



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE PETROLOGIA, METALOGÊNESE E EXPLORAÇÃO
MINERAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PETROGRAFIA, LITOGEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DAS
ROCHAS GNÁISSICAS-MIGMATÍTICAS DO EXTREMO NORTE DO
CINTURÃO SALVADOR-ESPLANADA.

MARCUS VINICIUS COSTA ALMEIDA JUNIOR

Salvador

2014

MARCUS VINICIUS COSTA ALMEIDA JUNIOR

**PETROGRAFIA, LITOGEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DAS
ROCHAS GNÁISSICAS-MIGMATÍTICAS DO EXTREMO NORTE DO
CINTURÃO SALVADOR-ESPLANADA.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Federal de Bahia para obtenção do título de Mestre em Geologia, na área de concentração em Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral.

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

Salvador

2014

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCUS VINICIUS COSTA ALMEIDA JUNIOR

PETROGRAFIA, LITOGEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DAS ROCHAS GNÁISSICAS-MIGMATÍTICAS DO EXTREMO NORTE DO CINTURÃO SALVADOR-ESPLANADA.

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Federal de Bahia para obtenção do título de Mestre em Geologia, na área de concentração em Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral.

1ª Examinadora – Profª. Drª. Angela Beatriz de Menezes Leal – Orientadora
Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia (UFBA)

2ª Examinador – Prof. Dr. Moacyr Moura Marinho
Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia (UFBA)

3ª Examinadora – Profª. Drª. Cristine Lenz
Núcleo de Geologia – Universidade Federal de Sergipe (UFS)

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e de todos, agradeço aos meus pais, Marcus Vinicius Costa Almeida e Ilena Ceres Rodrigues Brasileiro, pelo apoio e confiança irrestritos dados a mim, sempre acreditando e estimulando-me nas minhas ideias, algumas vezes loucas, noutras nem tanto.

Agradeço à minha orientadora Prof^a. Angela por ter me aceitado como orientando na pós-graduação, pela paciência, ajuda, orientação, ensinamentos, conselhos e tudo mais, para o melhor resultado deste trabalho e da minha pessoa como profissional.

Agradeço aos professores que me ajudaram, orientaram e ensinaram um pouco dos seus vastos conhecimentos. Muito obrigado a Cristine, Johildo, Moacyr, Ernande e Simone.

Aos funcionários do IGEO, pela solicitude sempre que precisei.

Aos meus amigos que tiveram que me aguentar ao longo de mais esses anos, dia após dia. Um obrigado especial a Lucas, Josafá, Jailma, Diego, Cora, Renato, Lucas Alemão e Vanderlúcia. A memória não é das melhores, se algum nome foi esquecido, relevem.

À Pós-Graduação em Geologia pelo apoio financeiro e logístico.

Ao CNPq pelo fornecimento da bolsa de estudos.

Por fim e não menos importante dedico esse trabalho a meu tio Marco Tullio, pelo exemplo de pessoa e profissional e por ter me ensinado a viver. Sua estrela brilha sempre mais.

RESUMO

A área de estudo localiza-se na porção extremo norte do Cinturão Salvador-Esplanada, na porções sul do estado de Sergipe e norte do estado da Bahia, Brasil. A partir do mapeamento geológico atrelado aos estudos prévios na escala 1:250.000, delimitou-se três unidades gnáissicas-migmatíticas, com intercalações de encraves e diques máficos, objetos de estudo, denominadas APPg1, APPg2 e APPg3. Macroscopicamente e petrograficamente, as unidades se assemelham e, a partir das suas paragêneses minerais, foi possível inferir a ocorrência de processos metamórficos de médio a alto grau, além de retrometamorfismo. Geoquimicamente, foram observadas características bem particulares a cada unidade, no que diz respeito a elementos maiores, traço e terras raras, sugerindo, porém, de maneira geral, rochas que, por apresentarem graus elevados de alteração – migmatização –, sofreram contaminação por assimilação crustal quando das suas colocações. São rochas de ambiente tectônico sin-colisional a arco vulcânico, com ocorrências ainda que remontam a ambiente pós-colisional, possivelmente de zonas crustais profundas, com origem associada a granitos do tipo-I e do tipo-S. A partir das datações realizadas, com idade de cristalização das rochas variando de 2072 ± 07 Ma a 2202 ± 42 Ma, sugere-se que o Cinturão Salvador-Esplanada seja um dos membros do Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá; entretanto, novos estudos petroquímicos são necessários para uma afirmação mais conclusiva.

Palavras-chave: Cinturão Salvador-Esplanada; Metamorfismo; Petrografia; Geoquímica; Geocronologia.

ABSTRACT

The study area is located in the northernmost portion of the Salvador-Esplanada Belt, in the southern portion of the state of Sergipe and northern portion of the state of Bahia, Brazil. From the geological mapping tied to previous studies on the scale 1: 250,000, were delimited three gneissic-migmatitic units with intercalations of enclaves and dikes mafics, objects of study, called APPg1, APPg2 and APPg3. Macroscopically and petrographically, the units are similar and, from their mineral parageneses, it was possible to infer the occurrence of metamorphic processes medium to high degree, and retrogressive. Geochemically were noted particular characteristics of each unit about major, trace and rare earths elements, suggesting generally, rock which, due to high degrees of modification - migmatization - suffered contamination by crustal assimilation when they were uplifted. These rocks are from tectonic setting of sin-collisional to volcanic arc, with occurrences dating back to post-collisional environment, possibly deep crustal zones, associated with the granites of type-I and type-S origin. From datings performed with crystallization age of rocks ranging from 2072 ± 07 Ma to 2202 ± 42 Ma, it is suggested that the Salvador-Esplanada Belt is a member of the Itabuna-Salvador-Curaçá Belt; however, further petrochemical studies are needed to take more conclusive statement.

Key-words: Salvador-Esplanada Belt, Metamorphism, Petrography, Geochemistry, Geochronology.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - a) Mapa de localização da área de estudo (quadrado em azul); b) Vias de acesso à área de estudo. Modificado de DER (2007) e SEI (2000).....	17
Figura 2.1 – Mapa Geológico da área de estudo. Modificado de Santos et al. (2001) e GEOTERM-NE (2010).....	22
Figura 3.1 - Cráton do São Francisco delimitado em vermelho. Área de estudo indicada pela seta. Modificado de Hasui (2013).....	28
Figura 3.2 – Mapa geológico simplificado da região onde se insere o Cintura Salvador-Esplanada, com destaque em vermelho para a área de estudo. Modificado de GEOTERM-NE (2010).....	30
Figura 4.1 – Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as amostras da porção félsica da unidade APPg1.....	37
Figura 4.2 - Diagrama Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976) para as amostras dos encraves máficos da unidade APPg1.....	41
Figura 4.3 - Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.....	45
Figura 4.4 - Diagrama Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976) para a amostra do dique máfico da unidade APPg2.....	47
Figura 4.5 - Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as amostras da porção félsica da unidade APPg3.....	51
Figura 4.6 - Diagrama Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976) para as amostras dos encraves máficos da unidade APPg3.....	54
Figura 5.1 - Diagrama SiO ₂ versus K ₂ O proposto por Peccerillo e Taylor (1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1.....	57
Figura 5.2 - Diagrama ternário Ab-An-Or, proposto por O'Connor (1965), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. Símbolos como na figura 5.1.....	58
Figura 5.3 - Diagrama Na-K-Ca (BARKER e ARTH, 1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1, com campo cinza referente aos TTG's, CA: <i>trend</i> cálcio-alcalino. Td: <i>trend</i> trondjemítico. Símbolos como na figura 5.1.....	58
Figura 5.4 - Diagramas de variação química para os elementos maiores (HARKER, 1909), para amostras da porção félsica da unidade APPg1. Símbolos como na figura 5.1.....	59
Figura 5.5 – Diagramas multielementares dos elementos traço normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. A: Rochas cálcio-alcalinas. B: Rochas cálcio-alcalinas alto K.....	60

Figura 5.6 – Diagramas multielementares dos elementos terras raras normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. A: Rochas cálcio-alcalinas. B: Rochas cálcio-alcalinas de alto K.....	61
Figura 5.7 – Diagrama geotectônico de Pearce et al. (1984), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. Símbolos como na figura 5.1.....	61
Figura 5.8 – Diagrama SiO ₂ versus K ₂ O proposto por Peccerillo e Taylor (1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.....	63
Figura 5.9 – Diagrama ternário Ab-An-Or, proposto por O'Connor (1965), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.....	64
Figura 5.10 - Diagrama Na-K-Ca (BARKER e ARTH, 1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2, com campo cinza referente aos TTG's, CA: <i>trend</i> cálcio-alcalino. Td: <i>trend</i> trondhjemítico.....	64
Figura 5.11 – A: Diagrama multielementar dos elementos traço. B: Diagrama multielementar dos elementos terras raras. Ambos normalizados para o manto primitivo de Sun & McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.....	65
Figura 5.12 – Diagrama geotectônico de Pearce et al. (1984), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.....	66
Figura 5.13 – Diagrama SiO ₂ versus K ₂ O proposto por Peccerillo e Taylor (1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3.....	68
Figura 5.14 – Diagrama ternário Ab-An-Or, proposto por O'Connor (1965), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. Símbolos como na figura 5.13.....	69
Figura 5.15 - Diagrama Na-K-Ca (BARKER e ARTH, 1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3, com campo cinza referente aos TTG's, CA: <i>trend</i> cálcio-alcalino, Td: <i>trend</i> trondhjemítico. Símbolo como a figura 5.13.....	69
Figura 5.16 - Diagramas de evolução química para os elementos maiores (HARKER, 1909), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. Símbolos como na figura 5.13.....	71
Figura 5.17 – Diagramas multielementares dos elementos traço, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. A: Rochas da série cálcio-alcalina. B: Rochas da série cálcio-alcalina de alto K.....	72
Figura 5.18 – Diagramas multielementares dos elementos terras raras, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. A: Rochas da série cálcio-alcalina. B: Rochas da série cálcio-alcalina de alto K.....	72
Figura 5.19 – Diagrama geotectônico de Pearce et al. (1984), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. Símbolos como figura 5.13.....	73
Figura 5.20 – Diagramas das razões de proporções moleculares dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3.....	77

