



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Geologia

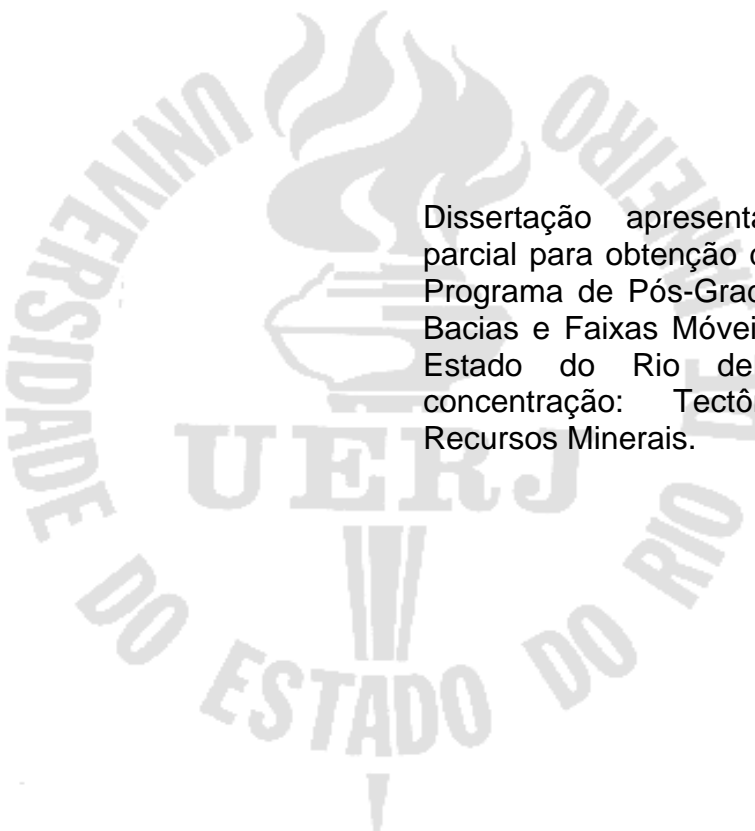
Michele Correia Arena

Petrologia da sucessão magmática do Arquipélago de Abrolhos

Rio de Janeiro
2008

Michele Correia Arena

Petrologia da sucessão magmática do Arquipélago de Abrolhos



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais.

Orientador: Prof^o. Dr. Sérgio de Castro Valente

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Claudia Sayão Valadares

Rio de Janeiro
2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/C

A681 Arena, Michele Correia.
Petrologia da sucessão magmática do Arquipélago de Abrolhos /
Michele Correia Arena.- 2008.
113f. : il. color.

Orientador : Sérgio de Castro Valente
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia: p. 100-104

1. Petrologia – Abrolhos, Arquipélago dos (BA) - Teses. 2.
Magmatismo – Abrolhos, Arquipélago dos (BA) - Teses. 2. Basalto –
Abrolhos, Arquipélago dos (BA) - Teses. I. Valente, Sérgio de Castro.
II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia.
III. Título.

CDU 552(813.8)

Michele Correia Arena

Petrologia da sucessão magmática do Arquipélago de Abrolhos

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação Análises de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2008

Banca Examinadora:

Prof.^o. Dr. Sérgio de Castro Valente (Orientador)
Departamento de Geociências da UFRRJ

Prof.^a. Dr.^a. Claudia Sayão Valadares (Co-orientadora)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof.^a. Dr.^a. Beatriz Paschoal Duarte
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof.^a. Dr.^a. Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos
Departamento de Geologia da UFPR

Rio de Janeiro
2008

DEDICATÓRIA

A Deus, princípio e fim, toda honra e toda glória,
agora e para sempre.
Amém!

AGRADECIMENTOS

A Deus pela conclusão de mais uma etapa.

Aos meus pais, Maria Isabel e Edil Arena, pelo que eu sou hoje.

Aos meus irmãos, Bruno, Maicon e Giliardy, pela paciência, afeto incondicional e incentivos.

Ao meu esposo, amor da minha vida, Rodrigo Salvador, por toda dedicação, carinho e força transmitida.

Aos meus grandes amigos, Artur Corval, Evânia Alves e Deidimar Aparecida, pelo pronto atendimento em meus infinitos pedidos de socorro, pela paciência e, sobretudo pela amizade demonstrada em todos os momentos. Esse trabalho só chega ao fim pelo grande ajuda que recebi de vocês!

Ao meu orientador e amigo, Sérgio de Castro Valente, por todo apoio e incentivo.

A minha orientadora, Claudia Valadares, pela paciência e por ter prestado todo suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da FGEL, Julio Almeida e Cláudio Valeriano que sempre estiveram solícitos em todos os momentos.

A Marinha do Brasil e ao IBAMA que nos permitiram realizar a pesquisa no Arquipélago de Abrolhos e foram muito solícitos durante os trabalhos de campo.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

ARENA, Michele Correia. *Petrologia da sucessão magmática do Arquipélago de Abrolhos*. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

A Sucessão Magmática do Arquipélago de Abrolhos é composta por quatro unidades, quais sejam: Olivina-Plagioclásio Basalto (b_1), Piroxênio-Plagioclásio-Olivina Basalto (b_2), Piroxênio-Plagioclásio Basalto (b_3) e Cumulado (b_4). As unidades não são correlacionáveis litoestratigraficamente e estão empilhadas da base para o topo em unidade b_1 , b_2 , b_3 e b_4 . As unidades da sucessão magmática são diferentes quanto à textura, estrutura e mineralogia. A análise litogeoquímica de vinte e três amostras de rochas basálticas das unidades da sucessão magmática discriminou uma série transicional de afinidade alcalina para as rochas estudadas. As razões $Nb/Y > 1$ das rochas estudadas corroboraram a afinidade alcalina da série. As rochas foram classificadas como basaltos e traqui-basaltos (unidades b_1 e b_2), basaltos, traqui-basaltos, basanitos e tefritos (unidades b_3 e b_4). A análise de diagramas de variação para elementos maiores e traços e das razões de elementos traços da amostra representativa do líquido parental e do líquido mais evoluído indicaram cristalização fracionada sem mudança de assembléia fracionante como possível processo evolutivo da série transicional estudada. A incongruência entre a assembléia fracionante e a assembléia de fenocristais (identificada na petrografia), além de feições indicativas de desequilíbrio cristal-líquido mostraram que a cristalização fracionada foi o único processo evolutivo na geração dos basaltos do Arquipélago de Abrolhos. Modelos evolutivos mais complexos devem ser considerados, como, por exemplo, um modelo de reabastecimento de câmaras crustais com subseqüentes pulsos de magmas basálticos. As razões $La/Yb_{(N)} > 1$ e $La/Nb_{(N)} < 1$ indicaram que as unidades mapeadas no Arquipélago de Abrolhos estão associadas a uma mesma fonte mantélica fértil (tipo pluma).

Palavras- chave: Arquipélago de Abrolhos. Basalto. Magmatismo. Petrologia.

