



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
PETROLOGIA, METALOGÊNESE E EXPLORAÇÃO MINERAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DIQUES MÁFICOS DA PROVÍNCIA LITORÂNEA, ESTADO
DA BAHIA: ESTUDO COMPARATIVO COM ILHÉUS-
OLIVENÇA**

JOÃO PEDRO MORENO GOMES

SALVADOR

2020

**DIQUES MÁFICOS DA PROVÍNCIA LITORÂNEA, ESTADO
DA BAHIA: ESTUDO COMPARATIVO COM ILHÉUS-
OLIVENÇA**

JOÃO PEDRO MORENO GOMES

Orientadora: Profa. Dra. Angela Beatriz de Menezes Leal

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral.

SALVADOR

2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI - UFBA.

G633 Gomes, João Pedro Moreno
Diques máficos da Província Litorânea, Estado da
Bahia: estudo comparativo com Ilhéus-Olivença. / João
Pedro Moreno Gomes. – Salvador, 2020.

62 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Angela Beatriz de Menezes Leal

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
Instituto de Geociências, 2020.

1. Geoquímica. 2. Petrografia. 3. Magmatismo Basáltico. 4.
Diques Máficos. I. Menezes Leal, Angela Beatriz de. II.
Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 550.4

JOÃO PEDRO MORENO GOMES

DIQUES MÁFICOS DA PROVÍNCIA LITORÂNEA, ESTADO DA
BAHIA: ESTUDO COMPARATIVO COM ILHÉUS-OLIVENÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia na área de concentração em Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral em 07/12/2020.

DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

Angela Beatriz de Menezes Leal

Profa. Dra. Angela Beatriz de Menezes Leal
Orientadora - IGEO/UFBA

Ana Carolina Pinheiro Amorim

Profa. Dra. Ana Carolina Pinheiro Amorim
Examinadora Externa – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA

Jailma Santos de Souza de Oliveira

Profa. Dra. Jailma Santos de Souza de Oliveira
Examinadora Interna - IGEO/UFBA

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES – Código de Financiamento 001. Agradeço à FAPESB pela concessão da bolsa de mestrado e ao CNPq e FAPESB pelo auxílio financeiro fornecido ao projeto de pesquisa.

Esse trabalho não existiria sem a rede de apoio e pessoas maravilhosas que encontrei nessa jornada. Agradeço a todos que estiveram sempre ao meu lado me motivaram sempre a continuar e os que eu tanto admiro. Aos meus pais pelo amor e compreensão infinitos que me proporcionam sempre. Aos meus irmãos que sempre tem um conselho para dividir comigo e me fazer crescer. À minha família, tias, cunhadas, avós, madrinha por sempre estarem disponíveis a ajudar e por todas as palavras de amor e carinho. Ao meu namorado que é o melhor companheiro na vida que alguém poderia sonhar, que sempre me impulsiona a ir além e me completa. À minhas filhas que me alegram todos os dias. À minha orientadora pela paciência, por me ensinar tantas coisas e por ser um exemplo de profissional que almejo ser um dia. Aos meus amigos pelos momentos inesquecíveis e com quem sempre posso contar para rir e chorar. Aos meus professores e professoras que me deram as bases necessárias para eu ser a melhor versão de mim. A todos funcionários do IGEO pelo trabalho indispensável para a estrutura do meu aprendizado. Obrigado a todos por fazerem parte da minha história e espero que eu possa ser tão bom para vocês assim como vocês são para mim.

RESUMO

Os estudos petrológicos dos diques máficos permitem estabelecer a evolução geodinâmica de uma região, contribuindo com a caracterização da natureza das fontes mantélicas e das condições que operavam em ambiente intraplaca durante eventos distensivos. Os diques máficos de Ilhéus-Olivença pertencem à Província Litorânea, assim como os enxames de Salvador, Camacan e Itajú do Colônia. A partir dos dados de campo, petrográficos e geoquímicos produzidos para os diques de Ilhéus-Olivença e os dados existentes na literatura foram identificadas semelhanças e diferenças entre os enxames dos diques na Província Litorânea. Esses corpos apresentam-se isotrópicos, com granulação fina a média, contatos retos e sinuosos e espessuras variando de poucos centímetros a dezenas de metros. A orientação preferencial desses diques é aproximadamente E-W nos conjuntos da porção sul, e NNW-SSE em Salvador, enquanto que a direção do fluxo magmático foi de leste para oeste em Ilhéus-Olivença e Camacan, e sul para norte em Salvador. Microscopicamente essas rochas mostram grande similaridades, visto que são constituídas por uma assembleia mineralógica composta por plagioclásio e piroxênios, principalmente augita. Nos diques de Salvador e Ilhéus-Olivença ocorre olivina. As texturas observadas foram ofítica, subofítica, intergranular e porfirítica. Os processos de alteração identificados foram uralitização, sericitização, saussuritização, biotitização e cloritização. Os diques foram classificados geoquimicamente como basaltos com tendência toleítica de ambiente intraplaca. Os padrões de ETR normalizados pelo manto primitivo e as razões de ETR mostraram um leve enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP, característico de toleítos continentais. O paralelismo e similaridade na distribuição espacial desses padrões evidenciam que esses corpos foram formados a partir de uma fonte semelhante. O caráter semelhante ao E-MORB sugere influência de material enriquecido na gênese do magma parental e não descarta a participação de contaminação crustal na origem desses corpos. Os dados sugerem que esses enxames são expressões de uma pluma mantélica associada a extensão crustal meso/neoproterozoico.

Palavras-chave: Geoquímica, petrografia, magmatismo basáltico, diques máficos

ABSTRACT

Petrological studies of mafic dykes allow the geodynamic evolution of a region to be established, contributing to the characterization of the nature of mantle sources and the conditions that operated in an intraplate environment during distensive events. The mafic dykes of Ilhéus-Olivença belong to the Coastal Province, as well as the swarms of Salvador, Camacan and Itajú do Colônia. From the field, petrographic and geochemical data produced for the dykes in Ilhéus-Olivença and the data in the literature, similarities and differences were identified between the swarms of the dikes in the Coastal Province. These bodies are isotropic, with fine to medium granulometry, straight and sinuous contacts and thickness ranging from a few centimeters to tens of meters. The preferred orientation of these dykes is approximately E-W in the southern portion, and NNW-SSE in Salvador, while the direction of the magmatic flow was from east to west in Ilhéus-Olivença and Camacan, and south to north in Salvador. Microscopically these rocks show great similarities, since they are constituted by an mineralogical assembly composed of plagioclase and pyroxenes, mainly augite. In the dykes of Salvador and Ilhéus-Olivença olivine occurs. The observed textures were ofitic, subofytic, intergranular and porphyritic. The alteration processes identified were uralitization, sericitization, saussuritization, biotitization and chloritization. The dykes were classified geochemically as basalts with a tholeitic tendency towards an intraplate environment. The REE patterns normalized by the primitive mantle and the REE ratios showed a slight enrichment in LREE in relation to the HREE, characteristic of continental Toleitites. The parallelism and similarity in the spatial distribution of these patterns show that these bodies were formed from a similar source. The E-MORB-like character suggests the influence of enriched material in the genesis of parental magma and does not rule out the participation of crustal contamination in the origin of these bodies. The data suggest that these swarms are expressions of a mantle plume associated with the meso / neoproterozoic crustal extension.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	6
CAPÍTULO 2 - ARTIGO	14
1 Introdução	15
3 Resultados	20
4 Discussões dos resultados.....	29
5 Conclusões	40
Referências bibliográficas.....	41
APÊNDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR.....	46
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA DO ARTIGO	53
ANEXO B – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO.....	57

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Diques são corpos intrusivos de pequena a média profundidade, discordantes, tabulares, subverticais a verticais, de espessura que varia de poucos centímetros a milhares de metros e comprimento que pode atingir milhares de quilômetros. Os diques máficos são uma das expressões do magmatismo de composição basáltica associadas a processos de rifteamento da crosta terrestre em ambiente intraplaca. Por esse motivo, essas rochas são utilizadas nos estudos de reconstrução da geodinâmica terrestre e da composição do manto sublitosférico, fornecendo informações sobre o posicionamento de paleocontinentes, campos de paleoesforço, assim como sobre a natureza das fontes mantélicas e processos petrogenéticos que originaram esses enxames. (Corrêa-Gomes et al., 1996, 2000; Menezes Leal et al., 2012).

Os diques máficos do Estado da Bahia ocorrem em conjuntos ou verdadeiros enxames e foram estudados por diversos autores (e.g. Tanner de Oliveira, 1989; Bastos Leal e Teixeira, 1992; Moraes Brito, 1992; Menezes Leal et al., 1992; Pereira Varjão, 2011; Pinheiro Amorim, 2017) que produziram grande quantidade de dados petrológicos sobre eles. A primeira divisão desses enxames foi proposta por Corrêa-Gomes et al. (1996) em províncias filonianas. Posteriormente Menezes Leal et al. (2012) dividiu esses corpos em seis províncias e quatro ocorrências (Fig. 1) de acordo com suas características geológicas, mineralógicas, químicas e geocronológicas. As províncias de diques máficos conhecidas da Bahia são: (i) Uauá-Caracatá, (ii) Salvador, (iii) Chapada Diamantina-Paramirim, (iv) Litorânea, (v) Caraíba-Curaçá e, (vi) Itabuna-Itajú do Colônia. As ocorrências de diques máficos são expressões geográficas menores que não apresentam aspectos de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos detalhados. Na Bahia as ocorrências conhecidas são: (i) Feira de Santana-Lamarão, (ii) José do Jacuípe-Aroeira, (iii) Juazeiro-Salobrinho e, (iv) Coronel João Sá.

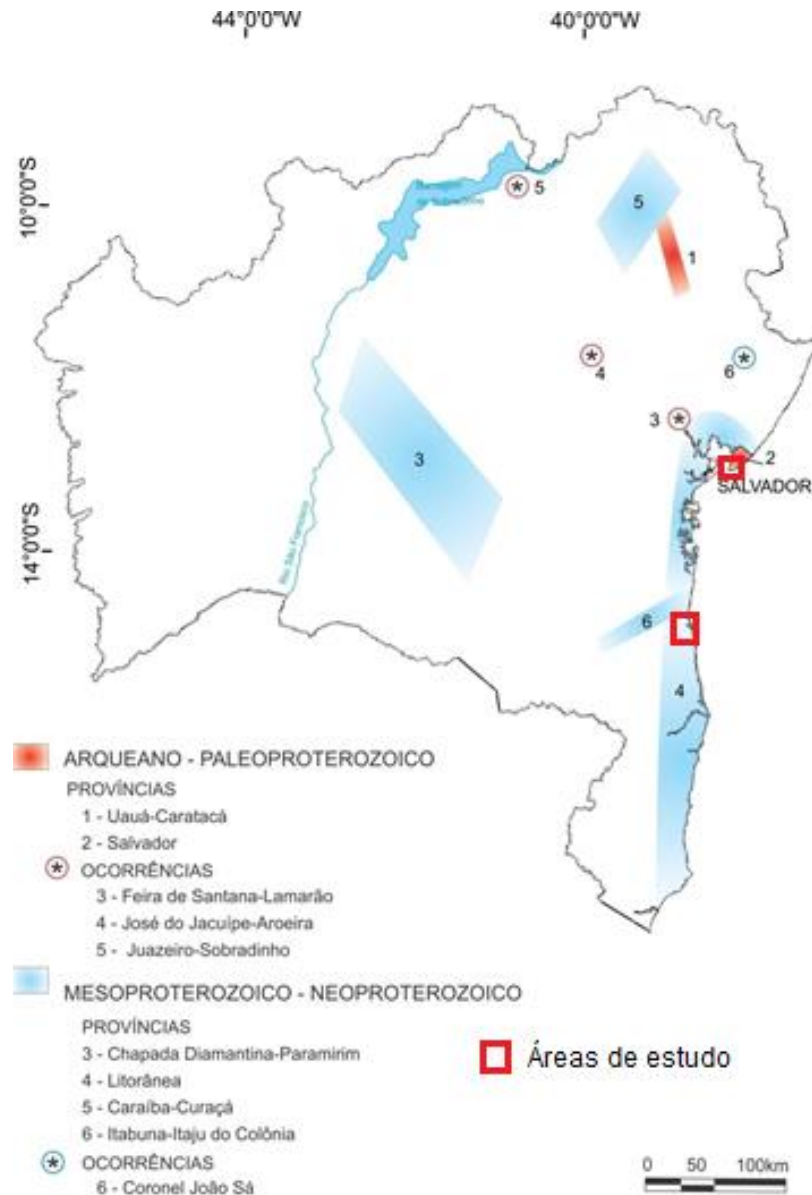


Figura 1. Mapa de localização das províncias e ocorrências de diques máficos da Bahia. Fonte: Adaptado de Menezes Leal et al. (2012).

Figure 1. Location map of mafic dykes provinces and occurrences from Bahia: Source: Adapted from Menezes Leal et al. (2012).

Este trabalho abordará a província Litorânea (PL). Ela representa os enxames de diques máficos Tonianos (1000-900 Ma) localizados a nordeste do Cráton do São Francisco que aflorando na costa marítima de das cidades Salvador e Ilhéus-Olivença, e mais ao interior do continente, em Camacan e Itajú do Colônia. Essa província já foi estudada por outros pesquisadores (e.g. D'Agrella Filho et al, 1989; Tanner de Oliveira, 1989; Santos, 2010; Cruz, 2013; Evans et al., 2015; Vieira, 2016; Pinheiro Amorim, 2017; Silva, 2018) que produziram dados de campo, petrográficos, geoquímicos, geocronológicos e isotópicos de forma isolada

para cada localidade. Entretanto, essas pesquisas não objetivavam a comparação desses dados para abordagem das semelhanças e diferenças entre essas rochas filonianas. Por esse motivo, se faz necessário um trabalho focado no estudo comparativo das informações petrográficas, geoquímicas e geocronológicas desses diques máficos.

A área de estudo está localizada no município de Ilhéus que fica na mesorregião sul da Bahia, distante 320 km da capital Salvador e tem como limites a norte os municípios Uruçuca e Aurelino Leal, a leste Itapetinga, Coaraci, Itabuna e Buerarema, e a sul Una. Os principais afloramentos de diques ocorrem próximo à praia no Morro de Pernambuco, na zona urbana de Ilhéus, e ao sul ao longo da costa da vila de Olivença.

Os diques máficos da PL estão inseridos no contexto geotectônico do Cráton do São Francisco (CSF) que representa o núcleo cristalino localizado em grande parte dos Estados da Bahia (Fig. 2) e de Minas Gerais, que não participou dos processos orogênicos do Fanerozoico, atuando como antepaís durante o Ciclo Orogenético Brasileiro. As rochas Arqueanas e Paleoproterozoicas do seu substrato experimentaram metamorfismo variando de fácies xisto verde até granulito durante a Orogenia Paleoproterozoica, no qual quatro blocos arqueanos (Gavião, Serrinha, Jequié e Itabuna-Salvador-Curaçá) colidiram e formaram o Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá (CISC) de orientação aproximada N-S, porém devido ao processo erosivo somente as rochas da raiz granulítica desse cinturão estão preservadas em afloramentos (Barbosa e Sabaté, 2003). Os diques de Ilhéus-Olivença, Camacan e Itaju do Colônia estão localizados na porção sul do Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá, enquanto os diques de Salvador na parte sul do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim.

O embasamento cristalino em Ilhéus-Olivença, e onde os diques máficos estão encaixados (Fig. 3), é representado pela unidade geológica do complexo Ibicaraí-Buerarema composto basicamente por granulitos charnockíticos, enderbíticos e trondhjemíticos e por ortognaisses tonalíticos, dioríticos, graníticos e enderbíticos, além de corpos de metagabronoritos (Moraes Filho & Lima, 2007). Sobre essas rochas existem os depósitos sedimentares terciários, representados pelo grupo Barreiras, e os quaternários, representados pelos depósitos litorâneos e fluviais.

O trabalho tem como objetivo geral integrar e analisar comparativamente os dados de campo, petrográficos e geoquímicos dos diques máficos de Ilhéus-Olivença com os demais enxames da PL (Salvador, Camacan e Itaju do Colônia). Como objetivos específicos buscou-se: (i) Levantamento bibliográfico sobre as províncias de diques máficos do estado da Bahia, especificamente a Província Litorânea, que é o objeto de estudo; (ii) Caracterizar os aspectos de campo dos diques de Ilhéus-Olivença, quanto às espessuras, os comprimentos, direções e

relações de contato com as encaixantes; (iii) Correlacionar os dados petrográficos de minerais constituintes e aspectos texturais, afim de estabelecer semelhanças e diferenças entre os diques máficos da PL; (iv) Comparar o comportamento dos elementos maiores, traço e terras raras das rochas filonianas da PL, através de diagramas binários e ternários e; (v) Atualizar as imagens de campo e fotomicrografias dos diques máficos de Ilhéus-Olivença, uma vez que os trabalhos nessa região datam da década de 80.

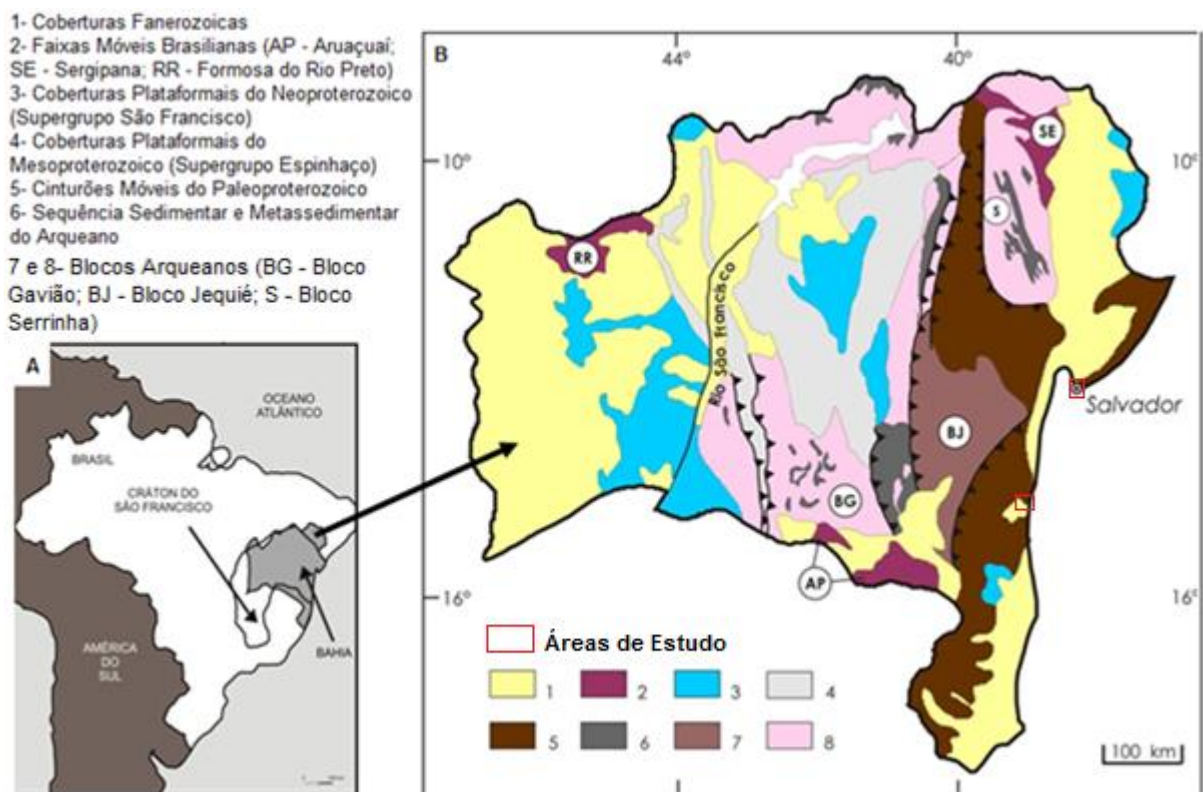


Figura 2. (A) Mapa da localização do cráton do São Francisco; (B) Esboço geológico e compartimentação geológica do Estado da Bahia. Fonte: Modificado de Barbosa & Dominguez (1996) por Pinheiro Amorim (2017).

Figure 2. (A) Location Map of São Francisco Craton; (B) Geological Skectch and geological compartmentalization of Bahia State. Source: Modified from Barbaso & Dominguez (1996) by Pinheiro Amorim (2017).

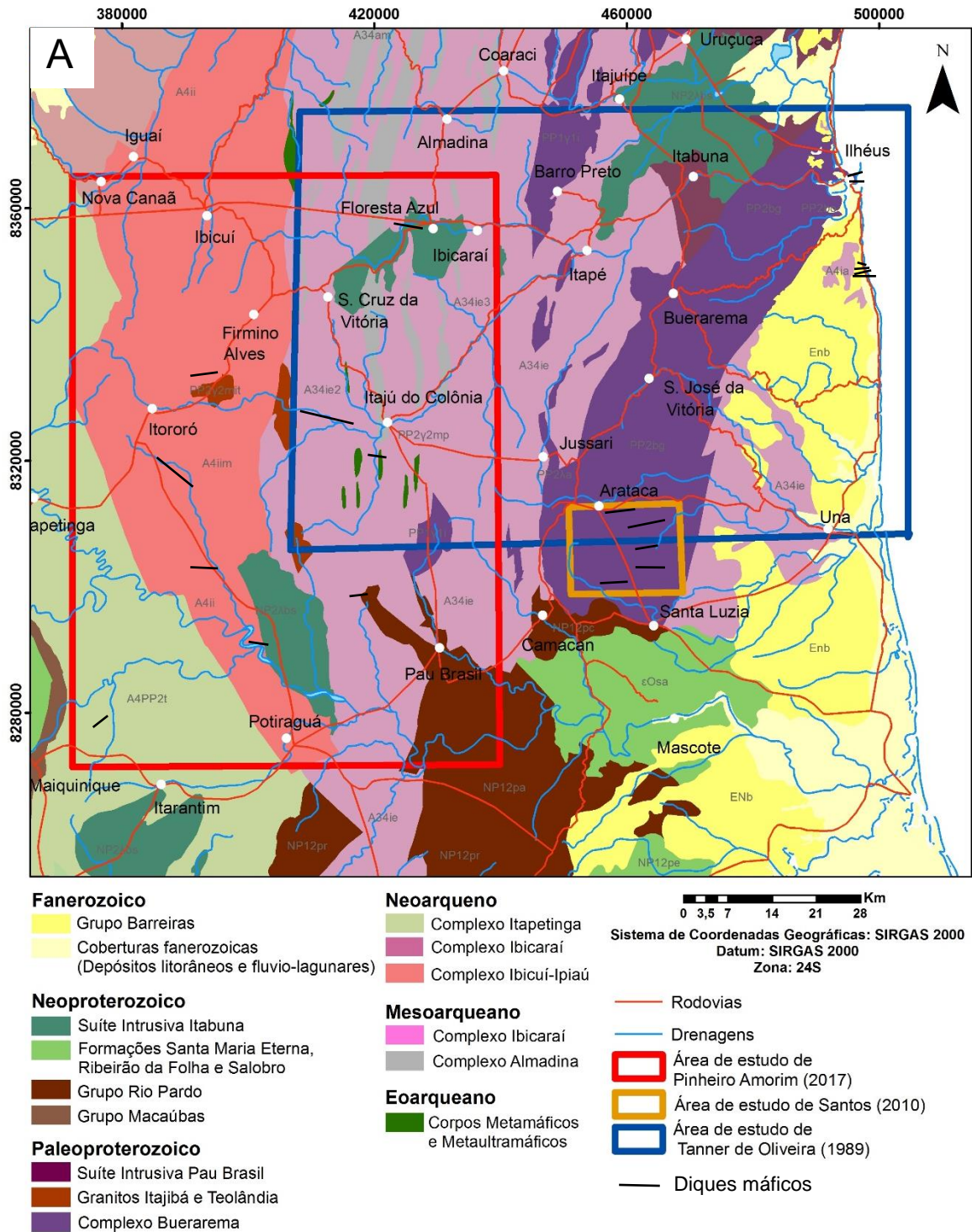


Figura 3. Mapa geológico do Sul da Bahia. Fonte: CPRM/CBPM (2006).

