,00	719,85	754,00	737,00	778,00	848,00	1533,00	959,50	1195,00	1549,00
Nb	205,44	104,28	82,00	110,00	78,00	93,00		103,32	127,00	148,00
Th	29,86	28,63		24,90				34,09		
Pb	18,24	10,41	13,00	14,00	16,00	24,00		15,27	24,00	25,00
Ga	32,43	32,64						40,10		
Zn	77,19	66,90	96,00	101,00	109,00	114,00	182,00	54,33	150,00	178,00
Cu	-10,00	-10,00					15,00	-10,00		
Ni	-15,00	211,22					16,00	-15,00		
V	61,69	30,79	29,00	47,00	24,00	15,00	15,00	15,11	11,00	11,00
Cr	-20,00	-20,00	20,00	20,00	20,00		15,00	-20,00		20,00
Hf	17,92	9,31		10,00				13,82		
Cs	3,41	2,56		3,50				3,62		
Sc				0,00			10,00			
Ta	5,94	1,57		4,10				1,54		
Co	1,50	1,12					15,00	-1,00		
U	7,63	8,80						11,19		
W	0,75	0,59						-0,50		
Sn	1,87	-1,00						-1,00		
Mo	2,27	-2,00						-2,00		
La	139,35	84,54	94,00	97,80	86,00	95,00	155,00	88,12	123,00	149,00
Ce	190,49	93,07	80,00	129,00	78,00	93,00		87,20	96,00	120,00
Pr	15,92	6,50						5,25		
Nd	44,15	17,45		37,00				10,92		
Sm	5,76	2,12		8,01				1,19		
Eu	1,71	0,64		1,90				0,36		
Gd	4,83	1,69						1,15		
Tb	0,72	0,31		0,50				0,20		
Dy	4,04	1,81						1,27		
Ho	0,84	0,40						0,34		
Er	2,56	1,45						1,30		
Tm	0,40	0,27						0,25		
Yb	2,66	1,79		1,50				1,96		
Lu	0,35	0,31		0,29				0,32		
F										
Na+K/Al	0,87	1,06	0,80	0,98	1,15	1,11	0,92	1,05	1,12	1,11

Rochas do Episódio Remédios.

tefrif.=tefrifonólito

* Lopes (1997); FP= fonólito porfirítico; FAGI e FAGII = fonólitos afíricos dos grupos I e II respectivamente

Continuação da tabela 10.

Rocha	FAGII		Álc-bas	Traq. basáltico		Traquiandesito		Traquito		Lamp I
Amostra	89FN6	89FN66*	97FN35b	97FN6b	97FN26b	97FN5b	97FN3c	97FN57	89FN28*	97FN4b
SiO ₂	58,56	58,85	45,63	49,61	53,20	56,33	57,08	60,26	60,68	44,72
TiO ₂	0,17	0,18	3,22	2,36	1,94	1,42	1,18	0,42	0,39	2,40
Al ₂ O ₃	20,87	20,27	15,17	17,15	19,28	19,07	18,98	19,17	19,47	17,91
Fe ₂ O _{3total}	2,26	2,41	12,69	5,99	6,89	4,24	4,57	2,74	2,14	7,71
MnO	0,21	0,25	0,21	0,15	0,11	0,11	0,21	0,19	0,13	0,16
MgO	0,04	0,32	4,99	3,15	1,79	1,63	1,25	0,53	0,32	2,98
CaO	0,58	0,71	9,59	5,80	2,09	3,92	4,10	2,47	1,88	6,81
Na ₂ O	10,72	10,03	3,43	3,08	3,30	5,10	5,96	6,77	6,80	5,85
K ₂ O	5,16	4,70	2,10	4,85	5,56	4,45	4,68	5,24	5,90	2,92
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,76	0,90	0,46	0,27	0,19	0,04	0,05	1,67
LOI	0,99	1,52	1,59	6,02	4,41	3,53	1,45	2,22	1,96	7,15
Total	99,57	99,25	99,38	99,06	99,03	100,07	99,65	100,05	99,72	100,27
Ba	3,40	9,00	457,00	946,00	1572,00	1080,00	1191,00	1233,60	1065,00	1070,00
Rb	296,90	364,00	59,00	142,00		119,49	142,50	167,57	210,00	80,52
Sr	8,90	28,00	963,80	820,80	1719,00	1320,00	1329,10	1075,26	725,00	1620,00
Y	23,00	37,00	41,00	40,00	29,00	41,47	40,00	21,55	14,00	30,07
Zr	1460,50	1764,00	417,20	567,90	724,00	739,47	791,60	1018,41	885,00	393,47
Nb	124,00	191,00	66,00	116,00		150,58	140,00	113,60	98,70	137,95
Th	46,00		7,60	19,80		18,98	22,60	24,16		13,48
Pb	30,00	40,00	6,20	13,29		-5,00	14,70	-5,00	8,00	14,45
Ga	48,80		24,70	26,60		26,22	27,00	28,34		26,33
Zn	161,60	227,00	126,40	97,00	147,00	-30,00	95,30	-30,00	87,00	94,34
Cu	0,70		22,80	7,90	16,00	-10,00	4,20	-10,00		-10,00
Ni	7,70		38,70	23,60	27,00	-15,00	17,90	-15,00		62,44
V	8,47	10,00	288,00	164,00	159,00	86,81	71,00	31,27	36,00	171,77
Cr	20,00	20,00		229,00	15,00	-20,00		-20,00		37,26
Hf	22,00		10,90	13,00		15,15	17,10	16,12		6,80
Cs			2,00	1,90		2,06	2,40	3,83		3,67
Sc			18,00	5,00	10,00		10,00			
Ta	2,10		4,80	8,10		11,25	10,00	3,15		7,14
Co	-3,40		34,50	19,10	15,00	3,99	8,00	-1,00		15,81
U	21,00		1,75	4,70		4,39	5,19	5,40		3,67
W	0,66		0,90	1,93		0,98	2,80	0,24		1,79
Sn			3,00			2,16	2,00	-1,00		1,94
Mo			2,00			2,38	7,00	-2,00		6,07
La	132,00	170,00	64,00	120,00	100,00	128,82	145,00	121,34	105,00	92,13
Ce	138,00	166,00	142,00	224,00		238,49	266,00	171,71	116,00	157,01
Pr	8,30		17,60	24,00		26,52	27,00	13,21		17,05
Nd	16,73		68,00	83,00		89,27	86,00	38,75		59,44
Sm	1,60		12,40	13,10		14,28	12,00	4,57		10,23
Eu	0,34		3,70	3,90		4,44	3,50	1,35		3,30
Gd	1,44		10,80	10,60		11,47	9,40	3,65		9,02
Tb			1,49	1,50		1,59	1,36	0,52		1,20
Dy	1,67		7,60	7,10		8,26	6,60	2,90		5,94
Ho	0,40		1,39	1,33		1,47	1,29	0,59		1,04
Er	1,52		3,40	3,20		3,95	3,40	1,96		2,74
Tm			0,44	0,43		0,53	0,51	0,33		0,34
Yb	2,50		2,50	2,70		3,12	3,00	2,17		2,07
Lu	0,41		0,36	0,32		0,42	0,42	0,36		0,27
F										
Na+K/Al	1,11	1,06	0,53	0,69	0,69	0,74	0,83	0,92	0,80	0,71

Rochas do Episódio Remédios.

* Lopes (1997); FAGII = fonólitos afíricos do grupo II

Álc-bas= álcali basalto; traq. basáltico= traquiandesito basáltico; lamp I= lamprófito tipo I

Continuação da tabela 10.

Rocha	Lam I		Lamp II	Lamp III	Lamp IV
Amostra	97FN43c	97FN11b	97FN3a	97FN7	97FN25
SiO ₂	44,63	44,96	41,66	40,01	46,23
TiO ₂	2,28	3,28	4,20	3,86	2,26
Al ₂ O ₃	18,31	16,10	13,27	12,05	18,30
Fe ₂ O _{3total}	6,50	9,16	12,92	12,54	4,79
MnO	0,14	0,18	0,20	0,21	0,12
MgO	3,50	4,18	6,29	9,97	2,50
CaO	6,00	8,77	12,17	12,53	5,73
Na ₂ O	1,26	3,86	1,81	2,97	1,90
K ₂ O	4,56	2,61	2,26	1,83	3,67
P ₂ O ₅	1,15	1,05	1,29	0,62	0,97
LOI	11,46	6,36	2,86	2,44	11,10
Total	99,79	100,50	98,93	99,03	97,57
Ba	1280,00	901,35	726,58	906,36	1330,00
Rb	139,29	66,38	55,25	47,08	96,46
Sr	1280,00	1540,00	1719,06	1744,19	1520,00
Y	30,49	38,23	41,09	40,80	34,82
Zr	496,99	348,94	460,35	382,58	535,83
Nb	162,41	67,10	108,87	116,94	178,47
Th	22,37	9,95	10,01	8,45	21,96
Pb	17,85	-5,00	-5,00	5,21	11,93
Ga	27,39	16,00	27,34	22,18	28,25
Zn	74,27	-30,00	130,50	122,43	80,01
Cu	11,98	-10,00	53,94	51,33	-10,00
Ni	-15,00	-15,00	81,30	295,47	19,63
V	165,25	259,19	330,38	293,97	187,42
Cr	-20,00	-20,00	43,25	303,45	-20,00
Hf	7,81	7,33	10,69	8,29	8,98
Cs	2,01	1,03	0,89	0,55	4,33
Sc					
Ta	8,30	5,91	6,27	5,37	9,45
Co	11,48	10,07	41,89	48,22	8,77
U	4,87	2,79	2,79	2,17	5,46
W	1,26	0,90	0,46	0,68	1,36
Sn	1,67	-1,00	2,81	6,31	1,65
Mo	-2,00	4,10	-2,00	2,57	3,82
La	102,13	93,33	93,51	84,25	113,80
Ce	166,17	175,60	188,13	158,72	190,75
Pr	17,36	20,81	21,42	18,36	20,51
Nd	59,29	78,25	90,41	78,15	70,47
Sm	9,64	13,76	16,47	14,36	11,61
Eu	3,12	4,45	5,05	4,29	3,74
Gd	8,52	12,20	13,82	11,61	10,35
Tb	1,16	1,60	1,90	1,63	1,38
Dy	5,86	7,89	9,05	8,11	6,90
Ho	1,06	1,38	1,48	1,38	1,24
Er	2,85	3,43	3,69	3,53	3,27
Tm	0,37	0,42	0,44	0,45	0,42
Yb	2,29	2,39	2,31	2,44	2,50
Lu	0,30	0,31	0,26	0,28	0,34
F					
Na+K/Al	0,49	0,59	0,46	0,58	0,46

Lamprófiros do Episódio Remédios.

* Ulbrich *et al.* (1994a)

Continuação da tabela 10.