ABSTRACT

The Magmatic Succession of Abrolhos's Archipelago is composed by four units: Olivine-Plagioclase Basalt (b_1), Pyroxene-Plagioclase-Olivine Basalt (b_2), Pyroxene-Plagioclase Basalt (b_3) and Cumulado (b_4). The units are not stratigraphically correlated. They are stacked from the basis to the top in units: b_1 , b_2 , b_3 and b_4 . The units of the magmatic succession are different in terms of texture, structure and mineralogy. The litogeochemical analyses of twenty three samples of basaltic rocks discriminated a transitional series of alkaline affinity to the studied rocks. The values of Nb/Y ratios higher than unity of the studied rocks corroborate the alkaline affinity of the series. The rocks were classified as basalts, tracky-basalts, basanites and tephrites (units b_3 and b_4), basalts and tracky-basalts (units b_1 and b_2). The interpretation of variation diagrams to major and trace elements together with the trace elements ratios of the representative sample of the parental and the more evaluated liquids indicated fractional crystallization without changing of fractionated assemblage as the evolutionary process of the studied transitional series. The incongruity between the fractionated assemblage and porphyries assemblage (recognized by the petrography) in addition to the indicative features of crystal-liquid disequilibrium discard fractional crystallization as the evolutionary process in the generation of the basaltic rocks of Abrolhos's Archipelago. More complex evaluative models should be considered as, for example, a refueling model of crustal chambers with subsequent pulses of basaltic magmas. The $La/Yb_{(N)}$ ratio >1 and $La/Nb_{(N)}$ ratio <1 indicated that the mapped units of Abrolhos's Archipelago are associated to a fertile mantellic source (plume-like type).

Keywords: Abrolhos's Archipelago. Basalt. Magmatism. Petrology.

sumário

INTRODUÇÃO	9
Apresentação	9
Objetivos	9
Justificativas	10
Métodos	11
Localização	12
1 REVISÃO TEMÁTICA	14
1.1 O Arquipélago de Abrolhos e o Complexo Vulcânico de Abrolhos	14
1.2 Geologia, Petrologia e Geocronologia das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos	17
2 GEOLOGIA DE CAMPO E PETROGRAFIA	29
2.1 Introdução	29
2.2 Litoestratigrafia do Arquipélago de Abrolhos	29
2.3 Aspecto de Campo das unidades da Sucessão Magmática	32
2.4 Petrografia das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos	43
2.4.1 <u>Unidade Olivina-Plagioclásio Basalto (b₁)</u>	44
2.4.2 <u>Unidade Piroxênio-Plagioclásio-Olivina Basalto (b₂)</u>	50
2.4.3 <u>Unidade Piroxênio-Plagioclásio Basalto (b₃)</u>	56
2.4.4 <u>Unidade Cumulado (b₄)</u>	64
2.4.5 <u>Comparações texturais e composicionais entre as unidades da Sucessão Magmática</u>	68
3 Litogeoquímica	71
3.1 Discriminação de séries, suítes e classificação de rocha	71
3.2 Discriminação de possíveis processos petrogenéticos evolutivos	79
3.3 Discriminação de fontes	90
4 CONCLUSÃO	94
4.1 Sumário conclusivo do aspecto de campo, petrografia e litogeoquímica das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos	94
4.2 Implicações geodinâmicas	97
4.3 Trabalhos futuros	99
REFERÊNCIAS	100
APÊNDICE A- Mapa geológico do Arquipélago de Abrolhos	105
APÊNDICE B- Dados litogeoquímicos	107
APÊNDICE C- Métodos analíticos	111

INTRODUÇÃO

Apresentação

Esta dissertação é um requisito parcial para a obtenção do grau de mestre no Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

O tema abordado nesta dissertação de mestrado é a petrologia da sucessão magmática do Arquipélago de Abrolhos. A dissertação foi desenvolvida sob a orientação do Dr. Sérgio de Castro Valente, do Grupo de Pesquisas EDSM-rifte do Departamento de Geociências da UFRuralRJ e do Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Faculdade de Geologia (FGEL) da UERJ, em co-orientação da Dra. Cláudia Sayão Valladares, da Faculdade de Geologia (FGEL) da UERJ.

Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo geral elaborar modelos petrogenéticos para as rochas ígneas aflorantes nas ilhas do Arquipélago de Abrolhos. Os objetivos específicos incluem:

- a) Caracterização das relações de campo entre as rochas basálticas e as rochas sedimentares que afloram na área;
- b) Caracterização petrológica das unidades litológicas/suítes magmáticas identificadas;
- c) Proposições de possíveis modelos petrogenéticos.

Justificativas

A primeira descrição geológica do Arquipélago de Abrolhos foi feita por Hartt (1870) e foi utilizada por Cordani (1970) para elaborar o primeiro mapa geológico esquemático do arquipélago. Neste mapa o arquipélago é caracterizado pela ocorrência de rochas sedimentares capeadas por rochas basálticas classificadas quanto à granulação dos constituintes minerais. Não há consenso na literatura quanto ao caráter intrusivo ou extrusivo das rochas basálticas do arquipélago. Alguns autores que abordaram este tema expõem as duas possibilidades de ocorrência (p. ex: CORDANI, 1970; SOBREIRA & FRANÇA, 2006). Outros trabalhos foram publicados com, por exemplo, dados petrográficos (p.ex.: CORDANI, 1970; FODOR *ET AL.*, 1983; FODOR *ET AL.*, 1989; GOMES, 1992; MOHRIAK, 2006), geocronológicos (p.ex: SOBREIRA & SZATMARI, 2000, 2001, 2002, 2003) e sísmicos (p.ex.: FAINSTEIN & SUMMERHAYES, 1981; MOHRIAK, 2006; SOBREIRA & FRANÇA, 2006) relacionados ao magmatismo da região de Abrolhos. O magmatismo é representado pela província ígnea denominada Complexo Vulcânico de Abrolhos (SOBREIRA, 1996; SOBREIRA & FRANÇA, 2006) que inclui o Arquipélago de Abrolhos. Fodor *et al.* (1989) publicaram o único trabalho de cunho petrológico com proposição de um modelo para a geração das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos.

Um trabalho sistemático objetivando a caracterização estrutural e textural das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos, associada a petrografia e litogeoquímica, permitirá refinar o mapa geológico proposto na literatura e, se possível, gerar modelos petrogenéticos, a fim de definir a natureza do magmatismo e as possíveis fontes envolvidas na gênese dessas rochas.

O Arquipélago de Abrolhos foi considerado uma janela no Atlântico para a visualização de seqüências estratigráficas que constituem análogos de campo para reservatórios produtores em campos gigantes da margem leste brasileira (MOHRIAK, 2006). A integração dos dados petrológicos com dados estruturais, estratigráficos e geocronológicos do Arquipélago de Abrolhos, e da província ígnea associada, permitirá construir modelos geodinâmicos ou refinar modelos ora propostos na literatura. Estes modelos têm implicação direta na compreensão da evolução tectônica e magmática das bacias sedimentares da margem continental

leste brasileira, em especial das bacias do Espírito Santo, Cumuruxatiba e Mucuri, nas quais o magmatismo da região de Abrolhos está inserido. Os modelos geodinâmicos também têm implicação na compreensão dos parâmetros de geração e distribuição de reservas de óleo e gás nestas bacias.