Figura 5.21 – Diagrama de Miyashiro (1975) para discriminação de rochas que sofreram alteração por processos pós-magmáticos, para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como figura 5.20.....	78
Figura 5.22 – Diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971), para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.....	78
Figura 5.23 – Diagrama total álcalis <i>versus</i> sílica de Cox et al. (1979), para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.....	79
Figura 5.24 – Diagramas multielementares dos elementos traço dos encraves máficos, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989). A: Rochas máficas da unidade APPg1. B: Rochas máficas da unidade APPg3.....	80
Figura 5.25 - Diagramas multielementares dos elementos terras raras dos encraves máficas, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989). A: Rochas máficas da unidade APPg1. B: Rochas máficas da unidade APPg3.....	80
Figura 5.26 – Diagrama ternário de ambiência tectônica proposto por Meschede (1986), para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.....	81
Figura 5.27 – Diagrama ternário de ambiência tectônica proposto por Wood (1980), para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.....	82
Figura 6.1 – Diagrama de Concórdia U-Pb da amostra MV 03.....	85
Figura 6.2 – Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034A.....	86
Figura 6.3 – Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034B.....	88
Figura 6.4 –Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034C.....	89
Figura 6.5 – Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034E.....	90

ÍNDICE DE PRANCHAS

Prancha 4.1 - A: Bandamento composicional. Ponto AMC-04. / B: Processo de migmatização com presença de leucossoma estromático. Ponto AMC-04. / C: Quartzo azul, circulado em vermelho. Ponto AMC-17. / D: Porfiroclastos de feldspato, circulado em vermelho, em matriz fina. Ponto AMC-06.....	35
Prancha 4.2 – A: Aspecto geral da textura granolepidoblástica, inequigranular, com presença de porfiroclastos de quartzo e feldspato imersos numa matriz de biotita, quartzo e plagioclásio, evidenciando o caráter milonítico dessa amostra. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-09. B: Associação mineralógica composta de quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita, evidenciada a ocorrência das texturas perfitica e mirmequítica, além da geminação tipo <i>tartan</i> nos grãos de microclínio. Com Analisador. Aumento de 200X. Amostra MV-15. C: Associação mineralógica evidenciando a ocorrência de epidoto como mineral traço, em contato com biotita, e plagioclásio. Com Analisador. Aumento de 100X. Amostra MV-15. D: Associação mineralógica de clorita, muscovita, quartzo e plagioclásio, com destaque para ocorrência da magnetita com mineral traço dessas rochas. Com Analisador. Aumento de 40x. Amostra MV-17. Abreviações segundo Whitney e Evans (2010).....	39
Prancha 4.3 – Fotomicrografias com associações mineralógicas e aspectos texturas dos encraves máficos da unidade APPg1 A e C: Sem analisador, aumento de 40x. B e D: Com analisador, aumento de 40x. A e B: Amostra MV-16A. C e D: Amostra GeSe 106.....	42
Prancha 4.4 - A: Aspecto geral da Unidade APPg2. B: Variação do feldspato; à esquerda, foliada; à direita, em processo de fusão. C: Dique máfico intrudindo a rocha encaixante. Ponto AMC-16..	43
Prancha 4.5 – A: Aspecto geral granoblástica granular e inequigranular, com ocorrência de um veio de quartzo, além de grãos de plagioclásio e microclínio. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-20B. B: Associação mineralógica composta de quartzo, clinopiroxênio, plagioclásio, clorita e biotita, com orientação das duas últimas. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-24. C: Associação mineralógica com destaque para ocorrência de carbonato como mineral traço. Com analisador. Aumento de 100x. Amostra MV-24. D: Associação mineralógica com destaque para ocorrência de magnetita como mineral traço. Com analisador. Aumento de 100x. Amostra MV20-B.....	45
Prancha 4.6 – A: Aspecto geral da textura nematoblástica e inequigranular, com ocorrência de hornblenda e piroxênios (clino e orto). Sem analisador. Aumento de 40X. B: Mesmo campo fotografado que o anterior. Com analisador. Aumento de 40X. C: Aspecto geral da textura lepidoblástica, com orientação da clorita. Sem analisador. Aumento de 40X. D: Mesmo campo fotografado que o anterior. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-20A.....	47
Prancha 4.7 - A: Visão geral do afloramento. Ponto AMC-01 / B: Porções migmatizadas. Ponto AMC-01 / C: Encrave máfico. Ponto AMC-02 / D: Veios leucossomáticos e pegmatóides. Ponto AMC-02.....	49
Prancha 4.8 – Fotomicrografias das diferentes porções amostradas, evidenciado as semelhanças mineralógicas entre elas, no que diz respeito à composição e textura. A: Amostra MV-06. Com analisador. Aumento de 40x. B: Amostra GeSe 014. Com analisador. Aumento de 40x. C: Amostra GeSe 032A1. Com analisador. Aumento de 40x. D: Amostra GeSe 034A1. Com analisador. Aumento de 40x. E: Amostra GeSe 034E. Com analisador. Aumento de 40x. F: Amostra GeSe 035. Com analisador. Aumento de 40x.....	52
Prancha 4.9 - Fotomicrografias com associações mineralógicas e aspectos texturas dos encraves máficos da unidade APPg3 A, B e C: Sem analisador, aumento de 40x. B e D: Com analisador, aumento de 40x. A e B: Amostra MV-01. C e D: Amostra GeSe 034D.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Pontos visitados com suas respectivas coordenadas, litologia e finalidade das amostras coletadas.....	19
Tabela 2.2 – Pontos visitados com suas respectivas coordenadas, litologia e finalidade das amostras coletadas pelo Projeto GEOTERM-NE (2010).....	26
Tabela 4.1 – Composição modal das amostras da porção félsica da unidade APPg1. Abreviações segundo Whitney e Evans (2010).....	40
Tabela 4.2 - Composição modal das amostras dos encraves máficos da unidade APPg1.....	42
Tabela 4.3 - Composição modal das amostras da porção félsica da unidade APPg2.....	46
Tabela 4.4 - Composição modal da amostra do dique máfico da unidade APPg2.....	46
Tabela 4.5 - Composição modal das amostras da porção félsica da unidade APPg3.....	53
Tabela 4.6 - Composição modal das amostras dos encraves máficos da unidade APPg3.....	54
Tabela 5.1 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) da porção félsica da unidade APPg1.....	62
Tabela 5.2 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) das rochas da porção félsica da unidade APPg2.....	67
Tabela 5.3 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) das rochas da porção félsica da unidade APPg3.....	74
Tabela 5.4 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS DOS MINERAIS (Whitney e Evans, 2010)

Biotita – Bt

Carbonato – Cb

Clinopiroxênio – Cpx

Clorita – Chl

Diopsídio - Di

Enstatita - En

Epidoto – Ep

Esfeno - Spn

Feldspato - Fsp

Hematita – Hem

Hornblenda – Hbl

Magnetita – Mt

Martita – Mart

Microclínio – Mc

Mirmequita – Mmq (Textura)

Muscovita - Msc

Opaco – Op

Ortopiroxênio – Opx

Plagioclásio – Pl

Quartzo – Qtz

Zircão – Zr

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE PESQUISA.....	16
CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1 INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS ANTERIORES.....	18
2.2 TRABALHOS DE CAMPO.....	18
2.3 ESTUDOS PETROGRÁFICOS	23
2.4 ESTUDOS GEOQUÍMICOS	23
2.5 ESTUDOS GEOCRONOLÓGICOS.....	24
2.6 ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	25
CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA REGIONAL.....	28
3.1 O CINTURÃO SALVADOR-ESPLANADA (CSE).....	29
CAPÍTULO 4 – GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA.....	34
4.1 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO-GRANODIORÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg1).....	34
4.1.1 Aspectos Macroscópicos.....	34
4.1.2 Aspectos Petrográficos.....	36
4.1.2.1 Porção Félsica.....	36
4.1.2.2 Encraves Máficos.....	41
4.2 ORTOGNAISSE GRANÍTICO COM DIQUES MÁFICOS (APPg2).....	42
4.2.1 Aspectos Macroscópicos.....	42
4.2.2 Aspectos Petrográficos.....	43
4.2.2.1 Porção Félsica.....	44
4.2.2.2 Dique máfico.....	46
4.3 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg3).....	48
4.3.1 Aspectos Macroscópicos.....	48
4.3.2 Aspectos Petrográficos.....	49
4.3.2.1 Porção Félsica.....	49

4.3.2.2 Encraves Máficos.....	54
CAPÍTULO 5 – LITOGEOQUÍMICA.....	56
5.1 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO-GRANODIORÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg1).....	56
5.1.1 Elementos Maiores.....	56
5.1.2 Elementos Traço.....	58
5.1.3 Elementos Terras Raras.....	60
5.1.4 Ambiência Tectônica.....	61
5.2 ORTOGNAISSE GRANÍTICO COM DIQUES MÁFICOS (APPg2).....	63
5.2.1 Elementos Maiores.....	63
5.2.2 Elementos Traço e Terras Raras.....	65
5.2.3 Ambiência Tectônica.....	66
5.3 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg3).....	67
5.3.1 Elementos Maiores.....	68
5.3.2 Elementos Traço.....	70
5.3.3 Elementos Terras Raras.....	70
5.3.4 Ambiência Tectônica.....	72
5.4 ENCRAVES MÁFICOS.....	76
5.4.1 Mobilidade dos Elementos.....	76
5.4.2 Elementos Maiores.....	78
5.4.3 Elementos Traço.....	79
5.4.4 Elementos Terras Raras.....	80
5.4.5 Ambiência Tectônica.....	81
CAPÍTULO 6 – ESTUDOS GEOCRONOLÓGICOS.....	84
6.1 RESULTADOS U-PB.....	84
6.1.1 Amostra MV 03.....	84
6.1.2 Amostra GeSe 034A	85
6.1.3 Amostra GeSe 034B	87
6.1.4 Amostra GeSe 034C	88
6.1.5 Amostra GeSe 034E	89
CAPÍTULO – 7 CONSIDERAÇÕES.....	91
CAPÍTULO 8 – REFERÊNCIAS.....	95

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A importância dos estudos petrológicos e geocronológicos em terrenos metamórficos se dá em virtude das informações que podem ser obtidas sobre as condições pretéritas do nosso planeta em diversas profundidades e condições de pressão e temperatura para diferentes tipos de rochas, se tratando tanto da crosta inferior quanto do manto superior; ou seja, torna-se capaz a análise da evolução da crosta ao longo da história geológica, além de auxiliar no entendimento dos processos químicos e tectônicos referentes à mecânica do crescimento crustal.