Rocha	MEM			OLM				PIM		
Amostra	97FN31	91FN110	99FN63	97FN32b	97FN20	97FN58a	97FN21	97FN13c	97FN45	97FN8
SiO ₂	37,27	38,32	38,92	37,88	39,40	39,48	39,88	40,13	41,27	40,81
TiO ₂	3,96	3,59	3,93	4,68	3,61	3,81	3,60	3,82	3,82	3,75
Al ₂ O ₃	10,95	10,60	9,89	9,98	11,18	10,63	11,07	9,79	10,51	10,43
Fe ₂ O _{3total}	14,39	13,70	13,68	15,12	13,49	13,02	13,67	13,13	13,10	14,08
MnO	0,23	0,21	0,20	0,22	0,20	0,21	0,24	0,18	0,18	0,19
MgO	11,25	12,86	12,51	11,63	12,73	12,35	11,89	10,96	10,17	10,11
CaO	13,06	13,08	14,42	12,90	12,71	12,89	12,62	11,98	12,03	12,33
Na ₂ O	3,96	3,60	2,96	2,29	2,80	3,78	3,67	3,94	3,68	4,16
K ₂ O	1,79	2,12	1,40	0,89	1,13	1,97	1,20	0,79	0,91	1,02
P ₂ O ₅	1,07	0,94	1,11	0,95	1,02	0,80	0,92	1,91	0,90	1,09
LOI	1,27	0,11	2,16	2,93	2,50	0,04	1,69	2,08	2,94	1,23
Total	99,20	99,13	101,18	99,47	100,77	98,98	100,45	98,71	99,51	99,20
Ba	951,00	779,00	956,00	610,23	813,65	773,00	789,00	721,00	841,70	731,66
Rb	49,50	50,00	45,50	16,60	20,38	45,70	25,30	42,90	29,53	25,68
Sr	1368,00	959,00	915,60	1017,22	1030,00	1008,70	956,90	939,00	996,52	1034,55
Y	43,00	28,00	33,00	30,18	31,47	36,00	34,00	36,00	32,23	32,08
Zr	307,60	267,00	314,80	318,74	299,96	335,30	315,10	392,30	248,03	386,96
Nb	107,00		115,00	112,19	108,51	106,00	97,00	79,00	67,91	67,66
Th	16,20	9,40	9,20	8,27	7,11	9,00	8,10	6,80	6,30	6,45
Pb	8,70		4,10	-5,00	-5,00	1,87	4,30	4,40	-5,00	-5,00
Ga	17,80		17,10	20,39	19,10	15,90	17,40	17,60	9,94	12,91
Zn	115,50	125,00	98,60	111,81	-30,00	111,70	103,10	120,00	-30,00	-30,00
Cu	51,00	126,00	60,00	50,00	22,55	36,90	39,70	50,80	-10,00	33,29
Ni	183,10	186,00	233,90	205,37	70,40	138,00	146,70	256,20	51,59	131,24
V	284,00	289,00	289,00	333,79	295,82	280,00	269,00	255,00	271,03	213,26
Cr	247,00	411,00		330,38	381,19	333,00	269,00	321,00	252,85	258,32
Hf	7,70	7,10	8,30	7,71	6,52	8,20	7,80	6,50	8,98	8,84
Cs	0,70			1,01	0,81	0,80	0,60	1,10	3,00	0,77
Sc	22,00	29,00				25,00	24,00	25,00		
Ta	6,70	6,90	7,90	6,34	6,91	7,20	6,70	5,40	5,57	5,23
Co	45,90	90,00	44,70	63,57	39,00	43,80	51,10	42,00	14,82	23,64
U	2,30	2,60	2,50	1,30	1,87	2,12	1,59	1,73	1,72	1,60
W	2,90		1,28	0,52	-0,50	1,57	1,38	2,30	-0,50	0,43
Sn				2,60	1,46				-1,00	-1,00
Mo				-2,00	2,72				-2,00	-2,00
La	115,00	70,00	79,00	66,38	64,29	78,00	70,00	71,00	65,33	73,06
Ce	233,00	143,00	157,00	130,95	126,62	162,00	145,00	154,00	131,64	143,92
Pr	27,00		18,30	15,21	15,55	19,10	17,30	18,80	16,39	17,12
Nd	99,00	58,00	68,00	66,33	60,39	73,00	67,00	72,00	64,03	73,40
Sm	16,40	11,20	11,80	12,59	11,35	12,70	11,60	13,20	12,13	13,82
Eu	5,09	3,50	3,70	3,84	3,77	4,00	3,90	4,10	3,95	4,17
Gd	13,20		10,20	10,25	10,07	11,10	10,20	11,30	10,77	11,38
Tb	1,80	1,32		1,40	1,32	1,40	1,30	1,40	1,42	1,54
Dy	8,50		6,00	6,60	6,56	6,90	6,40	7,30	6,92	7,18
Ho	1,45		1,09	1,05	1,11	1,22	1,20	1,22	1,16	1,15
Er	3,20		2,40	2,56	2,73	2,60	2,50	2,80	2,77	2,80
Tm	0,42			0,30	0,31	0,33	0,31	0,33	0,32	0,31
Yb	2,20	1,50	1,61	1,61	1,83	1,70	1,91	1,97	1,74	1,68
Lu	0,27	0,20	0,18	0,17	0,24	0,25	0,23	0,22	0,23	0,15
F	1798			1988	1674	1198		1596	1642	
Na+K/Al	0,76	0,79	0,64	0,46	0,51	0,79	0,63	0,69	0,63	0,71

Rochas do Episódio Quixaba.

MEM= melilita melaneferinito; OLM= olivina melaneferinito; PIM= piroxênio melaneferinito

Continuação da tabela 10.

Rocha	PIM		BAS Ilha principal			BAS São José		BAS Cuscuz
Amostra	97FN38	97FN40	97FN41	89FN78a	99FN22	89FN79	99FN10b	99FN9a
SiO ₂	42,51	42,53	44,87	45,05	45,75	44,96	45,22	45,42
TiO ₂	2,82	3,05	3,06	3,01	2,95	2,61	2,57	2,56
Al ₂ O ₃	11,20	11,48	12,07	11,19	11,82	12,32	12,01	11,75
Fe ₂ O _{3total}	12,93	13,20	12,45	12,90	12,70	12,09	11,99	12,30
MnO	0,19	0,20	0,18	0,19	0,16	0,18	0,16	0,16
MgO	10,27	10,40	9,71	9,28	9,84	10,21	10,39	10,95
CaO	11,84	11,95	10,72	11,01	10,89	10,99	10,83	11,35
Na ₂ O	3,83	3,69	4,21	3,46	3,48	3,24	3,07	3,01
K ₂ O	1,13	1,00	1,54	1,01	1,30	1,21	0,99	0,88
P ₂ O ₅	0,79	0,82	1,32	0,77	0,71	0,69	0,69	0,72
LOI	1,65	1,20	0,30	1,54	1,21	0,41	1,85	1,28
Total	99,16	99,52	100,43	99,41	100,81	98,91	99,77	100,38
Ba	1338,80	741,00	699,66	564,93	736,00	447,00	491,00	419,00
Rb	18,37	16,00	26,01	40,56	35,30	29,80	22,20	24,20
Sr	972,77	922,27	828,92	878,65	794,10	762,30	1253,70	880,90
Y	43,46	28,68	29,60	30,51	34,00	32,00	33,00	29,00
Zr	252,92	236,44	229,02	340,27	213,80	219,40	226,50	218,50
Nb	96,28	83,57	80,88	85,47	67,00	58,00	57,00	54,00
Th	14,02	6,57	9,82	6,27	10,40	6,30	5,90	5,50
Pb	8,33	-5,00	12,53	-5,00	6,10	5,00	4,40	3,20
Ga	19,69	16,81	22,26	20,72	16,30	14,80	16,50	16,20
Zn	120,38	-30,00	106,62	126,89	108,90	124,00	97,50	106,30
Cu	46,92	37,22	43,41	56,60	45,00	56,20	55,60	51,10
Ni	163,73	175,51	140,10	305,82	177,00	244,20	259,80	271,40
V	258,01	224,87	248,78	220,73	214,00	182,00	179,00	172,00
Cr	428,79	297,54	282,55	345,36		260,00		
Hf	5,72	5,24	5,66	7,42	5,30	5,60	5,70	5,40
Cs	1,62	0,72	0,83	0,73		0,30		
Sc						21,00		
Ta	4,37	5,61	3,95	4,83	3,60	3,90	3,70	3,30
Co	54,25	38,99	49,39	69,86	40,60	42,00	41,50	40,10
U	1,74	1,88	1,25	1,62	1,39	1,71	1,98	1,57
W	2,43	0,82	2,63	0,86	2,40	0,30	1,69	1,55
Sn	2,65	-1,00	2,16	2,11		1,00		
Mo	5,08	-2,00	7,01	2,02		2,00		
La	79,17	62,55	85,70	55,58	91,00	50,00	51,00	48,00
Ce	134,91	116,56	138,62	106,84	156,00	106,00	109,00	101,00
Pr	14,93	13,08	15,37	12,51	16,60	12,80	12,80	12,20
Nd	61,53	54,40	54,81	53,65	58,00	50,00	49,00	47,00
Sm	11,63	10,34	10,16	10,77	10,00	9,20	9,40	8,70
Eu	3,58	3,19	3,32	3,34	3,20	3,06	3,10	2,90
Gd	9,77	8,36	9,13	8,93	8,80	8,40	8,60	8,00
Tb	1,39	1,18	1,26	1,28		1,17		
Dy	6,75	5,75	6,27	6,28	6,10	5,90	5,60	5,30
Ho	1,20	0,95	1,08	1,04	1,06	1,04	1,01	1,00
Er	3,08	2,39	2,71	2,63	2,40	2,40	2,30	2,20
Tm	0,39	0,30	0,32	0,32		0,30		
Yb	2,01	1,59	1,92	1,71	1,67	1,74	1,65	1,53
Lu	0,22	0,17	0,24	0,20	0,22	0,22	0,22	0,17
F			1104					
Na+K/Al	0,64	0,59	0,69	0,58	0,58	0,52	0,49	0,48

Rochas do Episódio Quixaba.