Métodos

Para alcançar os objetivos propostos, foi aplicado um método de trabalho que incluiu ferramentas diversas, conforme mostrado a seguir:

- 1) Levantamento bibliográfico sobre Geologia, Petrologia e Geocronologia dos basaltos do Arquipélago de Abrolhos e a relação entre o Arquipélago de Abrolhos e o Complexo Vulcânico de Abrolhos.
- 2) Mapeamento geológico, em escala 1: 5.000, do Arquipélago de Abrolhos, com enfoque na caracterização textural, estrutural e composicional das rochas que integram a sequência magmática, e coleta de amostras para análises petrológicas;
- 3) Análise petrográfica das amostras de basaltos coletadas no mapeamento;
- 4) Seleção e preparação de amostras para análise litogeoquímica;
- 5) Obtenção e interpretação dos dados litogeoquímicos (elementos maiores e traços, incluindo os elementos terras raras);
- 6) Integração dos dados e proposições de modelos petrogenéticos; e
- 7) Elaboração e defesa da dissertação de mestrado.

Localização

O Arquipélago de Abrolhos situa-se a cerca de 55 Km a ESE de Caravelas, Bahia (Figura 1). Ele é formado pelas ilhas de Santa Bárbara, Redonda, Siriba, Sueste e Guarita. O Arquipélago expõe parte da Formação Abrolhos (OLIVEIRA E LEONARDOS, 1943).

O acesso às ilhas é feito de barco, com tempo de viagem estimado em seis horas, saindo de Caravelas, sul da Bahia. A ilha de Santa Bárbara está sob jurisdição da Marinha do Brasil, devendo a visitação ser autorizada por esta instituição militar. As demais ilhas fazem parte do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, cuja autorização de visitas, seja com fins de turismo ou pesquisa, é expedida pelo IBAMA.

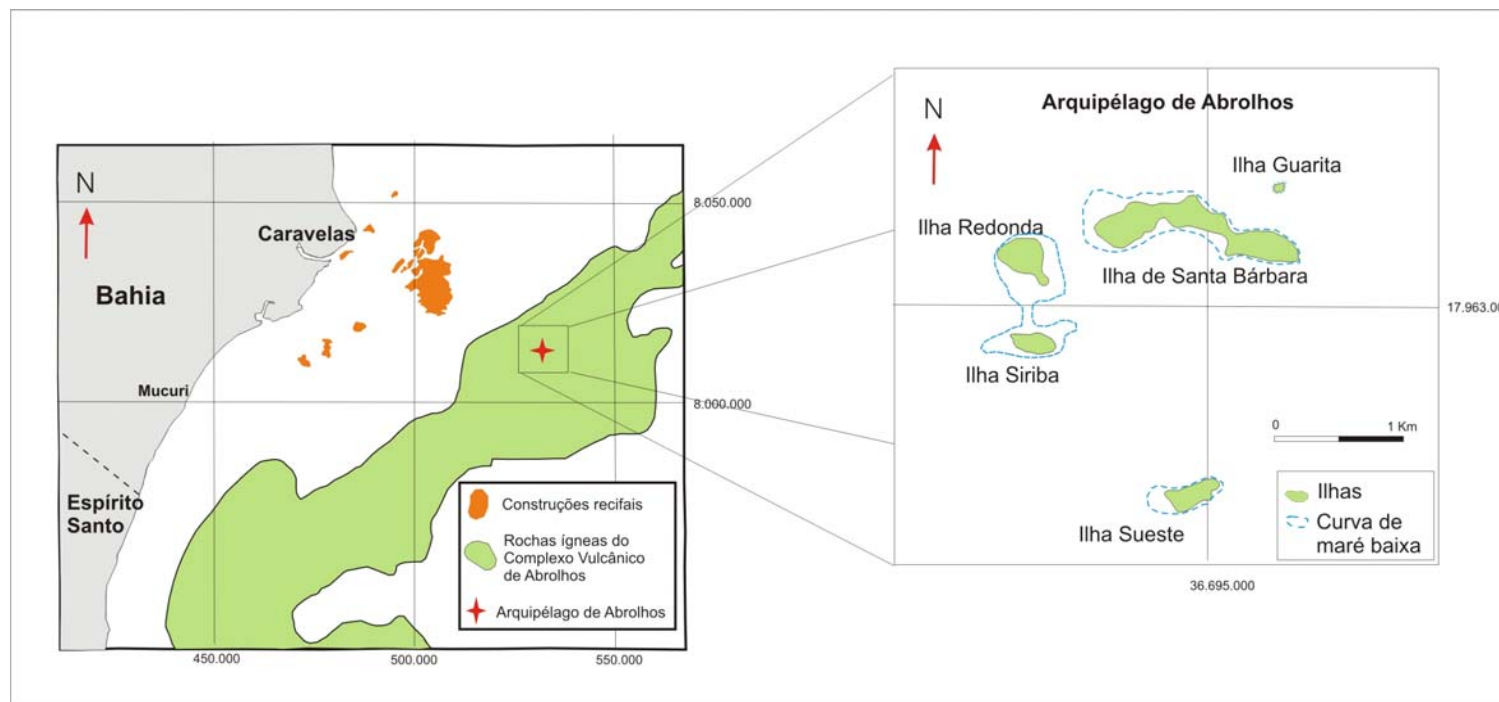


Figura 1: Mapa de localização do Arquipélago de Abrolhos (SOBREIRA, 1996 e FRANÇA, 2004). No detalhe, distribuição das ilhas que compõem o arquipélago.

CAPÍTULO 1: REVISÃO TEMÁTICA

1.1 O Arquipélago de Abrolhos e o Complexo Vulcânico de Abrolhos

O Arquipélago de Abrolhos integra a província ígnea conhecida como Complexo Vulcânico de Abrolhos. Esta província ígnea está situada na Margem Continental Leste Brasileira, no segmento correspondente às bacias marginais de Cumuruxatiba, Mucuri e Espírito Santo, com área circunscrita superior a 40.000 Km² (Figura 2). O magmatismo do Complexo Vulcânico de Abrolhos é do tipo intraplaca, de caráter alcalino a toleítico (SOBREIRA & SZATMARI, 2002), gerado em crosta continental anormalmente extensa (240 km de largura, GUAZELLI & CARVALHO, 1981) e bastante estendida ($\beta = 2,80$, CHANG & KOWSMANN, 1984).