No Brasil, o Cráton do São Francisco (CSF) é considerado um dos mais completos registros de eventos geológicos do Pré-Cambriano, sendo composto de rochas arqueanas a paleoproterozoicas, as quais incluem rochas metamórficas de médio a alto grau, remanescentes de *greenstone belts*, granitos, sienitos e rochas máficas e ultramáficas (BARBOSA e SABATÉ, 2004).

No sul do estado de Sergipe e no extremo nordeste do estado da Bahia afloram as rochas do limite setentrional desse cráton, pertencentes ao Cinturão Salvador-Esplanada, sendo este constituído por rochas da fácies granulito, compreendendo ortognaisses charnoenderbíticos a charnoquíticos, gnaisses kinzigíticos, rochas calcissilicáticas e quartzitos; além de rochas da fácies anfíbolito, como ortognaisses tonalíticos a granodioríticos, por vezes migmatizados, além de porções alcalinas; e intrusões de granitoides e corpos anfíbolíticos (SANTOS et al., 2001, OLIVEIRA, 2014).

A região foco do estudo está inserida na porção extremo norte do Cinturão Salvador-Esplanada, aflorante no sul do estado de Sergipe, próximo da divisa deste com o estado da Bahia. Cinturão este que Oliveira (2014) propôs ser denominado de Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, porém no presente trabalho receberá a denominação original de Cinturão Salvador-Esplanada.

Tendo em vista a escassa literatura publicada sobre as rochas da região, no que diz respeito principalmente a estudos geoquímicos e geocronológicos, esse trabalho trará à tona novos e inéditos dados acerca das rochas desse Cinturão, principalmente da sua porção mais setentrional.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo principal caracterizar as rochas gnáissicas-migmatíticas de médio a alto grau do Cinturão Salvador-Esplanada, que ocorrem na porção sul do estado de Sergipe e extremo nordeste do estado da Bahia, levando-se em consideração aspectos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Tem-se como objetivos específicos:

- Descrever os litotipos da área de estudo;
- Caracterizar os litotipos, através da petrografia e identificar as paragéneses minerais dessas rochas;
- Determinar as características geoquímicas das rochas; e
- Determinar a idade de cristalização dos protólitos.

1.2 JUSTIFICATIVA

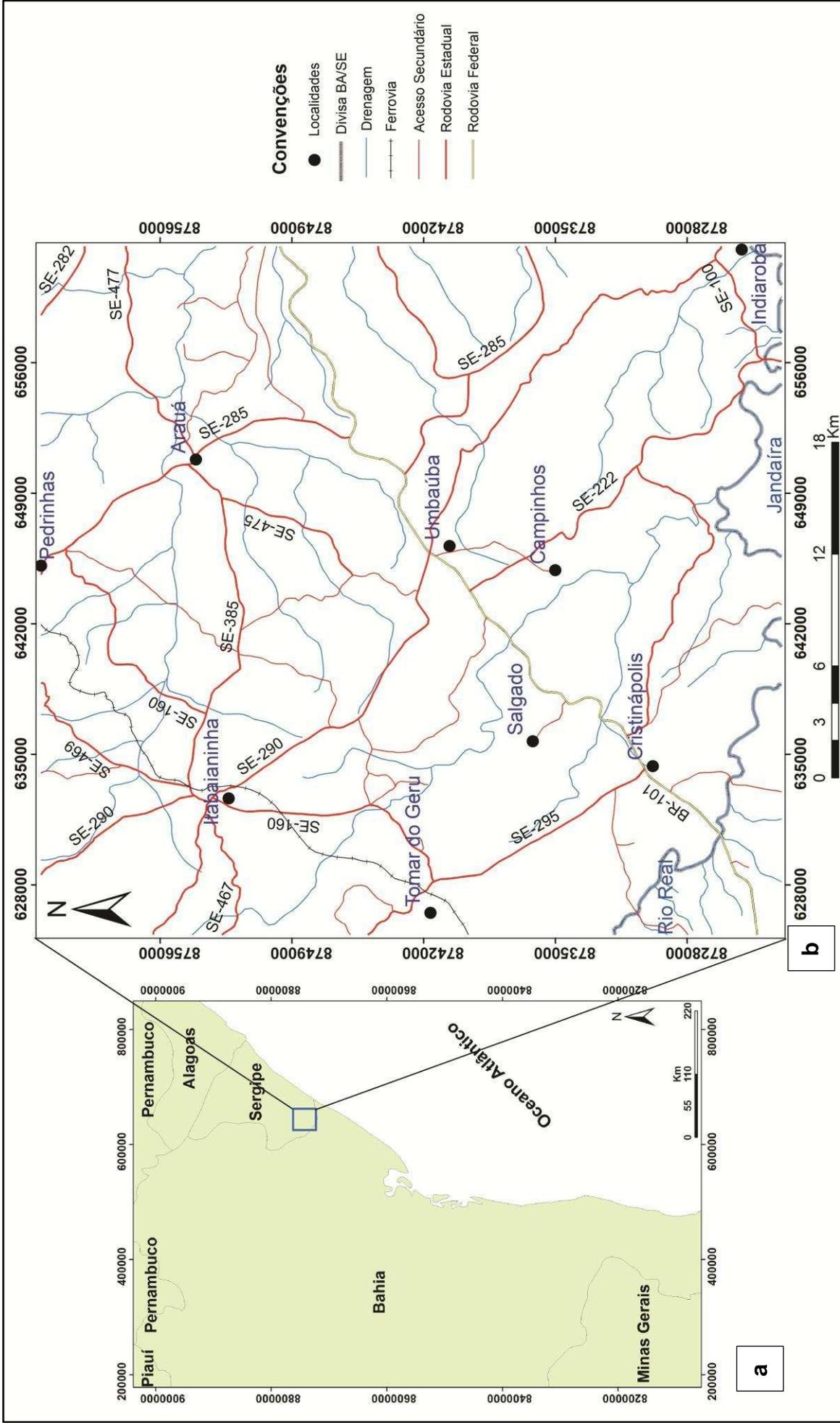
A importância desse trabalho se dá em virtude da escassa bibliografia existente sobre o Cinturão Salvador-Esplanada no estado de Sergipe, buscando contribuir para uma atualização do mapeamento realizado por Santos e colaboradores em 2001, englobando a petrografia, a geoquímica e a geocronologia e enfatizando ainda, uma possível interpretação sobre a origem dessas rochas e os ambientes tectônicos de formação das mesmas.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE PESQUISA

A área de estudo encontra-se localizada na porção sul do estado de Sergipe, englobando os municípios de Tomar do Geru, Cristinápolis, Indiaroba, Umbaúba e Itabaianinha, além de porções do extremo nordeste dos municípios de Jandaíra e Rio Real, pertencentes ao estado da Bahia (Fig. 1.1a).

O acesso, a partir da cidade do Salvador, se dá através da BA-099 até a divisa com o estado de Sergipe. A partir da divisa, segue-se pela SE-100 até o entroncamento com SE-222, seguindo, então, até o município de Umbaúba-SE, sede principal da área de estudo. Internamente, o principal acesso se dá através da Rodovia Federal BR-101, além de estradas marginais asfaltadas e não asfaltadas (Fig. 1.1b).

Figura 1.1 - a) Mapa de localização da área de estudo (quadrado em azul); b) Vias de acesso à área de estudo. Modificado de DER (2007) e SEI (2000).



CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos adotados para alcançar os objetivos propostos envolveram a integração e análise de dados geológicos prévios, trabalhos de campo, estudos petrográficos, litogeoquímicos e geocronológicos e, por fim, a integração e interpretação dos dados para confecção da presente dissertação.

2.1 INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS ANTERIORES

Realizou-se, durante todo o período da pesquisa, levantamento bibliográfico de trabalhos já realizados na área de estudo que apresentassem dados e informações sobre a petrografia, a geoquímica e a geocronologia da área de estudo. Ainda nesta etapa, foi adquirida a carta topográfica de Boquim, SC-24-Z-C-III, na escala 1:100.000, a qual contempla a área da pesquisa.

2.2 TRABALHOS DE CAMPO

Foram realizadas duas campanhas no ano de 2012, totalizando 12 dias, com o intuito de reconhecer as unidades litológicas da área de estudo, além da realização de coleta de amostras para análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas. Durante esta etapa foram utilizados o mapa geológico de Sergipe (SANTOS et al., 2001) e carta topográfica de Boquim, supracitada.

Foram visitados 23 afloramentos e coletadas 30 amostras. A tabela 2.1 mostra os pontos visitados, com suas respectivas coordenadas geográficas, bem como a finalidade de cada ponto amostrado. No mapa da figura 2.1 é possível visualizar espacialmente os pontos de amostragem.

Tabela 2.1 – Pontos visitados com suas respectivas coordenadas, litologia e finalidade das amostras coletadas.