PIM= piroxênio melaneferinito; BAS= basanita

XENÓLITOS DE ORIGEM SUBVULCÂNICA NA FORMAÇÃO REMÉDIOS, ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA: PETROLOGIA, TEXTURA E QUÍMICA MINERAL

M.N.C. Ulbrich

Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências - USP, Rua do Lago, 562,
CEP 05508-900, São Paulo, SP

R.P. Lopes

Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências - USP, Rua do
Lago, 562, CEP 05508-900, São Paulo, SP

Geochim. Brasil., 14(1): 097-114, 2000

Recebido em 12/00; aprovado para publicação em 06/01

XENÓLITOS DE ORIGEM SUBVULCÂNICA NA FORMAÇÃO REMÉDIOS, ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA: PETROGRAFIA, TEXTURA E QUÍMICA MINERAL

M.N.C. Ulbrich¹ & R. P. Lopes²

¹Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências – USP, Rua do Lago, 562, CEP 05508-900, São Paulo, SP

²Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências – USP, Rua do Lago 562, CEP 05508-900, São Paulo, SP

Recebido em 12/00; aprovado para publicação em 06/01

ABSTRACT

Xenoliths of clinopyroxenites and clinopyroxene hornblendites with cumulatic texture, kaersutite gabbros with cumulatic to hypidiomorphic texture, layered kaersutite diorites, a kaersutite monzogabbro and monzodiorites with alkali feldspar oikocrysts are found within pyroclastic rocks of the Remédios Formation, Fernando de Noronha. The parental magmas were alkaline, SiO₂-saturated and rich in H₂O. The petrography and mineral chemistry, mainly of pyroxenes, suggest grain accumulation and fractionation within subvolcanic magma chambers. Geothermometry and oxygen barometry based on a magnetite-ilmenite pair from a clinopyroxene hornblendite indicated $T = 800^{\circ}\text{C}$ ($\pm 40\text{--}80^{\circ}\text{C}$) e $f_{\text{O}_2} = 10^{-14.5}$

RESUMO

Xenólitos de clinopiroxenitos e clinopiroxênio hornblenditos com textura cumulática, kaersutita gabros com textura cumulática a hipidiomórfica, kaersutita dioritos bandados, kaersutita monzogabro e monzodioritos com oikocristais de feldspato alcalino ocorrem como fragmentos nas rochas piroclásticas da Formação Remédios, Fernando de Noronha, cristalizados de magmas parentais alcalinos, saturados em SiO₂ e ricos em H₂O. A petrografia e a química mineral, principalmente do piroxênio, sugerem acumulação de cristais e fracionamento em uma ou várias câmaras magmáticas subvulcânicas. Geotermometria no par magnetita-ilmenita de clinopiroxênio hornblendito indicou $T=800^{\circ}\text{C}$ ($\pm 40\text{--}80^{\circ}\text{C}$) e $f_{\text{O}_2}=10^{-14.5}$

INTRODUÇÃO

O termo xenólito emprega-se para denominar os enclaves ou nódulos encontrados em rochas magmáticas ou até em rochas piroclásticas, caracterizados por composições diferentes daquelas que aparecem expostas formando corpos diversos no terreno. Nas ilhas oceânicas, certamente, os que merecem maior atenção são os xenólitos de rochas ultramáficas, com características químicas e isotópicas de material mantélico. Contudo, na literatura, o significado do termo é mais amplo, tendo sido estendido também para fragmentos de rochas crustais, comumente cogenéticas, porém com composições mineralógicas e químicas e texturas diferentes das rochas aflorantes. É nesse sentido que o termo é utilizado neste trabalho.

Xenólitos ou enclaves "plutônicos" de rochas máficas com granulação fina a grossa e composições de clinopiroxenitos, gabros e dioritos, comumente com texturas cumuláticas, ocorrem inclusos em lavas básicas ou em tufos em várias ilhas oceânicas. Esses xenólitos fornecem evidências dos processos magmáticos que ocorreram nas porções subjacentes dos edifícios vulcânicos.

Xenólitos de piroxenitos e gabros de afinidade toleítica foram descritos no Havaí (Sen, 1987; Rudeck *et al.*, 1992; Fodor & Moore, 1994) e nas ilhas Gough (Le Maitre, 1965) e interpretados como porções cumuláticas dos próprios reservatórios magmáticos que deram origem às lavas toleíticas hospedeiras. Xenólitos de gabros com fraco metamorfismo, observados nas Ilhas Canárias, são interpretados como fragmentos de crosta oceânica

(Schmincke *et al.*, 1998). Kaersutita gabros, piroxenitos e outros xenólitos de natureza alcalina foram estudados em Tristan da Cunha e tidos como resultado da acumulação de cristais (Le Maitre, 1969). Na Ilha de São Miguel, Açores, Mattioli *et al.* (1997) atribuem a origem de fragmentos similares à existência de um único corpo lacolítico, localizado em baixa profundidade.

No arquipélago de Fernando de Noronha, na sua ilha principal, a Formação Remédios (Almeida, 1955) representa o evento vulcânico mais antigo (idades K-Ar entre 12 e 8 Ma; Cordani, 1970). Inclui um conjunto de diques, domos e *plugs* de rochas alcalinas, com composições que variam de ultrabásicas-básicas (lamprófiros, tefritos, basanitos, basaltos alcalinos) a intermediárias (traquitos e fonólitos). Trabalhos anteriores (Ulbrich, 1993; Ulbrich *et al.*, 1994) permitiram estabelecer duas séries petrográficas distintas na suíte alcalina da Formação Remédios: uma moderadamente potássica, constituída por álcali basaltos, traquiandesitos e traquitos, e a outra subsaturada, de tendência sódica, representada por basanitos, tefritos, essexitos, tefrifonólitos e fonólitos. A unidade basal desta formação é piroclástica, mostrando tanto fragmentos representativos das rochas mais típicas dessa formação como também verdadeiros xenólitos, em quantidades menores, constituídos por cumulos ultramáficos, gabros, dioritos, monzogabros e monzodioritos.

Mencionava-se, também, nos textos citados, a provável existência de um "Complexo Ígneo Central", formado por "rochas plutônicas", semelhante ao descrito por Furnes & Stillman (1987) em Cabo Ver-

de, com fundamento na presença desses fragmentos xenolíticos de rochas faneríticas nos depósitos piroclásticos (ver também Almeida, 1955).

No presente trabalho, são apresentadas as principais feições petrográficas e modais de uma coleção de 24 xenólitos, assim como os dados químicos dos seus minerais constituintes, obtidos em amostras representativas selecionadas no campo e no laboratório, a fim de estabelecer possíveis relações genéticas entre eles e, também, com as rochas alcalinas aflorantes.

AS ROCHAS PIROCLÁSTICAS DA FORMAÇÃO REMÉDIOS

A unidade basal de rochas piroclásticas da Formação Remédios aflora, particularmente, na Enseada da Caieira, na extremidade NE da ilha principal (ver mapa em Almeida, 1955 e Ulbrich *et al.*, 1994). Este depósito é composto por clastos e blocos de rochas vulcânicas-subvulcânicas, a maioria arredondada, com alguns centímetros a decímetros, colocados em matriz fina com abundantes clastos arredondados a subangulosos, milimétricos (< 2 mm) de traquitos e de cristais isolados de plagioclásio e de minerais máficos, resultantes da desagregação dos fragmentos maiores. O material intersticial é uma mistura de sílica microa criptocristalina, carbonatos e clorita. O depósito foi denominado de aglomerado por Almeida (1955), mas a denominação de brecha parece mais apropriada, tendo em vista que não contém bombas vulcânicas e que o arredondamento dos fragmentos líticos é produzido por abrasão magmática (cf. Cas & Wright, 1987).

DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS XENÓLITOS

Os xenólitos ocorrem como lapilli e blocos (a maioria entre 2 e 10 cm de diâmetro), arredondados a elipsoidais, dispersos no depósito piroclástico. Estão constituídos por rochas de granulação fina a média, raramente grossa, e as estruturas variam de maciças a orientadas, as últimas caracterizadas pela orientação planar dos minerais máficos ou, em rochas mais diferenciadas, pela alternância de bandas compostas por minerais máficos e félsicos. Alguns fragmentos são totalmente frescos, enquanto outros mostram alteração moderada a forte, principalmente caracterizada pela presença de óxidos de ferro avermelhados.

Os fragmentos são classificados de acordo com as recomendações do IUGS (Le Maître, 1989) e incluem três gabros, nove dioritos, um monzogabro e seis monzodioritos, além de cinco xenólitos ultramáficos, compostos, principalmente, por quantidades variáveis de clinopiroxênio e kaersutita com textura cumulática, que correspondem à denominação de clinopiroxenitos e clinopiroxênio hornblenditos. Esses nomes são mantidos neste trabalho, ressaltando que o termo "hornblendito" utilizado como "nome raiz" não é adequado para rochas alcalinas que possuem anfibólios sódicos e/ou potássicos, já que o termo "hornblendito" identifica um anfibólio cálcico, geralmente típico de associações cálcio-alcalinas ou alcalino-cálcicas muito diferentes das que estão sendo descritas.

Dados modais de amostras representativas dos diferentes tipos litológicos aparecem na Tabela 1.

Tabela 1 – Composições modais representativas dos xenólitos que ocorrem como fragmentos nas rochas piroclásticas da Enseada da Caieira, Fernando de Noronha.

AMOSTRA	60 F	60 F	88 Z	88 F	150 A	88 E	88 H
Rocha	1	2	3	4	5	6	7
Anfibólio	60,0	–	33,3	38,7	39,2	35,0	7,2
Cpx	20,8	52,0	48,1	22,4	3,9	5,0	3,0
Plagioclásio	–	–	1,8	29,5	49,7	43,0	62,0
Feld.alcalino	–	–	–	–	–	12,0	10,8
Opaco*	5,7	14,3	14,2	7,4	1,9	4,0	1,5
Biotita	–	–	1,1	–	1,9	–	12,5
Apatita	13,5	33,7	1,5	2,0	tr	tr	tr
Titanita	–	–	–	–	3,4	1,0	3,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00	100,0

Cpx= clinopiroxênio; Feld. alcalino = feldspato alcalino; tr= traço

*Os minerais opacos são óxidos de Fe e de Ti (ver texto)

1 – clinopiroxênio hornblendito;

2 – lentes de apatita clinopiroxenito: cpx + apatita = minerais cumulus, titanomagnetita intercumulus;

3 – kaersutita clinopiroxenito rico em opacos;

4 – kaersutita melagabro;

5 – kaersutita diorito;

6 – kaersutita monzogabro;

7 – monzodiorito.

Clinopiroxenitos e clinopiroxênio hornblenditos

Quatro xenólitos ultramáficos com diâmetro de ± 3 cm são compostos por cumulos de clinopiroxênio verde muito claro a incolor e apatita, com kaersutita e Ti-magnetita intercumulus. As proporções relativas dos minerais e as texturas são variadas. Uma das amostras é uma apatita clinopiroxenito de granulação fina (< 1 mm) com kaersutita intersticial uniformemente distribuída e escassa Ti-magnetita, com textura semelhante a dos heteradcumulos (Wager *et al.*, 1960). Em outras, o anfibólio kaersutítico ocorre ora em agregados de cristais poiquilíticos de contorno irregular, com tamanhos que variam entre 1 e 10 mm, ora formando bandas que incluem e penetram lentes de cumulos de clinopiroxênio e apatita com Ti-magnetita inter-

cumulus (e.g., am. 60 F, Figura 1 A, B; Tabela 1). Nas porções centrais das bandas mais espessas de anfibólio (± 2 cm) observam-se grãos cumulus menores (± 1 mm) do mesmo mineral, com contatos planares que se juntam em pontos tríplices. Unicamente em uma das amostras, foram encontradas escassas bandas de ± 1 mm de largura, compostas por grãos cumulus de plagioclásio cálcico com textura adcumulática.

Um outro xenólito, constituído unicamente por minerais máficos, possui kaersutita, clinopiroxênio, óxidos de Fe e Ti e, em menor proporção, titanita e apatita como grãos xenomórficos, todos invadidos e separados por finos filmes de material vítreo a criptocristalino; os cristais têm tamanho variável (1 até 10 mm), mas alguns grãos de titanita, com inclusões de apatita, alcançam 2 cm de diâmetro.

Figura 1 – Texturas dos xenólitos em seções delgadas (para detalhes ver texto).

A) Clinopiroxênio hornblendito (amostra 60 F). Lente de apatita e clinopiroxênio com titanomagnetita intersticial, bordejada por anfibólio (porção superior direita). B) Detalhe da amostra 60 F. C) Piroxênio substituído por anfibólio em kaersutita gabro (amostra 88 F). D) Kaersutita diorito bandado (amostra 88 I). Observar orientação planar dos plagioclásios. Anfibólio alterado na porção esquerda da foto. E) Oikocrystal (branco) de feldspato alcalino em monzogabro (amostra 88 E), incluindo grãos idiomórficos de anfibólio e plagioclásio zonado com núcleo alterado (no centro da foto). F) Plagioclásios com textura traquitóide em monzodiorito (amostra 88 H). Observar os grãos de anfibólio com escassos relictos de piroxênio e cristal de biotita discordante com respeito à orientação dos feldspatos.