Os primeiros modelos de distribuição das rochas básicas da região de Abrolhos (ALMEIDA, 1965; ASMUS, 1972, FAINSTEIN *ET AL.*, 1982) mostram uma abrangência extensiva destas rochas, presentes ao longo da plataforma continental leste brasileira, com limites não bem definidos, até a quebra da plataforma. A expressão fisiográfica do magmatismo de Abrolhos é um banco marginal denominado de Banco de Abrolhos. O Banco de Abrolhos tem o centro erodido (FAINSTEN *ET AL.*, 1982) e neste local teria se formado uma laguna (MELO *ET AL.*, 1975; VICALVI *ET AL.*, 1976).

O Complexo Vulcânico de Abrolhos (CVA) foi posteriormente caracterizado como uma zona de ocorrência principal de rochas predominantemente vulcânicas, com um padrão de distribuição não uniforme e pseudo-anelar (SOBREIRA, 1996; SOBREIRA & FRANÇA, 2006) (Figura 2). A distribuição pseudo-anelar foi proposta a partir da integração de dados geológicos e geofísicos.

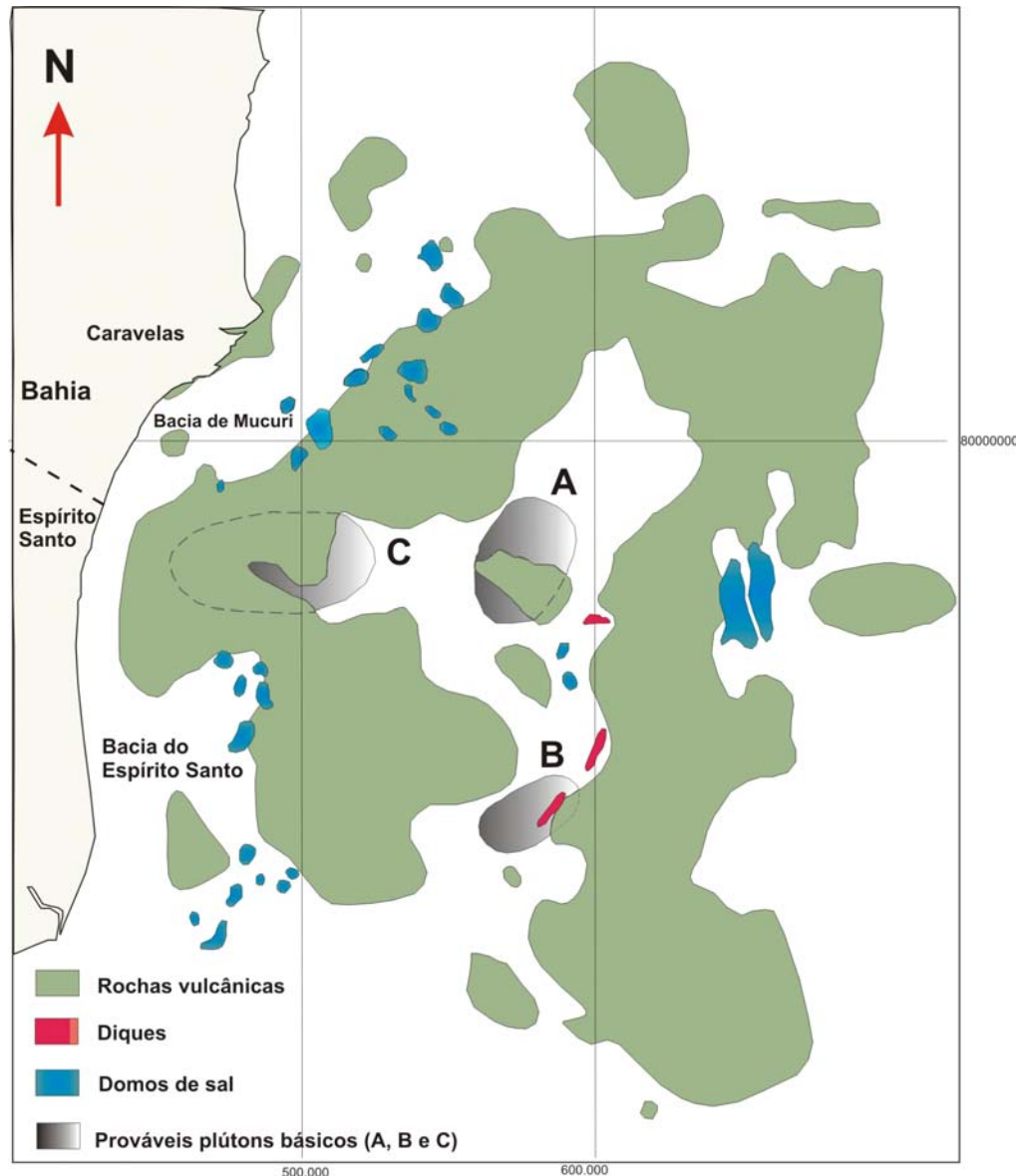


Figura 2: Geometria pseudo-anelar do Complexo Vulcânico de Abrolhos (modificado de Sobreira & França, 2006).

A zona de ocorrência principal das rochas vulcânicas é caracterizada por padrões de reflexões sísmicas planares e contínuos, com expressão morfoestrutural marcada, em geral, por altos que exibem frequentemente discordâncias erosivas e angulares em seus topos. Segundo Sobreira & França (2006), há evidências, por exemplo, na região do Arquipélago de Abrolhos, de que estes altos e discordâncias possam estar, ao menos em parte, relacionadas a evento deformacional síncrono ou posterior ao vulcanismo. Uma feição em “rampa”, observada na porção centro-sul do ramo oeste do Complexo Vulcânico de Abrolhos, representa uma ocorrência de rochas vulcânicas do CVA (SOBREIRA & FRANÇA, 2006) associadas à sedimentação carbonática. Rochas intrusivas, produtos possivelmente de fase tardia

do magmatismo de Abrolhos, ocorrem como estruturas discordantes e *sills*. As rochas intrusivas discordantes são interpretadas como diques associáveis a condutos alimentadores do vulcanismo (SOBREIRA & SZATMARI 2002; SOBREIRA & FRANÇA, 2006). Três intrusões crustais nomeadas de plútons A, B e C (Figura 2) foram interpretadas por Sobreira e França (2006) como câmaras magmáticas a partir das quais os condutos ígneos teriam se irradiado. A região interna da zona de ocorrência principal das rochas vulcânicas seria preenchida por rochas sedimentares ou rochas vulcanoclásticas derivadas da erosão das rochas vulcânicas adjacentes, seguida da sedimentação carbonática (SOBREIRA & FRANÇA, 2006). Esta região, devido a menores efeitos de sobrecarga, também seria o local de nucleação de domos salinos e intrusões ígneas (SOBREIRA & FRANÇA, 2006). Outros domos salinos, localizados na periferia do CVA, constituem duas províncias distintas, uma na Bacia de Mucuri e outra na Bacia do Espírito Santo (Figura 2).