Figure 3. Geological map of Southern Bahia. Source: CPRM/CBPM (2006).

O trabalho mais detalhado focado na petrogênese dos diques máficos de Ilhéus-Oliveira foi realizado na década de 80/90 por Tanner de Oliveira (1989) que caracterizou os aspectos de campo, petrográficos, de química mineral e geoquímicos, assim como propôs um modelo geodinâmico considerando ambiente geotectônico, origem do magma, evolução geotectônica e

geoquímica. O trabalho concluiu que esses diques foram originados de uma mesma fonte mantélica de caráter enriquecido, e que a diversidade de rochas e conteúdos de Ti são produto de diferentes graus de fusão parcial. Os diques de Salvador foram estudados por Moraes Brito (1992), Cruz (2013) e Silva (2018), que caracterizaram eles como rochas tholeiíticas com comportamento entre E-MORB e OIB. Os dados geocronológicos obtidos por Evans et al. (2015) obteve idade de $926,1 \pm 4,6$ Ma para os diques de Ilhéus e $918,2 \pm 6,7$ Ma para os de Olivença. Os trabalhos de Santos (2010) e Vieira (2016) caracterizam o enxame de Camacan utilizando petrografia e geoquímica. Os diques de Itajú do Colônia foram caracterizados por Pinheiro Amorim (2017), que também datou esses corpos em 1387 ± 390 Ma pelo método Rb-Sr.

A importância do estudo de diques máficos na evolução geodinâmica é destacada por muitos autores (e.g. May, 1973; Pearce e Cann, 1973; Kusky et al., 2010), uma vez que esses corpos estão relacionados com eventos de distensão crustal e são os principais alimentadores e condutores de ascensão magmática do manto para a crosta. A investigação petrológica dessas intrusões permite estabelecer a natureza fontes mantélicas, a composição do manto litosférico subcontinental e as condições que operavam no ambiente intraplaca em rifteamentos iniciais ou incipientes (Menezes Leal et al., 2012). Logo, esse trabalho tem contribuição cumulativa para o entendimento dos processos que originaram os diques máficos e seu contexto na evolução da Terra.

O produto dessa pesquisa foi submetido e aceito para publicação na Revista Pesquisas em Geociências, conforme indicado no Anexo B desse documento.

Referências

- BARBOSA, J. S. F e DOMINGUEZ, J. M. L. 1996. *Mapa Geológico do Estado da Bahia. Escala: 1.000.000. Texto Explicativo*. Salvador, Bahia.
- Barbosa, J.S.F. & Sabaté, P. 2003. Colagem paleoproterozoica de placas arqueanas do Cráton do São Francisco na Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(1): p.7-14.
- Bastos Leal, L. R. e Teixeira, W. 1992. Geocronologia Rb-Sr e K-Ar do Enxame de Diques Máficos de Uauá, Bahia. *XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, São Paulo, v. 1. p. 484.
- CBPM. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2006. *Mapa Geológico da Bahia. Salvador*. Escala 1:100000.

- Corrêa-Gomes, L. C.; Tanner de Oliveira, M. A. F.; Motta, A. C.; Cruz, M. J. M. 1996. *Província de diques máficos do Estado da Bahia: Mapa, estágio atual do conhecimento e evolução temporal*. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Salvador. 144 p.
- Corrêa-Gomes, L.C. 2000. *Diques Máficos: Uma reflexão teórica sobre o tema e seu uso no entendimento prático da Geodinâmica Fissural. Exemplos de Salvador e Ilhéus-Olivença, Zona Costeira Atlântica do Estado da Bahia – Brasil*. Salvador. 196p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Cruz, L.A. 2013. *Aspectos de campo, petrografia e geoquímica preliminar dos diques máficos das praias Jardim de Alah, Paciência e Ondina, Salvador – BA*. Salvador. 73p. Monografia de conclusão de curso, curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- D’Agrella Filho, M.S., Pacca, I.G., Onstott, T.C., Renne, P.R & Teixeira, W. 1989. Paleomagnetism and geochronology of mafic dikes from the regions of Salvador, Olivença and Uauá, São Francisco Craton, Brazil. *Boletim Inst. De Geociências, Universidade de São Paulo, Série Científica*, 20: 1-8.
- Evans, D.A.D., Trindade, R.I.F., Catelani, E.L.D, D’Agrella Filho, M.S., Heaman, L.M., Oliveira, E.P. & Salminen, J.M. 2015. Return to Rodinia? Moderate to high palaeolatitude of the São Francisco/Congo craton at 920 Ma. *Geological Society, Special Publications*, 424(1): 167-190.
- Kusky, T. M.; Zhai, M. G.; Xiao, W. 2010. *The Evolving Continents: Understanding Processes of Continental Growth*. Geological Society of London, Special Publication n°. 338, Londres. 415 p.
- May, P. R. 1973. Pattern of Triassic-Jurassic Diabase Dykes around the North Atlantic in Contexto of pre-drift position of the continents. *Geol. Soc. Amer. Bull*, 82: 1285-1292.
- Menezes, A. B. 1992. *O enxame de diques máficos de Uauá – Bahia: caracterização petrológica e geoquímica*. São Paulo. 126p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Menezes Leal, A.B., Corrêa-Gomes, L.C. & Guimarães, J.T. 2012. Diques máficos. In: Barbosa, J.S.F. (Coordenação geral). *Geologia da Bahia. Pesquisa e Atualização. Volume 2*. Salvador, CBPM, p. 199-231
- Moraes Brito, C. 1992. *Caracterização geológica, geoquímica e petrográfica dos diques máficos proterozóicos da região de Salvador-BA*. São Paulo. 153p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

- Moraes Filho, J.C.R. e Lima, E. S. 2007. *Região de Itapetinga, sul da Bahia (borda SE do cráton do São Francisco): geologia e recursos minerais*. Salvador: Convênio CPRM/CBPM. Série Arquivos Abertos n ° 27. p. 63.
- Pearce, J.A. e Cann, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Plan. Sci.Lett.*, 19: 290-300.
- Pereira Varjão, L. M. 2011. *Geologia, petrografia e litogeoquímica dos diques máficos da porção sudeste do Bloco Gavião, Bahia, Brasil*. Salvador. 97 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Pinheiro Amorim, A.C. 2017. *Petrologia dos enxames de diques máficos ectasiano de Itajú do Colônia e criogeniano de Itapé, sudeste do estado da Bahia*. Salvador. 228p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Santos, M.C.P. 2010. *Caracterização Petrográfica e Geoquímica Preliminar dos diques máficos da região de Camacan, Bahia, Brasil*. Salvador. 124p. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Silva, S.O. 2018. *Caracterização petrológica dos diques máficos da orla de Salvador, Bahia*. Salvador. 54p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Tanner de Oliveira, M.A.F. 1989. *O enxame de diques máficos de Olivença: Aspectos geoquímico e petrogenéticos*. São Paulo. 154p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Vieira, K.C. 2016. *Diques máficos de Camacan, sul do estado da Bahia: uma caracterização petrológica*. Salvador. 88p. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

CAPÍTULO 2

ARTIGO

Diques máficos da Província Litorânea, Estado da Bahia: Estudo comparativo com Ilhéus-Olivença**Coastal Province mafic Dykes, State of Bahia: Comparative study with Ilhéus-Olivença**

João Pedro Moreno GOMES¹ & Angela Beatriz de MENEZES LEAL¹

¹Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Rua Barão de Jeremoabo, s/n, CEP 40170-290, Salvador, BA, Brasil (joaopmoreno@outlook.com, angelab@ufba.br)

Resumo. Estudos comparativos de dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos de diques máficos permitem estabelecer relações entre diferentes enxames, seus processos de gênese e evolução magmática, contribuindo para a evolução geodinâmica de uma determinada região e a caracterização da natureza das fontes mantélicas de eventos extensionais. Os diques máficos de Ilhéus-Olivença, Salvador, Camacan e Itajú do Colônia, pertencentes a Província Litorânea (PL), estão localizados no nordeste do Cráton do São Francisco, próximo à costa marítima da Bahia e encaixados em rochas granulíticas de cinturões orogênicos paleoproterozoicos. O enxame de Ilhéus-Olivença apresenta diques com espessuras médias de menos de 3 m, com orientação preferencial E-W e hospedam enclaves rotacionados, com fluxo magmático direcionado de leste para oeste. A assembleia mineralógica essencial é composta por plagioclásio, piroxênios, olivina, hornblenda e minerais opacos, apresentando texturas intergranular, ofítica, porfirítica e subofítica, além de processos de alteração secundária. São basaltos toleíticos de ambiente intraplaca, com leve enriquecimento em ETRL comparados com ETRP, mostrando uma fonte enriquecida do tipo E-MORB, com tendências próximas do manto primitivo. Quando comparado com os outros diques máficos da PL apresentam semelhanças quanto aos aspectos de campo, petrográficos e geoquímicos. A integração dos estudos geoquímicos com dados geocronológicos da literatura da PL revela que essas rochas fazem parte do mesmo evento extensional Toniano, provavelmente relacionado a uma mesma pluma mantélica.

Palavras-chave: geoquímica, petrografia, enxames de diques, magmatismo basáltico.

Abstract. Comparative studies of petrographic, geochemical and geochronological data of mafic dykes allow establishing relationships among different swarms, their processes of genesis and magmatic evolution, contributing to the geodynamic evolution of a given region and the characterization of the nature of mantle sources of extensional events. The mafic dikes of Ilhéus-Olivença, Salvador, Camacan and Itajú do Colônia, belonging to the Coastal Province (PL), are located in the northeast of the Francisco Cráton, close to the sea coast of Bahia and emplaced in granulitic rocks of paleoproterozoic orogenic belts. The Ilhéus-Olivença swarm has dikes with average thickness of less than 3 m, with preferential E-W orientation and host rotated enclave structures, with magmatic flow directed from east to west. The essential mineralogical assembly is composed of plagioclase, pyroxenes, olivine, hornblende and opaque minerals, presenting intergranular, ophitic, porphyritic and subophitic textures, besides secondary alteration processes. They are tholeiitic basalts of

intra-plate setting, with slight enrichment in ETRL compared to ETRP, showing an E-MORB source, with samples close to the primitive mantle. When compared with the other mafic dykes of PL, they have similarities in terms of field, petrographic and geochemical aspects. The integration of geochemical studies with geochronological data from the PL literature reveals that these rocks are part of the same extensional Tonian event, probably related to the same mantle plume.

Palavras-chave: geochemistry, petrography, dykes swarms, basaltic magmatism.

1 Introdução

Diques máficos são expressões do magmatismo de composição basáltica associadas a processos de extensão crustal que ocorrem em várias partes do planeta. São sensíveis indicadores do contexto geodinâmico da Terra, visto que fornecem informações sobre fontes mantélicas e sua evolução, a configuração da tectônica de placas, assim como na reconstrução de paleocontinentes e campos de paleoesforço locais e regionais (Corrêa-Gomes *et al.*, 1996; Menezes Leal *et al.*, 2012).

No estado da Bahia, os diques máficos em enxames foram inicialmente divididos por Corrêa-Gomes *et al.* (1996) em províncias filonianas e, posteriormente por Menezes Leal *et al.* (2012) em seis províncias e quatro ocorrências. As províncias de diques máficos conhecidas no Estado da Bahia são: (i) Uauá-Caracatá, (ii) Salvador, (iii) Chapada Diamantina-Paramirim, (iv) Litorânea, (v) Caraíba-Curaçá e, (vi) Itabuna-Itajú do Colônia, enquanto as ocorrências de diques máficos são expressões geográficas menores que apresentam dados de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos pouco detalhados. Na Bahia as ocorrências conhecidas são: (i) Feira de Santana-Lamarão, (ii) José do Jacuípe-Aroeira, (iii) Juazeiro-Salobrinho e, (iv) Coronel João Sá.

Este trabalho aborda o estudo petrográfico e geoquímico do enxame de diques máficos da região de Ilhéus-Olivença, no sul do estado da Bahia, localizado a nordeste do Cráton do São Francisco, encaixado em rochas granulíticas e pertencente à Província Litorânea (PL). Adicionalmente, são incorporados a esse estudo dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos diques máficos de Salvador, Camacan e Itajú do Colônia (e.g. Tanner de Oliveira, 1989; Moraes Brito, 1992; Santos, 2010; Cruz, 2013; Vieira, 2016; Pinheiro Amorim, 2017; Silva, 2018) objetivando o estudo comparativo entre os corpos filonianos da PL, visando contribuir com novas informações para o entendimento dos processos envolvidos na gênese dessas rochas.

Dados geocronológicos obtidos pelo método Ar-Ar em biotita (D'Agrella Filho *et al.*, 1989; Renne *et al.*, 1990) na região de Ilhéus-Olivença, forneceram idades isotópicas de 1077 ± 25 Ma e 1078 ± 18 Ma (Olivença) e 1011 ± 24 Ma (Ilhéus), e para os diques máficos de

Salvador, idade de 1021 ± 8 Ma, pelo mesmo método. No entanto, Evans *et al.* (2015) utilizando o método U-Pb em badeleítas obtiveram idade de $926,1 \pm 4,6$ Ma para os diques de Ilhéus e $918,2 \pm 6,7$ Ma para os de Olivença. Pinheiro Amorim (2017) obteve a partir do método Rb-Sr idade de 1387 ± 390 Ma para os diques de Itajú do Colônia. Considerando o erro da datação, a idade pode corresponder aquelas relacionadas a aproximadamente 1000 Ma. Para os diques máficos de Camacan não temos dados geocronológicos na literatura. Considerando as idades obtidas para os diques máficos da Província Litorânea, podemos sugerir que esses corpos são coevos e podem estar associados ao mesmo evento de magmatismo basáltico intraplaca de idade esteniana/toniana.

Corrêa-Gomes (2000) definiu que os diques máficos de Ilhéus-Olivença são parte de um grande enxame com padrão radial relacionado ao momento *pré-drift* de domeamento litosférico durante o evento de separação dos cratons do São Francisco e Congo em 1,0 Ga. Chaves *et al.* (2018) sugere que esses corpos máficos apresentam semelhanças petrográficas, geoquímicas e geocronológicas com os enxames em Pedro Lessa e Formiga, em Minas Gerais, e à sequência basáltica Gangila e aos enxames de Ebolowa, Sembe-Ouessou e Comba na África, sendo todos eles expressões de uma *Large Igneous Province* (LIP) denominada de Bahia-Gangila originada de um evento de superpluma entre 900-920 Ma que cobriu uma área de aproximadamente 1.500.000 km² entre o Brasil e África, e aponta para um evento geotectônico extensional de tentativa de ruptura litosférica do supercontinente Rodínia.

2 Área de estudo, materiais e métodos

2.1 Localização e contexto geológico regional da área

A área de estudo está na mesorregião sul do estado da Bahia e compreende a orla da sede da cidade de Ilhéus, com os principais afloramentos no morro do Pernambuco, e mais ao sul a orla da vila de Olivença. O acesso a área de estudo ao sul a partir da capital Salvador é feito através da BR-324, passando para a BR-101 no entroncamento após Amélia Rodrigues seguindo 341 km até Itabuna, de onde é possível ter acesso a Ilhéus após 30 km pela BR-415 (Fig. 1).

Os corpos máficos filonianos de Ilhéus-Olivença estão inseridos no contexto geotectônico do Cráton do São Francisco (CSF) na porção sul do Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá (CISC). O CSF representa o núcleo cristalino localizado em grande parte dos estados da Bahia e de Minas Gerais, que não participou dos processos orogênicos do Fanerozoico, atuando como antepaís durante o ciclo orogênico Brasileiro. As rochas arqueanas e paleoproterozoicas do seu substrato foram submetidas ao metamorfismo variando de fácies

xisto verde até granulito durante a orogenia paleoproterozoica, no qual quatro blocos arqueanos (Gavião, Serrinha, Jequié e Itabuna-Salvador-Curaçá) colidiram e formaram o Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá (CISC) de orientação aproximada N-S, porém devido ao processo erosivo somente as rochas da raiz granulítica desse cinturão estão preservadas em afloramentos (Barbosa & Sabaté, 2003).

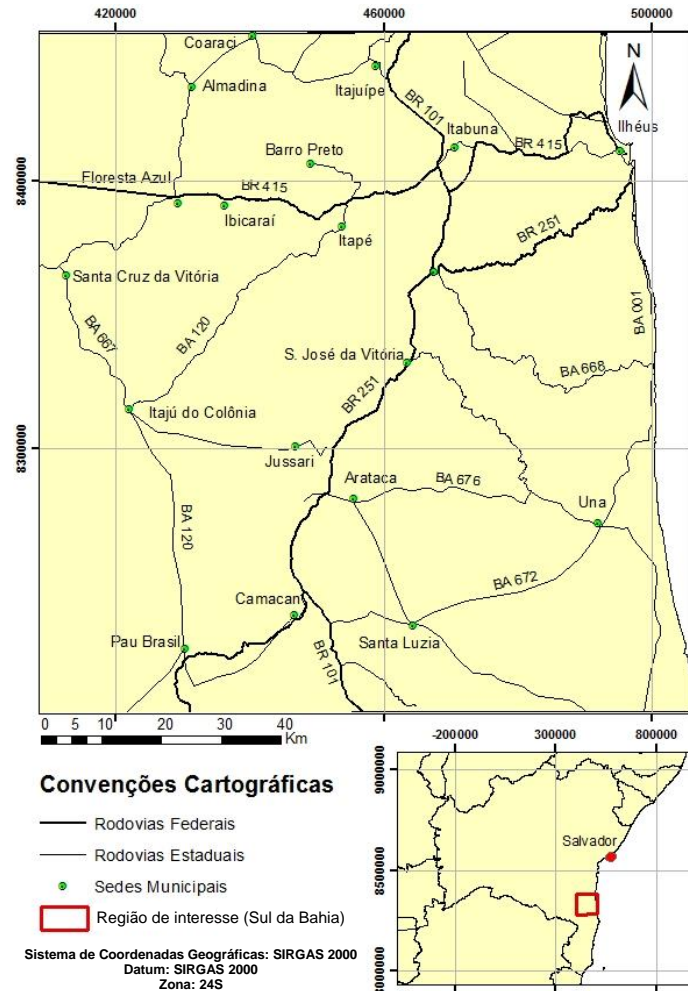
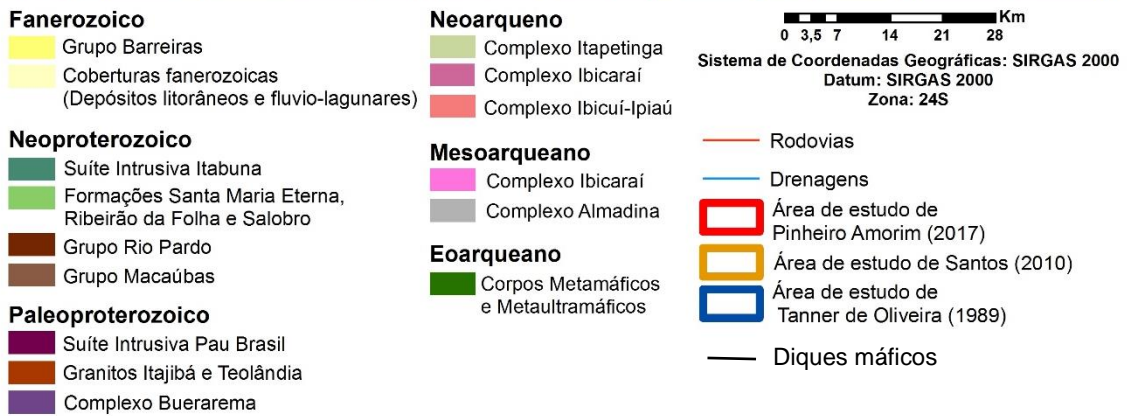
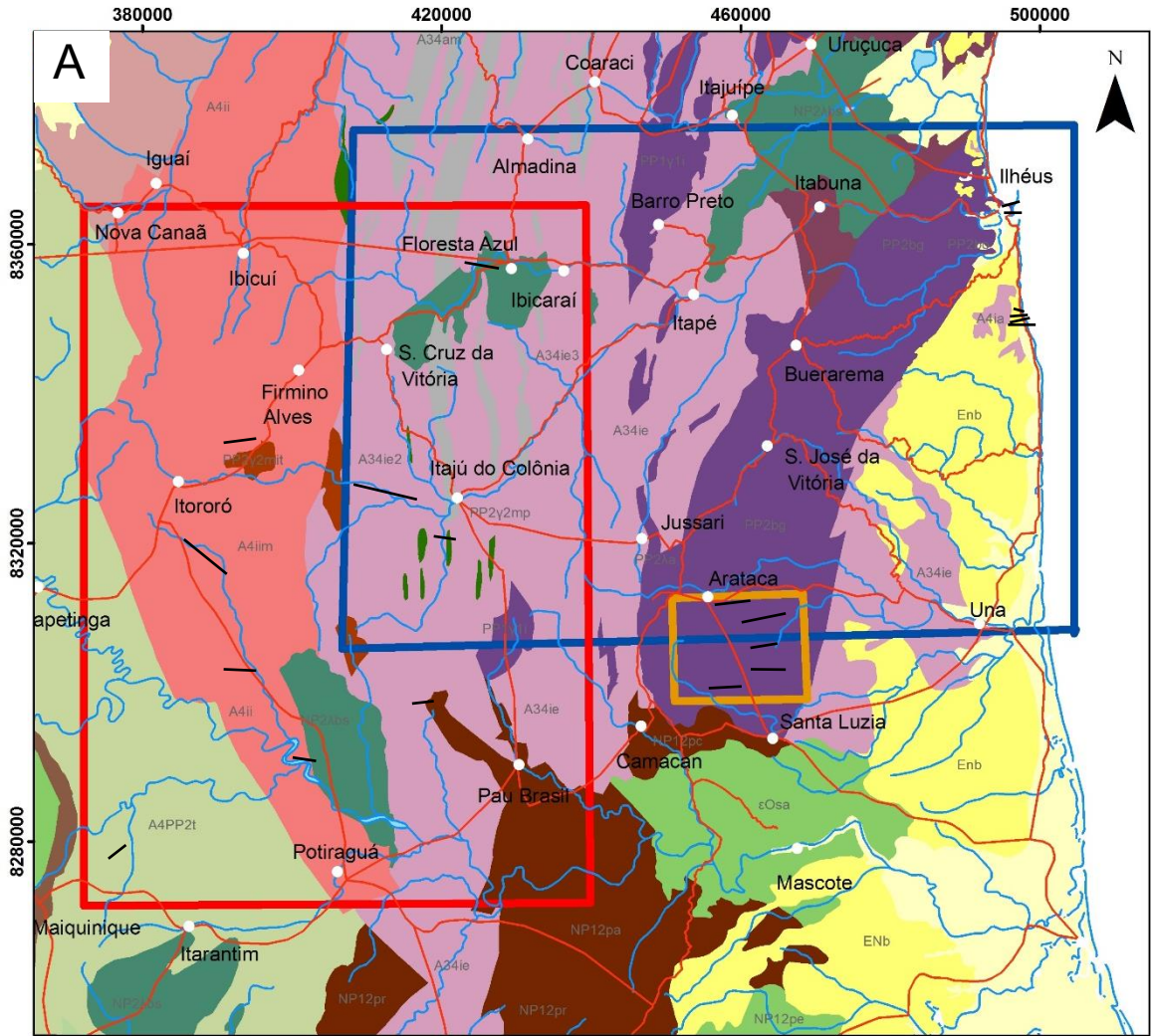
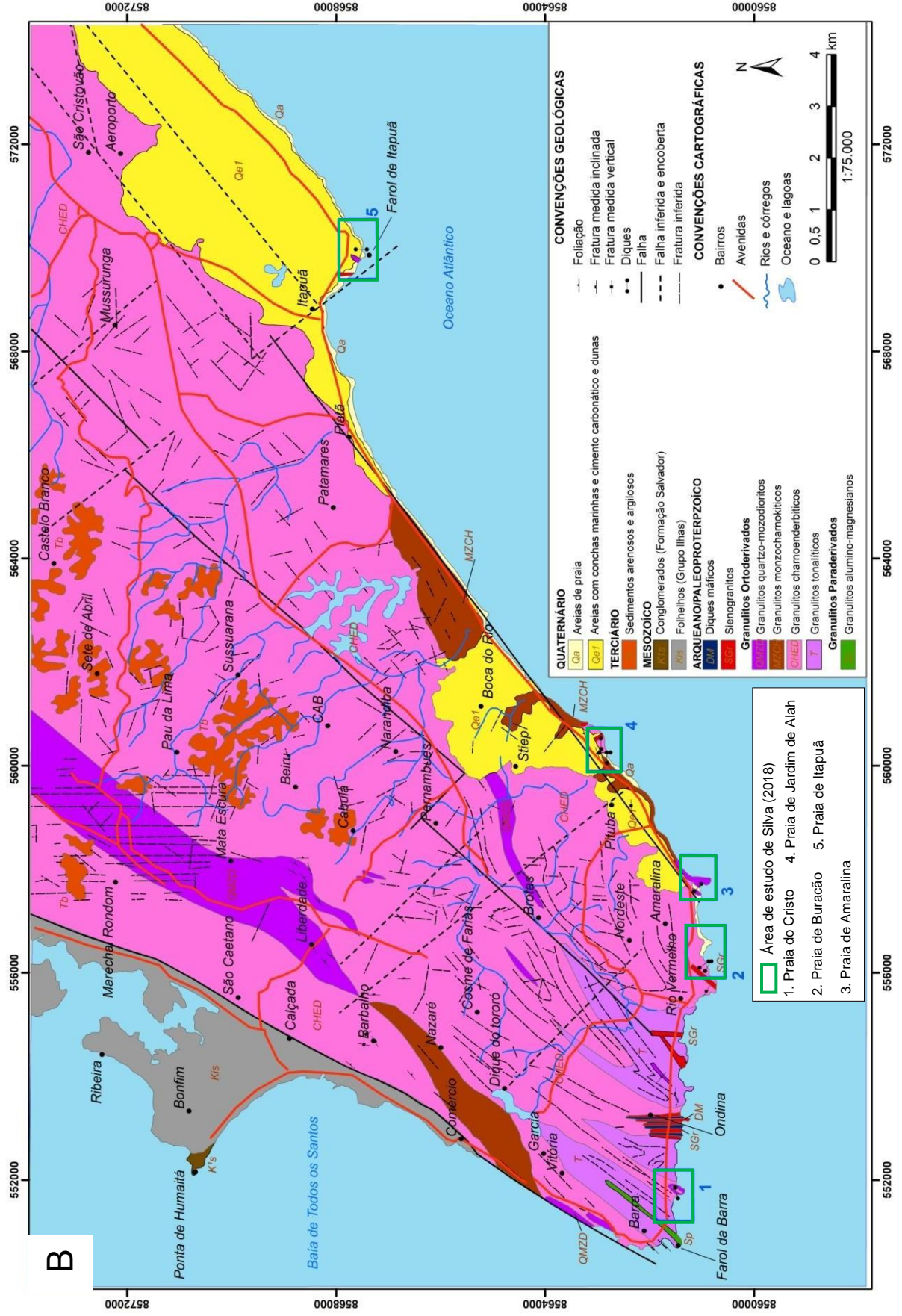