Kaersutita gabros

São rochas de granulação fina a média (0,3 a 3 mm), com textura inequigranular hipidiomórfica, compostas, essencialmente, por kaersutita, plagioclásio, clinopiroxênio, apatita e Ti magnetita. Cumulatos de plagioclásio e clinopiroxênio, com inclusões de apatita idiomórfica e Ti-magnetita *intercumulus*, foram observados na amostra 88 F (Tabela 1). Em geral, o clinopiroxênio, de tamanho e distribuição variadas e de cor amarelo-esverdeada, às vezes exibindo zoneamento normal, encontra-se como relictos no interior de grãos xenomórficos de kaersutita (Fig. 1C). A kaersutita ocorre como cristais poiquilíticos esparsos, de até 1 cm de diâmetro, ou em grãos menores (2 a 3 mm), de contorno irregular, homogeneamente distribuídos e associados à escassa biotita. A amostra 88L, muito rica em anfibólio e com raros relictos de piroxênio amarelado, é atravessada por veios finos (± 1 mm de largura) de clinopiroxênio verde (Tabela 2), com inclusões de magnetita; nesse xenólito, os núcleos cálcicos das ripas de plagioclásio estão parcialmente convertidos em calcita e material criptocristalino.

Kaersutita monzogabro

Este xenólito (amostra 88 E, Tabela 1) mostra os minerais máficos e o plagioclásio idiomórficos, de granulação fina a média (0,2 - 4 mm), imersos em oikocristais de feldspato alcalino de até 5 mm de diâmetro (Fig. 1E) ou em material vítreo a criptocristalino. Os plagioclásios são fortemente zonados, com núcleos cálcicos, convertidos majoritariamente em car-

bonatos e outros produtos de alteração; as bordas são sódicas. O anfibólio marrom têm bordas esverdeadas e inclui relictos de clinopiroxênio, com marcado zoneamento. Os minerais acessórios são titanita, magnetita e apatita.

Kaersutita dioritos

São rochas de estrutura bandada e granulação média a grossa (1 a 7 mm), que variam de mesocráticas a melanocráticas. Apresentam cristais *cumulus* de minerais máficos e de plagioclásios mais ou menos concentrados em bandas distintas de espessura variável. As rochas têm marcada laminação resultante da orientação subparalela das ripas de plagioclásio (Fig. 1D), cujo comprimento chega, em alguns casos, a ser 8 a 10 vezes maior que a largura. Inclusões de apatita idiomórfica ocorrem tanto nos minerais máficos como no plagioclásio. Nas bandas compostas por minerais máficos, predomina a kaersutita, às vezes com bordas esverdeadas. Os relictos de piroxênio, nesses anfibólitos, são escassos e a biotita e os grãos opacos, ocasionalmente bordejados por titanita, são intersticiais. As placas de mica, com até 1 cm de diâmetro, mostram sinais de deformação.

Monzodioritos

Nesses fragmentos, de granulação fina a média (0,2 a 5 mm), os agrupamentos de ripas de plagioclásio, opticamente homogêneo, mostram textura traquitóide (Fig. 1F) e estão separados por cristais equidimensionais xenomórficos de feldspato alcalino, às vezes zonados, ou por agregados de minerais máficos, com contornos irregu-

lares, até serrilhados. Os minerais máficos e acessórios são anfibólio e/ou clinopiroxênio, biotita, em parte substituindo anfibólio, titanita e grãos de óxidos de Fe e de Ti. Algumas amostras têm anfibólio marrom homogêneo, enquanto, em outras, o mineral é verde ou apresenta marcado zoneamento, caracterizado por núcleos esverdeados, zonas marrons e bordas verdes. Numa das amostras, aparece uma faixa de ± 3 mm de largura de rocha milonitizada.

QUÍMICA DOS MINERAIS

Os dados químicos dos minerais foram obtidos no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Foi utilizado um equipamento JEOL JXA - 8600 S e as análises foram realizadas por WDS, sob as seguintes condições: 15 k V, 20,1 μ A de corrente do feixe eletrônico, com o diâmetro do feixe variando entre 5 e 10 μ m, com tempo médio de contagem de 20'. Os efeitos de matriz foram corrigidos com o programa PROZA.

Clinopiroxênios

O clinopiroxênio dos clinopiroxenitos e clinopiroxênio hornblenditos e os relictos do mineral nos demais tipos litológicos são classificados como diopsídios com Fe^{2+} e Fe^{3+} e, em alguns casos, com Ti^{4+} , de acordo com a classificação de Morimoto (1989, Fig. 2) ou, mais simplesmente, como salitas e ferrossalitas (Deer *et al.*, 1978). Análises representativas obtidas em cristais individuais aparecem na Tabela 2.

Tabela 2 – Análises químicas representativas dos clinopiroxênios dos xenólitos.

AMOS- TRA	60 C – CLINOPIROXENITO				60 F – CLINOPIROXÊNIO HORNBLENDITO				88 – KAERSUTITA GABRO				88 F – KAERSUTITA MELAGABRO			
	c	b	c	c	c	b	c	c	c	b	c	c	c	b	c	c
SiO ₂	47,76	46,48	48,22	48,63	43,94	44,07	43,86	43,84	49,48	44,63	47,01	48,94	48,25	48,25	48,40	49,19
TiO ₂	1,85	2,14	1,67	1,92	2,78	2,50	2,74	2,49	1,55	3,14	2,54	1,71	1,45	1,55	1,39	1,45
Al ₂ O ₃	5,93	6,81	5,34	5,32	9,13	8,95	9,49	9,18	3,24	7,13	6,22	3,27	5,28	5,06	4,66	4,37
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,10	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01
FeO	7,18	7,83	7,45	7,22	9,53	9,57	9,62	9,65	6,46	9,33	6,39	6,56	7,88	8,10	8,70	7,92
MgO	13,44	12,55	12,90	13,67	10,21	10,41	10,25	10,12	14,34	10,87	13,72	14,33	13,17	13,03	12,60	13,06
MnO	0,15	0,20	0,23	0,15	0,27	0,18	0,21	0,18	0,25	0,27	0,10	0,24	0,14	0,10	0,23	0,20
CaO	22,84	23,07	23,40	23,17	22,70	23,17	22,69	22,87	23,10	22,20	22,82	23,32	22,52	22,53	22,52	22,50
Na ₂ O	0,51	0,57	0,60	0,51	0,73	0,71	0,77	0,75	0,62	1,01	0,63	0,64	0,53	0,47	0,50	0,48
Total	99,67	99,65	99,81	100,62	99,29	99,59	99,63	99,12	99,03	98,57	99,53	98,99	99,25	99,09	99,00	99,18
Número de cátions com base em 6 oxigênios																
Si	1,773	1,732	1,792	1,789	1,659	1,657	1,649	1,657	1,843	1,694	1,743	1,824	1,802	1,809	1,821	1,843
(Al) ^{IV}	0,227	0,268	0,208	0,211	0,341	0,343	0,351	0,343	0,142	0,306	0,257	0,143	0,198	0,191	0,179	0,157
(Fe ³⁺) ^{IV}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000
(Al) ^{VI}	0,032	0,030	0,025	0,020	0,065	0,053	0,069	0,066	0,000	0,013	0,015	0,000	0,035	0,032	0,028	0,036
Ti	0,052	0,060	0,047	0,053	0,079	0,071	0,077	0,071	0,043	0,090	0,071	0,048	0,041	0,044	0,039	0,041
(Fe ³⁺) ^{VI}	0,128	0,159	0,132	0,119	0,170	0,198	0,182	0,188	0,114	0,186	0,142	0,126	0,118	0,106	0,107	0,073
Cr	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,095	0,085	0,099	0,103	0,131	0,103	0,120	0,117	0,072	0,110	0,056	0,045	0,128	0,148	0,166	0,175
Mg	0,744	0,697	0,715	0,750	0,575	0,583	0,574	0,570	0,796	0,615	0,758	0,796	0,733	0,728	0,707	0,730
Mn	0,005	0,006	0,007	0,005	0,009	0,006	0,007	0,006	0,008	0,009	0,003	0,007	0,004	0,003	0,007	0,006
Ca	0,908	0,921	0,932	0,913	0,918	0,933	0,914	0,926	0,922	0,903	0,907	0,931	0,901	0,905	0,908	0,903
Na	0,037	0,041	0,043	0,036	0,053	0,052	0,056	0,055	0,044	0,074	0,045	0,046	0,039	0,034	0,036	0,035
Wo	48,30	49,30	49,44	48,31	50,92	51,18	50,86	51,25	47,85	49,53	48,61	48,04	47,82	47,88	47,92	47,85
En	39,57	37,31	37,93	39,68	31,89	31,98	31,94	31,54	41,31	33,74	40,62	41,07	38,91	38,52	37,31	38,69
Fs	12,13	13,38	12,63	12,01	17,19	16,84	17,20	17,21	10,85	16,73	10,77	10,89	13,27	13,60	14,78	13,46
mg #	76,94	74,07	75,58	77,16	65,64	65,95	65,53	65,14	79,84	67,51	79,29	79,60	74,87	74,13	72,14	74,64

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria. Wo = Ca, En = Mg, Fs = Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn.
 mg # = 100*[Mg/(Mg+Fe²⁺+Fe³⁺)] ; c = centro, b = borda de cristais individuais.

Tabela 2 – (continuação)