Mohriak *et al.* (2003) propuseram uma fase de soerguimento das ilhas do Arquipélago de Abrolhos posterior à formação das camadas vulcânicas, estando associadas a forças tectônicas compressoriais regionais e à tectônica de sal. Szatmari & Mohriak (1995) atribuíram a compressão regional a esforços exercidos pela Dorsal Meso-Atlântica e pela subducção andina. Análises de traços de fissão de apatitas indicam que o clímax do soerguimento ocorreu em torno de 50 Ma (MOHRIAK *ET AL.*, 2003). Análises de linhas sísmicas nas proximidades da região de Abrolhos sugerem, além de ocorrência de feições compressoriais, também discordâncias angulares no Neógeno, indicando uma fase mais recente de soerguimento da Ilha de Santa Bárbara (MOHRIAK *ET AL.*, 2003; MOHRIAK, 2006).

1.2 Geologia, Petrologia e Geocronologia das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos.

O primeiro mapa geológico esquemático do Arquipélago de Abrolhos foi elaborado por Cordani (1970) com base em suas observações e com base em esquemas de Hartt (1870), Breitbach *apud* Burrows (1961) (Figura 3).

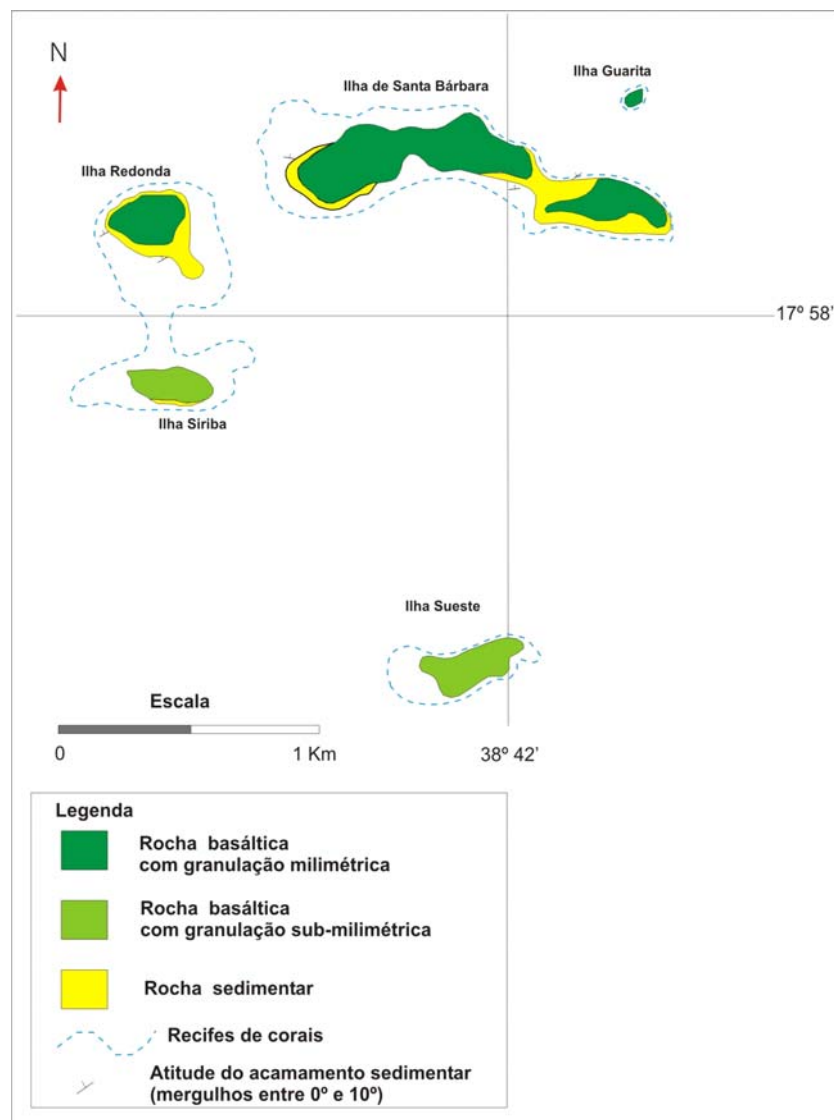


Figura 3: Mapa geológico esquemático do Arquipélago de Abrolhos (CORDANI, 1970).

À exceção da Ilha Sueste que é formada por rochas basálticas, as outras ilhas do Arquipélago de Abrolhos (Santa Bárbara, Redonda, Siriba e Guarita), são formadas por rochas sedimentares sobrepostas pelas rochas basálticas (Figura 3). As rochas sedimentares são principalmente arenitos e folhelhos que apresentam camadas com mergulhos de 8° a 10° para norte (N) ou norte-noroeste (NNW). O contato entre as rochas basálticas e as rochas sedimentares é concordante (CORDANI, 1970).

Cordani (1970) declarou que as ilhas do arquipélago são remanescentes (acima do nível do mar) de um edifício vulcânico cujo topo foi erodido. O mesmo autor enfatiza que a erosão do contato superior das rochas basálticas (sobrepostas às rochas sedimentares) tornou impossível a verificação do caráter intrusivo ou extrusivo daquelas rochas. Entretanto, o autor relatou a existência de margem resfriada no topo e base de diabásios amostrados em furos de sondagens e mapeados em superfície. Margem resfriada foi identificada, também, em um *sill*, com cerca de um metro de espessura, mapeado na superfície da Ilha Redonda (CORDANI, 1970). A identificação dessas margens resfriadas, segundo Cordani (1970) fundamentou a possibilidade de todas as variedades de rochas basálticas terem caráter intrusivo.

Os dados petrográficos para as rochas basálticas aflorantes nas ilhas do Arquipélago de Abrolhos são escassos e os poucos trabalhos que abordam este tema (p.ex.: CORDANI, 1970; FODOR *ET AL.*, 1989) não detalham as informações petrográficas.

Cordani (1970) definiu as rochas coletadas no arquipélago como diabásios e os diferenciou em rochas de granulação milimétrica, mapeadas nas ilhas de Santa Bárbara, Guarita e Redonda, e rochas de granulação sub-milimétrica, mapeadas nas ilhas de Siriba e Sueste (Figura 3). Os diabásios da Ilha de Santa Bárbara foram identificados em amostras coletadas nas profundidades aproximadas de 620 m e 709 m do poço 2-SBST-1-BA, localizado na porção ocidental da ilha (CORDANI, 1970). Estes diabásios foram descritos como rochas holocristalinas porfiríticas. O fenocristal da rocha é augita. A matriz tem textura ofítica e é composta por laboradorita, magnetita, apatita e minerais de alteração. Os diabásios da Ilha

Redonda também foram caracterizados como rochas holocristalinas porfiríticas (CORDANI, 1970). Os fenocristais do diabásio da Ilha Redonda são labradorita e olivina, e a matriz é composta por labradorita, augita, magnetita, biotita e apatita. Na Ilha Sueste, o diabásio tem textura holocristalina e ofítica e é composto por labradorita, augita, magnetita, apatita, biotita e alguns cristais de olivina (CORDANI, 1970). O diabásio da Ilha Siriba tem textura holocristalina e subofítica e é composto por labradorita, augita, magnetita e apatita (CORDANI, 1970).