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo dos diques de Ilhéus-Olivença.

Figure 1. Location map of Ilhéus-Olivença dykes study area.

A parte sul do Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá é composta em sua maioria por granulitos tonalítico-trondhjemiticos, granulitos monzoníticos e monzodioríticos, e de forma mais restrita os granulitos básicos e granulitos paraderivados. Esses litotipos foram penetrados por corpos sieníticos, rochas dunito-peridotíticas e diques máficos, sendo esses últimos objetos desse trabalho (Fig. 2A). Os diques máficos que ocorrem em Salvador estão encaixados nas rochas granulíticas do cinturão Salvador-Esplana-da-Boquim (Fig. 2B)





B

Figura 2. Mapas geológicos (A) do sul da Bahia, CBPM/CPRM (2006) e (B) de Salvador, modificado de Souza (2013).

Figure 2. Geological maps of (A) southern Bahia, CBPM/CPRM (2006) and (B) Salvador, modified from Souza (2013).

2.3 Materiais e métodos

A metodologia de trabalho envolveu três etapas: levantamento bibliográfico; coleta de dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos diques máficos da Província Litorânea; e integração, análise e comparação da coletânea desses dados.

Dez lâminas petrográficas dos diques máficos de Ilhéus-Olivença foram descritas utilizando o microscópio OLYMPUS-BX41 do Laboratório de Microscopia Óptica da Universidade Federal da Bahia. Para a litogeoquímica, as análises químicas de rocha total foram realizadas no SGS-Geosol Laboratório Ltda, utilizando a técnica de ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry*) para elementos maiores e ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry*) para os elementos traço. Os limites de detecção para a maioria dos elementos maiores ficaram na ordem de 0,01%, enquanto os de elementos traço em 0,1 ppm. Além desses, foram compilados dados químicos de Tanner de Oliveira (1989) para o enxame de Ilhéus-Olivença.

Os dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos outros diques máficos da Província Litorânea para o estudo comparativo, foram retirados de Moraes Brito (1992), Cruz (2013) e Silva (2018) para Salvador, de Santos (2010) e Vieira (2016) para Camacan e de Pinheiro Amorim (2017) para Itajú do Colônia.

Os dados químicos foram tratados utilizando diagramas elaborados no software *Geochemical Data Toolkit* (GCDKit) versão 4.1 (Janousek, 2006) e planilhas da Microsoft Excel.

3 Resultados

3.1 Diques Máficos de Ilhéus-Olivença

3.1.1 Aspectos de campo e petrográficos

Os diques máficos de Ilhéus-Olivença apresentam cor cinza-escuro a preta, granulação fina a média, isotrópicos, espessuras entre 20 cm e 30 m, sendo dominante os menos espessos de até 3 m. A forma desses corpos é predominantemente reta, porém também ocorrem sinuosos (Fig. 3A a F), mais raramente angulosos e, em alguns casos, apresentam bordas de resfriamento.

Eles preenchem fraturas na encaixante granulítica pertencente aos complexos Buerarema e Ibicará, com *trend* E-W e direções variando de N80E a N100E.

No afloramento na praia da Concha foi observada estrutura de enclave rotacionado sugerindo fluxo magmático de leste para oeste (Fig. 3B), presença de assimilação da encaixante (Fig. 3C), xenólitos do embasamento granulítico em contato com os diques produzidos pela fragmentação das bordas durante o evento distensivo (Fig. 3D a F), bem como fraturas multidirecionais.

Petrograficamente, essas rochas apresentam granulação fina a média e assembleia mineral constituída essencialmente por plagioclásio, augita, olivina, hornblenda e opacos, sendo que a apatita e o zircão ocorrem como acessórios (Fig. 4A e B). As texturas identificadas foram intergranular, ofítica, porfirítica e, subordinadamente, subofítica. As amostras com textura porfirítica (Figura 4C) apresentam fenocristais de plagioclásio, olivina e augita em uma matriz afanítica e no contato imediato dique/encaixante a matriz é criptocristalina. Processos de alteração secundária marcada pela sericitização, saussuritização, uralização, biotitização e cloritização estão presentes (Figura 4D).

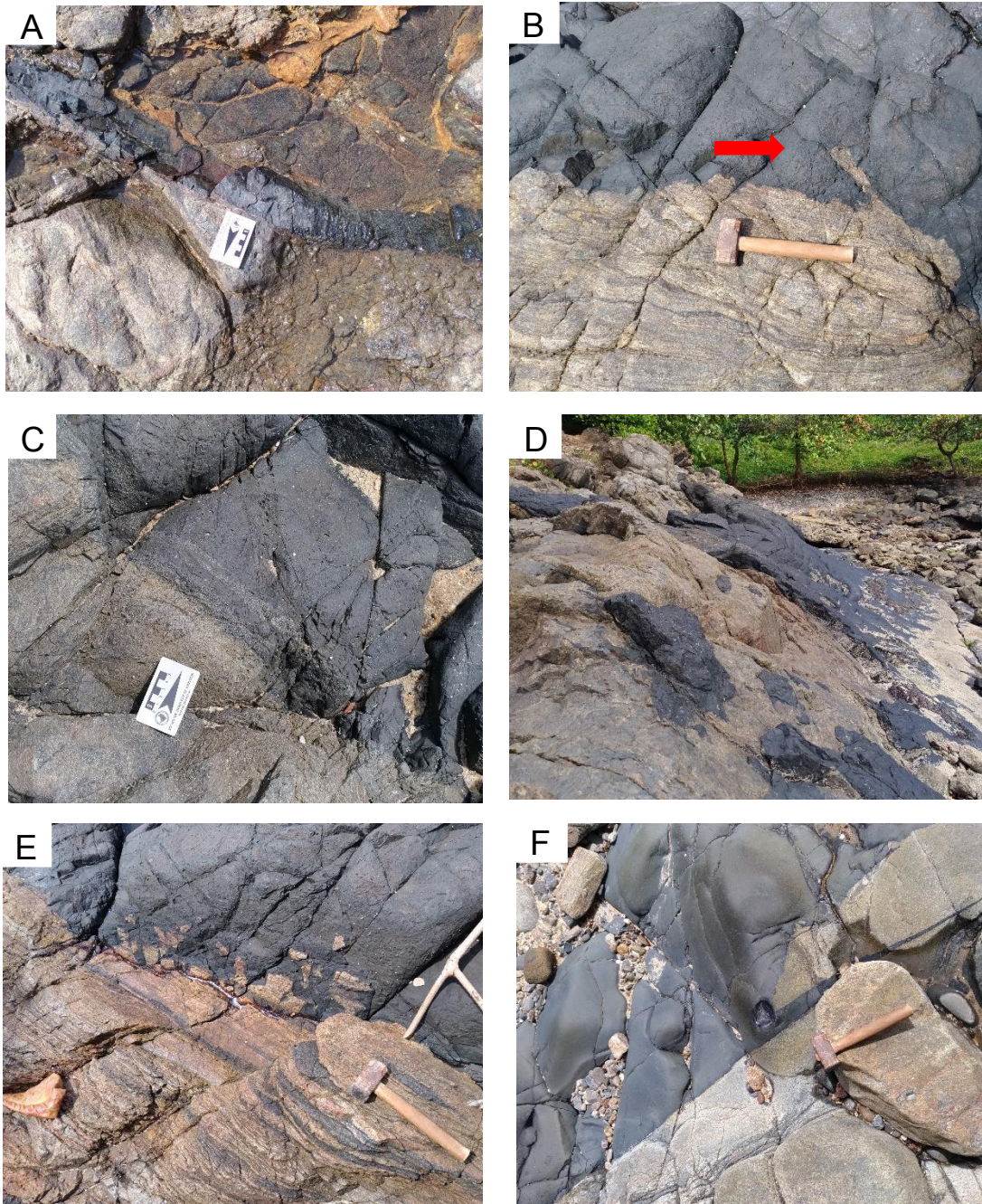


Figura. 3. Aspectos de campo dos diques máficos de Ilhéus-Olivença. A) Dique com 10 cm de espessura e forma sinuosa na praia de Olivença. Coordenadas: 8348387,97 m S/498634,32 m E; B) Estrutura de enclave rotacionado, indicando direção do fluxo magmático de leste para oeste representada pela seta vermelha, na praia da Concha. Coordenadas: 8363052,14 m S/497433,99 m E; C) Feição de assimilação da encaixante no contato de dique da praia da Concha. Coordenadas: 8363064,68 m S/497449,99 m E.; D) Contato sinuoso de dique e xenólitos na encaixante na praia da Concha. Coordenadas: 8363122,58 m S/497435,20 m E; E) Enclaves de rocha granulítica em contato de dique máfico na praia da Concha. Coordenadas: 8363133,07 m

S/497412,94 m E; F) Feição de englobamento de enclave em dique da praia de Olivença. Coordenadas: 8348302,64 m S/498845,74 m E

Figure 3. Field aspects of Ilhéus-Olivença mafic dykes. A) Dyke 10 cm thick and sinous form on Olivença beach. Coordinates: 8348387,97 m S/498634,32 m E; B) Enclave rotated structure, indicating direction of the magmatic flow from east to west represented by the red arrow, at Concha beach. Coordinates: 8363052,14 m S/497433,99 m E; C) Feature of assimilation of the embedding rock in the contact of dike of Concha beach. Coordinates: 8363064,68 m S/497449,99 m E; D) Sinuous contact of dyke and xenoliths in the embedding rock. Coordinates: 8363122,58 m S/497435,20 m E; (E) Enclaves of granulitic rock in contact with mafic dyke at Concha beach. Coordinates: 8363133,07 m S/497412,94 m E; F) Feature of embedding enclave in dike of Olivença beach. Coordinates: 8348302,64 m S/498845,74 m E.

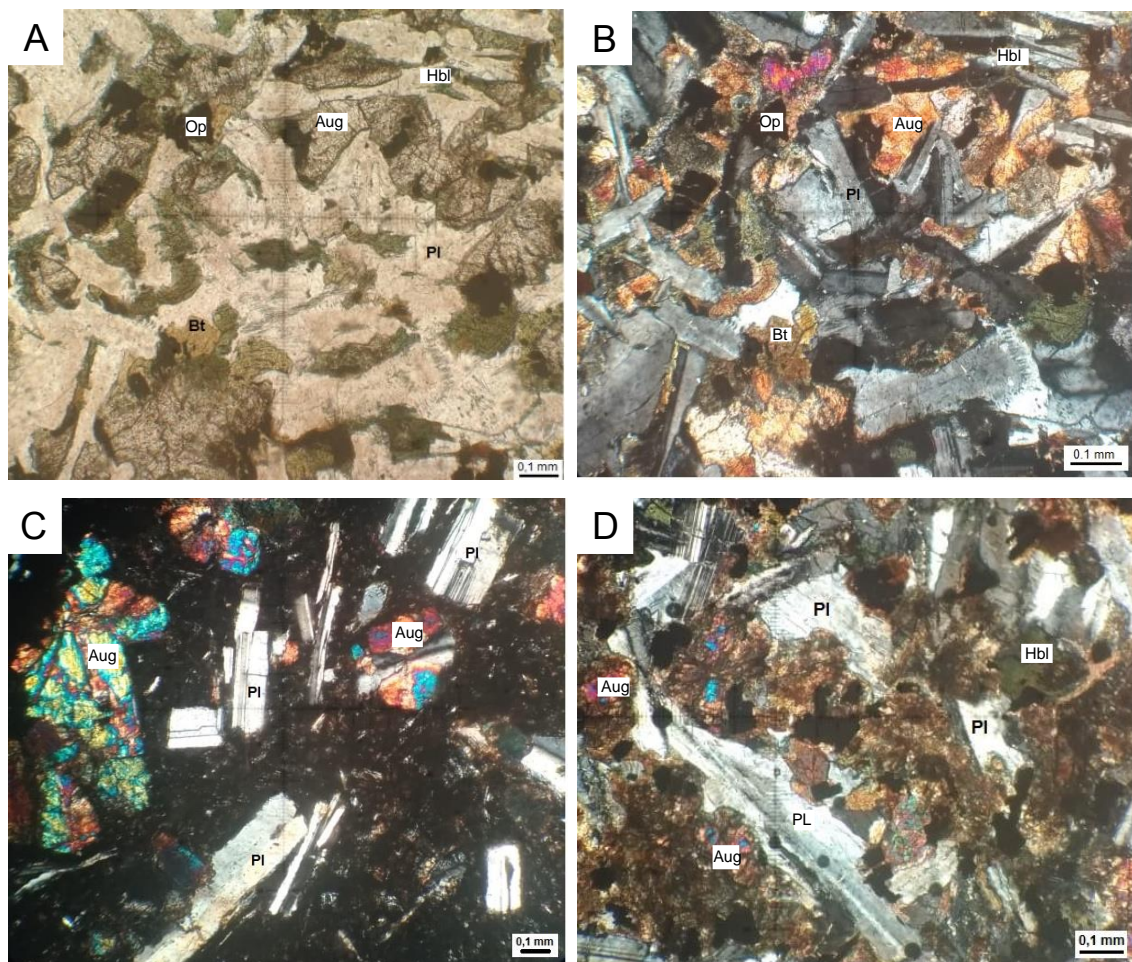


Figura 4. Fotomicrografias dos diques máficos de Ilhéus-Olivença. A) Aspecto geral da textura subofítica e intergranular, com plagioclásio (Pl), piroxênio (Px), hornblenda (Hbl) e biotita (Bt) presentes, aumento de 100X, sem analisador; B) com analisador; C) Detalhe da textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio (Pl) e augita (Aug), aumento de 100X, com analisador; D) Detalhe da textura subofítica, aumento de 100X, com analisador.

Figure 4. Photomicrographies of the Ilhéus-Olivença mafic dykes. A) General aspect of the subofitic and intergranular textures, with plagioclase (Pl), pyroxenes (Px), hornblende (Hbl) and biotite (Bt), 100X magnification, without analyzer; B) with analyzer; C) Detail of the porphyritic texture with plagioclase (Pl) and augite (Aug) phenocrystals, 100X magnification, with analyzer; D) Subofitic texture detail, 100X magnification, with analyzer.

3.1.2 Aspectos geoquímicos

A tabela 1 do material complementar mostra os dados químicos dos diques máficos de Ilhéus-Olivença. Nos diagramas a seguir são apresentados também as amostras dos diques máficos de Salvador, Camacan e Itajú do Colônia da PL, os quais serão discutidos no item 4.1.2 deste trabalho.

O diagrama A ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), F (FeOt), M (MgO) (Irvine & Baragar, 1971) para os diques de Ilhéus-Olivença (Fig. 5A) evidencia a afinidade toleítica dessas rochas, com o *trend* de enriquecimento em FeO_t em relação ao MgO. Essas rochas filonianas foram classificadas como basaltos no diagrama da figura 5B (Le Bas *et al.*, 1986), majoritariamente com afinidade subalcalina/toleítica, em ambiente intraplaca (Fig. 6). No entanto, observa-se um conjunto de amostras com teores menores de Zr que plotaram na interface com basaltos de arco de ilha.

Os diques são constituídos por rochas básicas com teores de MgO que variam entre 4,06 e 9,08%, enquanto o SiO₂ possui teores de 43,49 a 49,95%. O teor de mg# [$\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeOt})$] varia entre 0,21 e 0,44, evidenciando que esses diques foram originados de magmas basálticos evoluídos, uma vez que os valores para magmas primitivos variam entre 0,74 e 0,80 (Takahashi & Kushiro, 1983). Diagramas de variação dos elementos maiores evidenciam que os diques máficos de Ilhéus-Olivença (Fig. 7) apresentaram enriquecimento em SiO₂, TiO₂, NaO₂, K₂O, P₂O₅ e FeOt durante a evolução magmática. Al₂O₃ e CaO diminuem seus teores com o avanço da cristalização, o que reflete a importância do plagioclásio e do clinopiroxênio nesse processo.

Os diagramas de variação dos elementos traço (Fig. 8) evidenciam que os HFSE (*High Field Strength Elements*) representados por Nb, Y, Zr e La e LILE (*Large Ion Lithophile Elements*) representados por Ba, Rb e Sr apresentaram comportamento semelhante, todos aumentam seus teores com a evolução magmática. O Ni apresenta diminuição de teor durante a cristalização, demonstrando seu caráter compatível.

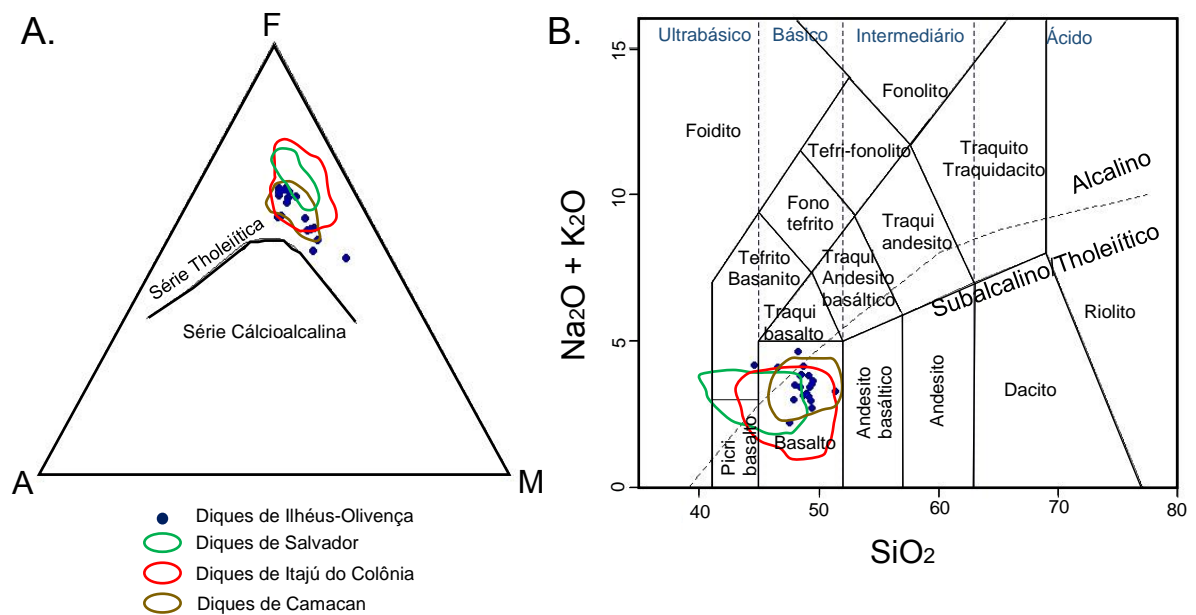


Figura 5. Diagramas de Classificação. A) Diagrama A ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), F (FeO_t), M (MgO), segundo Irvine & Baragar (1971); B) Diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 (Le Bas *et al.*, 1986), para os diques máficos da Província Litorânea.