AMOS-TRA	88 L – KAERSUTITA GABRO			88 A – KAERSUTITA DIORITO				88 E – KAERSUTITA MONZOGABRO				150 – MONZODIORITO			
	CPX EM VEIOS TARDIOS			c	b	c	c	c	b	c	b	c	b	c	b
SiO ₂	51,92	52,59	52,51	46,74	47,23	47,64	46,52	48,49	49,93	47,53	50,65	50,62	51,28	51,00	51,50
TiO ₂	0,22	0,15	0,22	2,53	2,28	2,23	2,35	1,17	0,46	1,25	0,54	0,60	0,36	0,62	0,38
Al ₂ O ₃	1,26	0,65	0,89	6,82	5,98	5,91	6,78	4,62	3,00	4,82	2,56	2,67	2,42	2,78	2,34
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
FeO	8,02	8,22	8,04	7,21	7,90	7,16	7,05	10,00	12,28	9,81	11,81	8,91	9,83	8,35	9,93
MgO	13,95	14,14	14,12	13,04	13,11	13,18	12,94	10,70	9,65	11,17	9,81	11,79	11,72	12,22	11,51
MnO	0,29	0,29	0,34	0,18	0,12	0,15	0,17	0,57	0,58	0,59	0,61	0,49	0,44	0,45	0,42
CaO	23,12	23,00	23,22	22,95	22,63	22,43	22,26	22,15	21,50	22,20	21,38	22,99	23,00	23,00	22,29
Na ₂ O	0,55	0,47	0,59	0,40	0,43	0,45	0,42	1,06	1,47	1,01	1,75	0,90	1,08	0,95	1,47
Total	99,34	99,50	99,92	99,89	99,68	99,15	98,51	98,75	98,88	98,41	99,10	98,97	100,12	99,38	99,85
Número de cátions com base em 6 oxigênios															
Si	1,938	1,962	1,948	1,736	1,760	1,782	1,751	1,841	1,905	1,806	1,922	1,909	1,914	1,910	1,923
(Al) ^{iv}	0,055	0,029	0,039	0,264	0,240	0,218	0,249	0,159	0,095	0,194	0,078	0,091	0,086	0,090	0,077
(Fe ³⁺) ^{iv}	0,007	0,009	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(Al) ^{vi}	0,000	0,000	0,000	0,035	0,023	0,042	0,051	0,047	0,040	0,022	0,037	0,028	0,020	0,033	0,026
Ti	0,006	0,004	0,006	0,071	0,064	0,063	0,067	0,033	0,013	0,036	0,015	0,017	0,010	0,018	0,011
(Fe ³⁺) ^{vi}	0,088	0,064	0,082	0,115	0,120	0,083	0,094	0,123	0,137	0,174	0,138	0,094	0,124	0,091	0,135
Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,155	0,183	0,155	0,109	0,126	0,142	0,128	0,194	0,254	0,138	0,237	0,187	0,183	0,170	0,175
Mg	0,776	0,786	0,781	0,722	0,729	0,735	0,726	0,606	0,549	0,633	0,555	0,663	0,652	0,682	0,641
Mn	0,009	0,009	0,011	0,006	0,004	0,005	0,006	0,018	0,019	0,019	0,020	0,015	0,014	0,014	0,013
Ca	0,925	0,919	0,923	0,913	0,904	0,899	0,898	0,901	0,879	0,904	0,869	0,929	0,919	0,923	0,892
Na	0,040	0,034	0,043	0,029	0,031	0,033	0,031	0,078	0,109	0,075	0,129	0,066	0,078	0,069	0,107
Wo	47,19	46,65	46,97	48,95	48,01	48,23	48,49	48,91	47,82	48,39	47,77	49,21	48,57	49,10	48,06
En	39,59	39,90	39,75	38,71	38,71	39,43	39,20	32,90	29,87	33,89	30,51	35,12	34,46	36,28	34,54
Fs	13,21	13,45	13,28	12,33	13,28	12,34	12,31	18,19	22,31	17,72	21,72	15,68	16,97	14,63	17,40
mg #	75,63	75,43	75,75	76,32	74,77	76,56	76,58	65,66	58,40	66,98	59,68	70,23	67,99	72,32	67,40

Fe²⁺ e Fe³⁺ calculados por estequiometria. Wo = Ca, En = Mg, Fs = Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn.
 mg # = 100*[Mg/(Mg+Fe²⁺+Fe³⁺)]; c = centro, b = borda de cristais individuais.

Figura 2 – Composição dos clinopiroxênios dos xenólitos do diagrama Wo (Ca) – En (Mg) – Fs ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}$) de Morimoto (1988). Cátions em átomos por unidade de fórmula. Di = Diopsídio, Hd = Hedenbergita.

Na maioria dos kaersutita gabros, em alguns clinopiroxenitos (e.g., amostra 60 C) e nos kaersutita dioritos muito ricos em minerais máficos, os clinopiroxênios mostram-se praticamente homogêneos. Em diferentes amostras, contêm 4,5 a 7% em peso de Al_2O_3 , 1,4 a 2% em peso de TiO_2 , $\pm 0,5\%$ em peso de Na_2O e teores muito baixos de Cr_2O_3 , próximos dos limites de detecção da microsonda. Os valores de mg# (100 $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$) variam entre 74 e 78. No kaersutita gabro da amostra 88, os relictos de piro-

xênio são zonados e os valores de mg# variam de 80-82, nas porções centrais dos grãos, até 67-69, nas bordas. Os núcleos dos relictos de piroxênio dessa rocha mostram, também, notável variação no teor de Al_2O_3 ; comumente, o Al não é suficiente para compensar as deficiências de Si do mineral (cf. Tabela 2, Fig. 3).

Relictos de clinopiroxênio com zoneamento normal foram, também, identificados em alguns dioritos, no monzogabro e nos monzodioritos. Em geral, os piroxênios dos monzodiori-

tos são pobres em Al_2O_3 (2,4 a 3% em peso) e TiO_2 (0,3 a 0,9% em peso) e possuem mais de 0,9% em peso de Na_2O .

Clinopiroxênios com composições um pouco diferentes das mencionadas acima foram encontrados em um clinopiroxênio hornblendito (amostra 60 F) e nos veios tardios que atravessam um dos fragmentos de kaersutita gabro (amostra 88 L). Os primeiros apresentam os maiores teores de Al_2O_3 (8,7-9,5% em peso) e os menores de SiO_2 (43-44% em peso). Estão também enriquecidos em TiO_2 , Na_2O e

em FeO (mg# = 65-68) quando comparados com os piroxênios dos restantes clinopiroxenitos e

gabros (Tabela 2, Figura 3). Os da am. 88 L possuem 51-53% em peso de SiO_2 , são ricos em

MgO (mg# = 75-77) e pobres em TiO_2 (0,15-0,22% em peso) e Al_2O_3 (0,65-1,3% em peso).

Figura 3 – Diagramas de variação das proporções catiônicas de Si *versus* Al e de Na e de Ti *versus* o valor de mg#[100*(Mg / Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)] dos clinopiroxênios dos xenólitos. Para maiores informações ver texto.

Anfibólios

Os anfibólios são cálcicos e variam de kaersutitas a pargasitas com ferro, segundo a classificação de Leake (1997). Dados representativos aparecem

na Tabela 3 e as relações entre alguns parâmetros químicos são apresentados na Figura 4.

Nos clinopiroxenitos, clinopiroxênio hornblenditos e gabros, os anfibólios dominantes são kaersutitas com quantidades

de TiO_2 em torno de 5% em peso. O anfibólio do clinopiroxênio hornblendito da amostra 60 F destaca-se desse conjunto de rochas, principalmente, por ser mais rico em Al_2O_3 e pobre em SiO_2 (Tabela 3, Fig. 4).

Tabela 3 – Análises químicas representativas dos anfibólios dos xenólitos.

AMOSTRA	60 C – CLINOPIROXENITO				60 F – CLINOPIROXÊNIO HORNBLENDITO				88 F – KAERSUTITA MELAGABRO			88 L – KAERSUTITA GABRO		
	c	b	b ext	c	c	b	b	b ext	c	b	c	c	c	c
SiO_2	38,77	39,11	38,98	38,46	37,85	37,78	37,96	37,99	39,16	39,64	38,83	39,29	39,57	40,07
TiO_2	6,06	6,01	5,04	5,52	4,65	4,55	4,25	4,03	5,53	4,90	5,95	4,75	3,86	4,05
Al_2O_3	14,27	13,18	13,11	13,75	14,76	14,81	14,77	15,01	13,79	12,60	13,39	13,46	12,77	13,08
$\text{FeO}_{\text{total}}$	8,61	10,74	12,54	11,80	13,78	13,53	13,64	13,60	11,36	13,21	11,00	14,26	15,13	13,91
MgO	13,28	12,85	12,18	11,77	10,73	10,96	10,94	10,98	11,99	11,71	12,34	11,17	11,06	11,58
MnO	0,11	0,16	0,20	0,19	0,23	0,17	0,19	0,18	0,12	0,13	0,12	0,18	0,20	0,19
CaO	12,35	12,18	11,95	12,07	12,15	12,06	12,09	11,99	11,94	11,83	11,86	11,86	11,84	11,87
Na_2O	2,42	2,63	2,44	2,55	2,36	2,30	2,42	2,36	2,33	2,54	2,24	2,37	2,32	2,36
K_2O	1,29	1,28	1,42	1,27	1,52	1,53	1,53	1,51	1,11	1,41	1,13	1,31	1,42	1,41
F	0,28	0,26	0,71	0,18	0,21	0,31	0,11	0,14	0,00	0,11	0,13	0,06	0,12	0,00
Cl	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,07	0,04
Soma	97,45	98,00	98,58	97,57	98,27	98,03	97,93	97,81	97,32	98,10	96,99	98,73	98,36	98,56
O=F+CL	0,12	0,11	0,30	0,08	0,09	0,14	0,05	0,06	0,00	0,05	0,06	0,03	0,06	0,01
Total	97,33	97,89	98,28	97,49	98,18	97,89	97,88	97,75	97,32	98,05	96,93	98,70	98,31	98,58

Número de cátions com base em 23 oxigênios (13 – CNK)

Si	5,778	5,816	5,823	5,788	5,692	5,682	5,710	5,703	5,850	5,939	5,818	5,842	5,925	5,946
Al^{IV}	2,222	2,184	2,177	2,212	2,308	2,318	2,290	2,297	2,150	2,061	2,182	2,158	2,075	2,054
Al^{VI}	0,283	0,124	0,129	0,225	0,306	0,305	0,326	0,357	0,275	0,161	0,180	0,198	0,177	0,231
Ti	0,679	0,672	0,566	0,625	0,526	0,514	0,481	0,455	0,621	0,552	0,671	0,531	0,435	0,452
Fe^{3+}	0,000	0,000	0,113	0,000	0,053	0,134	0,106	0,198	0,000	0,000	0,000	0,188	0,281	0,193
Fe^{2+}	1,073	1,336	1,453	1,485	1,680	1,568	1,610	1,509	1,419	1,655	1,379	1,585	1,613	1,534
Mg	2,951	2,849	2,712	2,641	2,406	2,457	2,453	2,457	2,670	2,615	2,755	2,476	2,468	2,562
Mn	0,014	0,020	0,025	0,025	0,029	0,022	0,024	0,023	0,015	0,016	0,015	0,022	0,025	0,024
Ca	1,972	1,941	1,913	1,946	1,958	1,943	1,948	1,929	1,911	1,900	1,905	1,889	1,900	1,887
Na	0,700	0,758	0,707	0,743	0,689	0,672	0,707	0,685	0,674	0,738	0,650	0,684	0,674	0,680
K	0,245	0,242	0,270	0,244	0,292	0,293	0,293	0,288	0,211	0,269	0,216	0,248	0,272	0,267
Cl	0,005	0,005	0,004	0,003	0,007	0,008	0,006	0,006	0,002	0,006	0,002	0,008	0,017	0,009
F	0,131	0,121	0,336	0,084	0,098	0,147	0,066	0,066	0,000	0,051	0,062	0,027	0,056	0,000
mg #	73,33	68,08	63,39	64,01	58,13	59,08	58,84	59,01	65,30	61,24	66,64	58,27	56,58	59,73

Fe^{3+} e Fe^{2+} estimados segundo o cálculo 13 – CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions = 13 excluindo Ca, Na e K.

mg # = $100 * [\text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})]$; c = centro, b = borda, b ext = borda externa de cristais individuais

Tabela 3 – (continuação)