Ponto	Coordenadas (UTM WGS84 24S)	Litologia deste trabalho (Unidade)	Litologia (Santos et al., 2001)	Porção	Amostra	Petrografia	Geoquímica	Geocronologia
AMC-01	626174,08 8741540,76	Ortognaisse Migmatítico com Encraves Máficos (APPg3)	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico (APPg3)	Encrave máfico	MV-01	X	X	-
				Porção Félsica	MV-02	X	X	-
				Porção Félsica	MV-03	X	-	X
				Porção Félsica	MV-04	X	X	-
AMC-02	627207,14 8743740,7	Ortognaisse Migmatítico com Encraves Máficos (APPg3)	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico (APPg3)	Encrave Máfico	MV-05	X	X	-
				Porção Félsica	MV-06	X	-	-
				Porção Félsica	MV-07	X	-	-
				Porção Félsica	MV-08	X	X	-
AMC-03	627601,36 8745786,25	Ortognaisse Migmatítico com Encraves Máficos (APPg3)	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico (APPg3)	-	-	-	-	-
AMC-04	630577,43 8742275,41	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APP1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-09	X	-	-
AMC-05	631161,78 8743245,71	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	-	-	-	-	-
AMC-06	632590,93 8744283,15	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-10	X	X	-
				Porção Félsica	MV-11	X	X	-
AMC-07	633569,8 8743227,25	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	-	-	-	-

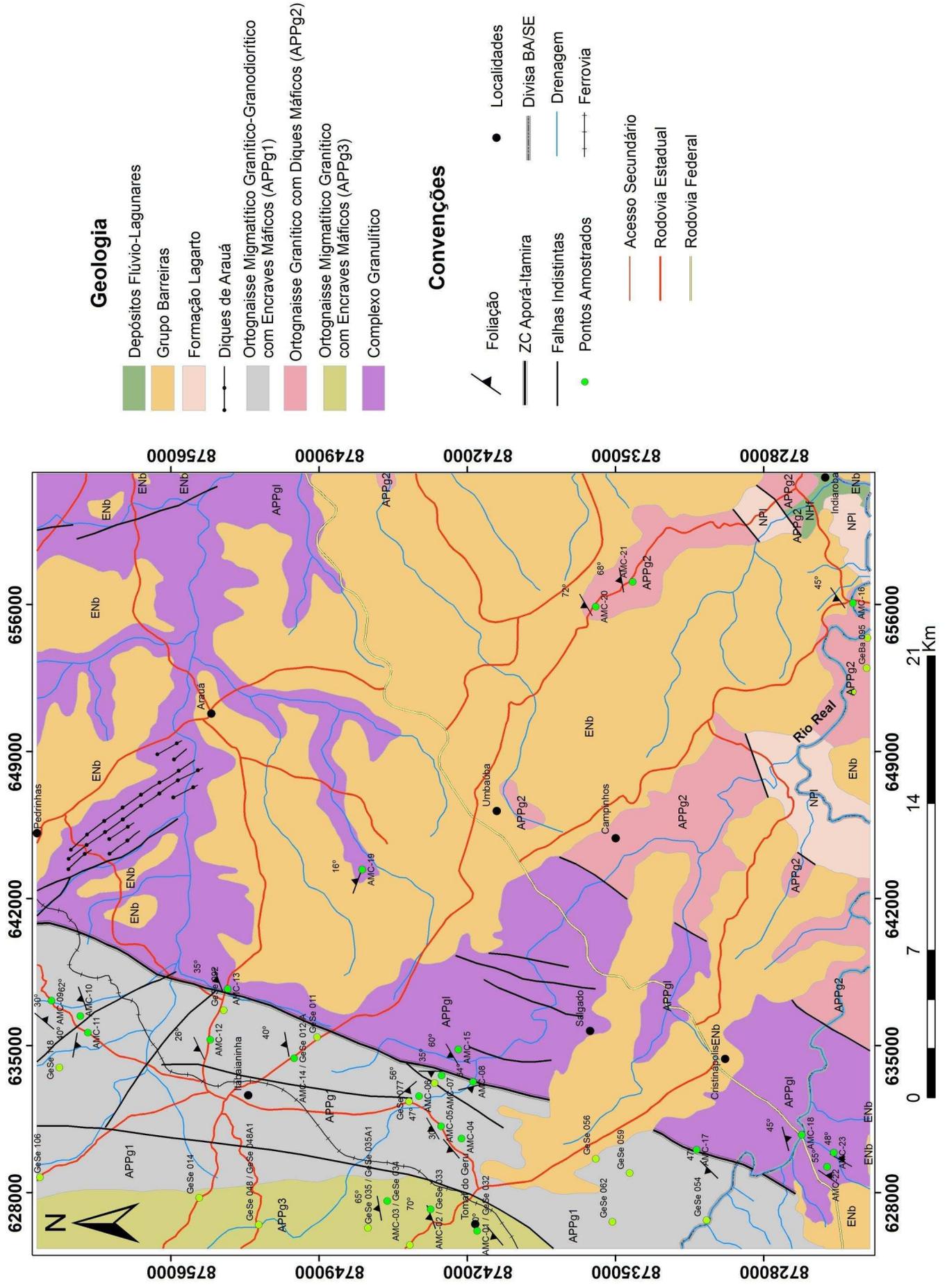
Tabela 2.1 – Continuação.

Ponto	Coordenadas (UTM WGS84 24S)		Litologia deste trabalho	Litologia (Santos et al., 2001)	Porção	Amostra	Petrografia	Geoquímica	Geocronologia
AMC-08	633280,85	8741730,41	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-12	X	X	-
AMC-09	637146,39	8761642,7	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-13	X	X	-
AMC-10	636400,85	8760288,71	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-14	X	-	-
AMC-11	635620,38	8759933,45	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-15	X	-	-
AMC-12	635271,36	8754147,65	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Encrave Máfico	MV-16a	X	X	-
					Porção Félsica	MV-16b	X	X	-
AMC-13	637704,51	8753328,02	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-17	X	X	-
AMC-14	634405,48	8750189,78	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-18	X	-	-
AMC-15	634819,01	8742427,75	Complexo Granulítico	Complexo Granulítico	Com granada	MV-19a	X	-	-
					Sem granada	MV-19b	X	-	-
AMC-16	656079,65	8723796,14	Ortognaisse Granítico (APPg2)	Associação Ortognássica Ácida-Básica (APPg2)	Dique Máfico	MV-20a	X	-	-
					Porção Félsica	MV-20b	X	X	-

Tabela 2.1 – Continuação.

Ponto	Coordenadas (UTM WGS84 24S)	Litologia deste trabalho	Litologia (Santos et al., 2001)	Porção	Amostra	Petrografia	Geoquímica	Geocronologia
AMC-17	630047,79	Ortognaisse Migmatítico Granodiorítico com Enclaves Máficos (APPg1)	Ortognaisse Migmatítico com Anfíbolitos (APPg1)	Porção Félsica	MV-21	X	-	-
AMC-18	630754,67	Complexo Granulítico	Complexo Granulítico	-	MV-22	X	-	-
AMC-19	643381,09	Complexo Granulítico	Complexo Granulítico	Porção Máfica Fundida	MV-23a	X	-	-
				Porção Félsica com plagioclásio	MV-23b	X	-	-
				Porção Félsica Rósea	MV-23c	X	-	-
AMC-20	655902,68	Ortognaisse Granítico (APPg2)	Associação Ortognáissica Ácida-Básica (APPg2)	Porção Félsica	MV-24	X	-	-
AMC-21	657081,08	Ortognaisse Granítico (APPg2)	Associação Ortognáissica Ácida-Básica (APPg2)	Porção Félsica	-	-	-	-
AMC-22	629231,03	Complexo Granulítico	Complexo Granulítico	-	MV-25	X	-	-
AMC-23	629903,55	Complexo Granulítico	Complexo Granulítico	-	-	-	-	-

Figura 2.1 – Mapa geológico da área de estudo. Modificado de Santos et al. (2001) e GEOTERM-NE (2010).



2.3 ESTUDOS PETROGRÁFICOS

Foram confeccionadas 30 lâminas delgadas no Laboratório de Petrografia da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) em Salvador para o estudo petrográfico. Nesses estudos foram classificados os litotipos existentes, observadas as texturas, os aspectos mineralógicos e associações minerais, além de identificar as paragêneses metamórficas e os possíveis protólitos dessas rochas. Buscando a eficiência nos trabalhos, foi utilizada a divisão dos litotipos baseada em Santos et al. (2001).

Das 30 lâminas, 07 correspondem às rochas do Complexo Granulítico que, apesar de não ser o foco da presente pesquisa, serviu como ferramenta fundamental para análise dos limites das rochas estudadas, não estando presentes neste trabalho.

Foram acrescentadas ainda 21 lâminas (Tabela 2.2) provenientes do Projeto GEOTERM-NE (2010), cedidas pelo Prof. Dr. Moacyr Moura Marinho – UFBA, totalizando para o estudo petrográfico 51 lâminas delgadas.

2.4 ESTUDOS GEOQUÍMICOS

Para os estudos geoquímicos de rocha total foram coletadas 13 amostras durante as etapas de campo (Tabela 2.1), as quais passaram por processo de preparação no Laboratório de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), envolvendo as seguintes etapas: i) fragmentação em um britador de mandíbulas; ii) quarteamento até a fração de 100g; e iii) pulverização até uma granulometria inferior a 200 mesh no shaterbox. Após a preparação, as amostras foram analisadas no laboratório da GEOSOL – Geologia e Sondagens Ltda, através dos métodos de fusão com metaborato de lítio – ICP OES e ICP MS. Pelo método ICP OES, determinou-se os teores de SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_{3t} , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Cr_2O_3 , além dos elementos Ba, Sr, Y, Zr, V; sendo os primeiros em porcentagem de peso e os segundos em ppm. Pelo método ICP

MS foram determinados os elementos Ce, Cs, Dy, Er, Eu, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Ni, Pr, Rb, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, U, e Yb, todos em ppm. Foram ainda determinados, em ppm, os valores de K, P e Ti, a partir dos teores dos seus óxidos.

Aos resultados analíticos dessa pesquisa, foram acrescentadas 36 análises químicas (Tabela 2.2) provenientes do Projeto GEOTERM-NE (2010), cedidas pelo Prof. Dr. Moacyr Moura Marinho – UFBA, totalizando, assim, 49 análises para estudo da geoquímica de rocha total.

Com essas análises foram confeccionados diagramas litogeoquímicos para classificação dessas rochas, análise de ambiência tectônica, caracterização do(s) provável(is) protólito(s), além dos diagramas multielementares (*spidergramas*) para elementos traço e elementos terras raras, normalizados segundo os valores do manto primitivo de Sun e McDonough (1989), úteis para a caracterização do comportamento geoquímico dessas rochas.

2.5 ESTUDOS GEOCRONOLÓGICOS

Para os estudos geocronológicos foram analisadas cinco amostras, sendo:

i. Uma proveniente de amostragem durante os trabalhos de campo (Tabela 2.1), com análise realizada no Laboratoire Magmas et Volcans (LMV), da Universidade Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, França; e

ii. Quatro datações cedidas por Oliveira (2014), com análises realizadas no Laboratório de Geocronologia do Departamento de Geologia (Degeo) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) (Tabela 2.2).