Figure 5. Classification Diagrams. A) A ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), F (FeO_t), M (MgO) diagram, according Irvine & Baragar (1971); B) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 diagram (Le Bas *et al.*, 1986), for the Coastal Province mafic dykes.

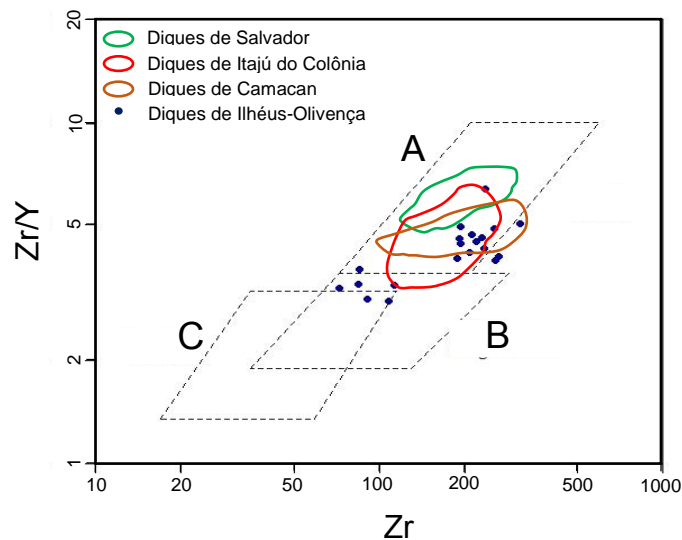


Figura 6. Diagrama discriminante log. Zr versus log. Zr/Y (Pearce & Norry, 1979) para os diques máficos da Província Litorânea. A- Basaltos Intraplaca, B- Basaltos de Arco de Ilha, C- Basaltos de Cordilheira Mesoceânica.

Figure 6. Discrimination diagram $\log. Zr$ versus $\log. Zr/Y$ (Pearce & Norry, 1979) for the Ilhéus-Olivença and Coastal Province mafic dykes. A- Intraplate Basalts, B- Island. Arc Basalts, C- Mesoceanic Ridge Basalts.

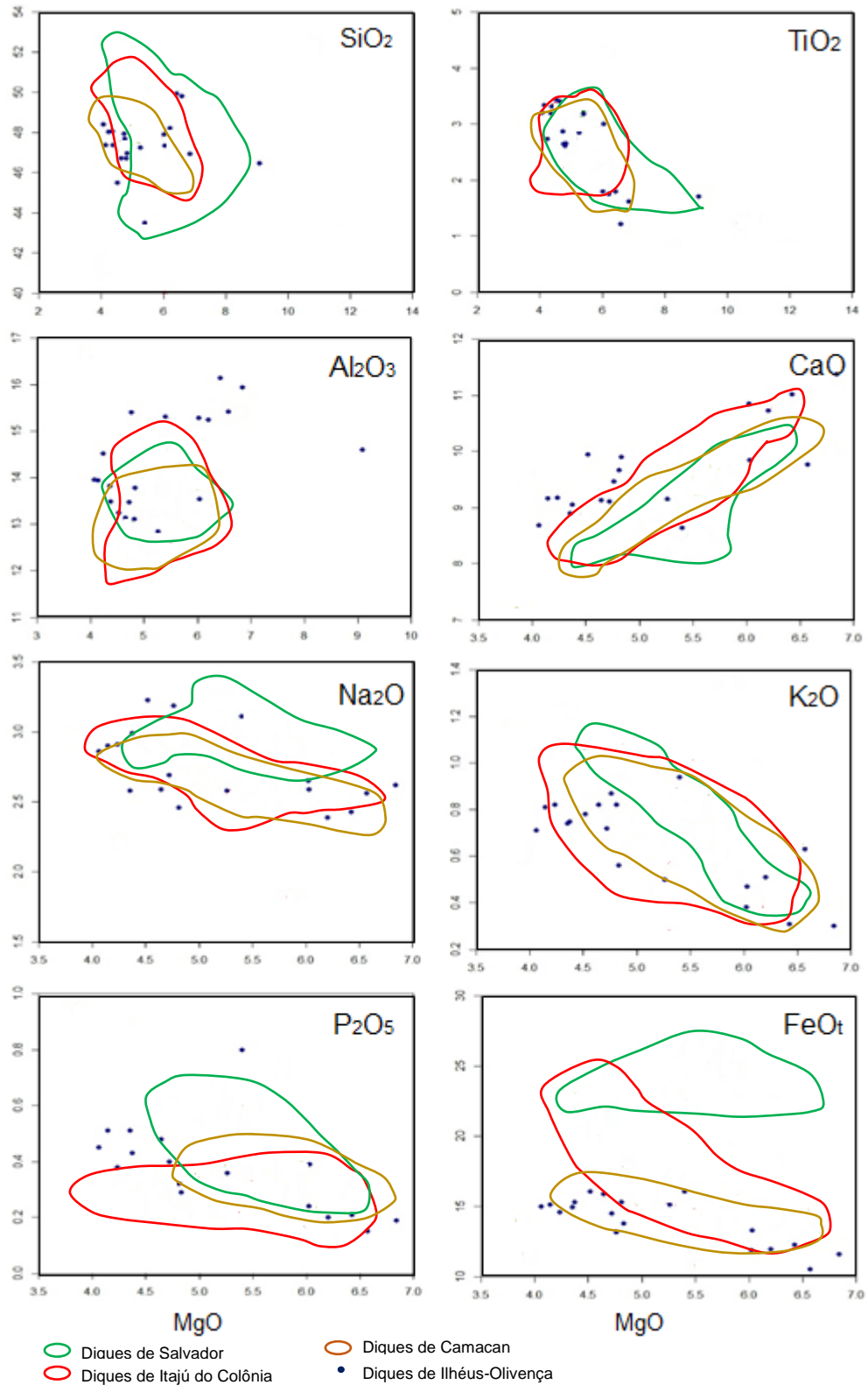


Figura 7. Diagramas de variação entre MgO (% em peso) versus elementos maiores (% em peso) para os diques máficos da Província Litorânea.

Figure 7. Variation diagrams MgO (wt%) versus major elements (wt%) for the Coastal Province mafic dykes.

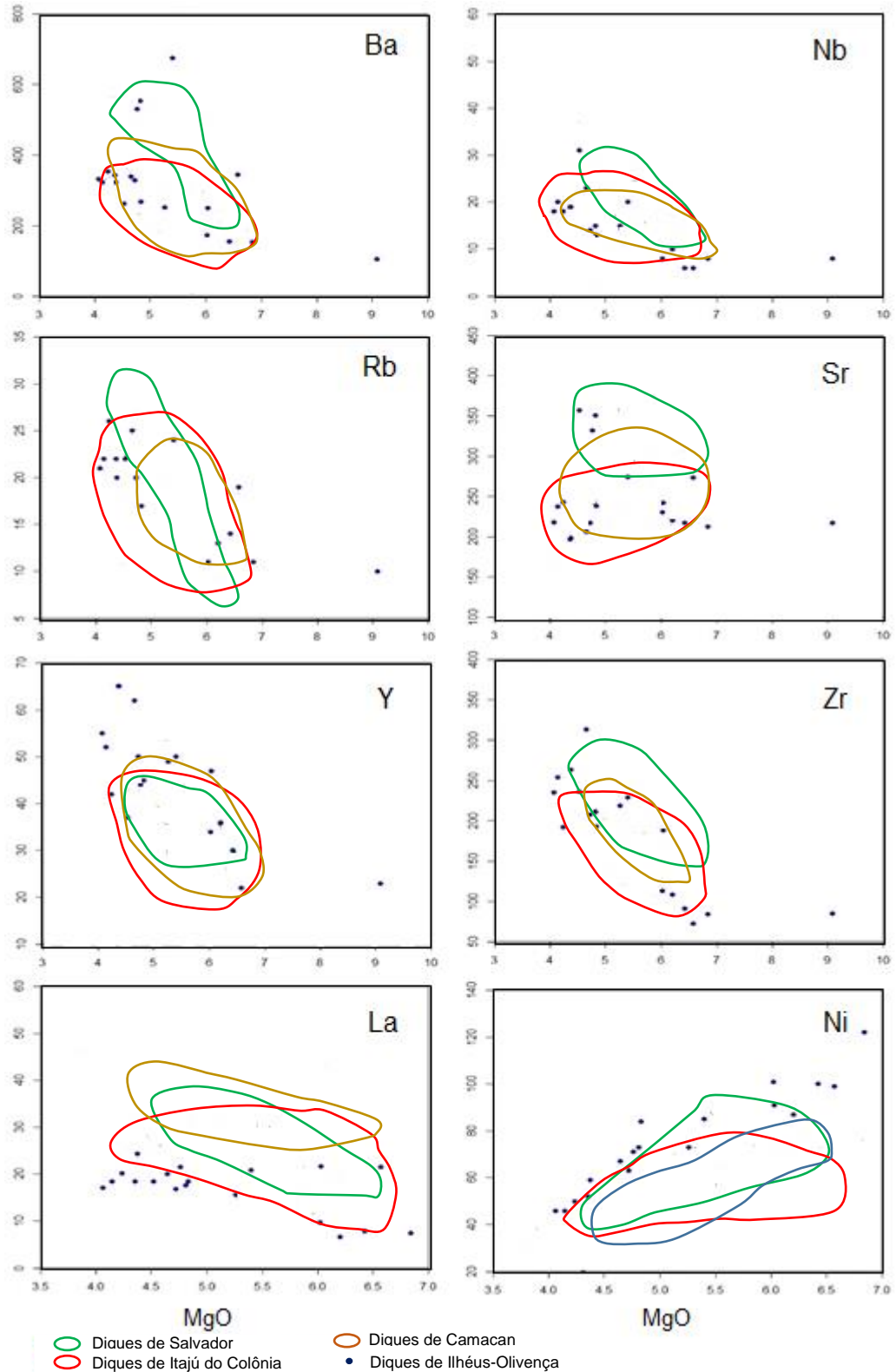


Figura 8. Diagramas de variação entre MgO (% em peso) *versus* elementos traço (ppm) para os diques máficos da Província Litorânea.

Figure 8. Variation diagrams MgO (wt%) versus trace elements (ppm) for the Coastal Province mafic dykes.

O padrão de distribuição dos ETR (Fig. 9A) normalizados para o manto primitivo (McDonough & Sun, 1995) indicam pouco fracionamento, com disposição quase sub-horizontal e levemente enriquecidas em ETRL (leves) em relação ao ETRP (pesados). Comparando os padrões dos diques de Ilhéus-Olivença com reservatórios do N-MORB (*Normal Mid-Ocean Ridge Basalt*), E-MORB (*Enriched Mid-Ocean Ridge Basalt*) e OIB (*Ocean Island Basalt*), verifica-se que esses diques apresentam padrões entre E-MORB e OIB (Fig. 9B). A figura 10A apresenta o padrão de elementos incompatíveis, normalizado para o manto primitivo (McDonough & Sun, 1995), para os diques de Ilhéus-Olivença, no qual são observadas anomalias positivas em Ba e Ti e negativas em Nb e Sr. A anomalia em Ba pode ser causada por adição de sedimentos na fonte (Sun & McDonough, 1989), enquanto que a de Sr pode estar relacionada ao fracionamento de plagioclásio. Comparado aos padrões N-MORB, E-MORB, OIB e GLOSS (*Global Subducting Sediments* - Plank & Langmuir, 1998) da figura 10B é observado que as rochas em estudo são semelhantes aos E-MORB e OIB.

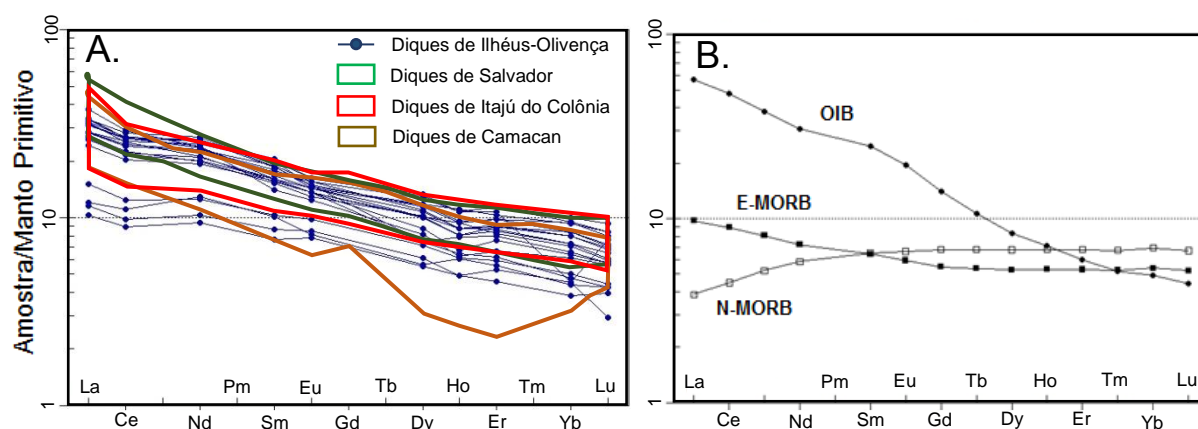


Figura 9. Padrão de distribuição dos ETR normalizados pelo manto primitivo, segundo McDonough & Sun (1995). A) Diques máficos da Província Litorânea; B) Reservatórios OIB (*Ocean Island Basalt*), E-MORB (*Enriched Mid-Ocean Ridge Basalt*) e N-MORB (*Normal Mid-Ocean Ridge Basalt*), de acordo com Sun & McDonough (1989).

Figure 9. Rare-earth elements patterns normalized to primitive mantle according McDonough & Sun (1995). (A) Coastal Province mafic dykes; (B) OIB (*Ocean Island Basalt*), E-MORB

(Enriched Mid-Ocean Ridge Basalt) and N-MORB (Normal Mid-Ocean Ridge Basalt) reservoirs, according Sun & McDonough (1989).

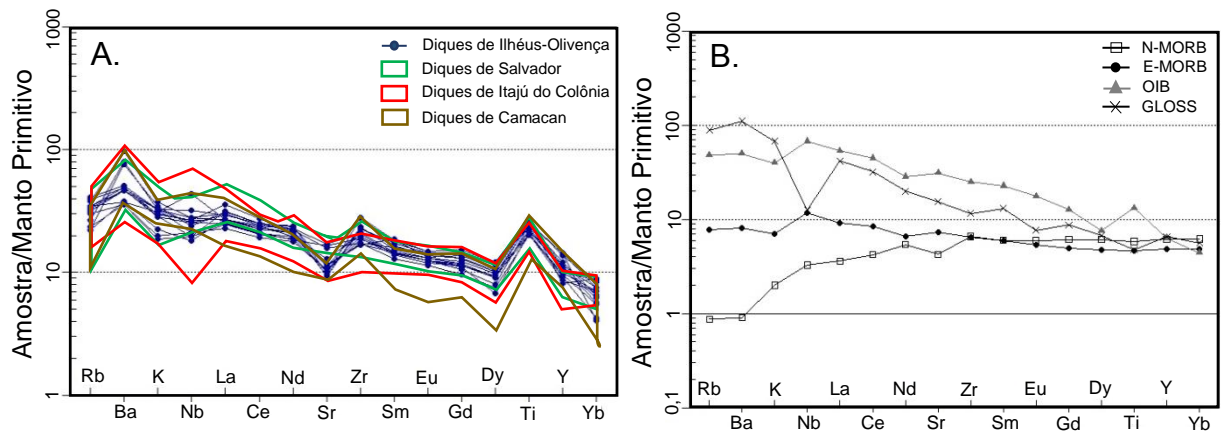


Figura 10. Diagramas multielementares normalizados pelo manto primitivo, segundo Sun & McDonough (1989). A) Diques máficos da Província Litorânea; B) Reservatórios N-MORB, E-MORB, OIB (Sun & McDonough, 1989) e GLOSS (Plank & Langmuir, 1998).

Figure 10. Spidergram normalized to primitive mantle according Sun & McDonough (1989). A) Coastal Province mafic dykes; B) N-MORB, E-MORB, OIB (Sun & McDonough, 1989) reservoirs and GLOSS (Plank & Langmuir, 1998).

4 Discussões dos resultados

4.1 Estudo comparativo dos diques máficos da Província Litorânea (Diques máficos de Salvador, Camacan e Itajú do Colônia)

4.1.1 Aspectos de campo e petrográficos

Os diques máficos de Camacan e Itajú do Colônia são intrusivos em rochas granulíticas pertencente aos complexos Buerarema e Ibicaraí, enquanto que os de Salvador intrudem granulitos do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim. Eles apresentam, de forma geral, granulação fina a média, isotrópicos, com espessuras de poucos centímetros a dezenas de metros, sendo os mais espessos identificados em Salvador, que podem chegar até 50m (Fig. 11A). Os contatos com as encaixantes granulíticas são predominantemente retos e sinuosos (Fig. 11A a C).

Os corpos filonianos que ocorrem no sul do estado (Camacan e Itajú do Colônia) estão encaixados em fraturas distensionais com orientação preferencial aproximadamente E-W, também ocorrendo NW-SE e NE-SW, enquanto os de Salvador predomina a direção NNW-SSE, embora tenham diques E-W. Em Salvador são observadas estruturas indicando direção do fluxo magmático de sul para norte (Fig. 11B), enquanto que em Camacan o fluxo foi de oeste

para leste (Fig. 11D). No caso de Itajú do Colônia, os diques estão truncados por corpos félsicos (Fig. 11E) e apresentam fraturas multidirecionais (Fig. 11F).

Os diques máficos mostram grandes similaridades mineralógicas e texturais, apresentando assembleia mineralógica essencial constituída por plagioclásio, piroxênios e, por vezes, hornblenda (Fig. 12A a F). A olivina ocorre somente nos diques de Salvador (Fig. 12A e B). As texturas são ofítica, subofítica, intergranular e, em alguns casos, porfirítica (Fig. 12E) com fenocristais de plagioclásio e piroxênios imersos em uma matriz afanítica. Essas rochas apresentam processos de uralitização (Figura 12F), sericitização, saussuritização, biotitização e cloritização.

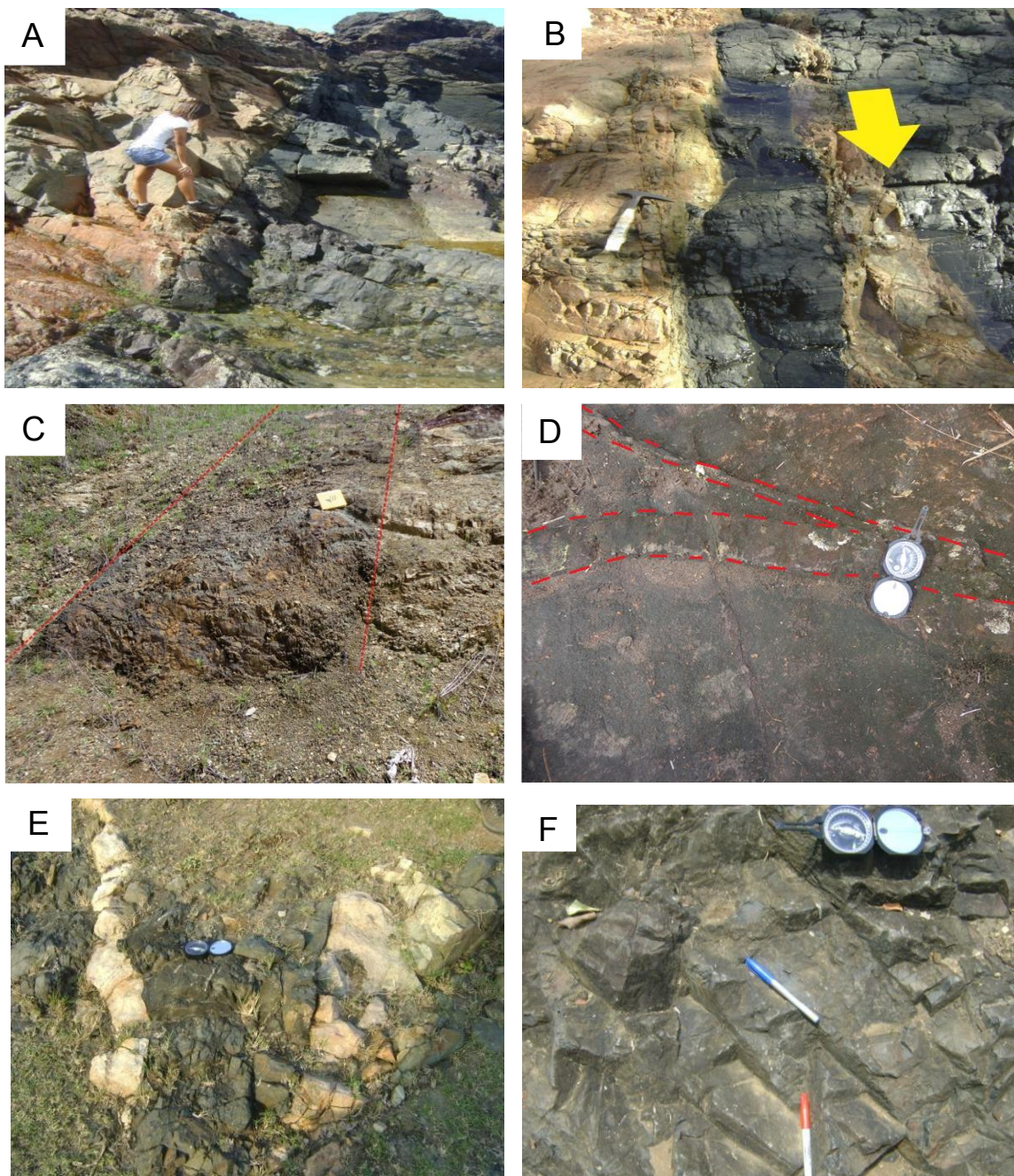


Figura 11. Fotografias de campo dos diques máficos. **Diques máficos de Salvador** (Cruz, 2013): A) Dique com 50 m de espessura na praia de Ondina; B) Estrutura de englobamento indicando direção do fluxo magmático de sul para norte (seta amarela), e a ponta do martelo indica o norte. **Diques máficos de Camacan** (Santos, 2010): C) Dique com granulação média e espessura de 1 m em contato com a encaixante granulítica; D) Dique com granulação fina, 11 cm de espessura e estrutura em vermelho indicando direção do fluxo magmático de leste para oeste. **Diques máficos de Itajú do Colônia** (Pinheiro Amorim, 2017): E) Diques félsicos truncando o dique máfico; F) Dique máfico mostrando faturamento multidirecional N070° e N150°, marcados pelas canetas azul e vermelha respectivamente.