AMOSTRA	88 G – KAER. DIORITO		88 A – KAER. DIORITO		88 N – KAER. DIORITO		149 A – MONZODIORITO			150 – MONZODIORITO			88 H – MONZODIORITO		
	c	b	c	c	c	c	VERDE ¹	MARROM ¹	MARROM ¹	c	c	c	c	c	c
SiO ₂	39,70	40,44	39,19	38,89	39,98	38,04	38,66	37,59	38,53	38,96	37,81	38,30	38,59	39,11	39,20
TiO ₂	4,33	3,98	5,58	5,84	3,91	4,70	1,91	5,88	6,09	1,20	1,73	1,05	4,74	3,07	4,54
Al ₂ O ₃	13,68	12,41	13,60	13,95	12,72	13,50	12,37	14,35	14,01	13,62	13,60	13,43	13,51	12,90	13,72
FeO	12,27	14,72	9,89	10,28	12,68	12,18	19,55	11,91	9,58	19,77	20,83	20,24	13,62	15,49	12,97
MgO	11,81	11,15	13,21	13,08	12,69	12,04	8,37	11,53	13,45	8,21	7,58	7,66	11,00	10,86	11,57
MnO	0,12	0,18	0,07	0,11	0,17	0,18	0,61	0,18	0,08	0,44	0,47	0,46	0,29	0,31	0,25
CaO	11,85	11,70	12,17	12,21	11,78	11,97	10,92	12,14	12,09	10,82	10,80	10,72	11,60	11,78	11,77
Na ₂ O	2,31	2,16	2,30	2,30	2,66	2,47	2,77	2,40	2,12	2,91	2,86	2,70	2,50	2,22	2,34
K ₂ O	1,28	1,50	1,15	1,22	1,38	1,25	1,80	1,30	1,58	1,63	1,74	1,70	1,26	1,46	1,33
F	0,04	0,19	0,11	0,20	0,06	0,22	0,00	0,06	0,03	0,32	0,24	0,19	0,08	0,08	0,06
Cl	0,01	0,03	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,08	0,02
Total	97,37	98,45	97,30	98,08	98,06	96,56	96,99	97,35	97,57	97,89	97,69	96,47	97,21	97,35	97,76
O=F+CL	0,02	0,09	0,05	0,09	0,03	0,09	0,00	0,03	0,02	0,14	0,11	0,08	0,04	0,05	0,03
Total	97,35	98,36	97,25	97,99	98,03	96,49	96,99	97,32	97,58	97,75	97,62	96,39	97,17	97,30	97,73

Número de cátions com base em 23 oxigênios (13 – CNK)

Si	5,930	6,034	5,827	5,752	5,935	5,765	5,982	5,668	5,708	5,955	5,832	5,952	5,828	5,910	5,852
Al ^{IV}	2,070	1,966	2,173	2,248	2,065	2,235	2,018	2,332	2,292	2,045	2,168	2,048	2,172	2,090	2,148
Al ^{VI}	0,336	0,214	0,208	0,182	0,158	0,176	0,236	0,217	0,151	0,407	0,302	0,410	0,230	0,207	0,263
Ti	0,487	0,447	0,624	0,649	0,437	0,536	0,223	0,667	0,679	0,137	0,201	0,123	0,538	0,349	0,510
Fe ³⁺	0,058	0,209	0,000	0,009	0,260	0,130	0,530	0,000	0,035	0,639	0,692	0,669	0,136	0,437	0,169
Fe ²⁺	1,475	1,627	1,230	1,262	1,314	1,414	2,000	1,502	1,153	1,889	1,995	1,962	1,583	1,521	1,449
Mg	2,630	2,480	2,927	2,884	2,809	2,720	1,930	2,591	2,970	1,871	1,744	1,774	2,475	2,448	2,575
Mn	0,015	0,023	0,009	0,013	0,021	0,023	0,080	0,024	0,010	0,056	0,061	0,061	0,037	0,039	0,031
Ca	1,896	1,870	1,938	1,935	1,874	1,944	1,810	1,961	1,919	1,772	1,785	1,785	1,877	1,908	1,882
Na	0,668	0,625	0,664	0,659	0,765	0,726	0,831	0,701	0,610	0,861	0,855	0,814	0,733	0,651	0,677
K	0,243	0,285	0,218	0,230	0,260	0,242	0,355	0,250	0,299	0,318	0,342	0,337	0,242	0,281	0,253
Cl	0,003	0,008	0,003	0,003	0,009	0,005	0,003	0,005	0,004	0,007	0,005	0,004	0,008	0,019	0,005
F	0,018	0,089	0,050	0,095	0,030	0,103	0,000	0,031	0,013	0,154	0,118	0,091	0,038	0,037	0,027
mg #	63,18	57,46	70,41	69,41	64,09	63,79	43,27	63,30	71,43	42,53	39,36	40,27	59,01	55,56	61,41

Fe³⁺ e Fe²⁺ estimados segundo o cálculo 13 – CNK de Robinson et al., 1982, com o total de cátions = 13 excluindo Ca, Na e K. mg# = 100*[(Mg/(Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺))]; c = centro, b = borda. ¹Grão com centros e bordas verdes e zonas marrons. Kaer.diorito = kaersutita diorito

Nos dioritos e monzodioritos, kaersutita e pargasita com ferro podem ocorrer em diferentes grãos ou em zonas distintas dos mesmos cristais. Na Figura 4, aparecem indicadas as variações químicas de um cristal de anfíbólio, presente no monzodiorito da amostra 149 A, que possui

zoneamento extremo, com núcleos levemente esverdeados e bordas externas verdes de pargasita com ferro, com zonas intermediárias marrons de kaersutita. No monzodiorito da amostra 150, todos os cristais de anfíbólio, com zoneamento fraco, são de pargasita com ferro.

Biotitas

A biotita é mineral importante nos dioritos e monzodioritos (Tabela 4). Apresenta 14 a 16% em peso de Al₂O₃, entre 1,8 e 5% em peso de TiO₂ e baixos teores de BaO (0,2-0,4% em peso).

Figura 4 – Diagrama das proporções catiônicas de Ti versus Al e de (Na + K) versus o valor de mg#[100*(Mg + Mg + Fe²⁺ + Fe³⁺)] dos anfíbólios dos xenólitos. As setas indicam zoneamento no anfíbólio do monzodiorito 149 A (◇), do centro (esverdeado), zona intermediária (marrom) à borda (verde). Clinopiroxênio hornblendito (am. 60 F), clinopiroxênios (□), kaersutita gabros (O), kaersutita dioritos (Δ), monzodioritos (+).

O valor de mg# (100 (Mg / Mg+Fe²⁺)) varia entre 60 e 70; valores algo mais elevados (mg# = 64-70) correspondem aos escassos cristais encontrados nas rochas gábricas e dioríticas.

Magnetitas e ilmenitas

Magnetitas e ilmenitas ocorrem, em todos os xenólitos, como grãos xenomórficos e intersticiais, portanto tardios. As análises que aparecem na Tabela 5 representam a compo-

sição dos minerais nos diferentes tipos litológicos. Teores significativos de titanomagnetita, com lamelas de exsolução de ilmenita, são encontrados unicamente no clinopiroxênio hornblendito da amostra 60F. Nos gabros, dioritos e monzodioritos, os grãos opacos aparecem como grãos intersticiais independentes, a magnetita apresentando teores mínimos de ulvoespínio e a ilmenita valores variáveis, mas também pequenos, de Fe₂O₃.

Feldspatos

Os plagioclásios possuem geminação de albita. Nos grãos zonados, a geminação é bem desenvolvida nos núcleos cálcicos, estando, às vezes, ausente nas bordas sódicas. Os oiocristais de feldspato alcalino do monzogabro e dos monzodioritos não apresentam geminações ou intercrescimentos; zoneamento óptico foi observado apenas em uma amostra de monzodiorito.

Dados químicos representativos dos feldspatos são mostrados na Tabela 6 e sua composição, em termos de An-Ab-Or (mol%), aparece na Figura 5. No kaersutita melagabro com textura cumulática (amostra 88F), os cristais de bytownita variam de An₈₆ a An₇₇. Nos res-

tantes gabros, os plagioclásios possuem núcleos de labradorita e bordas de andesina. A maioria dos dioritos apresentam oligoclásio com zoneamento muito fraco, com exceção do kaersutita diorito da amostra 150 (Tabela 2), no qual os grãos de andesina (An₃₄₋₃₇) estão borde-

jados por oligoclásio (An₂₂₋₂₄). Nos monzogabro e em alguns monzodioritos, as bordas dos cristais são de anortoclásio (K₂O = 1,5-2% em peso).

A composição dos feldspatos alcalinos do monzogabro e monzodioritos é Or₅₅₋₆₁ Ab₃₇₋₄₂ An₁₋₂.

Tabela 4 – Análises químicas representativas das biotitas dos xenólitos.

AMOS-TRA	88 L – KAERSUTITA GABRO				88 N – KAERSUTITA DIORITO				150 A – KAERSUTITA DIORITO				88 H – MONZODIORITO			
SiO ₂	36,34	36,48	36,30		36,34	36,66	36,45	37,25	36,51	36,35	35,77	36,33	36,22	36,65	36,43	35,88
TiO ₂	4,93	4,31	4,75		3,20	2,42	3,46	2,56	1,98	2,01	1,88	1,92	4,55	4,12	4,55	4,01
Al ₂ O ₃	15,45	14,62	14,55		15,18	15,40	15,28	15,49	14,96	14,93	14,85	15,15	14,06	13,96	14,08	14,35
FeO	14,76	15,04	14,98		13,19	14,19	12,67	14,12	16,12	15,88	15,91	15,65	16,06	16,16	16,07	16,64
MnO	0,10	0,07	0,08		0,12	0,11	0,12	0,16	0,34	0,30	0,35	0,30	0,19	0,20	0,18	0,43
MgO	15,22	15,38	14,99		16,66	16,59	16,41	16,70	15,56	15,55	15,53	15,46	14,05	14,32	13,94	13,84
BaO	0,00	0,27	0,26		0,29	0,31	0,23	0,21	0,00	0,16	0,18	0,26	0,21	0,19	0,36	0,16
CaO	0,00	0,00	0,00		0,04	0,07	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05
Na ₂ O	0,35	0,28	0,36		0,63	0,45	0,69	0,30	0,56	0,49	0,55	0,52	0,23	0,23	0,19	0,41
K ₂ O	9,48	9,32	9,45		8,82	8,93	8,88	8,72	9,38	9,34	9,50	9,29	9,53	9,68	9,61	9,31
F	0,29	0,06	0,19		0,19	0,13	0,13	0,23	0,57	0,55	0,60	0,56	0,08	0,21	0,07	0,24
Cl	0,06	0,07	0,07		0,07	0,05	0,07	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,12	0,11	0,07
Soma	96,95	95,90	95,98		94,74	95,30	94,42	95,80	96,03	95,60	95,15	95,46	95,28	95,85	95,57	95,39
O=(F+Cl)	0,13	0,04	0,10		0,10	0,07	0,07	0,11	0,24	0,23	0,26	0,24	0,06	0,12	0,05	0,12
Total	96,82	95,86	95,88		94,64	95,23	94,35	95,69	95,79	95,37	94,89	95,22	95,22	95,73	95,52	95,27