As amostras foram submetidas a análises segundo o método *Laser Ablation-ICP-MS*, utilizando um equipamento Q-ICP-MS *Agilent 7700* e um laser *New Wave 213 nm*. As amostras, os padrões e o porta-amostra foram lavados com ácido antes das análises para remover possíveis contaminações de Pb nas superfícies. As razões isotópicas relevantes ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ and $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, onde ^{235}U foi calculado do ^{238}U através da

abundância natural da razão $^{235}\text{U} = ^{238}\text{U} / 137,88$) foram calculadas usando os dados de redução do *software* Glitter (VAN ACHTERBERGH et al., 2001).

Foram utilizados padrões internacionais como o 609 MaGemoc (JACKSON et al., 2004) e 337 MaPlessovice (SLÁMA et al., 2008).

Para as amostras cedidas por Oliveira (2014), foi feito, ainda, uso de fotomicrografia por catodo-luminescência (CL), utilizando-se microsonda de varredura eletrônica (MEV), a fim de obter detalhes sobre o crescimento dos cristais de zircão.

As idades foram plotadas no diagrama Concórdia, usando o *software* Isoplot v. 2.2 (LUDWIG, 2001) e todas as incertezas para análises individuais são da ordem de 1σ e todas as análises no cálculo das idades concordantes e de intercepto são da ordem de 2σ .

2.6 ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Concluídas as etapas descritas acima, fez-se a análise e interpretação dos dados obtidos e, com estes, elaborou-se a presente dissertação de mestrado.

Tabela 2.2 – Pontos visitados com suas respectivas coordenadas, litologia e finalidade das amostras coletadas pelo Projeto GEOTERM-NE (2010).

Ponto	Coordenadas (UTM WGS84 24S)		Litologia (Santos et al., 2001)	Porção	Neste trabalho	Petrografia	Geoquímica	Geocronologia
GeSe 011	635411,56	8749132,9	APPg1	Alto K	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 012-A	634405,48	8750189,777	APPg1	Alto K	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 054	626708,32	8730733,7	APPg1	Máfica	Encrave Máfico	X	X	-
GeSe 056	629645,2	8735932,8	APPg1	Baixo K	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 059	628891,14	8734345,3	APPg1	Pós Colisional	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 062	626589,26	8735139,1	APPg1	Baixo K	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 077	632264,6	8744783,1	APPg1	Alto K	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 078-B	632264,6	8744783,1	APPg1	Pós Colisional	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 092	636749,27	8753474,7	APPg1	Alto K	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 106	628783,73	8762190,1	APPg1	Máfica	Encrave Máfico	X	X	-
GeSe 118	633903,43	8761237,6	APPg1	Alto K	Porção Félsica	X	X	-
GeBa 067B	651814,51	8723786,3	APPg2	5	Porção Félsica	-	X	-
GeBa 068	654394,2	8723071,9	APPg2	2	Porção Félsica	-	X	-
GeBa 095	652965,45	8723111,6	APPg2	3	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 014	627791,55	8754609,8	APPg3	Migmatito	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 032A	626174,1	8741540,8	APPg3	Claro	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 032A1	626174,1	8741540,8	APPg3	Claro	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 032B	626174,1	8741540,8	APPg3	Escuro	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 032B1	626174,1	8741540,8	APPg3	Escuro	Porção Félsica	X	X	-

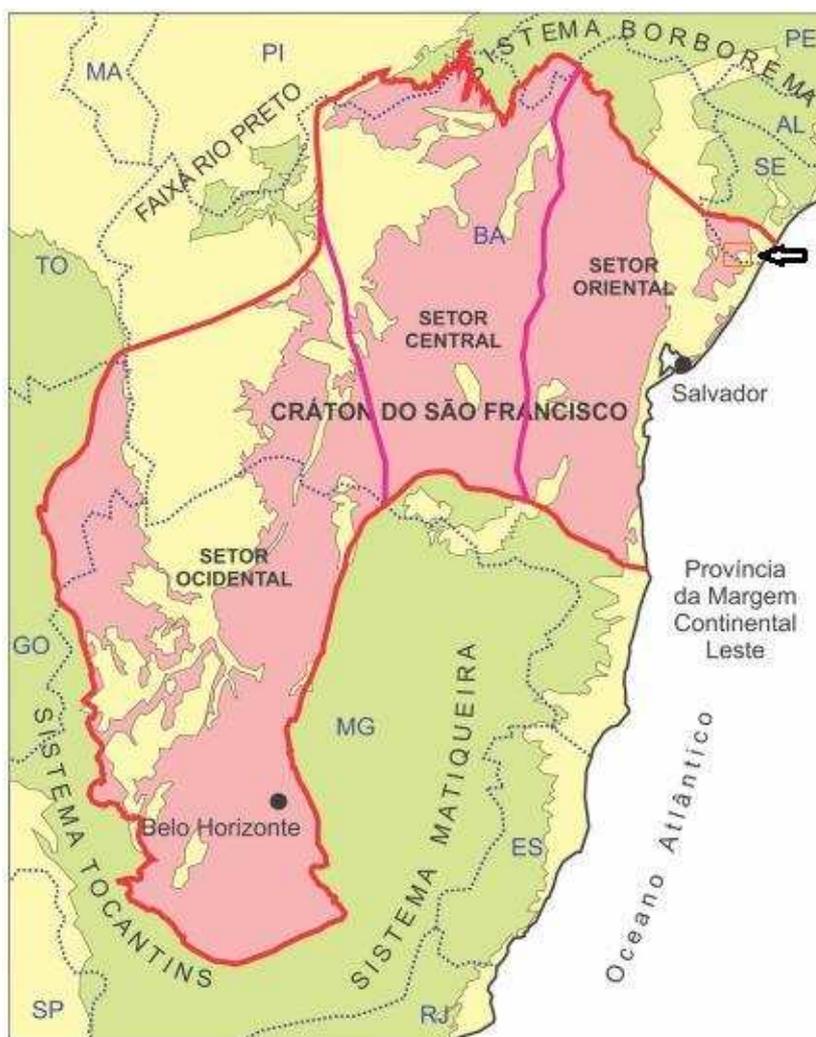
Tabela 2.2: Continuação.

Ponto	Coordenadas (UTM WGS84 24S)		Litologia (Santos et al., 2001)	Porção	Neste trabalho	Petrografia	Geoquímica	Geocronologia
GeSe 033A	627207,14	8743740,695	APPg3	Claro	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 033A1	627207,14	8743740,695	APPg3	Claro	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 033B1	627207,14	8743740,695	APPg3	Calciosilic	Encrave Máfico	-	X	-
GeSe 033C	627207,14	8743740,695	APPg3	Dique	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 034A	627601,358	8745786,249	APPg3	Escuro	Porção Félsica	X	X	X
GeSe 034A1	627601,358	8745786,249	APPg3	Escuro	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 034B	627601,358	8745786,249	APPg3	Gr Homogêneo	Porção Félsica	-	X	X
GeSe 034C	627601,358	8745786,249	APPg3	Claro	Porção Félsica	X	X	X
GeSe 034D	627601,358	8745786,249	APPg3	Calciosilic	Encrave Máfico	X	X	-
GeSe 034E	627601,358	8745786,249	APPg3	Dique	Porção Félsica	X	X	X
GeSe 035	626323,1	8746712	APPg3	Gr Homogêneo	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 035A1	626323,1	8746712	APPg3	Gr Homogêneo	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 036A	625517,7	8744664,1	APPg3	Claro	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 036A1	625517,7	8744664,1	APPg3	Claro	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 036B	625517,7	8744664,1	APPg3	Escuro	Porção Félsica	-	X	-
GeSe 048	626521,54	8751831,7	APPg3	Migmatito	Porção Félsica	X	X	-
GeSe 048A1	626521,54	8751831,7	APPg3	Migmatito	Porção Félsica	-	X	-

CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo é parte integrante do Cráton do São Francisco (CSF), unidade geotectônica delimitada por Almeida (1977), o qual consiste de terrenos supracrustais gnáissicos e graníticos de médio a alto grau (migmatitos e granulitos), do Arqueano ao Paleoproterozoico, sobrepostos por uma cobertura plataformal de idade Meso a Neoproterozoica (OLIVEIRA et al., 2011). Segundo Hasui (2013), o CSF tem área correspondente à da Província São Francisco, estando situado no centro-leste do Brasil, limitado pelos sistemas orogênicos Borborema, ao norte, Tocantins, a oeste, Mantiqueira e Província da Margem Continental, a leste, e a Faixa Rio Preto, a noroeste (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Cráton do São Francisco delimitado em vermelho. Área de estudo indicada pela seta. Modificado de Hasui (2013).



Essa unidade geotectônica abrange os estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Sergipe e Pernambuco, estando a sua maior parte situada no estado da Bahia, e evoluiu a partir de eventos tectônicos, magmáticos e metamórficos, além de eventos erosivos e de exumação, sendo assim caracterizado por uma ampla história evolutiva, correspondendo a um dos melhores e mais completos registros geológicos do Pré-Cambriano (ALMEIDA, 1977; HASUI, 2013).

Tectonicamente, o CSF é truncado por dois riftes, um orientado segundo a direção N-S e denominado Aulacógeno do Paramirim por Pedrosa-Soares et al. (2001), possuindo como unidades características os Supergrupos Espinhaço e São Francisco, de idades paleo/meso e neoproterozoico, respectivamente (CRUZ e ALKMIN, 2007); e o outro do Mesozoico, orientado segundo a direção NNE-SSW que, de acordo com Magnavita (1992), deu origem à bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá durante a fragmentação do *Gondwana*.

Dentre os distintos segmentos crustais arqueanos/paleoproterozoicos do CSF, tem-se, na porção NNE, o Cinturão Salvador-Esplanada, onde a área da presente pesquisa encontra-se inserida.