*Figure 11. Field photographs of the mafic dykes. **Salvador mafic dykes** (Cruz, 2013): A) 50 m thick dyke on Ondina beach; B) Embedding structure indicating the direction of the magmatic flow from south to north (yellow arrow), and the tip of the hammer indicates the north. **Camacan mafic dykes** (Santos, 2010): C) Dike with medium size and thickness of 1 m in contact with the granulite rocks; D) Dike with fine granulometry, 11 cm thick and structure in red indicating direction of the magmatic flow from east to west. **Itajú do Colônia mafic dykes** (Pinheiro Amorim, 2017): E) Felsic dykes truncating the mafic dyke; F) Mafic dike showing multidirectional fractures N070° and N150°, marked by the blue and red pens respectively.*

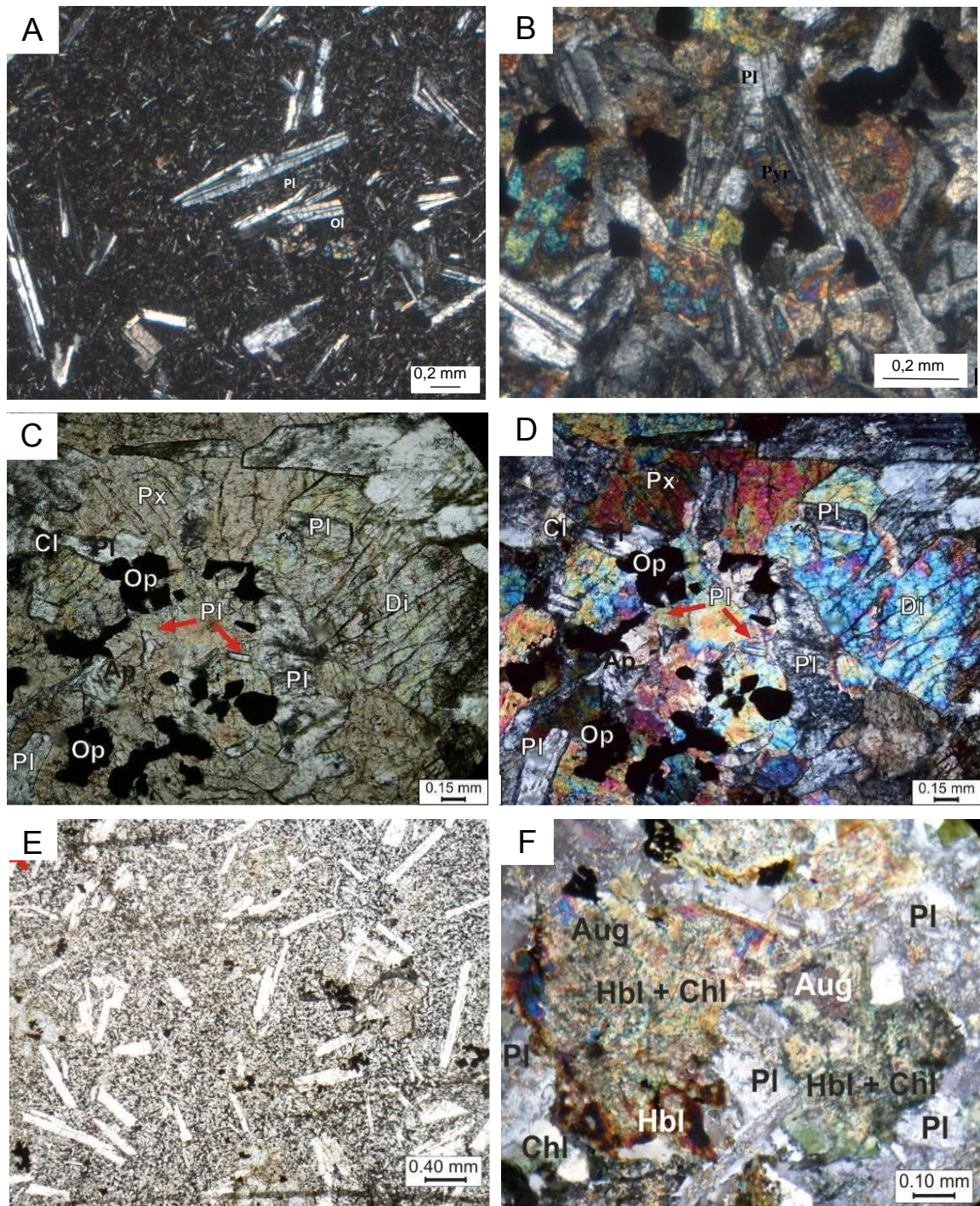


Figura 12. Fotomicrografias dos diques máficos. **Diques máficos de Salvador** (Cruz, 2013): A) Cristais de olivina (Ol) e plagioclásio (Pl) circundados por matriz afanítica, em amostra da praia de Jardim de Alah, polarizadores cruzados. Aumento de 25X; B) Textura subofítica em amostra da praia de Itapuã, polarizadores cruzados. Aumento de 100X. **Diques máficos de Camacan** (Santos, 2010): C) Aspecto geral das texturas ofítica e subofítica, luz plana. Aumento de 100X; D) polarizadores cruzados. **Diques máficos de Itajú do Colônia** (Pinheiro Amorim, 2017): E) Texturas porfírica e glomeroporfírica, com micro e fenocristais de plagioclásio (Pl) e piroxênio (Py) imersos em matriz fina, com analizador. Aumento de 25X; F) Aspecto

geral de amostra de dique máfico de Itajú do Colônia, com cristais de augita uralitizados, polarizadores cruzados. Aumento de 200X. Di – diopsídio; Aug – augita; Op – minerais opacos; Ap – apatita; Bt – biotita; Chl – clorita.

Figure 12. Photomicrographs of the mafic dykes. Salvador mafic dykes (Cruz, 2013) A) Olivine and plagioclase crystals surrounded by aphanitic matrix in a sample of Jardim de Alah beach, crossed polarizers. 25X increase. B) Subofitic texture in a sample of Itapuã beach, crossed polarizers. 100X magnification. Camacan mafic dykes (Santos, 2010) C) General aspect of the ofitic and subofitic textures, 100X magnification, flat light and D) crossed polarizers. Itajú do Colônia mafic dykes (Pinheiro Amorim, 2017) E) Porphyritic and glomeroporphyritic textures, with micro-phenocrystals of plagioclase and pyroxene immersed in a fine matrix, 25X magnification with analyzer. F) General aspect of the mafic dike sample from Itajú do Colônia, with uralized augite crystals, crossed polarizers. 200X magnification. Plagioclase; Pyroxene; Di - diopside; Aug - augite; Ol - Olivine; Op - opaque minerals; Ap - apatite; Bt - biotite; Cl - chlorite; Rbk - riebeckite.

4.1.2 Aspectos geoquímicos

Nas tabelas 2, 3 e 4 do material suplementar encontram-se as análises químicas dos diques máficos de Salvador (Silva, 2018), Camacan (Santos, 2010) e Itajú do Colônia (Pinheiro Amorim, 2017), respectivamente.

Todos os diques da PL quando plotados no diagrama AFM mostram *trend* de enriquecimento em ferro em relação ao MgO (Fig. 5A), sendo classificados como toleíticos. No diagrama da figura 5B essas rochas foram classificadas predominantemente como basaltos e com afinidade subalcalina/toleítica e natureza intraplaca (Fig. 6).

O comportamento dos elementos maiores (Fig. 7) mostrou um fracionamento caracterizado pelo aumento dos óxidos SiO₂, TiO₂, FeO, K₂O, Na₂O e P₂O₅ com a evolução magmática, e pela diminuição do Al₂O₃ e do CaO, evidenciando a participação do plagioclásio e do clinopiroxênio na cristalização fracionada. O teor de mg# dos conjuntos de diques da PL (Salvador mg# 0,15-0,55; Camacan mg# 0,19-0,33 Itajú do Colônia mg# 0,15-0,34) estão muito próximos indicando que foram formados a partir de magmas basálticos evoluídos que experimentaram diferenciação durante a colocação. Quanto ao comportamento dos elementos traço da PL (Fig. 8), tanto os elementos HFS quanto os LIL, apresentaram aumento em seu teor com a diminuição do MgO, exceto o Ni que mostra correlação positiva com o MgO.

O padrão de ETR normalizado para o manto primitivo (Fig. 9A) mostrou para todos os conjuntos da PL um enriquecimento em ETRL em relação aos pesados e paralelismo entre os

padrões, evidenciando que possivelmente esses diques foram formados a partir de uma mesma fonte mantélica. Comparando os padrões da PL com o do N-MORB (*Normal Mid-Ocean Ridge Basalt*), E-MORB (*Enriched Mid-Ocean Ridge Basalt*) e OIB (*Ocean Island Basalt*), verifica-se que esses diques apresentam valores de padrões entre E-MORB e OIB (Fig. 9B). Os diques máficos da PL não exibem anomalias de Eu e a razão média de Eu/Eu^* encontrada foi 0,95, evidenciando que a evolução desse magmatismo dependeu pouco do fracionamento do plagioclásio. Os padrões de elementos incompatíveis (Fig. 10A) normalizado pelo manto primitivo (McDounogh & Sun, 1995) são semelhantes com anomalias positivas em Ba e Ti bem marcadas e negativas em Sr. Anomalias negativas discretas de Nb também estão presentes em algumas amostras. Comparando os padrões da PL com os de N-MORB, E-MORB, OIB e GLOSS (Fig. 10B) é observado que eles são compatíveis com E-MORB e OIB.

4.1.2.1 Natureza da fonte mantélica

As correlações entre Zr e elementos incompatíveis (EI) são excelentes indicadores petrogenéticos devido à pouca mobilidade durante a evolução magmática, preservando as características das fontes mantélicas que originaram as rochas basálticas (e.g. Weaver, 1991). Os diagramas da figura 13 apresentam correlações positivas entre Zr e La, Y, Nd e Ce para os diques máficos da PL com maiores variações para as amostras de Camacan, indicando pouca heterogeneidade da fonte mantélica.

As razões de ETRs apresentadas na tabela 2 são similares para os quatro conjuntos de diques da PL, confirmando o comportamento típico de magmatismo toleítico, com enriquecimento em ETRL [média $(La/Sm)_n = 2,27 \pm 0,45$] e empobrecimento de ETRP [média $(Sm/Yb)_n = 2,30 \pm 0,21$]. Os valores da razão $(La/Yb)_n$ para cada conjunto de diques foram próximas [média $(La/Yb)_n = 5,38 \pm 1,27$] e indicam um baixo enriquecimento de ETRL em relação aos ETRP, característico de toleitos continentais.

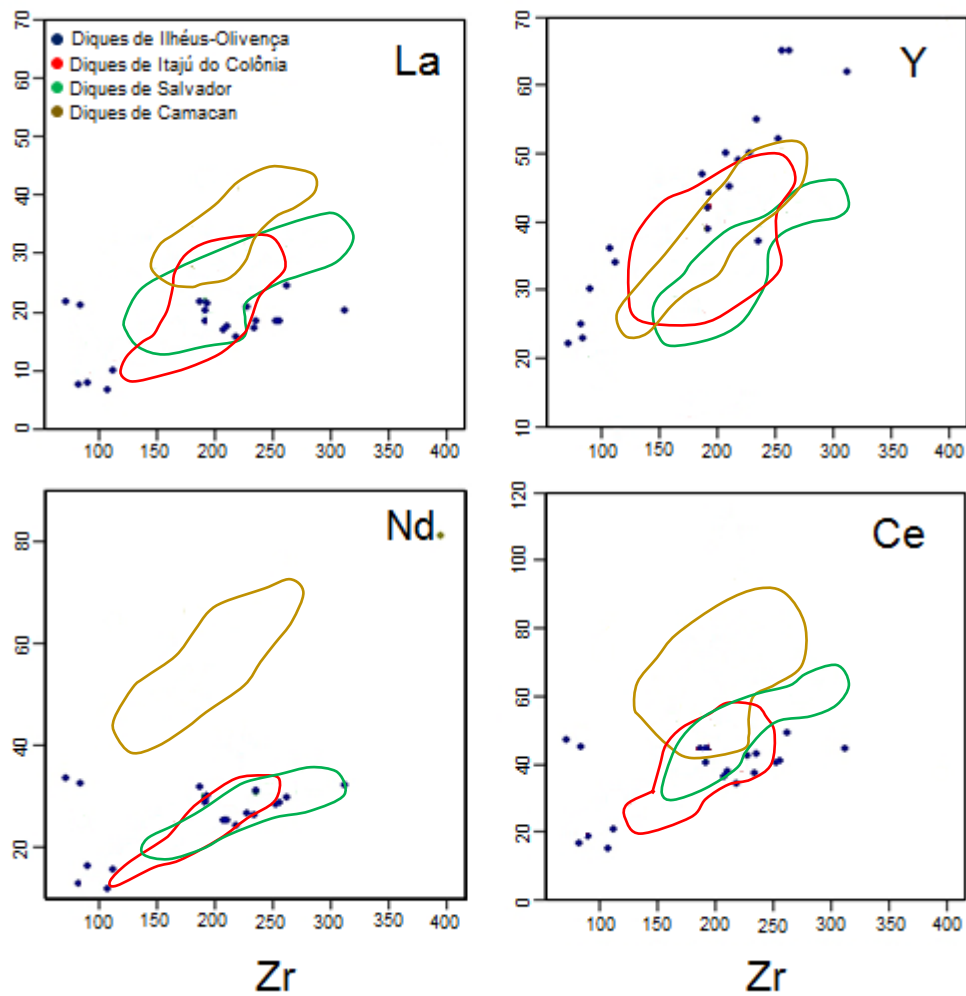


Figura 13. Diagramas binários de correlação entre Zr (ppm) *versus* elementos traço (ppm) para os diques máficos da Província Litorânea.

Figure 13. Correlation binary diagrams Zr (ppm) versus trace elements (ppm) for the Coastal Province mafic dykes.

Tabela 2. Razões de elementos terras-raras (ETR) dos diques máficos da Província Litorânea comparado com valores do Manto Primitivo (McDonough & Sun, 1995), N-MORB, E-MORB e OIB (Sun & McDonough, 1989).

Table 2. Rare-Earth elements ratios from Coastal Province mafic dykes compared to the values for Primitive mantle (McDonough & Sun, 1995), N-MORB, E-MORB and OIB (Sun & McDonough, 1989).

Razões	Diques Máficos de Ilhéus-Olivença	Diques Máficos de Salvador	Diques Máficos de Camacan	Diques Máficos de Itajú do Colônia	Manto Primitivo	N-MORB	E-MORB	OIB
(La/Yb) _n	3,91±1,17	6,41±4,87	6,49±2,82	4,73±2,58	1,6	0,59	1,51	2,31
(La/Sm) _n	1,67±0,30	2,71±0,97	2,50±0,93	2,21±0,68	1,47	0,82	2,66	17,13
(Sm/Yb) _n	2,33±0,55	2,24±0,53	2,56±0,43	2,06±0,54	0,92	0,86	1,1	4,63

Os diagramas de correlação de razões de elementos incompatíveis são utilizados para caracterizar as fontes do magma e contaminação crustal. No diagrama La/Nb *versus* Zr/La (Fig. 14A) os diques da PL plotam principalmente no eixo E-MORB – OIB, com amostras de Camacan e Itajú do Colônia com tendência para a Crosta Superior, evidenciando possibilidade de contaminação. Os diques de Ilhéus-Olivença apresentam os maiores valores de Zr/La aproximando-se de valores do manto primitivo, enquanto os menores valores são registrados para Salvador e Camacan. O diagrama Zr/Nb *versus* Zr/Y (Fig. 14B) mostra que os diques da PL são plotados na área entre os valores de E-MORB, OIB e Crosta Superior, mais próximos do E-MORB. Os valores mais altos de Zr/Y são dos corpos de Salvador e os menores para Ilhéus-Olivença.

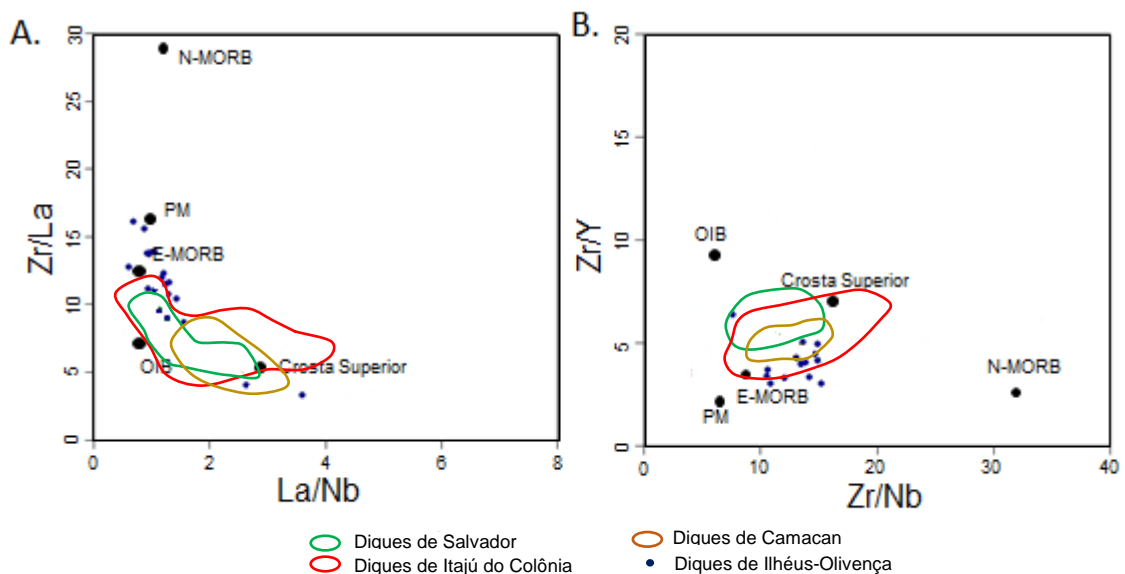


Figura 14. Diagrama de razões de elementos incompatíveis. A) La/Nb *versus* Zr/La; B) Zr/Nb *versus* Zr/Y. Crosta Superior (Condie, 1993), E-MORB, N-MORB, OIB e PM (Manto Primitivo) (McDonough & Sun, 1995).

Figure 14. Incompatible elements ratios diagram. A. Zr/Y *versus* Nb/Y; B) Zr/Nb *versus* Zr/Y. Crosta Superior (Condie, 1993), E-MORB, N-MORB, OIB e PM (Manto Primitivo) (McDonough & Sun, 1995).

O diagrama Zr/Y versus Nb/Y (Fig. 15A) possibilita distinguir fontes mantélicas do tipo pluma das não-pluma e caracterizar o comportamento magmático em relação aos reservatórios mantélicos e ambientes tectônicos (Condie, 2005). Os enxames de diques da PL plotam majoritariamente no campo das rochas originadas por pluma no eixo entre o manto primitivo e as fontes enriquecidas, além de uma pequena tendência para os valores da crosta continental superior, possivelmente causado por contaminação. O enxame de Ilhéus-Olivença se aproxima mais do valor do manto primitivo, enquanto que os outros corpos filonianos plotam mais próximos das fontes enriquecidas, sendo que os corpos de Salvador apresentam os maiores valores das razões incompatíveis.

No diagrama $\log Zr$ versus $\log Zr/Y$ (Fig. 15B), proposto por Sun & McDonough (1989), os diques da PL plotam entre o OIB e E-MORB, mais próximos de fonte enriquecida, e observa-se que o padrão de distribuição das amostras sugere que tanto o processo de fusão parcial quanto cristalização fracionada atuaram na formação desses enxames.

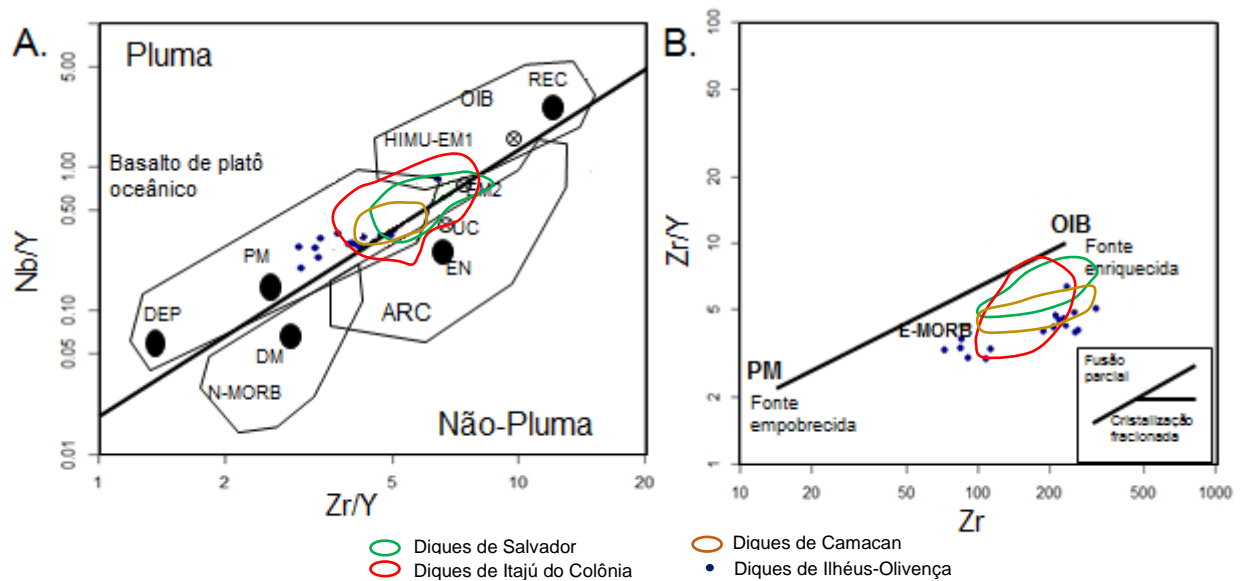


Figura 15. Diagrama de elementos incompatíveis. A) Diagrama Zr/Y versus Nb/Y , segundo Condie (2005), com os campos para as composições de basaltos de diferentes ambientes tectônicos; B) Diagrama binário $\log Zr$ versus $\log Zr/Y$. UC- Crosta Continental Superior; PM- Manto Primitivo; DM- Manto Depletado Raso; HIMU- Fonte Alto μU (U/Pb); EM1 e EM2- Fontes Mantélicas Enriquecidas; ARC- Basaltos de Arco; N-MORB- Basaltos de Cadeia Mesoceânica; OIB- Basaltos de Ilha Oceânica; DEP- Manto Depletado Profundo; EM- Componente Enriquecido; REC- Componente Reciclado.

Figure 15. Incompatible elements diagram. A) Zr/Y versus Nb/Y diagram, according Condie (2005), with the fields for the compositions of basalts from different tectonic settings; B) Binary

diagram log Zr versus log Zr/Y. UC- Upper Continental Crust; PM- Primitive Mantle; DM- Shallow Depleted Mantle; HIMU- High μ U Source; EM1 and EM2- Enriched Mantle Sources; ARC- Arc Basalts; N-MORB- Normal Mid Ocean Ridge Basalt; OIB- Ocean Island Basalt; DEP- Deep Depleted Mantle; EM- Enriched Component; REC- Recycled Component.

A figura 10 e tabela 3 apresentam a comparação dos elementos incompatíveis e as suas razões para diques máficos da PL e do *Global Subducting Sediment* (GLOSS) (Plank & Langmuir, 1998), do *Normal-Mid-Ocean Ridge Basalt* (N-MORB), do *Enriched-Mid-Ocean Ridge Basalt* (E-MORB) (McDonough & Sun, 1995), do *Ocean Island Basalt* (OIB) (Sun & McDonough, 1989), Crosta inferior (Hacker *et al.*, 2015), Crosta superior (Taylor & McLennan, 1985) e Crosta continental média (Weaver, 1991). É possível observar que os valores entre os diferentes enxames são semelhantes denotando uma fonte homogênea para eles. Também é observado que as razões da Província Litorânea se assemelham aos dos reservatórios dos tipos E-MORB e OIB, porém os valores dos elementos LIL (Rb e Ba) são maiores nos corpos em estudo, possivelmente resultado da participação de crosta continental média (Tab. 3) ou de uma fonte do tipo GLOSS incorporados à fonte mantélica durante a subducção de sedimentos em crosta oceânica sob o manto litosférico que o enriquecem em fluidos ricos nesses elementos incompatíveis, embora esse último seja pouco provável, devido à grande discrepância dos valores apresentados (Tab. 3).