Número de cátions com base em 22 oxigênios

Si	5,369	5,451	5,435	5,449	5,479	5,465	5,518	5,503	5,501	5,462	5,501	5,493	5,534	5,512	5,461
Al ^{IV}	2,631	2,549	2,565	2,551	2,521	2,535	2,482	2,497	2,499	2,538	2,499	2,507	2,466	2,488	2,539
Al ^{VI}	0,056	0,025	0,000	0,129	0,189	0,163	0,219	0,159	0,162	0,133	0,202	0,004	0,017	0,020	0,033
Ti	0,547	0,484	0,535	0,361	0,272	0,390	0,285	0,225	0,229	0,216	0,219	0,519	0,468	0,518	0,459
Fe ²⁺	1,823	1,880	1,876	1,654	1,774	1,589	1,749	2,032	2,010	2,031	1,982	2,037	2,041	2,033	2,118
Mn	0,012	0,009	0,010	0,015	0,014	0,015	0,019	0,044	0,038	0,045	0,038	0,025	0,026	0,023	0,056
Mg	3,351	3,426	3,347	3,724	3,697	3,668	3,686	3,496	3,507	3,534	3,490	3,176	3,224	3,143	3,140
Ba	0,000	0,016	0,015	0,017	0,018	0,014	0,012	0,000	0,010	0,011	0,015	0,012	0,011	0,021	0,010
Ca	0,000	0,000	0,000	0,007	0,011	0,004	0,003	0,003	0,004	0,006	0,004	0,000	0,000	0,000	0,008
Na	0,100	0,082	0,105	0,184	0,129	0,199	0,086	0,162	0,144	0,163	0,151	0,069	0,069	0,054	0,122
K	1,786	1,777	1,806	1,686	1,702	1,698	1,648	1,804	1,804	1,850	1,794	1,844	1,865	1,855	1,807
F	0,266	0,053	0,183	0,180	0,124	0,125	0,212	0,545	0,527	0,581	0,533	0,072	0,202	0,065	0,237
Cl	0,029	0,035	0,035	0,034	0,025	0,034	0,023	0,007	0,007	0,005	0,003	0,055	0,060	0,057	0,037
mg#	64,76	64,56	64,08	69,25	67,58	69,78	67,82	63,24	63,56	63,50	63,78	60,92	61,23	60,73	59,72

$$\text{mg\#} = 100 * [\text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})]$$

Tabela 5 – Análises químicas representativas das magnetitas e ilmenitas.

AMOSTRA	60 F - CLINOPIROXÊNIO HORNBLENDITO					88 Z - CLINOPIROXENITO					88 G - KAERSUTITA DIORITO					
Mineral	Ilm	Ilm	Ti mgn	Ti mgn	Ti mgn	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Mgn	Ilm	Ilm	Ilm	Mgn	Mgn	Mgn
SiO ₂	0,02	0,03	0,04	0,02	0,08	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04	0,05	0,05
TiO ₂	48,91	8,84	9,03	10,48	10,70	46,67	46,25	47,57	46,15	0,18	41,63	41,56	41,06	0,31	0,29	0,16
Al ₂ O ₃	0,11	3,87	3,98	2,90	3,39	0,05	0,08	0,02	0,04	0,13	0,01	0,05	0,04	0,35	0,36	0,53
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,04	0,03	0,06	0,52	0,01	0,02	0,02	0,00	0,03	0,00
FeO	41,68	78,07	77,30	78,09	76,70	47,34	46,25	44,85	47,51	90,80	54,34	54,69	54,19	92,45	90,66	93,48
MnO	0,53	0,52	0,46	0,35	0,40	1,00	0,70	0,87	0,74	0,02	0,72	0,71	0,73	0,03	0,03	0,03
MgO	6,19	2,70	2,71	2,40	2,68	1,88	3,22	2,67	2,65	0,05	0,44	0,45	0,45	0,06	0,11	0,07
CaO	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05	0,04	0,04	0,06	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03
ZnO	0,02	0,07	0,10	0,01	0,15	0,07	0,01	0,12	0,00	0,00	0,02	0,07	0,06	0,01	0,07	0,04
Total	97,50	94,10	93,64	94,27	94,15	97,01	96,62	96,18	97,21	91,77	97,21	97,57	96,59	93,29	91,64	94,39

Análises recalculadas segundo o método proposto por Carmichael (1967)

Fe ₂ O ₃	10,33	47,98	47,08	45,77	44,57	10,92	12,40	8,79	12,79	66,88	20,52	21,06	21,04	67,95	66,73	68,83
FeO	32,38	34,89	34,92	36,89	36,59	37,51	35,09	36,94	36,00	30,60	35,87	35,73	35,25	31,28	30,60	31,53
Total	98,53	98,89	98,34	98,84	98,61	98,10	97,86	97,06	98,49	98,45	99,26	99,67	98,69	100,08	98,31	101,27
Usp		24,72	25,40	29,44	30,19					0,57				1,05	1,05	0,65
R ₂ O ₃	9,71					10,55	11,96	8,51	12,28		19,80	20,30	20,47			

Magnetita calculada na base do ulvoespinélio (Usp em mol%). R₂O₃ (mol%) : soma dos cations trivalentes na ilmenita.

Amostra 60 F: titanomagnetita com lamelas de exsolução de ilmenita. Nas demais amostras magnetita e ilmenita formam grãos independentes.

Figura 5 – Composição química dos feldspatos dos zenólitos no diagrama An – Ab – Or. Valores expressos em mol %.

Tabela 6 – Análises químicas representativas dos feldspatos dos xenólitos.

AMOSTRA	88 L - KAERSUTITA GABRO			88 F - KAERSUTITA MELAGABRO					
	c	b	c	c	b	c	b	c	b
SiO ₂	52,46	61,31	51,98	47,12	48,52	47,68	48,44	47,67	47,97
TiO ₂	0,07	0,01	0,05	0,07	0,02	0,04	0,00	0,14	0,07
Al ₂ O ₃	30,55	25,26	31,05	34,06	32,59	33,45	32,86	34,07	33,64
Fe ₂ O ₃	0,29	0,28	0,29	0,37	0,18	0,25	0,29	0,28	0,38
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
BaO	0,00	0,00	0,04	0,00	0,06	0,05	0,04	0,17	0,06
SrO	0,27	0,25	0,28	0,15	0,19	0,16	0,19	0,15	0,15
CaO	12,96	6,51	13,37	16,98	15,48	16,39	15,81	16,54	16,37
Na ₂ O	4,02	7,53	3,68	1,64	2,53	2,09	2,45	1,81	2,02
K ₂ O	0,11	0,30	0,10	0,03	0,08	0,04	0,09	0,05	0,04
Total	100,72	101,45	100,83	100,42	99,65	100,16	100,17	100,89	100,69
Ab (mol %)	34,37	65,16	31,77	14,09	21,69	17,80	20,80	15,68	17,36
An (mol %)	64,98	33,02	67,65	85,75	77,83	81,95	78,64	84,04	82,39
Or (mol %)	0,65	1,82	0,58	0,16	0,48	0,25	0,56	0,28	0,25

AMOSTRA	150 A – KAERSUTITA DIORITO				88 E – KAERSUTITA MONZOGABRO				
	c	b	c	b	c	b	c	(FA) c	(FA) b
SiO ₂	59,33	61,98	59,40	62,04	53,79	66,11	57,93	66,56	65,75
TiO ₂	0,04	0,04	0,01	0,01	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	25,52	23,73	26,20	23,58	29,15	21,16	26,26	19,11	18,92
Fe ₂ O ₃	0,15	0,18	0,12	0,18	0,49	0,24	0,41	0,20	0,13
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,17	0,13	0,11	0,16	0,09	0,04	0,00	0,00	0,28
SrO	0,62	0,77	0,87	0,68	0,56	0,00	0,56	0,00	0,14
CaO	6,59	4,61	7,13	4,28	11,26	2,18	8,05	0,29	0,24
Na ₂ O	7,29	8,04	6,92	8,09	4,52	9,03	6,19	4,69	4,53
K ₂ O	0,47	0,76	0,42	1,00	0,36	1,72	0,64	9,71	10,22
Total	100,16	100,23	101,18	100,02	100,27	100,52	100,05	100,56	100,20
Ab (mol %)	63,49	71,33	60,68	71,61	39,77	78,46	54,51	40,31	38,37
An (mol %)	33,65	23,98	36,73	22,19	58,05	11,10	41,56	1,44	1,17
Or (mol %)	2,86	4,69	2,59	6,20	2,18	10,44	3,93	58,25	60,46

AMOSTRA	149 A – MONZODIORITO					88 H – MONZODIORITO			
	c	c	(FA) c	(FA) c	(FA) b	c	b	c	b
SiO ₂	65,23	65,48	66,40	65,86	67,07	63,81	64,19	64,37	63,17
TiO ₂	0,03	0,08	0,02	0,02	0,00	0,03	0,02	0,05	0,06
Al ₂ O ₃	21,66	21,01	18,99	18,93	19,29	22,79	22,51	22,40	23,20
Fe ₂ O ₃	0,28	0,21	0,17	0,21	0,12	0,24	0,26	0,28	0,24
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,00	0,01	0,02	0,03	0,13	0,00	0,02	0,03	0,01
SrO	0,02	0,06	0,00	0,01	0,02	0,12	0,13	0,09	0,08
CaO	2,99	2,23	0,33	0,40	0,24	4,30	3,75	3,89	4,63
Na ₂ O	8,87	8,96	4,73	4,91	4,30	8,65	9,26	8,99	8,46
K ₂ O	1,36	1,71	9,80	9,19	10,16	0,38	0,24	0,48	0,43
Total	100,43	99,74	100,45	99,56	101,32	100,33	100,38	100,58	100,27
Ab (mol %)	76,64	78,16	40,22	42,44	37,31	75,63	79,65	77,44	73,74
An (mol %)	15,17	11,40	1,63	2,01	1,20	22,04	18,91	19,67	23,65
Or (mol %)	8,18	10,45	58,16	55,54	61,50	2,33	1,44	2,89	2,62

c = centro, b = borda em cristais individuais de plagioclásio e de feldspato alcalino (FA).

DISCUSSÃO

Tanto a mineralogia dos xenólitos, que variam petrograficamente de clinopiroxenitos e clinopiroxênio hornblenditos a gabros, dioritos e monzodioritos bem como as texturas cumuláticas dos fragmentos ultramáficos e do kaersutita melagabro da amostra 88 F, além das texturas bandadas dos dioritos, sugerem processos de cristalização com acumulação de cristais e fracionamento em uma ou em várias câmaras magmáticas subvulcânicas. A ausência de olivina e de feldspatóides indica que os líquidos, dos quais cristalizavam estes xenólitos, eram diferentes daqueles que deram origem às rochas expostas no Arquipélago (olivina basaltos, essexitos, basanitos, etc.; Ulbrich *et al.*, 1994). A presença de piroxênios ricos em Ca e de abundante anfibólio kaersutítico apontam claramente para líquidos alcalinos saturados a subsaturados em sílica e ricos em H_2O .

Detalhes a respeito da gênese e das condições de formação das rochas podem ser discutidos com base na química dos minerais, em particular dos clinopiroxênios, anfibólios e minerais opacos.

A Figura 3 mostra correlação negativa entre Si e Al e quantidades muito subordinadas de Al^{VI} (Tabela 2) nos piroxênios das rochas menos diferenciadas, com exceção do gabro da amostra 88, no qual o teor de Al é variável e, comumente, insuficiente para compensar as deficiências de Si do mineral. Os diferentes teores de Al_2O_3 e SiO_2 dos piroxênios atribuem-se a mudanças na temperatura de cristalização (Kushiro, 1960). Os piroxênios do clinopiroxênio hornblendito da amostra 60 F, mais ricos em

Al^{IV} e Al_{total} (Tabela 2), teriam se formado em temperaturas maiores, enquanto os baixos valores de Al^{IV} e Al_{total} , apresentados pelo mineral nos monzogabros e monzodioritos e particularmente nos veios tardios, resultariam de temperaturas menores de cristalização.