Amostras de diabásio do poço 2-SBST-1-BA foram estudadas por Gomes *et al.* (1992). Segundo os autores, as rochas possuem textura ígnea, mas apresentam paragênese mineral semelhante às observadas em metabasaltos de substrato oceânico, formada por prenhita, clorita, calcita, epidoto, actinolita e hornblenda. Esta paragênese, característica do limite entre as facies prenhita-pumpelita e xisto verde, é formada sob condições de temperatura entre 300°C e 500°C, em decorrência da interação da rocha com a água do mar. Segundo os mesmos autores, há uma tendência do grau metamórfico aumentar com a profundidade das amostras.

Fodor *et al.* (1989) classificaram as rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos em três litotipos, quais sejam: basaltos, diabásios e rochas cumuláticas. Os basaltos, mapeados em todas as ilhas do arquipélago, foram descritos como rochas inequigranulares porfiríticas. Os basaltos porfiríticos contêm microfenocristais de olivina, plagioclásio e clinopiroxênio. Os microfenocristais de piroxênio apresentam zonamento composicional. A matriz é intergranular, fina (0,1 mm a 0,5 mm), composta de plagioclásio, clinopiroxênio e óxido de ferro e titânio. Em algumas amostras foram encontradas também olivina na matriz, sendo alguns grãos alterados para esmectitas. Há grãos de óxido de ferro e titânio anédricos de granulação média (1 mm), que englobam grãos de plagioclásio e clinopiroxênio da matriz, indicando crescimento *subsolidus*. Grãos de esmectita intersticial foram identificados em uma amostra de basalto e interpretados como prováveis produtos de alteração de vidro.

Os diabásios descritos por Fodor *et al.* (1989) foram identificados na superfície da Ilha de Santa Bárbara e em amostra da profundidade de 620 m do poço 2-SBST-1-BA. A rocha é composta por clinopiroxênio, plagioclásio e óxido de

ferro e titânio. Grãos de clinopiroxênio exibem zonamento composicional. Neste litotipo também foram identificados grãos de óxido de ferro e titânio anédricos que englobam minerais da matriz, indicando crescimento *subsolidus*. Grãos de biotita, clorita e sericita foram identificados como principais produtos de alteração da matriz da rocha.

A rocha cumulática descrita por Fodor *et al.* (1989) foi coletada na profundidade de 573 m no poço 2-SBST-1-BA na Ilha de Santa Bárbara. A rocha é formada por grãos de 2 mm a 5 mm de clinopiroxênio e plagioclásio dispostos num arranjo planar. Grãos de ilmenita de 1 mm a 2 mm também foram identificados. Quase todos os grãos de clinopiroxênio estão alterados para esmectita e clorita. Os grãos de plagioclásio estão albitizados.

A Tabela 1 apresenta um sumário das descrições petrográficas para as rochas do Arquipélago de Abrolhos.

Tabela 1: Sumário das características petrográficas das rochas do Arquipélago de Abrolhos publicadas na literatura.

Fonte	Ilha	Rocha	Texturas	Matriz	Fenocristal	Produtos secundários	Coleta
Cordani (1970)	Sta. Bárbara.	Diabásio.	Holocristalina, porfirítica e ofítica.	Labradorita; magnetita; apatita.	Augita.	Minerais de alteração (o autor não cita quais).	Coletado nas prof. de 620 m e 709 m no poço 2-SBTS-1-BA.
	Redonda.	Diabásio.	Holocristalina e porfirítica.	Labradorita; augita; magnetita; biotita e apatita.	Labradorita e olivina.	-	Coletado em afloramento da ilha.
	Sueste.	Diabásio.	Holocristalina e ofítica.	Labradorita; augita; magnetita; apatita; biotita e olivina.	-	-	Coletado em afloramento da ilha.
	Siriba.	Diabásio.	Holocristalina e subofítica.	Labradorita; augita; magnetita e apatita.	-	-	Coletado em afloramento da ilha.
Fodor et al. (1989)	Sta. Bárbara; Redonda; Siriba e Sueste.	Basalto.	Inequigranular e porfirítica.	Plagioclásio; clinopiroxênio; olivina (rara) e óxido de ferro e titânio (há grãos <i>subsolidus</i>).	Olivina; plagioclásio e clinopiroxênio.	-	<ul style="list-style-type: none"> • Coletado em afloramentos das ilhas e na prof. de 709 m no poço 2-SBTS-1-BA. • Os grãos de clinopiroxênio apresentam zonamento composicional. • Esmectita como produto de alteração de vidro. • Crescimento <i>subsolidus</i> de óxido de ferro e titânio.
	Sta. Bárbara.	Diabásio.	-	Clinopiroxênio; plagioclásio; óxido de ferro e titânio (há grãos <i>subsolidus</i>).	-	Biotita, clorita e sericita como minerais secundários.	<ul style="list-style-type: none"> • Coletado em afloramento da ilha e na prof. de 620 m no poço 2-SBTS-1-BA. • Crescimento <i>subsolidus</i> de óxido de ferro e titânio.
	Sta. Bárbara.	Cumulado.	Poiquilitica ou acamada.	Clinopiroxênio, plagioclásio (albitizado) e ilmenita.	-	Esmectita e clorita.	Coletado na prof. de 573 m no poço 2-SBTS-1-BA.

Os basaltos de Abrolhos têm alto teor de TiO_2 (4 a 6,8% peso de TiO_2) e razões Zr/Nb (5,4 a 6,2) e Zr/Y (1,2 a 7,6) características de basaltos do tipo P-MORB. As razões FeO/MgO (2,1 a 2,6) e as razões La/Sm_N ($\approx 2,1$) e La/Yb_N (≈ 8) indicam, respectivamente, alto grau de evolução dos basaltos de Abrolhos e enriquecimento em elementos terras raras leves (FODOR *ET AL.*, 1989).

Fodor *et al.* (1989) compararam os basaltos de Abrolhos aos basaltos de alto- TiO_2 da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, bem como a algumas amostras de basalto de alto- TiO_2 de *Walvis Ridge* e a algumas amostras de basaltos do tipo P-MORB (com 5 % peso de TiO_2) do sudoeste da cadeia indiana (*SWIR*). Os basaltos de Abrolhos são enriquecidos em elementos terras raras, mas têm baixas concentrações de elementos incompatíveis e composições isotópicas características de fonte mantélica empobrecida ($\epsilon_{\text{Sr}} = -12$; $\epsilon_{\text{Nd}} = +3$).