Tabela 3. Valores médios de razões de elementos incompatíveis dos diques máficos estudados, do *Global Subducting Sediment* (GLOSS) (Plank & Langmuir, 1998), do *Normal-Mid-Ocean Ridge Basalt* (N-MORB), do *Enriched-Mid-Ocean Ridge Basalt* (E-MORB) (McDonough & Sun, 1995), do *Ocean Island Basalt* (OIB) (Sun & McDonough, 1989), Crosta inferior (Hacker *et al.*, 2015), Crosta Superior (Taylor & McLennan, 1985) e Crosta Continental Média (Weaver, 1991).

*Table 3. Average values of incompatible elements ratios for the Coastal Province mafic dykes compared to Global Subducting Sediment (GLOSS) (Plank & Langmuir, 1998), Normal-Mid-Ocean Ridge Basalt (N-MORB), Enriched-Mid-Ocean Ridge Basalt (E-MORB) (McDonough & Sun, 1995), Ocean Island Basalt (OIB) (Sun & McDonough, 1989) e lower crust (Hacker *et al.*, 2015), upper crust (Taylor & McLennan, 1985), average continental crust (Weaver, 1991).*

Razões	Diques Máficos de Ilhéus-Olivença	Diques Máficos de Salvador	Diques Máficos de Itajú do Colônia	Diques Máficos de Camacan	GLOSS	N-MORB	E-MORB	OIB	Crosta Inferior	Crosta Superior	Crosta Continental (média)
Rb/Sr	0,07	0,07	0,06	0,07	0,17	0,01	0,03	0,05	0,03	0,32	0,24
Zr/Y	4,2	6,14	5,53	4,87	436	2,64	3,32	9,66	4,25	8,63	5
Ce/Y	0,91	1,75	1,37	1,78	1,92	0,26	0,68	2,75	1,25	2,9	1,81
Ba/Nb	22,48	24,9	22,01	17,76	86,8	2,7	7,12	7,29	51,8	22	54
La/Yb	5,74	9,42	6,94	-	10,4	0,82	2,66	17,12	5,3	13,63	8,82
La/Nb	1,29	1,59	1,69	2,26	3,2	1,07	0,76	0,77	1,6	1,2	2,2
Ba/La	18,78	15,82	14,1	10,54	26,9	2,52	9,04	9,46	32,4	18,33	25
Zr/Nb	12,64	11,12	12,92	12,06	14,5	31,76	8,79	5,8	13,6	7,6	16,2
La/Sm	2,67	4,32	3,52	-	5	0,95	2,42	3,7	3,07	6,66	5

4.1.2.2 Petrogênese da Província Litorânea

A análise dos dados petrográficos e geoquímicos dos diques da Província Litorânea revelam informações importantes sobre a gênese e evolução do magmatismo, a natureza da fonte e os processos envolvidos na origem desses corpos. Essas rochas apresentam poucas variações litológicas e composicionais, sendo elas quase exclusivamente basaltos toleíticos com valores de SiO₂ variando entre 40,00 e 52,29% (Ilhéus-Olivença: 43,5-49,95; Salvador: 43,51-52,65; Camacan: 45,23-50,64 e Itajú do Colônia: 40,00-51,68), MgO entre 3,85 e 12,07% (Ilhéus-Olivença: 4,06-9,08; Salvador: 4,38-12,07; Camacan: 3,85-6,80 e Itajú do Colônia: 3,92-6,50) e de majoritariamente de alto titânio (TiO₂ > 1,5%). A pouca variabilidade encontrada reflete a baixa atuação de processos de diferenciação entre eles. O comportamento geoquímico de elementos maiores e os padrões de elementos incompatíveis mostram a atuação da cristalização fracionada na evolução do magma com participação do plagioclásio e clinopiroxênio. Os dados de razões de elementos incompatíveis (Tab. 3) revelam que possivelmente o enxame de Ilhéus-Olivença é o mais primitivo entre os diques da PL, enquanto que os de Salvador são os mais evoluídos ou a contaminação crustal foi mais presente na evolução desses corpos. Os valores de mg# também corroboram com isso, sendo que a média para Ilhéus-Olivença é 0,28 e a maioria das amostras dos diques de Salvador apresentam mg# abaixo de 0,20. Os enxames de Itajú do Colônia e Camacan apresentam valores de mg# intermediários de 0,24 e 0,26, respectivamente.

A caracterização da gênese do magma que foi cristalizado para originar os diques da PL revela a natureza enriquecida da fonte mantélica envolvida na origem desses enxames, confirmada pelas semelhanças com E-MORB e OIB (poucas amostras dos diques de Itajú do

Colônia e Salvador), o que sugere restrita e talvez local influência desse componente na origem do manto parental. O enriquecimento da fonte possivelmente se deu por sedimentos/fluidos subductados diferentes da *Global Subducting Sediment* (GLOSS) (Plank & Langmuir, 1998). Sugere-se também que além de uma fonte enriquecida, os diques estudados tiveram uma participação por contaminação pela crosta, de forma diferenciada, demonstrado nos diagramas das figuras 16 e 17. Os diagramas de Zr *versus* elementos incompatíveis e o paralelismo dos padrões multielementares demonstram que a fonte é semelhante e homogênea para os quatro enxames em estudo.

5 Conclusões

O estudo realizado nos diques máficos de Ilhéus-Olivença, sul do Estado da Bahia, permitiu esclarecer aspectos sobre a petrologia desses corpos, a partir de dados petrográficos e geoquímicos, bem como estabelecer um estudo comparativo com os diques de Salvador, Camacan e Itajú do Colônia, pertencentes a Província Litorânea.

Podemos destacar como características principais entre os diques máficos da Província Litorânea: (i) são isotrópicos com granulação fina a média e espessuras variando de poucos centímetros a dezenas de metros, chegando no máximo a 50m; (ii) estruturas indicam que o sentido preferencial do fluxo magmático em Ilhéus-Olivença, Camacan e Itajú do Colônia foi de leste para oeste, enquanto que em Salvador foi de sul para norte; (iii) microscopicamente evidenciam uma assembleia mineralógica constituída essencialmente por plagioclásio (andesina) e augita; (iv) são basaltos em ambiente intraplaca com afinidade toleítica, sendo que os diques de Ilhéus-Olivença apresentam características mais primitivas, enquanto os de Salvador mais evoluídas, todos com plagioclásio e piroxênio como fases minerais fracionadas durante a cristalização; (v) o padrão de ETR normalizado para manto primitivo e as razões de ETR mostraram um leve enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP, característico de toleitos continentais; (vi) o comportamento dos elementos traço revelou uma distribuição espacial semelhante e o paralelismo entre os padrões dos diferentes conjuntos evidenciou uma fonte única para essas rochas, com características entre E-MORB e OIB, no qual possivelmente o processo de contaminação pela crosta continental foi importante e diferencial, necessitando entretanto, de dados isotópicos para confirmação e; (vii) após a integração dos dados geocronológicos e geoquímicos sugere-se que esses diques máficos fazem parte da expressão superficial na forma de *hotspot* de um mesmo evento geotectônico meso/neoproterozoico de ascensão de pluma mantélica.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio através da concessão de bolsa do primeiro autor e apoio financeiro (Processos CNPq 47690187/2013-8, FAPESB 0030/2016).

Referências bibliográficas

- Barbosa, J.S.F. & Sabaté, P. 2003. Colagem paleoproterozoica de placas arqueanas do Cráton do São Francisco na Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(1): p.7-14.
- Chaves, A.O., Ernst, R.E., Söderlund, U., Wang, X. & Naeraa, T. 2018. The 920-900 Ma Bahia-Gangila lip of the São Francisco and Congo cratons and link with Dashigou-Chulan lip of North China craton: New insights from U-Pb geochronology and geochemistry. *Precambrian Research*, 329: 124-137.
- CBPM. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2006. *Mapa Geológico da Bahia*. Salvador. Escala 1:100000.
- CORRÊA GOMES, L. C.; TANNER DE OLIVEIRA, M. A. F.; MOTTA, A. C.; CRUZ, M. J. M. 1996. *Província de diques máficos do Estado da Bahia: Mapa, estágio atual do conhecimento e evolução temporal*. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Salvador. 144 p.
- Corrêa-Gomes, L.C. 2000. *Diques Máficos: Uma reflexão teórica sobre o tema e seu uso no entendimento prático da Geodinâmica Fissural. Exemplos de Salvador e Ilhéus-Olivença, Zona Costeira Atlântica do Estado da Bahia – Brasil*. Salvador. 196p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Condie, K.C. 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104(1/4): 1-37.
- Condie, K.C. 2005. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithos*, 79(3/4): 491-504.
- Cruz, L.A. 2013. *Aspectos de campo, petrografia e geoquímica preliminar dos diques máficos das praias Jardim de Alah, Paciência e Ondina, Salvador – BA*. Salvador. 73p. Monografia de conclusão de curso, curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

- D'Agrella Filho, M.S., Pacca, I.G., Onstott, T.C., Renne, P.R. & Teixeira, W. 1989. Paleomagnetism and geochronology of mafic dikes from the regions of Salvador, Olivença and Uauá, São Francisco Craton, Brazil. *Boletim Inst. De Geociências, Universidade de São Paulo, Série Científica*, 20: 1-8.
- Evans, D.A.D., Trindade, R.I.F., Catelani, E.L.D, D'Agrella Filho, M.S., Heaman, L.M., Oliveira, E.P. & Salminen, J.M. 2015. Return to Rodinia? Moderate to high palaeolatitude of the São Francisco/Congo craton at 920 Ma. *Geological Society, Special Publications*, 424(1): 167-190.
- Hacker, B.R., Kelemen, P.B. & Behn, M.D. 2015. Continental lower crust. *Annual Review of Earth Planet Science*, 43: 167- 205.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of common rocks. *Canadian Journal Earth Science*, 8: 523-548.
- Janoušek, V., Farrow, C.M., Erban, V. & Trubač, J. 2006. Brand new Geochemical Data Toolkit (GCDkit 3.0) - is it worth upgrading and browsing documentation? (Yes!). *Geologické výzkumy na Morave a ve Slezsku*, 18: 26-30
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. 1986. A chemical classification of Volcanic Rocks based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27(3): 745-750.
- McDonough, W.F. & Sun, S.S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120: 223-253
- Menezes Leal, A.B., Corrêa-Gomes, L.C. & Guimarães, J.T. 2012. Diques máficos. In: Barbosa, J.S.F. (Coordenação geral). *Geologia da Bahia. Pesquisa e Atualização. Volume 2*. Salvador, CBPM, p. 199-231
- Moraes Brito, C. 1992. *Caracterização geológica, geoquímica e petrográfica dos diques máficos proterozóicos da região de Salvador-BA*. São Paulo. 153p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Pearce, J.A. & Norry, M.J. 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. and Petrol*, 69: 33- 47.
- Pinheiro Amorim, A.C. 2017. *Petrologia dos enxames de diques máficos ectasiano de Itajú do Colônia e criogeniano de Itapé, sudeste do estado da Bahia*. Salvador. 228p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Plank, T. & Langmuir, C.H. 1998. The chemical composition of subducting sediment and its consequences for crust and mantle. *Chemical Geology*, 145(3/4): 325-394.

- Renne, P.R., Onstott, T.C., D'Agrella Filho, M.S., Pacca, I.G. & Teixeira, W. 1990. Ar⁴⁰/Ar³⁹ dating of 1.0 – 1.1 Ga Magnetizations from the São Francisco and Kalahari Cratons: Tectonic Implications for Pan-African and Brazilian Mobile Belts. *Earth and Planetary Science Letters*, 101(2/4): 349-366.
- Santos, M.C.P. 2010. *Caracterização Petrográfica e Geoquímica Preliminar dos diques máficos da região de Camacan, Bahia, Brasil*. Salvador. 124p. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Silva, S.O. 2018. *Caracterização petrológica dos diques máficos da orla de Salvador, Bahia*. Salvador. 54p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Souza, J.S. 2013. *Geologia, metamorfismo e geocronologia de litotipos de Salvador-Bahia*. Salvador. 125p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Takahashi, E. & Kushiro, I. 1983. Melting of a dry peridotite at high pressures and basalt magma genesis. *American Mineralogist*, 68 (9/10): 859-879.
- Sun, S.-S. & McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *In*: Saunders, A.D. & Norry, M.J. (Eds.). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society, 42(1), 313-345.
- Tanner de Oliveira, M.A.F. 1989. *O enxame de diques máficos de Olivença: Aspectos geoquímico e petrogenéticos*. São Paulo. 154p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Taylor, S.R. & McLennan. 1985. *The continental crust: Its composition and evolution*. Oxford: Blackwell Scientific.
- Vieira, K.C. 2016. *Diques máficos de Camacan, sul do estado da Bahia: uma caracterização petrológica*. Salvador. 88p. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Weaver, B.L. 1991. The origin of ocean island. Basalt end-member compositions: trace element and isotopic constraints. *Earth and Planetary Science Letters*, 104(2/4): 381-397.

CAPÍTULO 3

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado uma caracterização dos aspectos de campo, petrográficos e geoquímicos do enxame de diques máficos de Ilhéus-Olivença. O tratamento de dados produzidos e dos disponíveis na literatura para a Província Litorânea possibilitou a maior compreensão sobre a natureza da fonte mantélica e dos processos associados ao magmatismo basáltico durante extensão crustal. A partir dos resultados expostos é possível fazer as seguintes afirmações:

- 1- Os diques da PL são isotrópicos com granulometria fina a média e espessuras variando de poucos centímetros a dezenas de metros, chegando no máximo a 50 m. Eles ocupam fraturas distencionais com orientação preferencial E-W e secundariamente NW-SE e NE-SW, porém somente em Salvador a orientação predominante é NNW-SSE. Estruturas indicam que a direção preferencial do fluxo magmático em Ilhéus-Olivença, Camacan e Itajú do Colônia foi de leste para oeste, enquanto que em Salvador foi de sul para norte.
- 2- Microscopicamente os diques da PL evidenciam uma assembleia mineralógica constituída essencialmente por plagioclásio (andesina) e piroxênios, principalmente a augita. Por vezes ocorrem hornblenda ou olivina, como é o caso dos diques de Salvador e Ilhéus-Olivença. As principais texturas identificadas nos diques da PL foram a ofítica, subofítica, intergranular e pofirítica. Além disso, eles apresentam processos de alteração de saussuritização e sericitização do plagioclásio, biotitização e uralitização dos piroxênios, e cloritização da biotita.
- 3- Geoquimicamente esses diques foram classificados como basaltos toleíticos de ambiente intraplaca, sendo que os diques de Ilhéus-Olivença apresentam características mais primitivas, enquanto os de Salvador mais evoluídas, todos com plagioclásio e piroxênio como fases minerais fracionadas durante a cristalização. Os padrões de ETR normalizado para manto primitivo e as razões de ETR mostraram um leve enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP, característico de toleítos continentais.
- 4- O comportamento dos elementos traço revelou uma distribuição espacial semelhante e o paralelismo entre os padrões dos diferentes conjuntos evidenciou uma fonte única para essas rochas, com características entre E-MORB e OIB, no qual possivelmente o processo de contaminação pela crosta continental foi importante e diferencial, necessitando de dados isotópicos para confirmação.

- 5- Após a integração dos dados geocronológicos e geoquímicos sugere-se que esses diques máficos fazem parte da expressão superficial na forma de hotspot de um mesmo evento geotectônico meso/neoproterozoico de ascensão de pluma mantélica.

APÊNDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1. Análises químicas de elementos maiores (% em peso) e traço (ppm) para os diques máficos de Ilhéus-Olivença (Tanner de Oliveira, 1989).

Table 1. Chemical analysis of major elements (wt%) and trace elements (ppm) from Ilhéus-Olivença mafic dykes (Tanner de Oliveira, 1989).

	I-6067	I-6068	I-6072	I-6073	I-6074	I-6081	I-6093	I-6105	I-6120	I-6122	I-6123	I-6126	I-6136	I-6140	I-6144	I-6152	I-6157	I-6163	I-6168	I-6169
Elementos maiores (% em peso)																				
SiO ₂	47,89	47,94	47,33	48,06	47,36	43,49	47,67	46,46	46,72	48,21	46,92	49,95	48,03	45,49	49,80	47,37	48,42	46,98	46,73	47,26
TiO ₂	1,79	2,87	3,00	3,19	3,31	3,18	2,64	1,71	3,40	1,75	1,62	1,80	2,73	3,44	1,21	3,34	3,20	2,66	2,61	2,85
Al ₂ O ₃	15,28	13,48	13,54	13,82	13,49	15,31	15,41	14,60	13,14	15,25	15,95	16,14	14,52	13,25	15,42	13,95	13,96	13,78	13,11	12,84
Fe ₂ O ₃	2,70	3,66	4,95	2,66	3,06	2,38	1,80	3,18	3,69	2,34	2,77	3,12	1,88	3,71	1,61	2,03	2,65	3,36	3,74	3,88
FeO	9,41	11,22	8,83	12,57	12,56	13,94	11,55	8,47	12,57	9,86	9,10	9,44	12,88	12,72	9,07	13,30	12,59	10,75	11,93	11,61
MnO	0,21	0,25	0,23	0,25	0,26	0,24	0,21	0,19	0,25	0,21	0,20	0,21	0,23	0,26	0,19	0,25	0,25	0,22	0,25	0,25
MgO	6,02	4,72	6,03	4,35	4,37	5,40	4,76	9,08	4,64	6,20	6,84	6,42	4,23	4,52	6,57	4,14	4,06	4,83	4,81	5,26
CaO	10,85	9,11	9,85	8,90	9,05	8,64	9,47	11,68	9,13	10,73	11,38	11,02	9,18	9,95	9,77	9,16	8,68	9,90	9,67	9,15
Na ₂ O	2,65	2,69	2,59	2,58	2,99	3,11	3,19	1,93	2,59	2,39	2,62	2,43	2,91	3,23	2,56	2,90	2,86	3,95	2,46	2,58
K ₂ O	0,38	0,72	0,47	0,74	0,75	0,94	0,87	0,23	0,82	0,51	0,30	0,31	0,82	0,78	0,63	0,81	0,71	0,56	0,82	0,50
P ₂ O ₅	0,24	0,40	0,39	0,51	0,43	0,80	0,33	0,20	0,48	0,20	0,19	0,21	0,38	0,35	0,15	0,51	0,45	0,29	0,32	0,36
#mg	0,33	0,24	0,30	0,22	0,22	0,25	0,26	0,44	0,22	0,34	0,37	0,34	0,22	0,22	0,38	0,21	0,21	0,26	0,23	0,25
TOTAL	98,96	98,76	98,02	98,61	98,61	98,45	98,72	99,06	98,61	98,91	98,99	98,95	98,57	98,59	98,99	98,52	98,60	98,81	98,68	98,71
LOI	1,54	1,72	1,80	0,98	0,99	1,03	0,84	1,32	1,19	1,27	1,09	0,88	0,78	0,89	2,00	0,78	0,77	1,53	2,22	2,17
Elementos traço (ppm)																				
Ni	101,00	63,00	91,00	52,00	59,00	85,00	71,00	268,00	67,00	87,00	122,00	100,00	50,00	53,00	99,00	46,00	46,00	84,00	73,00	73,00
Rb	11,00	20,00	19,00	22,00	20,00	24,00	14,00	10,00	25,00	13,00	11,00	14,00	26,00	22,00	19,00	22,00	21,00	14,00	17,00	15,00
Ba	173,00	328,00	250,00	343,00	323,00	676,00	530,00	104,00	339,00	199,00	153,00	154,00	354,00	263,00	344,00	323,00	331,00	267,00	554,00	251,00
Sr	230,00	217,00	242,00	197,00	198,00	274,00	332,00	217,00	206,00	220,00	212,00	217,00	243,00	357,00	273,00	237,00	218,00	238,00	351,00	219,00
Ta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	2,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Nb	8,00	14,00	14,00	19,00	19,00	20,00	17,00	8,00	23,00	10,00	8,00	6,00	18,00	31,00	6,00	20,00	18,00	13,00	15,00	15,00
Hf	3,00	6,00	5,00	7,00	7,00	6,00	5,00	2,00	9,00	3,00	2,00	3,00	5,00	6,00	2,00	7,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Zr	113,00	208,00	188,00	256,00	263,00	229,00	194,00	85,00	313,00	108,00	84,00	91,00	192,00	236,00	72,00	254,00	235,00	193,00	211,00	219,00
Y	34,00	50,00	47,00	65,00	65,00	50,00	44,00	23,00	62,00	36,00	25,00	30,00	42,00	37,00	22,00	52,00	55,00	39,00	45,00	49,00
La	9,80	16,90	21,70	18,50	24,40	20,80	21,50	21,00	20,10	6,70	7,50	7,80	20,20	18,50	21,60	18,40	17,10	18,50	17,60	15,70
Ce	20,80	36,40	44,30	41,00	49,00	42,20	44,40	44,80	44,20	14,90	16,40	18,60	44,50	42,70	47,10	40,20	37,10	40,10	37,60	34,20
Nd	15,60	25,20	31,70	28,70	29,50	26,40	30,10	32,50	32,20	11,70	12,90	16,20	29,20	30,90	33,45	28,40	26,30	28,50	25,00	24,20
Sm	4,20	6,50	8,30	7,70	6,80	6,30	5,70	7,52	8,20	3,10	3,50	4,10	6,50	8,10	7,60	7,30	6,50	7,10	6,20	6,40
Eu	1,50	2,10	2,50	2,40	2,20	2,10	1,90	2,30	2,25	1,20	1,30	1,25	2,10	2,50	2,21	2,30	2,20	2,40	2,00	2,10
Gd	4,70	6,80	9,10	8,50	7,00	6,30	5,70	7,10	8,14	3,70	4,10	4,10	6,60	9,10	7,65	7,80	7,30	7,70	6,80	7,00
Dy	4,80	6,70	8,80	8,50	6,80	5,90	5,50	5,00	7,96	3,70	4,10	3,80	5,00	9,00	7,85	7,70	7,20	7,40	6,90	6,80
Ho	0,91	1,20	1,60	1,60	1,20	1,00	0,93	1,18	1,65	0,73	0,73	0,90	0,96	1,60	1,43	1,40	1,30	1,30	1,30	1,40
Er	2,60	3,70	5,00	4,70	3,90	3,30	2,90	3,50	4,53	2,00	2,30	2,43	2,70	5,00	4,28	4,30	3,80	4,00	3,90	3,60
Yb	2,20	3,20	4,20	2,00	3,70	2,80	2,70	2,90	4,10	1,70	2,00	1,93	2,10	4,40	4,15	3,70	3,20	3,50	3,50	3,10
Lu	0,30	0,44	0,57	0,52	0,49	0,39	0,38	0,39	0,57	0,27	0,20	0,29	0,29	0,63	0,54	0,48	0,41	0,47	0,46	0,40
Cr	80,00	60,00	230,00	56,00	52,00	60,00	128,00	503,00	77,00	194,00	182,00	121,00	48,00	50,00	281,00	37,00	27,00	123,00	50,00	83,00

Tabela 2. Análises químicas de elementos maiores (% em peso) e traço (ppm) para os diques máficos de Salvador (Silva, 2018).