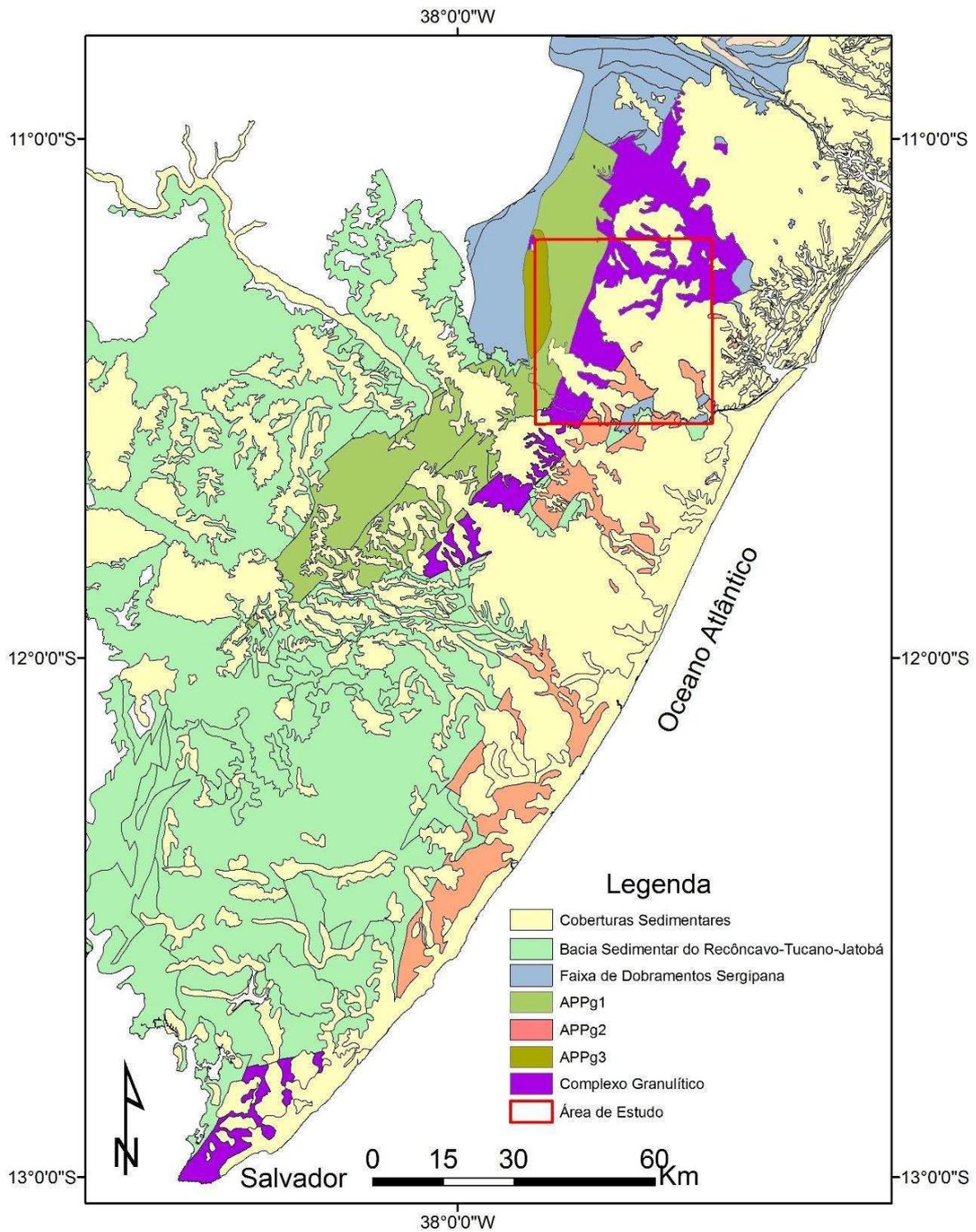
3.1 O CINTURÃO SALVADOR-ESPLANADA (CSE)

O Cinturão Salvador-Esplanada (BARBOSA, 1990) (Figura 3.2), situa-se na porção nordeste do Cráton do São Francisco, estendendo-se da cidade do Salvador para norte, pela região costeira da Bahia, adentrando o estado de Sergipe, até o norte da cidade sergipana de Boquim, estando a leste do Domínio Serrinha (BARBOSA e DOMINGUEZ, 1996; HASUI, 2013; BARBOSA et al., 2005), e sendo primeiramente estudado por Silva Filho (1977) e Lopes et al. (1983), com estudos aprofundados realizados por Oliveira Jr. (1990), principalmente na porção baiana.

Segundo Silva et al. (2002), esse cinturão consiste de um segmento crustal estruturado na direção NE-SW, constituído de três unidades litotectônicas, estando limitado por zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrogiras subverticais, de direção NNE, recoberto pelos depósitos fanerozoicos do Grupo

Barreiras (Paleógeno/Neógeno) e da bacia do Recôncavo-Tucano (Mesozoico), na sua extensão para NE e SW, respectivamente.

Figura 3.2 – Mapa geológico simplificado da região onde se insere o Cintura Salvador-Esplanada, com destaque em vermelho para a área de estudo. Modificado de GEOTERM-NE (2010).



Este Cinturão é constituído de gnaisses de grau variando da fácies anfíbolito a granulito, com regiões intensamente deformadas, apresentando granitos leucocráticos, materiais pegmatíticos e pequenos corpos básicos a ultrabásicos que foram estabilizados durante o evento tectonotermal do Brasileiro (DAVISON e SANTOS, 1989).

Na unidade mais ocidental e mais distante da costa, predominam milonitos retrógrados e ortognaisses migmatíticos com estruturas dobradas, *schlieren* e estromáticas. Ela é limitada a norte e oeste pelo Grupo Estância, e a leste pela Zona de Cisalhamento de Aporá-Itamira, de expressão regional e profunda, registrada por geofísica, que separa esta unidade das rochas do Complexo Granulítico (OLIVEIRA JR., 1990; SANTOS et al., 2001; SILVA et al., 2002; BARBOSA et al., 2012).

Já a unidade mais oriental desse cinturão consiste de um ortogneisse bimodal, com termos félsicos, tonalítico-granodioríticos e máficos, por vezes migmatizados, além de gabros anfíbolitizados, intrusões sieno-monzograníticas e núcleos granulíticos, estando limitada a oeste pelos gnaisses granulíticos através de falhas, e a norte pelo Grupo Barreiras (SANTOS et al., 2001; SILVA et al., 2002, SOUZA et al., 2010).

Na unidade central há o predomínio de granulitos de idade variando de 2582 Ma a 2473 Ma – analisado em grãos de zircão de rochas charnoquíticas pelo método U/Pb – composto por ortognaisses charnoenderbíticos a charnoquíticos, granulitos alumino-magnesianos (kinzigitos) e biotita-gnaisses retrometamorfizados a partir dos granulitos, além de encraves de rochas máficas e calcissilicáticas (SILVA et al., 2002; BARBOSA et al., 2012; OLIVEIRA, 2014). Essa unidade está limitada a leste e a oeste com as unidades supracitadas, e a norte pelas rochas do Grupo Estância e as coberturas detríticas do Grupo Barreiras.

Ainda há a ocorrência de um enxame de diques (1990 ± 27 Ma) de natureza ácido-intermediária, com termos básicos subordinados, que truncam as rochas dos Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granulítico entre a cidade de Arauá e a localidade de Tanque Novo (SANTOS et al., 2001). Esses diques, denominados Diques de Arauá, são constituídos de riolitos e dacitos porfiríticos. Há também,

a noroeste da cidade de Arauá, a nordeste da cidade de Pedrinhas e a norte de Riachão do Dantas, diques de piroxenito, de traquito e riolito-dacito-diabásico, respectivamente (SANTOS et al., 2001; D'EL-REY SILVA, 2005).

Oliveira Jr. (1990) realizou estudos geoquímicos de rocha total – elementos maiores e elementos traço – na porção norte do Cinturão Salvador-Esplanada, a sul da área de estudo da presente pesquisa, a fim de se discutir a natureza original das rochas, sua alcalinidade e sua ambiência geotectônica, sendo delimitados três grupos de rochas e chegando às seguintes conclusões:

i. Granitoides – Rochas de composição granítica-granodiorítica, do tipo I, tipicamente metaluminosas, situando-se na faixa limítrofe entre os campos alcalinos e subalcalinos, com leve tendência aos últimos;

ii. Gnaisses – Rochas de composição variada – monzo-gabro a diorítica, granodiorítica e granítica –, de tendência cálcio-alcalina, metaluminosas, com material original variando do tipo I ao tipo S; e

iii. Anfibolitos – Rochas de composição gabroica, de natureza toleítica, próximas àquelas de arco magmático e afinidade com as séries shoshoníticas.

O mesmo autor salienta, ainda, a necessidade de estudos sobre esta porção crustal, principalmente através de estudos envolvendo o comportamento das terras raras, a fim de se obter afirmações mais conclusivas sobre as rochas que compõem a porção norte desse cinturão.

De acordo com Hasui (2013) e Silva et al. (2002), as rochas do Cinturão Salvador-Esplanada (aprox. 2.980 a 2.230 Ma, Método U-Pb SHRIMP em grãos de zircão) foram afetadas por metamorfismo de alto e médio grau em 2.09 Ga, deformação por tectônica de empurrão seguida de transcorrente sinistrógira, ganhando estruturação de direção NE e intrusões de pequenos corpos granitoides, ainda com a ocorrência de um enxame de diques de diabásio de 1.1-0.9 Ga introduziu-se no cinturão em questão.

Ele tem sua porção leste representada numa faixa formada nesse mesmo período, no lado africano, além de uma sutura ser suspeitada no limite do Cinturão Salvador-Esplanada com o Bloco Serrinha (HASUI, 2013).

Duas hipóteses são sugeridas para a evolução tectônica do Cinturão Salvador-Esplanada. A primeira sugere que esse cinturão represente um braço menos desenvolvido de uma junção tríplice, da qual os trechos Itabuna e Salvador-Curaçá (pertencentes ao Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá) seriam os outros dois braços. Silva et al. (2002), traz à tona essa hipótese, a partir da idade encontrada em amostra coletada na cidade baiana de Conde, sendo 2.169 ± 48 Ma, interpretada como a idade de cristalização do magma granodiorítico, apresentando idade similar ao ortognaisse do Complexo São José, nas proximidades da cidade de Ilhéus, sul da Bahia (aprox. 2.130 Ma).

A outra hipótese é do Cinturão Salvador-Esplanada ser um segmento do Cráton do Congo (África), amalgamado à borda oriental do Cráton do São Francisco durante a colisão Rhyaciana, ocorrida há aproximadamente 2.080 Ma (DELGADO et al., 2003; HASUI, 2013), corroborada por Silva et al. (2002), a partir da idade obtida em amostra coletada no granodiorito foliado de Aporá (aprox. 2.954 ± 25 Ma).