Os diabásios da superfície da Ilha de Santa Bárbara e da profundidade de 620 m do poço 2-SBST-1-BA se diferenciam quimicamente dos basaltos coletados nas superfícies das ilhas do Arquipélago de Abrolhos e na profundidade de 709 m no poço 2-SBTS-1-BA. Os diabásios têm baixas concentrações de P_2O_5 , Zr, Nb, Y e La e número de magnésio (# Mg) com valor máximo de 55, enquanto que nos basaltos o maior valor de # Mg é 48,7 (FODOR *ET AL.*, 1989). Fodor *et al.* (1989) sugeriram que as composições isotópicas indicam que os diabásios da Ilha de Santa Bárbara ($\epsilon_{\text{Sr}} = -9,2$; $\epsilon_{\text{Nd}} = +3,6$) e os basaltos coletados nas superfícies das ilhas do arquipélago são produtos de uma mesma fonte mantélica empobrecida.

A composição química da rocha cumulática, coletada na Ilha de Santa Bárbara, é caracterizada por baixos teores de Rb, Ba, K, La e Sr quando comparados aos dos outros litotipos. Além disso, as rochas cumuláticas possuem razões $\text{La/Yb}_N \approx 12$, sendo mais enriquecidas nesses elementos que os basaltos estudados (FODOR *ET AL.*, 1989). Porém, os autores sugeriram que a concentração de elementos terras raras dessas rochas pode não representar a concentração original devido à intensa alteração da rocha.

Fodor *et al.* (1989) apresentaram um modelo para a geração das rochas basálticas do Arquipélago de Abrolhos segundo o qual estas rochas são formadas a partir da cristalização de um líquido parental picrítico (Figura 4). Líquidos picríticos têm alto teor de MgO ($\text{MgO} > 15\%$), Cr e Ni e, portanto, são líquidos muito densos que ocupam reservatórios em níveis crustais profundos. Olivina é, possivelmente, a única fase mineral que cristaliza a partir de um líquido picrítico (p.ex.: O'HARA, 1968). No entanto, Fodor *et al.* (1989), em seu modelo, propuseram que não só olivina, mas também clinopiroxênio e plagioclásio são fases minerais possíveis de serem cristalizadas a partir de um líquido picrítico alojado na base da crosta. Segundo o modelo de Fodor *et al.* (1989), após um intenso processo de cristalização de olivina e provavelmente piroxênio e plagioclásio, a partir do líquido picrítico, líquidos residuais, menos densos, conseguiriam ascender em diferentes tempos, ocupando reservatórios em níveis crustais menos profundos. Nestes reservatórios teria ocorrido 87-90% de cristalização. As fases minerais formadas seriam olivina, clinopiroxênio, plagioclásio e óxidos, provavelmente em diferentes proporções para cada reservatório.

O alto teor de TiO_2 dos basaltos de Abrolhos também foi atendido pelo modelo de cristalização do líquido picrítico. Segundo Fodor *et al.* (1989), uma quantidade de cristalização acima de 50% do líquido picrítico poderia explicar o alto teor de TiO_2 , sem que necessariamente o líquido parental contivesse um elevado teor de TiO_2 .

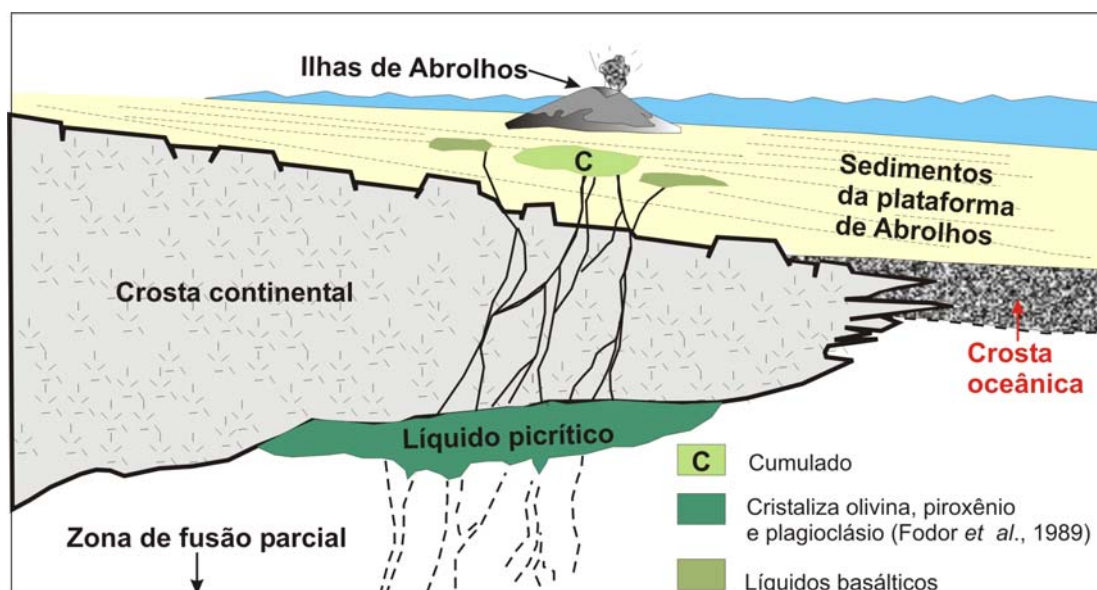


Figura 4: Figura esquemática mostrando a geração dos basaltos do Arquipélago de Abrolhos a partir da cristalização de um líquido picrítico (modificado de Fodor *et al.*, 1989).

Fodor *et al.* (1989) plotaram as razões de Zr/Y e Zr/Nb das rochas do Arquipélago de Abrolhos (basaltos, diabásios e cumulados) em diagrama binário juntamente com as curvas de mistura binária de Le Roex *et al.* (1983), Fodor & Vetter (1984), Fodor *et al.* (1985) e Humphris *et al.* (1985). Estas curvas de mistura hiperbólica têm como membros finais componentes tipo pluma e tipo N-MORB. Segundo o modelo proposto, todas as variedades de rochas do Arquipélago de Abrolhos poderiam representar produtos de uma fonte mantélica fértil (tipo pluma) com uma pequena contribuição do componente empobrecido (N-MORB).

A Tabela 2 lista as características químicas, publicadas por Fodor *et al.* (1989), das rochas aflorantes do Arquipélago de Abrolhos e de amostras do poço exploratório 2-SBTS-1-BA.

Tabela 2: Características químicas das rochas do Arquipélago de Abrolhos (FODOR *ET AL.*, 1989).

Litotipo	Coleta	Característica
Basalto	Ilhas de Santa Bárbara, Redonda, Siriba e Sueste.	<ul style="list-style-type: none"> • Alto teor TiO_2 (4 a 6,8 %peso). • $\text{Zr/Nb} = 5,4$ a $6,2$ e $\text{Zr/Nb} = 1,2$ a $7,6$ (típico de basaltos do tipo P-MORB). • Alto grau de evolução ($\text{FeO/MgO} = 2,1$ a $2,6$). • Enriquecido em elementos terras raras ($\text{La/Sm}_N \approx 2,1$ e $\text{La/Yb}_N \approx 8$). • Assinatura isotópica de fonte mantélica empobrecida ($\epsilon_{\text{Sr}} = -12$; $\epsilon_{\text{Nd}} = +3$).
Diabásio	Ilha de Santa Bárbara e amostra da profundidade de 620 m do poço 2-SBTS-1-BA.	<ul style="list-style-type: none"> • Baixas concentrações de P_2O_5, Zr, Nb, Y e La. • Assinatura isotópica de fonte mantélica empobrecida ($\epsilon_{\text{Sr}} = -9,2$; $\epsilon_{\text{Nd}} = +3,6$).
Rocha Cumulática	Ilha de Santa Bárbara	<ul style="list-style-type: none"> • Baixas concentrações de Rb, Ba, K, La e Sr comparada aos outros litotipos. • $\text{La/Yb}_N \approx 12$.