Table 2. Chemical analysis of major elements (wt%) and trace elements (ppm) from Salvador mafic dykes (Silva, 2018).

	Amostras																									
	BUR - 01	BUR - 02	BUR - 03	BUR - 04	BUR - 05	BUR - 06	BUR - 07	BUR - 08	BUR - 10	BUR - 11	JA - 03	JA-04	JA-06	JA-07	JA-08	JA-09	JA-10	JA-12	ITP-07	ITP-08	CRI-01	CRI-02	AMR-01	AMR-02	AMR-03	
Elementos maiores (% em peso)																										
SiO ₂	43,51	43,92	48,19	47,88	48,74	48,64	48,65	49,34	52,29	51,35	46,27	46,38	49,89	50,32	49,67	50,25	49,81	50,06	52,65	52,12	49,18	43,88	52,08	52,01	51,93	
TiO ₂	3,35	3,24	2,86	2,87	3,09	2,74	2,95	3,17	1,30	1,22	3,37	3,60	2,79	2,65	2,64	2,42	2,76	2,95	2,55	2,54	0,74	0,79	2,16	2,12	2,01	
Al ₂ O ₃	13,91	14,57	13,71	12,91	13,42	14,06	13,76	13,06	12,07	11,89	13,76	13,44	13,39	13,91	13,18	13,67	13,48	13,48	14,07	14,12	18,69	14,14	14,57	14,63	14,78	
Fe ₂ O ₃	17,36	17,84	16,48	16,82	17,15	15,71	16,52	17,05	12,03	11,40	17,51	17,94	15,27	14,67	14,48	13,92	15,01	15,94	13,99	14,08	10,80	8,18	14,34	13,91	13,82	

FeO	10,71	11,29	10,88	11,27	11,10	10,22	11,29	8,55	8,19	8,04	11,43	10,74	11,00	10,23	10,21	9,82	11,23	11,41	10,27	10,16	7,64	3,02	10,55	10,31	9,92	
FeOt	26,33	27,35	25,71	26,41	26,54	24,36	26,16	23,90	19,02	18,30	27,19	26,89	24,74	23,43	23,24	22,35	24,74	25,76	22,86	22,83	17,36	10,38	23,46	22,83	22,36	
Fe2O3t	29,26	30,38	28,57	29,34	29,48	27,06	29,06	26,55	21,13	20,33	30,21	29,87	27,49	26,04	25,82	24,83	27,49	28,62	25,40	25,37	19,29	11,54	26,06	25,36	24,84	
MnO	0,20	0,23	0,22	0,23	0,22	0,20	0,22	0,22	0,17	0,18	0,23	0,24	0,24	0,22	0,22	0,21	0,23	0,23	0,19	0,19	0,15	0,15	0,20	0,20	0,19	
MgO	5,12	5,37	5,58	5,65	5,33	5,48	5,10	4,71	10,86	10,41	5,78	5,48	5,78	5,89	6,26	6,43	5,85	5,79	4,38	4,51	8,27	12,07	5,28	5,29	5,44	
CaO	8,59	9,53	8,51	8,22	8,33	8,51	8,66	8,32	10,09	9,94	8,29	8,23	9,94	10,11	10,42	10,55	10,01	9,87	8,17	8,27	3,30	20,51	9,07	9,00	9,10	
Na2O	3,35	3,30	2,83	2,80	2,91	2,92	2,96	2,96	2,17	2,06	3,03	2,78	2,79	2,89	2,79	2,91	2,87	3,00	2,88	2,81	3,40	0,25	3,04	3,15	3,11	
K2O	1,04	0,88	0,79	0,87	0,87	0,80	0,79	0,93	0,43	0,42	0,70	0,78	0,48	0,50	0,41	0,39	0,52	0,53	1,21	1,07	3,93	0,51	0,89	0,87	0,78	
P2O5	0,63	0,60	0,52	0,59	0,56	0,51	0,55	0,61	0,12	0,11	0,74	0,79	0,35	0,31	0,31	0,28	0,35	0,35	0,34	0,32	0,17	0,01	0,32	0,32	0,29	
#mg	0,16	0,16	0,18	0,18	0,17	0,18	0,16	0,16	0,36	0,36	0,18	0,17	0,19	0,2	0,21	0,22	0,19	0,18	0,16	0,16	0,32	0,54	0,18	0,19	0,2	
TOTAL	97,2	99,57	100,05	99,25	101,06	100,99	100,59	100,56	102,75	100,95	100,74	101,8	101,19	101,87	100,79	101,32	101,01	102,57	101,26	100,98	98,86	101,77	101,82	101,64	101,6	
LOI	0,12	0,07	0,34	0,38	0,43	1,38	0,42	0,19	1,09	1,85	1,05	2,13	0,25	0,38	0,38	0,25	0,1	0,34	0,81	0,92	0,21	1,25	0,01	0,14	0,12	
Elementos traço (ppm)																										
Ni	59,00	62,00	86,00	86,00	76,00	95,00	70,00	65,00	313,00	302,00	111,00	88,00	60,00	69,00	69,00	72,00	61,00	60,00	42,00	48,00	41,00	97,00	65,00	63,00	66,00	
Co	56,70	55,80	57,30	60,20	58,50	58,10	55,50	55,10	65,70	63,40	63,00	57,70	51,10	51,80	52,00	50,00	50,90	52,70	46,70	50,60	40,40	36,50	53,10	53,50	53,70	
Cu	140,00	146,00	131,00	136,00	132,00	130,00	138,00	147,00	104,00	103,00	82,00	81,00	135,00	121,00	121,00	123,00	128,00	135,00	52,00	57,00	5,00	116,00	143,00	146,00	129,00	
W	3,60	2,90	1,80	2,30	1,30	12,10	7,50	4,60	1,50	1,10	1,10	1,60	1,80	1,30	1,10	1,50	1,40	1,10	2,30	3,50	1,80	1,50	13,50	1,30	1,40	
Rb	26,50	21,80	20,00	22,70	22,70	20,50	20,20	26,70	7,50	7,00	16,70	19,80	9,60	11,00	8,20	6,90	10,20	10,50	30,30	25,90	167,40	25,20	21,10	21,40	17,60	
Cs	0,48	0,40	0,32	0,38	0,38	0,33	0,39	0,50	0,09	0,08	0,26	0,28	0,09	0,10	0,08	0,07	0,10	0,11	0,42	0,43	1,58	0,61	0,24	0,25	0,22	
Ba	544,00	519,00	480,00	510,00	503,00	463,00	483,00	556,00	219,00	182,00	499,00	589,00	262,00	296,00	272,00	229,00	270,00	282,00	562,00	500,00	1222,00	159,00	491,00	473,00	467,00	
Sr	332,00	346,00	302,00	289,00	301,00	314,00	305,00	300,00	243,00	236,00	348,00	334,00	314,00	332,00	313,00	309,00	310,00	316,00	410,00	405,00	457,00	118,00	357,00	359,00	360,00	
Ga	22,60	23,00	21,10	21,80	22,00	21,30	21,50	23,10	17,40	16,80	22,40	22,10	21,20	21,10	20,60	19,80	20,90	20,90	25,20	24,50	22,60	19,40	23,20	23,50	22,90	
Ta	1,34	1,20	1,08	1,19	1,14	1,05	1,11	1,24	0,05	0,05	1,41	1,39	0,95	0,83	0,83	0,67	0,91	0,90	1,59	1,38	1,15	0,38	1,12	1,17	0,95	
Nb	26,40	25,96	22,63	25,29	24,94	29,59	23,47	28,98	4,49	3,90	25,57	25,16	17,01	22,94	19,27	13,43	18,42	21,17	22,20	21,12	14,04	5,59	19,91	19,49	18,09	
Hf	5,93	5,35	4,79	5,56	5,48	4,91	5,14	5,86	2,14	1,98	5,35	5,59	4,22	4,07	3,97	3,40	4,13	4,23	5,77	5,33	5,74	1,90	3,94	3,98	3,67	
Zr	291,00	276,00	225,00	252,00	246,00	223,00	236,00	272,00	98,00	94,00	265,00	270,00	186,00	182,00	173,00	155,00	193,00	198,00	199,00	190,00	214,00	86,00	165,00	161,00	149,00	
Y	41,61	41,75	37,93	42,65	41,28	38,01	39,70	44,50	17,55	17,16	41,48	41,97	34,91	34,49	34,77	29,61	34,95	36,10	28,76	28,89	14,79	20,28	29,59	29,77	28,71	
Th	3,60	2,70	2,20	2,50	2,50	2,60	2,20	3,00	0,10	0,10	2,00	2,10	0,70	1,10	0,80	0,20	0,50	0,60	6,80	5,00	32,50	7,70	3,00	2,60	2,40	

U	0,81	0,72	0,64	0,73	0,73	0,68	0,70	0,85	0,17	0,21	0,57	0,62	0,33	0,40	0,33	0,30	0,37	0,38	0,66	0,65	3,80	0,90	0,58	0,53	0,52
La	33,40	31,50	29,70	30,30	31,30	30,40	29,50	36,20	11,80	14,60	30,50	34,20	19,30	18,80	19,80	17,80	21,60	19,00	31,30	27,70	63,80	18,40	25,40	26,10	26,50
Ce	66,60	60,60	56,60	62,20	61,40	56,70	59,90	68,60	21,10	21,10	61,40	64,90	41,50	41,20	40,20	33,90	42,00	43,40	61,40	58,50	109,50	48,00	51,60	51,50	48,00
Pr	8,37	7,59	7,14	7,86	7,84	7,21	7,69	8,62	2,94	2,79	7,87	8,21	5,83	5,69	5,64	4,76	5,70	5,95	7,67	7,23	11,14	6,66	6,48	6,31	5,93
Nd	33,50	30,80	28,40	31,40	31,30	28,60	30,60	34,00	12,10	11,50	32,20	34,10	24,30	23,90	23,40	19,50	24,90	24,80	31,40	29,80	36,80	25,30	25,90	25,00	23,50
Sm	7,70	7,10	6,70	7,20	7,40	6,70	7,40	7,90	3,40	3,10	7,70	7,70	6,40	6,00	6,00	5,20	6,30	6,50	6,90	6,60	5,70	5,10	5,70	5,60	5,30
Eu	2,51	2,35	2,19	2,41	2,39	2,13	2,32	2,51	1,12	1,15	2,60	2,69	2,21	2,12	2,11	1,93	2,20	2,25	2,28	2,14	1,34	1,11	1,82	1,74	1,70
Gd	8,35	7,83	7,54	8,17	8,14	7,19	8,05	8,53	3,82	3,52	8,21	8,38	7,08	6,77	6,91	6,05	7,22	7,36	7,22	6,79	4,17	4,26	6,13	5,98	5,52
Tb	1,38	1,31	1,23	1,32	1,30	1,19	1,29	1,44	0,61	0,61	1,29	1,33	1,17	1,13	1,12	0,97	1,13	1,21	1,06	1,04	0,54	0,64	0,94	0,95	0,89
Dy	8,15	7,85	7,20	8,08	7,74	6,96	7,77	8,38	3,50	3,46	7,64	7,68	6,71	6,55	6,39	5,84	6,78	6,95	5,92	5,77	2,82	3,56	5,48	5,63	5,22
Ho	1,77	1,65	1,52	1,70	1,64	1,52	1,66	1,78	0,71	0,71	1,62	1,66	1,41	1,39	1,39	1,23	1,38	1,45	1,19	1,13	0,57	0,72	1,18	1,13	1,09
Er	4,56	4,59	4,24	4,70	4,48	4,06	4,55	4,90	1,87	1,78	4,38	4,41	3,78	3,66	3,64	3,24	3,82	3,84	3,05	2,91	1,44	1,93	3,11	3,06	2,87
Tm	0,70	0,67	0,63	0,69	0,66	0,62	0,70	0,72	0,26	0,26	0,66	0,64	0,56	0,54	0,53	0,46	0,55	0,56	0,42	0,42	0,23	0,29	0,46	0,44	0,41
Yb	4,40	4,30	4,00	4,40	4,20	3,80	4,30	4,40	1,60	1,50	4,00	4,00	3,40	3,20	3,20	2,80	3,30	3,40	2,50	2,40	1,50	1,80	2,80	2,70	2,50
Lu	0,67	0,66	0,63	0,67	0,66	0,61	0,65	0,69	0,23	0,23	0,61	0,64	0,49	0,50	0,49	0,44	0,49	0,53	0,38	0,38	0,25	0,25	0,42	0,43	0,40

Tabela 3. Análises químicas de elementos maiores (% em peso) e traço (ppm) para os diques máficos de Camacan (Santos, 2010).

Table 3. Chemical analysis of major elements (wt%) and trace elements (ppm) from Camacan mafic dykes (Santos, 2010).

	Amostras																							
	CA-01	CA-02	CA-03	CA-04	CA-05B	CA-07C	CA-07D	CA-08	CA-09A	CA-10	CA-12	CA-13	CA-14B	CA-05A	CA-06A	CA-06B	CA-07A	CA-07B	CA-11A	CA-11B	CA-14A			
Elementos maiores (% em peso)																								
SiO ₂	46,51	47,17	50,64	48,88	45,53	47,04	46,98	48,72	49,47	48,03	48,48	47,48	46,59	47,60	48,19	48,15	46,29	47,27	45,33	45,23	48,71			
TiO ₂	3,44	2,97	1,60	2,64	2,99	2,76	2,76	2,34	3,05	2,18	2,96	3,26	3,19	3,33	2,67	2,66	3,39	2,86	1,98	1,97	2,62			
Al ₂ O ₃	12,37	12,82	13,39	12,88	12,91	13,80	13,05	14,20	12,80	13,30	12,26	12,38	12,79	12,60	13,16	13,19	12,76	13,01	15,57	15,39	13,89			
Fe ₂ O ₃	18,05	15,72	14,44	15,27	16,36	16,08	16,05	13,72	15,57	14,70	16,92	18,03	17,58	17,34	15,43	15,33	16,79	16,23	14,48	14,05	16,14			
MnO	0,26	0,24	0,21	0,23	0,22	0,24	0,24	0,20	0,26	0,22	0,24	0,26	0,23	0,24	0,22	0,23	0,25	0,24	0,20	0,20	0,21			

MgO	4,31	5,60	5,88	5,56	6,58	5,99	5,95	5,60	3,85	6,12	4,97	4,79	5,85	5,21	5,77	5,78	5,53	5,69	6,35	6,79	4,51
CaO	8,23	9,80	9,85	9,27	10,58	9,63	9,68	9,39	7,26	10,31	8,79	9,09	9,28	9,10	9,71	9,67	9,54	9,73	10,48	10,00	7,97
Na2O	2,83	2,54	2,45	2,75	2,31	2,47	2,46	2,64	2,97	2,52	2,67	2,69	2,44	2,54	2,64	2,61	2,43	2,47	2,37	2,54	2,93
K2O	1,22	0,59	0,52	0,78	0,65	0,71	0,68	0,86	1,15	0,30	0,72	0,65	0,68	0,57	0,74	0,58	0,64	0,60	0,38	0,41	1,23
P2O5	0,89	0,44	0,14	0,27	0,33	0,38	0,39	0,39	0,95	0,24	0,35	0,40	0,33	0,39	0,40	0,40	0,55	0,42	0,23	0,22	0,35
mg#	0,19	0,26	0,29	0,27	0,29	0,27	0,27	0,29	0,20	0,29	0,23	0,21	0,25	0,23	0,27	0,27	0,25	0,26	0,30	0,33	0,22
TOTAL	98,87	99,36	100,16	99,65	99,63	100,18	99,34	99,55	99,39	99,58	99,3	99,28	98,96	99,59	99,1	99,6	99,33	99,64	99,55	99,68	99,2
LOI	0,76	1,48	1,04	1,12	1,18	1,08	1,1	1,48	2,06	1,66	0,94	0,26	0	0,76	0,16	1	1,16	1,12	2,18	2,88	0,64
Elementos traço (ppm)																					
Ni	20,00	54,00	64,00	47,00	90,00	75,00	72,00	57,00	28,00	60,00	43,00	34,00	81,00	57,00	52,00	52,00	57,00	65,00	77,00	76,00	53,00
Rb	34,00	20,00	16,00	18,00	18,00	19,00	18,00	21,00	28,00	7,00	17,00	14,00	15,00	15,00	14,00	12,00	23,00	19,00	13,00	12,00	30,00
Ba	739,00	33,00	168,00	299,00	254,00	195,00	192,00	413,00	412,00	145,00	296,00	247,00	244,00	226,00	416,00	349,00	245,00	164,00	191,00	187,00	515,00
Sr	339,00	334,00	221,00	294,00	292,00	270,00	268,00	269,00	261,00	215,00	254,00	243,00	252,00	213,00	314,00	313,00	276,00	257,00	280,00	357,00	218,00
Nb	18,00	19,00	<9	14,00	14,00	14,00	14,00	20,00	22,00	12,00	17,00	17,00	15,00	17,00	18,00	18,00	25,00	14,00	11,00	10,00	16,00
Zr	255,00	192,00	104,00	175,00	146,00	174,00	178,00	221,00	395,00	139,00	199,00	192,00	187,00	238,00	184,00	179,00	256,00	188,00	114,00	111,00	217,00
Y	47,00	41,00	23,00	38,00	32,00	39,00	36,00	41,00	69,00	32,00	44,00	43,00	39,00	54,00	36,00	35,00	50,00	39,00	26,00	25,00	34,00
U	9,00	8,00	6,00	8,00	9,00	9,00	9,00	8,00	9,00	8,00	11,00	10,00	8,00	7,00	8,00	7,00	10,00	8,00	7,00	6,00	7,00
La	58,00	<28	<28	<28	<28	<28	<28	<28	47,00	<28	<28	30,00	<28	<28	28,00	34,00	<28	<28	30,00	<28	41,00
Ce	80,00	83,00	73,00	57,00	49,00	52,00	47,00	95,00	37,00	65,00	50,00	55,00	59,00	84,00	68,00	80,00	<35	62,00	<35	79,00	70,00
Nd	69,00	63,00	40,00	50,00	48,00	61,00	62,00	43,00	81,00	50,00	65,00	64,00	55,00	71,00	66,00	66,00	76,00	64,00	64,00	46,00	65,00
Sc	43,00	43,00	32,00	40,00	45,00	40,00	35,00	37,00	35,00	39,00	37,00	38,00	42,00	39,00	38,00	42,00	40,00	37,00	35,00	36,00	30,00
Cr	<13	96,00	61,00	83,00	151,00	95,00	92,00	149,00	<13	92,00	48,00	<13	80,00	73,00	79,00	73,00	89,00	76,00	75,00	81,00	20,00

Tabela 4. Análises químicas de elementos maiores (% em peso) e traço (ppm) para os diques máficos de Itaju do Colônia (Pinheiro Amorim, 2017).

Table 4. Chemical analysis of major elements (wt%) and trace elements (ppm) from Camacan mafic dykes (Pinheiro Amorim, 2017).

	Amostras																							
	IC-36	IC-09	IC-15	IC-16B	IC-27	IC-28B	IC-34C	IC-35	IC-06B	IC-08	IC10A	IC-11	IC-13	IC-26	IC-34B	IC-34D	IC-34E	IC-38	IC-45	IC-40	IC-41	IC-42	IC-39	IC-46
Elementos maiores (% em peso)																								
SiO ₂	46,87	40,00	47,27	47,52	48,31	47,75	49,17	47,33	47,10	47,70	47,70	49,60	43,40	48,78	48,45	49,96	48,04	49,62	51,68	47,43	47,83	49,09	47,37	41,35
TiO ₂	2,70	4,27	2,68	2,68	2,44	2,80	1,92	2,58	3,14	2,74	3,26	1,58	2,62	2,27	2,72	2,01	2,94	2,22	1,92	3,19	3,35	2,49	3,25	2,81
Al ₂ O ₃	13,59	13,40	12,99	12,91	13,03	12,68	13,08	13,36	11,90	12,30	13,00	13,90	15,30	13,03	12,55	16,64	12,76	14,37	13,96	12,58	12,65	14,26	12,53	11,14
Fe ₂ O ₃	16,14	16,80	15,35	15,65	16,77	16,03	15,28	15,53	18,40	19,20	16,30	14,40	12,00	17,13	16,69	12,95	17,57	14,55	15,21	17,93	18,15	16,35	18,39	15,19
FeO	4,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,47	4,08	5,58	5,49	5,45	7,55	10,55
FeOt	19,36	15,12	13,81	14,08	15,09	14,42	13,75	18,28	16,56	17,28	14,67	12,96	10,80	15,41	15,02	11,65	15,81	16,56	17,77	21,71	21,82	20,16	24,10	24,22
Fe ₂ O ₃ t	21,52	16,80	15,35	15,65	16,77	16,03	15,28	20,32	18,40	19,20	16,30	14,40	12,00	17,13	16,69	12,95	17,57	18,41	19,74	24,13	24,25	22,40	26,78	26,91
MnO	0,24	0,27	0,23	0,24	0,23	0,24	0,22	0,23	0,28	0,33	0,24	0,21	0,17	0,23	0,24	0,20	0,25	0,21	0,22	0,25	0,25	0,22	0,24	0,23
MgO	5,76	6,04	6,50	6,48	5,34	5,85	5,96	6,20	4,45	5,30	5,61	6,20	5,52	5,23	5,49	3,92	5,28	4,63	4,85	4,62	4,48	4,56	4,79	4,25
CaO	10,33	9,49	11,05	10,76	9,70	9,45	10,26	10,93	8,62	10,20	9,97	10,80	9,28	8,71	9,34	9,57	9,29	9,01	9,18	8,56	8,88	9,08	8,33	8,41
Na ₂ O	2,88	1,00	2,57	2,53	2,36	1,82	2,52	2,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,46	2,49	3,00	2,57	3,06	3,03	2,86	2,96	2,92	2,91	2,21
K ₂ O	0,65	0,98	0,54	0,54	0,66	1,35	0,46	0,56	0,65	0,27	0,44	0,38	1,00	0,45	0,66	0,60	0,58	0,72	1,07	0,77	0,71	0,89	0,91	1,02
P ₂ O ₅	0,31	1,81	0,33	0,32	0,22	0,25	0,16	0,27	0,35	0,26	0,45	0,13	0,37	0,23	0,32	0,31	0,29	0,24	0,21	0,30	0,33	0,23	0,32	0,30
#mg	0,23	0,29	0,32	0,32	0,27	0,29	0,3	0,25	0,21	0,23	0,28	0,32	0,34	0,25	0,27	0,25	0,25	0,22	0,21	0,18	0,17	0,18	0,17	0,15
TOTAL	99,51	96,46	99,71	99,63	99,66	99,62	99,73	99,88	98,39	99,4	98,27	98,50	95,96	99,72	99,65	99,76	99,67	99,21	101,6	100,0 9	100,6 1	100,3 9	100,3 4	97,64
LOI	0,03	2,4	0,2	0	0,6	1,4	0,7	0,08	2,50	0,1	0,3	0,30	5,3	1,2	0,7	0,6	0,1	0,57	0,24	1,6	1,02	0,29	1,32	10,75
Elementos traço (ppm)																								
Ni	60,00	-	48,00	60,00	73,00	75,00	48,00	63,00	-	-	-	-	-	58,00	64,00	38,00	65,00	57,00	41,00	50,00	42,00	68,00	53,00	45,00
Co	48,30	-	46,40	-	46,50	48,10	46,70	44,10	-	-	-	-	-	48,40	46,30	34,70	46,30	41,60	42,50	44,90	40,80	45,00	56,00	39,70
Cu	68,00	-	61,20	63,60	285,20	237,40	98,40	65,00	-	-	-	-	-	260,2 0	124,3 0	86,60	106,2 0	85,00	128,0 0	79,00	67,00	205,0 0	45,00	68,00