Os reduzidos teores de Si, junto com os comparativamente elevados de Al no piroxênio da amostra 60 F, poderiam, também, resultar da baixa atividade da alumina no magma pobre em sílica e favorecer o ingresso do elemento no piroxênio, na ausência de plagioclásio (inexistente nesse xenólito) (Barbieri *et al.*, 1971). Embora os dados dos anfibólios mostrem uma certa dispersão química, ressalta-se que o teor de Al nas kaersutitas da amostra 60 F é também mais elevado que aquele encontrado nos anfibólios de outros clinopiroxenitos e gabros (Fig. 4).

O teor de Al incorporado no piroxênio aumenta com o incremento da pressão (Thompson, 1974). A quantidade de Al e, em particular, de Al^{VI} , apresenta-se, em geral, muito baixa nos piroxênios dos xenólitos estudados. Os maiores valores de Al^{VI} são os da amostra 60 F, que variam entre 0,05 e 0,07, indicando pressões bem menores que 10 kb (Neumann *et al.*, 1999). Os dados indicam, portanto, cristalização desses clinopiroxênios em câmaras magmáticas de baixa profundidade.

A aplicação do geotermômetro de Buddington & Lindsley (1964) e Spencer & Lindsley (1981) às titanomagnetitas intersticiais com lamelas de ilmenita do clinopiroxênio hornblendito da amostra 60F (Tabela 5) identifica temperaturas de equilíbrio da ordem de $800^\circ C (\pm 40-80^\circ C)$ e f_{O_2} de $10^{-14.5}$, valores, estes, que pare-

cem realistas para uma cristalização magmática em câmara de baixa profundidade. Pelo contrário, as composições dos minerais opacos que coexistem como grãos independentes no clinopiroxenito 88Z e no kaersutita diorito 88G sugerem temperaturas menores que $600^\circ C$, identificando, portanto, uma situação diferente, provavelmente controlada por recristalização dos minerais opacos em condições submagmáticas (Buddington & Lindsley, 1964).

As texturas dos fragmentos de clinopiroxenitos, clinopiroxênio hornblenditos e gabros sugerem que os primeiros minerais máficos formados foram os piroxênios. O seu quimismo depende tanto das condições de cristalização como também da composição do magma. Nesse contexto, estima-se que os piroxênios da amostra 60 F, mais ricos em Fe, e os do gabro da amostra 88, que exibem teores variáveis de Al (Tabela 2, Fig. 3) teriam se formado a partir de líquidos com composições químicas distintas e/ou sob condições ambientais algo diferentes das que prevaleceram durante a cristalização dos piroxênios de outros clinopiroxenitos, gabros e dioritos.

COMENTÁRIOS FINAIS

1) A mineralogia dos xenólitos sugere uma sequência de cristalização desde rochas ultramáficas e máficas (clinopiroxenitos, gabros, dioritos) até termos mais diferenciados (monzodioritos), a partir de magmas ricos em água, de composição basáltica alcalina.

2) Os piroxênios, que aparecem como grãos distintos ou como relictos parcialmente substituídos por anfibólio, têm composições consistentes com

o tipo litológico do qual fazem parte. Com base nos dados químicos dos piroxênios, destacam-se, do conjunto, dois xenólitos (o gabro da amostra 88 e o clinopiroxênio hornblendito da amostra 60 F). As evidências indicam que esses fragmentos cristalizaram-se a partir de líquidos com composições algo diferentes, porém, também, de tipo basáltico alcalino. O cumulado da amostra 60 F formou-se, possivelmente, sob condições de pressão e temperatura um pouco mais elevadas que os restantes cumulos e gabros.

3) As condições de formação para o clinopiroxênio hornblendito da amostra 60 F, obtidas por meio do geotermômetro e geobarômetro de oxigênio de Buddington & Lindsley (1964) e Spencer & Lindsley (1981), indicam temperaturas de equilíbrio dos minerais opacos intersticiais de 800°C (± 40 -80°C) e f_{O_2} de $10^{-14.5}$, condizentes com processos de cristalização em câmara magmática subvulcânica.

4) A abundância de anfíbólio poiquilítico nos xenólitos

com texturas cumuláticas sugere que se trata de ortocumulos formados em baixas profundidades (Mattioli *et al.*, 1997).

5) As texturas cumuláticas de vários xenólitos e o bandamento dos fragmentos de dioritos apontam para processos complexos de cristalização, que podem realizar-se em um ou vários corpos rochosos diferentes. Apesar de os xenólitos fornecerem um registro incompleto dos eventos, existe semelhança entre o quimismo dos minerais do clinopiroxenito com escassas bandas finas de plagioclásio (amostra 60 C) e do kaersutita melagabro (amostra 60 F), sugerindo que as rochas provêm do mesmo magma ou de magmas similares e que as mudanças no regime sob o qual se processou a cristalização ocorreram à época da precipitação de maiores quantidades de plagioclásio. As bordas sódicas dos plagioclásios dos gabros e os oikocristais de feldspato alcalino do monzogabro e dos monzodioritos resultariam dos líquidos intersticiais retidos no ambiente de cristalização.

6) A presença de material vítreo intersticial em um cumulado composto unicamente por minerais máficos (com titanita) indica que o processo explosivo que formou os depósitos piroclásticos carregou fragmentos de rochas ainda não totalmente consolidadas. (cf. Mattioli *et al.*, 1997; Wolff & Toney, 1993).

AGRADECIMENTOS

A autoras agradecem à FAPESP (Processo 96/0027-9), pelo apoio financeiro para realização dos trabalhos de campo e de laboratório, à FAB (Força Aérea Brasileira), pelo transporte das amostras e ao IBAMA, pelas facilidades oferecidas para efetuar os estudos em Fernando de Noronha. Agradecemos, também, ao Prof. H. Ulbrich, pela sua colaboração durante os trabalhos de campo e na elaboração deste manuscrito e a dois relatores anônimos pelo cuidadoso trabalho de revisão e pelas sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. (1955) Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. DNPM, Monografia 13, 181p.
- BARBIERI, F.; BIZOUARD, H.; VARET, J. (1971) Nature of the clinopyroxene and iron enrichment in alkalic and transitional basaltic magmas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **33**:93-107.
- BUDDINGTON, A.F. & LINDSLEY, D.H. (1964) Iron-Titanium Oxide Minerals and Synthetic Equivalents. *J. Petrol.*, **5**(2):310-357.
- CARMICHAEL, I.S.E. (1967) The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. *Contr. Mineral. Petrol.*, **14**:36-64.
- CAS, R.A.F. & WRIGHT, J.V. (1987) Volcanic successions, modern and ancient. Allen & Unwin Ltd., 528p.
- CORDANI, U.G. (1970) Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. *Bol. Inst. Geociências e Astronomia, USP*, **1**:9-75.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. (1978) Rock-forming minerals. Single chain silicates. 2nd ed. Longman, London, 668p.
- FODOR, R.V. & MOORE, R.B. (1994) Petrology of gabbroic xenoliths in 1960 Kilauea basalt: crystalline remnants of prior (1955) magmatism. *Bull. Volcanology*, **56**:62-74.
- FURNES, H. & STILLMAN, C.J. (1987) The geochemistry and petrology of an alkaline lamprophyre sheet intrusion complex on Maio, Cape Verde Republic. *J. Geol. Soc. London*, **144**:227-241.

- KUSHIRO, I. (1960) Si-Al relation in clinopyroxenes from igneous rocks. *Amer. J. Sci.*, **258**:548-554.
- LEAKE, B.E. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *Amer. Mineral.*, **82**:1019-1037.
- LE MAITRE, R.W. (1965) The significance of the gabbroic xenoliths from Gough Island, South Atlantic. *Mineral. Mag.*, **34**:303-317.
- LE MAITRE, R.W. (1969) Kaersutite-bearing plutonic xenoliths from Tristan da Cunha, South Atlantic. *Mineral. Mag.*, **37**:185-197.
- LE MAITRE, R.W. (1989) Classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 193p.
- MATTIOLI, M.; UPTON, B.G.J.; RENZULLI, A. (1997) Sub-volcanic crystallization at Sete Cidades volcano, São Miguel, Azores, inferred from mafic and ultramafic plutonic nodules. *Mineral. Petrol.*, **60**:1-26.
- MORIMOTO, N. (1989) Nomenclature of pyroxenes: Subcommittee on Pyroxenes. Commission on new minerals and mineral names (CNMMN). International Mineralogical Association (IMA). *Mineral. J.*, **14**(5):198-221.
- NEUMANN, E.R.; MARTÍ, J.; MITJAVILA, J.; WULFF-PEDERSEN, E. (1999) Origin and implications of mafic xenoliths associated with Cenozoic extension-related volcanism in the Valencia Trough, NE Spain. *Mineral. Petrol.*, **65**:113-139.
- ROBINSON, P.; SPEAR, F.S.; SCHUMACHER, J.C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B.W.; DOLAN, B.L. (1982) Phase relations of metamorphic amphiboles: natural occurrence and theory. In: D. R. VEBLEN & P.H. RIBBE (Eds.) *Reviews in Mineralogy*. Vol. 9B. Amphiboles: petrology and experimental phase relations. Mineral. Soc. America, p.1-211.
- RUDECK, E.A.; FODOR, R.V.; BAUER, G.R. (1992) Petrology of ultramafic and mafic xenoliths in picrite of Kahoolawe Island, Hawaii. *Bull. Volcanology*, **55**:74-84.
- SEN, G. (1987) Xenoliths associated with the hawaiian hot spot. In: P.H. NIXON (Ed.) *Mantle Xenoliths*. John Wiley & Sons Ltd., p.359-375.
- SCHMINCKE, H.U.; KLUGEL, A.; HANSTEEN, T.H.; HOERNLE, K.; BOGAARD, P. (1998) Samples from the Jurassic ocean crust beneath Gran Canaria, La Palma and Lanzarote (Canary Islands). *Earth Planet. Sci. Letters*, **163**:343-360.
- SPENCER, K.J. & LINDSLEY, D.H. (1981) A solution model for coexisting iron-titanium oxides. *Amer. Mineral.*, **66**:1189-1201.
- THOMPSON, R.N. (1974) Some high-pressure pyroxenes. *Mineral. Mag.*, **39**:768-787.
- ULBRICH, M.N.C. (1993) Petrography of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de Noronha Archipelago, southern Atlantic Ocean. *Bol. IG-USP, Série Científica*, **24**:77-94.
- ULBRICH, M.N.C.; MARÍNGOLO, V.; RUBERTI, E. (1994) The geochemistry of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de Noronha Archipelago, southern Atlantic Ocean. *Geochimica Brasiliensis*, **8**(1):1-10.
- WAGER, L.R.; BROWN, G.M.; WADSWORTH, W.J. (1960) Types of igneous cumulates. *J. Petrol.*, **1**(1):73-85.
- WOLFF, J.A. & TONEY, J.B. (1993) Trapped liquid from a nepheline syenite: a re-evaluation of Na, Zr, F-rich interstitial glass in a xenolith from Tenerife, Canary Islands. *Lithos*, **29**:285-293.