As datações K-Ar obtidas em amostras de afloramentos e furos de sondagens no Arquipélago de Abrolhos e na Plataforma de Abrolhos, publicadas por diversos autores (CORDANI, 1970; CORDANI & BLAZEKOVIC, 1970; ASMUS & GUAZELLI, 1981; FODOR *ET AL.*, 1983; MIZUSAKI E SARACCHINI, 1991; CONCEIÇÃO *ET AL.*, 1994), indicam uma longa duração do magmatismo de Abrolhos (≈ 30 Ma), com idades variando de 34 a 64 Ma. O intervalo de idades apresentado é referente ao Paleoceno-Eo-Oligoceno, embora a maioria das idades se restrinja ao Eoceno.

As datações radiométricas apresentadas por Cordani (1970) mostraram que as idades K-Ar mais jovens ($41,4 \pm 1,2$ Ma e $43,3 \pm 1,3$ Ma) foram obtidas em amostras de diabásio das profundidades de 602 m e 709 m do poço 2-SBTS-1-BA, respectivamente. As idades mais antigas foram obtidas em amostra do *sill* de diabásio da Ilha Redonda

($52,4 \pm 1,6$ Ma) e em duas amostras representativas do topo e base do diabásio da Ilha Sueste ($46,6 \pm 4,7$ Ma e $50,3 \pm 2,0$ Ma, respectivamente). A idade obtida em amostra de diabásio da Ilha Siriba ($47,6 \pm 1,5$ Ma) foi considerada por Cordani (1970) como uma idade aparente um pouco mais recente que as idades obtidas nas amostras de diabásios das ilhas Sueste e Redonda embora a diferença seja pequena.

As idades Ar-Ar apresentam um intervalo de magmatismo entre 40 a 60 Ma. Sobreira & Szatmari (2003) realizaram datações pelo método Ar-Ar em amostras de basalto das ilhas de Santa Bárbara e Siriba. O basalto da ilha Siriba, datado a partir de rocha total, apresentou idade de $50,0 \pm 0,3$ Ma. As amostras de basalto da Ilha de Santa Bárbara foram coletadas nas proximidades da linha de praia, entre a linha de praia e a crista da ilha e na crista da ilha (correspondendo à rocha cumulática). Estas amostras apresentaram idades de $46,8 \pm 2,5$ Ma, $44,0 \pm 0,4$ Ma e $42,6 \pm 0,3$ Ma, respectivamente.

A Tabela 3 lista, sumariamente, as idades K-Ar e Ar-Ar publicadas para as rochas aflorantes do Arquipélago de Abrolhos e obtidas em amostras do poço exploratório 2-SBTS-1-BA.

Tabela 3: Idades K-Ar e Ar-Ar obtidas para rochas do Arquipélago de Abrolhos.

Fonte	Ilha	Rocha/ Material analisado	Idade K-Ar	Idade Ar-Ar	Local coleta	de
Cordani (1970)	Sta. Bárbara	Diabásio/ plagioclásio	41,4±1,2 Ma		No poço 2- SBTS-1-BA (prof. 620 m).	
	Sta. Bárbara	Diabásio/ rocha total	43,3±1,3 Ma		No poço 2- SBTS-1-BA (prof. 620 m).	
	Redonda	Diabásio/ rocha total	52,4±1,6 Ma		Afloramento da ilha.	
	Sueste	Diabásio/ rocha total	46,6±4,7 / 50,3±2,0 Ma		Topo/Base do diabásio aflorante na ilha.	
	Siriba	Diabásio/ rocha total	47,6±1,5 Ma		Afloramento da ilha.	
Sobreira e Szatmari (2003)	Siriba	Diabásio/ rocha total		50,0±0,3 Ma	Afloramento da ilha.	
	Sta. Bárbara	Basalto/ plagioclásio		46,8±2,5 Ma	Afloramento da ilha na linha de praia.	
	Sta. Bárbara	Basalto/ rocha total		44,0±0,4 Ma	Afloramento da ilha entre a linha praia e a crista da ilha.	
	Sta. Bárbara	Basalto/ rocha total		42,6±0,3 Ma	Afloramento da ilha na crista da ilha.	

O magmatismo Abrolhos foi dividido, com base nas idades K-Ar e Ar-Ar publicadas por diversos autores, em dois principais períodos de ocorrência (SOBREIRA & SZATMARI, 2000, 2001, 2002, 2003, SOBREIRA *ET AL.*, 2004). O primeiro período, intervalo de 64 a 53 Ma, é a fase principal do magmatismo e originou o Complexo Vulcânico de Abrolhos. No segundo período, em torno de 47 a 42 Ma, o magmatismo teria um caráter parcialmente intrusivo e de ocorrência areal mais localizada. Entretanto, a datação Ar-Ar para Ilha de Siriba resultou numa idade em torno de 50 Ma, ou seja, fora dos períodos principais definidos. Sobreira & Szatmari (2004) interpretaram esta idade como intermediária às duas fases do magmatismo Abrolhos.

Sobreira *et al.* (2004) apontaram evidências de recorrência temporal do magmatismo Abrolhos também com base em análises sísmicas e análises petrográficas. A análise sísmica indicou a existência de duas fases principais de atividade ígnea marcadas por feições intrusivas que truncam intervalos contendo rochas vulcânicas, separadas por intervalo de tempo de alguns milhões de anos (SOBREIRA, 1997). A análise petrográfica evidenciou cristais de augita com bordas e núcleos corroídos, sugestivo de realimentação por pulsos magmáticos mais novos, podendo indicar uma recorrência ígnea em período inferior a 1 Ma.

A área de ocorrência do Complexo Vulcânico de Abrolhos é superior a 40.000 Km² (SOBREIRA ET AL., 2002). Os intervalos de idades ora publicadas podem não ser representativos de todo o magmatismo, podendo haver outras idades intermediárias assim como a obtida para a amostra da Ilha Siriba. Assim, ao invés de duas fases com interrupção de 6 Ma entre elas, o magmatismo Abrolhos pode ter tido uma duração em torno dos 20 Ma, o que abrangeria todo o período de 63 a 42 Ma. A duração do magmatismo Abrolhos em um único período não anula a transição de uma ocorrência de natureza extrusiva para uma predominantemente intrusiva, nem tão pouco desconsidera a possibilidade do magmatismo Abrolhos ter se manifestado por diversos pulsos magmáticos.