Rb	11,40	22,00	11,00	11,50	15,30	31,50	10,10	10,50	16,00	17,00	11,00	9,00	33,00	13,10	16,00	13,40	12,10	17,20	20,50	16,40	11,00	22,30	12,30	19,20
Ba	13,59	743,00	232,00	243,00	225,00	326,00	194,00	207,00	263,00	75,00	274,00	182,00	766,00	182,00	299,00	265,00	200,00	360,00	475,00	300,00	572,00	293,00	240,00	328,00
Sr	233,00	613,00	256,60	255,00	223,60	370,80	240,20	223,00	189,00	147,00	223,00	226,00	647,00	220,90	234,00	303,80	219,30	209,00	266,00	216,00	287,00	193,00	185,00	174,00
Nb	15,67	51,00	16,60	16,50	10,80	13,30	10,10	17,80	37,00	16,00	34,00	18,00	50,00	10,20	16,30	15,50	14,10	13,18	4,45	11,74	13,21	7,99	12,33	9,08
Hf	4,87	50,00	4,70	4,20	4,10	4,70	3,20	4,05	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	4,00	5,90	5,10	4,60	9,08	3,98	5,35	6,67	5,61	5,50	4,57
Zr	195,00	193,00	164,10	167,40	137,50	172,50	114,90	160,00	164,00	124,00	151,00	90,00	177,00	130,80	197,20	183,10	177,90	222,00	152,00	211,00	228,00	200,00	213,00	224,00
Y	39,93	27,00	35,30	38,80	32,50	33,40	10,10	35,71	45,00	36,00	44,00	21,00	12,00	36,10	42,20	38,10	37,40	45,22	25,92	40,02	42,91	-	39,59	33,07
Th	1,70	5,00	1,20	1,10	1,50	1,70	1,20	2,40	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,70	2,00	2,00	1,60	2,10	2,10	1,80	6,40	3,20	1,90	1,50
U	0,42	-	-	0,40	0,40	0,40	0,30	0,38	-	10,00	-	-	-	0,20	0,50	0,50	0,40	0,55	0,33	0,49	0,63	0,47	0,50	0,40
La	31,10	42,60	16,10	17,10	12,10	15,10	12,20	32,40	15,50	14,10	17,50	9,70	29,30	13,00	18,20	17,70	15,40	31,70	32,40	29,50	28,70	26,40	32,60	24,10
Ce	52,40	76,80	40,30	41,20	30,40	39,10	29,20	43,40	31,00	25,70	32,90	19,30	48,70	27,50	45,00	43,90	39,20	52,00	50,10	47,50	49,70	44,10	49,40	38,50
Nd	29,90	46,30	22,70	25,50	19,60	23,70	17,30	24,50	21,40	18,10	23,80	12,80	27,30	19,30	27,70	26,60	23,60	30,20	24,40	29,20	31,80	26,10	29,00	39,70
Sm	7,30	9,40	5,76	6,09	5,14	6,09	4,39	5,90	5,80	4,60	6,50	3,50	5,30	5,09	6,91	6,33	6,34	7,70	5,30	7,40	8,10	6,70	7,50	6,30
Eu	2,33	3,27	2,04	2,13	1,77	2,02	1,58	2,03	1,87	1,64	2,30	1,32	1,99	1,70	2,17	2,16	2,08	2,28	1,64	2,36	2,69	2,17	2,20	1,98
Gd	8,26	9,14	6,74	6,94	6,16	6,84	5,26	7,29	6,79	6,28	7,80	4,03	4,99	6,01	7,80	7,30	6,93	9,08	5,52	8,76	9,52	8,49	8,43	9,48
Dy	7,51	6,50	6,71	7,00	6,19	6,36	5,39	6,69	6,46	6,22	7,25	3,99	4,19	6,37	7,63	6,94	7,14	8,76	5,05	7,86	8,62	7,83	7,86	8,24
Er	4,34	3,02	3,94	3,94	3,14	3,38	3,02	3,89	3,60	3,18	3,70	2,28	1,91	3,64	4,37	3,92	3,84	5,17	2,89	4,37	4,89	4,82	4,40	3,79
Yb	4,10	2,60	3,46	3,59	3,00	3,00	2,85	3,40	3,30	2,90	3,60	2,10	1,60	2,99	3,96	3,63	3,52	4,60	2,60	3,90	4,20	4,20	3,80	3,90
Lu	0,58	0,38	0,51	0,54	0,43	0,43	0,42	0,51	0,51	1,04	0,60	0,31	0,30	0,46	0,58	0,54	0,51	0,68	0,35	0,57	0,69	0,66	0,56	0,48
Sc	-	23,00	46,00	51,00	39,00	40,00	44,00	-	31,00	29,00	36,00	30,00	31,00	40,00	43,00	29,00	38,00	-	-	-	-	-	-	-
V	345,00	287,00	454,00	473,00	428,00	487,00	378,00	391,00	509,00	430,00	430,00	325,00	272,00	439,00	440,00	225,00	497,00	363,00	334,00	433,00	425,00	405,00	456,00	470,00
Zn	80,00	-	36,00	-	-	65,00	12,20	69,00	-	-	-	-	-	-	63,00	46,00	34,00	68,00	73,00	96,00	66,00	88,00	103,00	64,00

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA DO ARTIGO

24/01/2020

Submissões



CAPA SOBRE ACESSO CADASTRO PESQUISA ATUAL ANTERIORES
NOTÍCIAS

Capa > Sobre a revista > Submissões

Submissões

- [Submissões Online](#)
- [Diretrizes para Autores](#)
- [Política de Privacidade](#)

Submissões Online

Já possui um login/senha de acesso à revista Pesquisas em Geociências?
ACESSO

Não tem login/senha?
ACESSE A PÁGINA DE CADASTRO

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

Diretrizes para Autores

Instruções aos Autores

Os manuscritos devem ser cuidadosamente preparados pelos autores observando as instruções aqui apresentadas.

A partir de 2018, as submissões são pelo Sistema Eletrônico de Editoração Eletrônica (SEER) disponibilizadas pela *Open Journal System* na base de dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na etapa de submissão, os autores devem preparar um arquivo com extensão pdf, incluindo o texto e todas as ilustrações. A fim de facilitar a preparação do arquivo a ser submetido pelos autores, a revista disponibiliza um modelo de documento para acesso e utilização como padrão na confecção do arquivo de texto. As instruções gerais e o detalhamento sobre a formatação são apresentados a seguir.

Arquivo modelo para preparação dos manuscritos

Considerações gerais

Considerações gerais

1. Os manuscritos devem ser originais, com temática relacionada com a área de Geociências, conforme tabelas de áreas de conhecimento do CNPq e da CAPES.
2. Os manuscritos devem ser elaborados observando rigorosamente as normas de redação da língua mãe.
3. Na submissão, o autor correspondente deverá declarar que (i) o trabalho não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação); (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro meio de divulgação; (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor correspondente, bem como dos demais coautores, quando houver; e, (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro meio.

Língua

4. Línguas aceitas para submissão e publicação: português, espanhol ou inglês.
5. Manuscritos redigidos em português: além do resumo, devem conter *abstract*.
6. Manuscritos redigidos em espanhol: além do *resumen*, devem conter *abstract*.
7. Manuscritos redigidos em inglês: além do *abstract*, devem conter resumo. Conservar a homogeneização da língua inglesa no formato americano ou britânico.
8. Termos não traduzidos de outra língua, distinta daquela do manuscrito, devem constar em itálico.

Formatação do manuscrito para submissão

9. Cada manuscrito pode conter um total de até 40 páginas, incluindo referências e ilustrações no formato de submissão. Páginas excedentes poderão ser publicadas mediante consulta prévia.
10. Materiais suplementares vinculados ao manuscrito (tais como figuras em formatos distintos, listas, tabelas com dados detalhados) poderão ser publicados, sob consulta, somente na forma *online*, sendo os autores responsáveis pela formatação final.
11. Utilizar o *software* Microsoft Word para produção do texto, com todas as margens ajustadas em 2,5 cm, espaço 1,5 entre linhas, fonte *Times New Roman*. Manter a formatação do texto o mais simples possível.
12. Todas as páginas do texto devem ser sequencialmente numeradas na margem superior direita.
13. As linhas devem estar numeradas de modo contínuo do início ao fim do texto.

Conteúdo Da Revista

Pesquisa

Escopo da Busca

Todos ▾

Pesquisar

Procurar

- Por Edição
- Por Autor
- Por título
- Outras revistas

Idioma

Selecione o idioma

Português (Brasil) ▾

Submeter

24/01/2020

Submissões

14. Título do trabalho: alinhado à esquerda, em negrito, fonte tamanho 14. Manuscritos redigidos em português ou espanhol deverão ter o título vertido para língua inglesa e posicionados logo abaixo do título original em uma nova linha. Manuscritos em inglês deverão ter o título vertido para a língua portuguesa, também posicionado abaixo do título original.

15. Nome dos autores: tamanho 12, com a margem alinhada à esquerda, escritos em sequência, separados por vírgulas (e "&" antes do último); o último sobrenome de cada autor deverá ser escrito em caixa alta; exemplo: Carla Amaral RITTER, Pedro Luiz MENDONÇA & Adam SMITH (incluir números sobrescritos referentes aos vínculos institucionais explicitados a seguir).

16. Vínculo institucional dos autores: fonte 11, alinhado à esquerda, espaço simples (1), adaptar estritamente conforme os exemplos que seguem; não utilizar abreviações nos nomes das instituições.

1 Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9.500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil (email@xxx).

2 Centro de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Av. dos Astronautas, 1.758, CEP 12.227-010, São José dos Campos, SP, Brasil (email@zzz.zz, email@yyyy.yy).

17. Resumo, *resumen* e *abstract*: devem abordar de forma clara e concisa a problemática, os objetivos, os métodos, os resultados e as conclusões, nesta ordem; comportar até 20 linhas, em fonte 11, parágrafo único (recuo de 1 cm à direita e à esquerda), espaço entre linhas simples, sem citações bibliográficas.

18. Palavras-chave (para manuscritos em português e inglês), *Palabras clave* (manuscritos em espanhol) e *Keywords* (manuscritos em português, espanhol e inglês): lista de até seis termos, separados por vírgula, fonte 11, espaço entre linhas simples, recuo de 1 cm à direita e à esquerda; evitar utilizar termos já descritos no título.

19. Organizar o texto nas seguintes seções: 1 Introdução; 2 Área; material e métodos (inserir nesta seção informações sobre o estado de arte: p. ex. caracterização geológica, estratigráfica, fundamentação teórica); 3 Resultados; 4 Discussão dos resultados; 5 Conclusões; Agradecimentos (opcional); e Referências bibliográficas. Seções distintas e/ou adaptadas a estas poderão ser aceitas, conforme a natureza do tema.

20. Todo o texto, a partir da seção 1 Introdução (excetuando-se os agradecimentos), deve ser confeccionado em fonte 12, justificado, com primeira linha de cada parágrafo com recuo do lado esquerdo de 1,25 cm.

21. Os títulos das seções deverão constar ordenadamente com algarismos arábicos, em negrito, alinhados à esquerda, sem recuo, fonte 12.

22. Os subtítulos devem ser ordenados com algarismos arábicos, alinhados à esquerda, sem recuo, em itálico (p. ex.: 2.1 *Localização da área*, 2.2 *Estratigrafia*, 2.3 *Métodos*), assim sucessivamente, até a terceira ordem (p. ex.: 3.2.1), fonte 12.

23. Agradecimentos: sem numeração, fonte 11, espaço simples entre linhas, alinhado à esquerda, sem recuo, incluindo, quando cabíveis, números de projetos/processos, agências de fomento, esclarecimento sobre a relação do manuscrito como parte constituinte de dissertações ou teses de doutoramento etc. Os autores não devem fazer agradecimentos às suas próprias instituições.

24. As ilustrações devem ser inseridas no arquivo Microsoft Word, na posição desejada, centralizadas, com a respectiva legenda na posição superior (no caso de tabelas e quadros) ou inferior (figuras). A primeira citação de uma ilustração no texto deve ser feita antes de sua inserção. Ordenar as ilustrações de modo fluido, de modo a facilitar a leitura do texto e sua posterior e imediata visualização.

25. Recomendações gerais sobre a formatação: (i) não usar hifenização no processador de texto; (ii) usar negrito, itálico, subscrito, sobrescrito etc., somente quando pertinente; (iii) não importar tabelas e equações de programas gráficos (use o processador de texto para criá-las); (iv) não utilizar notas de rodapé; (v) utilizar sempre os símbolos internacionais de medidas ao invés dos nomes completos (p. ex.: 7 m ao invés de 7 metros).

Ilustrações

26. Figuras, tabelas e quadros são consideradas ilustrações.

27. Figuras: são ilustrações gráficas, imagens fotográficas ou fotomicrográficas, com extensão jpg, ou jpeg, ou tiff, em resolução compatível para publicação (mínima de 300 dpi).

28. Tabelas: compreendem ilustrações que armazenam informações numéricas, construídas com bordas laterais abertas; não devem ultrapassar uma página em extensão; editadas em *Word* ou *Excel*.

29. Quadros: são ilustrações contendo elementos textuais, construídos com bordas fechadas; não devem ultrapassar uma página em extensão; editados em *Word* ou *Excel*.

30. Em casos excepcionais, apêndices poderão compor o manuscrito, alocados após as referências.

31. Numeração das ilustrações: o número das figuras, tabelas e quadros é independente (p. ex.: figura 1, figura 2, quadro 1, quadro 2, tabela 1), constituindo numeração e ordenamento próprios para cada tipo de ilustração, de forma sequencial.

32. Figuras compostas: trata-se de ilustração com mais de uma parte interna (vide exemplos na lista abaixo). Nestes casos, cada parte deve conter uma letra maiúscula no canto superior esquerdo, em tamanho não maior que 14, conforme exemplos que seguem. A legenda deve ser iniciada por um título geral para a figura como um todo, seguida de suas respectivas partes.

Exemplo: Hadlich et al. (2017, v. 44, n. 3, p. 403)

Figura 1. Contexto geológico regional. A) Localização do Cinturão Dom Feliciano no sul do Brasil (adaptada de Chemale Jr., 2007); B) Domínios interno, central e externo do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Cataniense e falhas que os delimitam (adaptado de Basei et al., 2011a); C) Geologia da região de Gaspar (a partir de Wildner et al., 2014).

Recomendação: atentar para as normas de pontuação, que devem ser seguidas, estritamente conforme exemplos.

33. No texto, as ilustrações deverão ser citadas conforme os exemplos apresentados: "A coluna estratigráfica do intervalo estudado é apresentada na figura 5." "Dos táxons registrados, somente *G. occidentalis* (Fig. 7A) e *G. obovata* (Fig. 7B e C) correspondem...." "As características pluviométricas da área estão listadas, por município, no quadro 2, enquanto os valores das temperaturas médias e precipitação são apresentados separadamente (Tab. 3 e 4)."

34. Todas as ilustrações devem ser preparadas e inseridas no texto de modo a não necessitar ampliações ou reduções, com legibilidade e dimensões compatíveis a uma largura máxima de 8 ou 16,5 cm (para uma coluna ou para a largura da página, respectivamente) e altura máxima de 24 cm, considerando o uso econômico dos espaços disponíveis. Evitar espaços internos em branco.

35. Ilustrações confeccionadas com gradientes de cor (ex. tons de cinza), os autores devem garantir que os tons escolhidos sejam discerníveis no formato eletrônico e impresso.

36. Legendas dos manuscritos redigidos em português: todas as legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.
37. Legendas dos manuscritos redigidos em espanhol: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.
38. Legendas dos manuscritos redigidos em inglês: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua portuguesa.
39. Nos casos de figuras compostas, dar nome geral à figura e, logo após, às suas partes, tal como exemplificado a seguir: Figura 1. Mapa de localização. A) Bacia de Campos; B) Localização da área de mapeamento (polígono azul). *Figure 1. Location map. A) Campos Basin; B) Location of mapping area (blue polygon).*
40. Recomendações adicionais: (i) não usar qualquer tipo de arquivo otimizado para tela (tais como GIF, BMP, PICT, WPG); (ii) molduras das figuras devem ter espessura compatível com os caracteres internos; (iii) escalas gráficas devem ser expressas nas áreas das ilustrações; (iv) todos os símbolos devem ser explicados convenientemente nas legendas gráficas (dentro da figura) ou na legenda textual; (v) os menores símbolos ou letras devem ter uma altura mínima de 1 mm; (vi) sugere-se o uso da fonte Arial narrow para as ilustrações; (vii) no modelo de documento disponível no sítio da revista é apresentada uma tabela e um quadro, rigorosamente preparados conforme o padrão da revista.
41. Cada mapa ou imagem de localização deve comportar: seta Norte; escala de barra em quilômetros (km) ou metros (m); grade/malha e informação do sistema de coordenadas; fuso; datum.

Referências bibliográficas

42. Ao longo do texto e nas legendas, as citações devem seguir os formatos dos seguintes exemplos: Santos (1970), Smith & McGregor (1956), Lange (1947a, 1947b), e para três ou mais autores: Lange *et al.* (1951). Quando entre parênteses, referenciar os vários artigos primeiramente em ordem cronológica e, como segundo critério, em ordem alfabética, conforme os seguintes exemplos: (Lange, 1947a, 1947b; Lange *et al.*, 1951; Smith & McGregor, 1956; Axel, 1970; Smith, 1970).
43. O emprego do termo *apud* como recurso à citação de obras não consultadas diretamente pelo autor é desencorajado, salvo em casos excepcionais.
44. As referências devem ser listadas ao final do texto, ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do primeiro autor, seguido dos demais autores, conforme, criteriosamente, os exemplos fornecidos.

Livros:

Passchier, C.W., Myers, J.S. & Kroner, A. 1990. *Field geology of high-grade gneiss terrains*. Berlin, Springer-Verlag, 150p.

Capítulos de livro:

Brown, G.C. 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. *In: Thorpe, R.S. (Ed.). Andesites: orogenic andesites and related rocks*. London, John Wiley, p. 437-460.

Artigos em periódicos:

- Andrés, M.F. 2008. Modelización del flujo em acuífero confinado sin discretización temporal. *Boletín Geológico y Minero*, 119(2): 273-282.
- Russo, R.W. 1997. Facies and facies models. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 256(3/4): 7-34.
- Russo, R.W. & Caldas, P.K. 2015. Antifómites and granulites. *Lithosphere*, 14(2): 7-21.
- Russo, R.W. & Silver, P.J. 1996. Cordillera formation, mantle dynamics, and the Wilson cycle. *Geology*, 24(1): 5-35.
- Russo, R.W., Oliveira, S.S. & Ramos, V. 1994. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, 33(supl.): 4-27.
- Sommer, F.W. 1959. Introdução ao estudo sistemático dos gêneros paleozóicos de esporos dispersos. II - Políletes. *Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, 197: 5-91.

Trabalhos publicados em anais de eventos:

Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66.

Trabalhos acadêmicos:

- Macedo, F.P. 1982. *Petrologia do complexo granítico de São Gabriel, RS*. Porto Alegre, 193p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Massoli, M. 1991. *Relação entre o embasamento cristalino e os sedimentos basais do Subgrupo Itararé na região de Salto de Pirapora, SP*. São Paulo, 94p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Silva, W.G. 2008. *Bioestratigrafia e variações relativas do nível do mar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estudo da seção neogênica/quatemária do poço 2-CA-1-RS com base em registros palinológicos*. Porto Alegre, 84p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Relatórios internos e outras produções institucionais:

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. *Vocabulário básico de recursos minerais e meio ambiente*. 2a. ed., Rio de Janeiro, IBGE, 332p.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2002. *Diagnóstico das condições das encostas marginais dos reservatórios dos rios Tietê e Paranapanema*. São Paulo, IPT, 440p. (Relatório 23.302).
- Malcom, H.J. 1979. *Report on biostratigraphical results of samples from Colorado Basin*. Houston, EXXON/SIEXF, 152p. (Internal Report).

Mapas:

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 2 v., escala 1:1.000.000.

Documentos em meio eletrônico:

24/01/2020

Submissões

Camargo, K.C. & Spoladore, A. 2009. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre a distribuição de cavernas carbonáticas ao primeiro planalto paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. *Anais...* Montes Claros. p. 1-17. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/anais30cbe/30cbe_011-017.pdf>. Acesso em: 30 set. 2009.

Frater, H. 1998. *Landforms of the Earth*. Berlin, Springer, 1 CD-ROM.

Hinrichs, R. & Soares, A.P.P. 2001. Análise de metais pesados em pilhas e baterias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8., 2001, Curitiba. *Anais...* Curitiba, SBGq, 1 CD-ROM.

Micheels, A., Bruch, A. & Mosbrugger, V. 2009. Miocene climate modeling sensitivity experiments for different CO2 concentrations. *Palaeontologia Electronica*, 12(2): 1-19. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2009_2/172/index.html>. Acesso em: 05 out. 2009.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A submissão de um artigo implica que:

- (i) o trabalho descrito não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação);
- (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro órgão;
- (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor signatário, bem como dos demais autores, partícipes do conteúdo submetido; e,
- (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro órgão.

2. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em **Diretrizes para Autores**, na seção Sobre a Revista.

Política de Privacidade

Aspectos éticos e de privacidade

À Comissão Editorial, ao Corpo Consultivo e aos consultores científicos *ad hoc* cabe a responsabilidade ética do sigilo e da colaboração voluntária para garantir a qualidade científica das publicações e da revista.

Aos autores cabe a responsabilidade da veracidade das informações prestadas, do depósito dos materiais estudados em instituições legais, quando couber, e o cumprimento das leis locais que regem a coleta, o estudo e a publicação dos dados.

A identificação dos avaliadores não é obrigatória.



Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Av. Bento Gonçalves, 9500 - Prédio 43113
 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil
 E-mail: pesqgeoc@ufrgs.br

ANEXO B – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO

 Responder  Responder a Todos  Encaminhar




seg 30/11/2020 21:16

naoresponda@ufrgs.br

[PG] Decisão editorial

Para João Pedro Moreno Gomes

Cc Angela Beatriz de Menezes Leal

 Removemos as quebras de linha extras desta mensagem.

João Pedro Moreno Gomes,

Foi tomada uma decisão sobre o artigo submetido à revista Pesquisas em Geociências:

"Diques máficos da Província Litorânea, Estado da Bahia: Estudo comparativo com Ilhéus-Olivença".

A decisão é: Aceito para publicação

Cesar Leandro Schultz

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL Fone 51 3308-6385 cesar.schultz@ufrgs.br

Pesquisas em Geociências

<http://www.seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>