Entretanto, segundo Delgado et al. (2003), ainda faltam dados para suportar uma interpretação conclusiva sobre o contexto geotectônico do Cinturão Salvador-Esplanada e da sua colocação em relação ao Cráton do São Francisco e, também, ao Cráton do Congo.

A região foco do estudo está inserida no Cinturão Salvador-Esplanada, na sua porção extremo-norte, no estado de Sergipe, até a divisa deste com o estado da Bahia.

CAPÍTULO 4 – GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA

Durante a etapa de campo foi utilizado como referencial o mapeamento realizado por Santos et. al. (2001), na escala 1:250.000, bem como a sua nomenclatura para as unidades litológicas (Tabela 2.1). No entanto, a partir dos estudos petrográficos e geoquímicos, foi realizado o detalhamento da classificação e nomenclatura das unidades definidas pelo autores supracitados e, neste trabalho as unidades foram reclassificadas como: i) Ortognaisse Migmatítico Granítico-Granodiorítico com Encraves Máficos (APPg1); ii) Ortognaisse Granítico com Diques Máficos (APPg2); iii) Ortognaisse Migmatítico Granítico com Encraves Máficos (APPg3). A seguir será realizada uma descrição dos aspectos de campo de cada unidade, bem como as principais características petrográficas.

4.1 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO-GRANODIORÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg1)

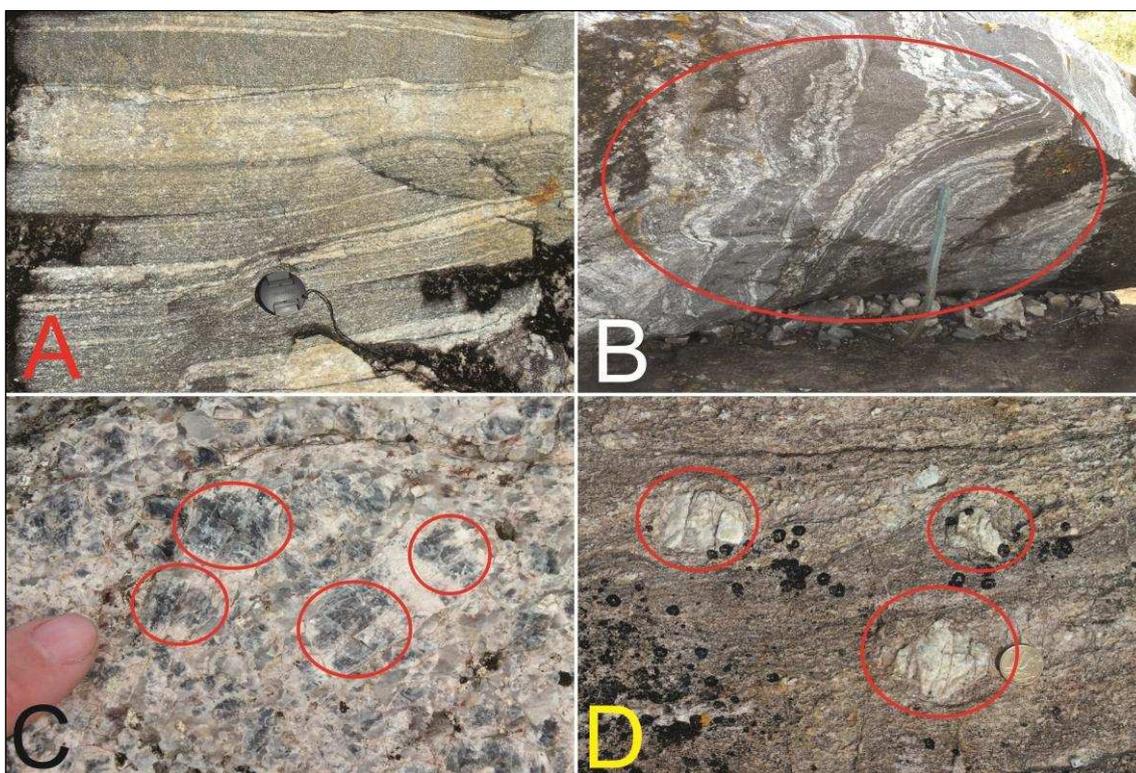
4.1.1 Aspectos Macroscópicos

Corresponde a rochas gnáissicas, de composição granítica (sieno a monzo), localizadas na porção oeste da área de estudo, fazendo contato a leste com as rochas granulíticas e a oeste com a unidade APPg3 (Figura 2.1). Apresentam foliação predominante variando de N190 a N220 e mergulho para W-NW, de granulometria variando de média a grossa, apresentando coloração acinzentada, com variações de tons em decorrência da maior ou menor quantidade do mineral biotita, além do bandamento composicional, característico dessa unidade (Prancha 4.1A). Nesta unidade foi possível evidenciar a atuação de processos de migmatização, em diferentes estágios evolutivos, com ocorrência de bolsões de leucossoma no paleossoma, estando todo o conjunto afetado por dobramento (Prancha 4.1B), além da presença de veios leucossomáticos, compostos principalmente de quartzo e feldspato, bem como

a ocorrência de pequenas porções graníticas apresentando contato difuso com a encaixante, sendo possivelmente de processo anatético. Observou-se ainda a existência de veios de quartzo azul e de epidoto, ora concordantes ora discordantes com a rocha encaixante, sendo o primeiro mineral indicativo de altas temperaturas (Prancha 4.1C). Há, ainda, a existência de encraves máficos, de pouca expressão, geralmente boudinados, raramente ultrapassando um metro de largura, concordantes e deformados juntamente com a rocha encaixante gnáissica.

Nos pontos amostrados próximo à zona de cisalhamento (AMC-06, AMC-07, AMC-08, AMC-13), foi possível evidenciar a existência de milonitos com porfiroclastos de feldspato em uma matriz fina, com indicação de movimento aparente sinistral, corroborando com a real existência da referida zona observada em mapeamentos anteriores (Prancha 4.1D).

Prancha 4.1 - A: Bandamento composicional. Ponto AMC-04. / B: Processo de migmatização com presença de leucossoma estromático. Ponto AMC-04. / C: Quartzo azul, circulado em vermelho. Ponto AMC-17. / D: Porfiroclastos de feldspato, circulado em vermelho, em matriz fina. Ponto AMC-06.



4.1.2 Aspectos Petrográficos

Para o estudo petrográfico foram descritas 21 lâminas delgadas, sendo 18 correspondentes à porção félsica e 3 provenientes dos encraves máficos (Tabelas 2.1 e 2.2).

Apesar dessa unidade apresentar tipos litológicos em diferentes estágios evolutivos (bandamentos composicionais, porções migmatizadas e milonitizadas), foram amostradas, para a caracterização petrográfica e geoquímica a porção mais homogênea (leucossomática), denominada neste trabalho como félsica, devido à dificuldade de amostragem.

4.1.2.1 Porção Félsica

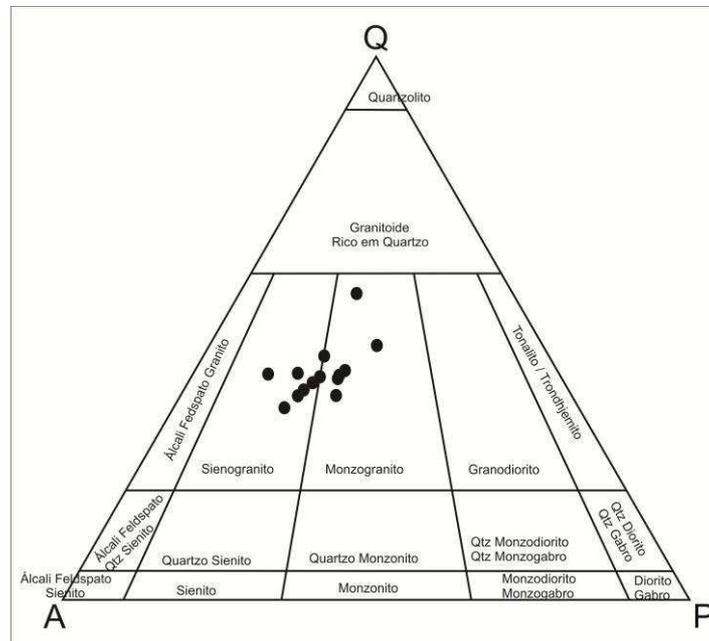
As rochas graníticas-gnáissicas apresentam principalmente as texturas inequigranular e granoblástica granular e, secundariamente, as texturas granoblástica poligonal, poiquiloblástica do tipo peneira e lepidoblástica (Prancha 4.2A), além da presença da textura mirmequítica, com crescimento de quartzo e plagioclásio, além de pertitas e mesopertitas, compostas de albita e microclínio, em proporções variáveis (Prancha 4.2B). Nas amostras coletadas próximas à zona de cisalhamento supracitada, foi possível observar a textura granolepidoblástica e porfiroclastos de quartzo e feldspato potássico imersos na matriz composta de biotita, quartzo, plagioclásio e microclínio. Ainda foi possível observar petrograficamente os veios quartzo-feldspáticos representando o leucossoma dessa unidade.

Essas rochas são constituídas por quartzo (30-45%), feldspato¹ (15-25%), plagioclásio (10-20%), biotita (8-20%), microclínio (5-15%), muscovita (2-10%), clorita (2-7%), hornblenda (2-4%), opacos (1-5%), além de epidoto, diopsídio, magnetita, hematita e zircão como minerais traço (Tabela 4.1), sendo classificadas como granito, de acordo com o diagrama QAP de Streckeisen

¹ Considerou-se denominar de "feldspato" aqueles grãos minerais em que não era possível uma melhor classificação, em virtude da ausência de características que os especificassem, como por exemplo, geminações. Isso vale para todas as unidades descritas neste trabalho.

(1976), estando as amostras plotadas nos campos dos sienogranitos e monzogranitos (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as amostras da porção féslica da unidade APPg1.

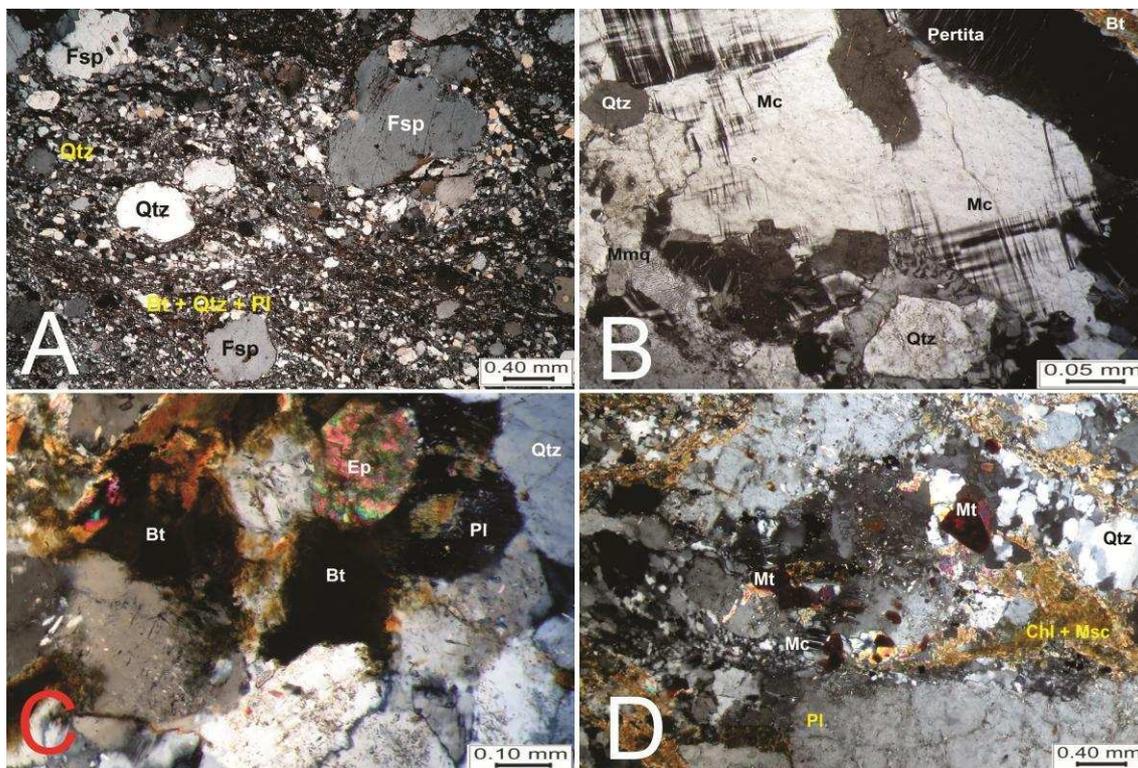


O quartzo é xenoblástico a subidioblástico, apresentando extinção paralela e ondulante, com contatos retos, curvos, interlobados e serrilhados com demais minerais da rocha e, por vezes, fraturados, o que é indicativo de processos tectonometamórficos. O feldspato é xenoblástico a subidioblástico, com extinção contínua a ondulante, sem geminação visível, por vezes saussuritizados, com contatos retos, curvos e interlobados com os demais minerais. O plagioclásio, variando entre albita e oligoclásio ($An = 8$ a 20% ; Método Michel-Levy; KERR, 1959) e rara ocorrência de andesina ($An = 40\%$; Método Michel-Levy; KERR, 1959), apresenta-se xenoblástico a subidioblástico, com contatos retos e curvos com demais minerais da rocha e geminação dos tipos albita e albita-Carlsbad. Observou-se a ocorrência de processos de saussuritização e sericitização com elevado grau de alteração, originando epidoto e sericita, respectivamente. A biotita é subidioblástica, orientada, apresentando contatos retos e irregulares com demais minerais da rocha, além de extinção reta e tipo olho de pássaro. O microclínio encontra-se subidioblástico, com contatos retos com demais minerais da rocha e geminação do tipo *tartan* (Albita-Periclina). A muscovita é xenoblástica, apresentando orientação incipiente e contatos retos e irregulares

com demais minerais da rocha. A clorita é xenoblástica, com contatos retos e curvos com os demais minerais, principalmente biotita, quartzo e plagioclásio, e formada devido ao processo de cloritização a partir da biotita e hornblenda. A hornblenda apresenta-se subidioblástica, com contatos retos e curvos com os demais minerais.

Como constituintes menores foram observados o epidoto, xenoblástico e subidioblástico, estando associado ao plagioclásio, à biotita e ao quartzo (Prancha 4.2C); o zircão, euédrico a subédrico, zonado e com contato reto com quartzo e plagioclásio, além de morfologia arredondada, sem arestas; o diopsídio, subidioblástico, com contatos retos e curvos com quartzo e plagioclásio; e a magnetita (Prancha 4.2D) e hematita, ocorrendo de maneira dispersa na rocha, idioblásticas a subidioblásticas, inclusas nos grãos de quartzo e plagioclásio e, por vezes, microclínio.

Prancha 4.2 – A: Aspecto geral da textura granolepidoblástica, inequigranular, com presença de porfiroclastos de quartzo e feldspato imersos numa matriz de biotita, quartzo e plagioclásio, evidenciando o caráter milonítico dessa amostra. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-09. B: Associação mineralógica composta de quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita, evidenciada a ocorrência das texturas pertítica e mirmequítica, além da geminação tipo *tartan* nos grãos de microclínio. Com Analisador. Aumento de 200X. Amostra MV-15. C: Associação mineralógica evidenciando a ocorrência de epidoto como mineral traço, em contato com biotita, e plagioclásio. Com Analisador. Aumento de 100X. Amostra MV-15. D: Associação mineralógica de clorita, muscovita, quartzo e plagioclásio, com destaque para ocorrência da magnetita com mineral traço dessas rochas. Com Analisador. Aumento de 40x. Amostra MV-17. Abreviações segundo Whitney e Evans (2010)².



² Todas as abreviações utilizadas neste capítulo estão de acordo com Whitney e Evans (2010), além de “tr” ser utilizado como abreviatura para “mineral traço”.

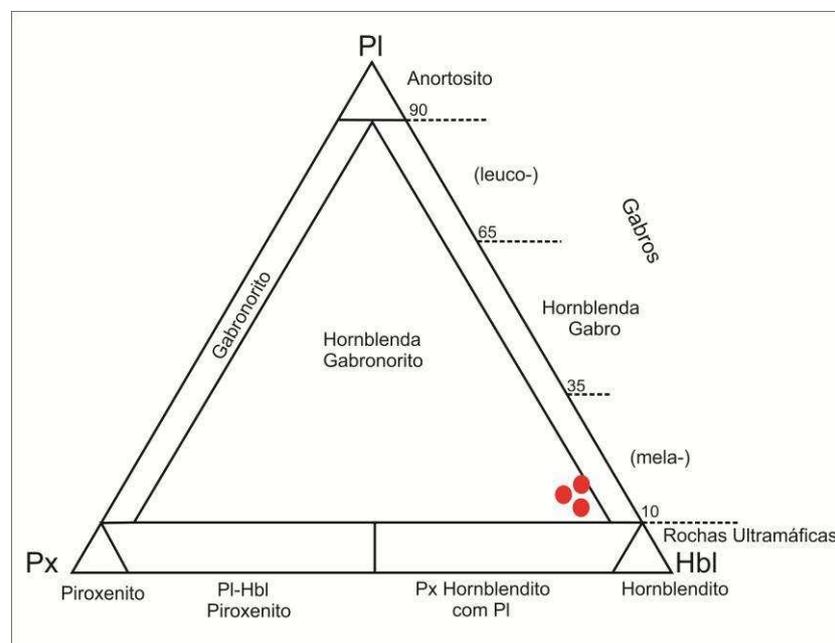
Tabela 4.1 – Composição modal das amostras da porção félsica da unidade APPg1.

Amostra	Classificação Petrográfica (Q-A-P)	Minerais (%)													
		Qtz	Pl	Fsp	Bt	Msc	Mc	Chl	Hbl	Ep	Di	Mt	Hem	Zr	Op
MV-09	Monzogranito	35	20	15	15	10	5	-	-	-	tr	-	-	tr	-
MV-10	Sieno a Monzogranito	30	15	15	20	5	13	-	-	-	-	-	-	-	2
MV-11	Sienogranito	35	10	24	10	-	15	-	-	-	-	-	-	-	1
MV-12	Sienogranito	35	20	20	15	3	-	6	-	-	tr	-	-	tr	1
MV-13	Monzogranito	45	15	15	10	-	5	5	4	tr	tr	tr	tr	tr	1
MV-14	Monzogranito	35	20	25	10	-	5	3	-	-	-	-	-	-	2
MV-15	Sienogranito	30	15	20	15	5	8	7	-	tr	tr	-	-	-	-
MV-16B	Monzogranito	30	20	20	15	-	10	3	-	-	-	-	-	tr	2
MV-17	Sienogranito	30	15	20	15	3	10	3	-	-	tr	tr	tr	tr	4
MV-18	Sienogranito	30	20	20	10	-	10	5	-	-	-	-	-	-	5
MV-21	Sienogranito	30	15	25	10	4	8	5	-	-	-	-	-	tr	3
GeSe 011	Sieno a Monzogranito	35	15	20	10	-	8	-	-	-	tr	tr	-	tr	2
GeSe 056	Sienogranito	30	15	20	15	2	10	4	-	-	-	-	-	tr	4
GeSe 059	Monzogranito	40	23	25	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	2
GeSe 062	Monzogranito	35	20	18	10	5	10	-	-	-	-	-	-	-	2
GeSe 077	Sienogranito	30	15	25	10	-	15	2	-	-	-	-	-	-	3
GeSe 092	Sienogranito	30	15	25	10	2	10	5	2	-	tr	tr	-	tr	1
GeSe 118	Sienogranito	35	14	25	8	3	10	3	-	-	tr	tr	-	tr	2

4.1.2.2 Encraves Máficos

As lâminas provenientes dos encraves máficos, foram identificadas com hornblenda (60%), quartzo (12-15%), plagioclásio (12-13%), clorita (5-7%), enstatita (2-5%), diopsídio (2-3%) e opacos (1-2%) (Tabela 4.2), apresentando textura granolepidoblástica e nematoblástica (Prancha 4.3 A, B, C D). Segundo o diagrama modal Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976), as rochas foram classificadas como hornblenda gabronorito (Figura 4.2).

Figura 4.2 - Diagrama Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976) para as amostras dos encraves máficos da unidade APPg1.



O quartzo apresenta-se idioblástico a subidioblástico, com extinção paralela a ondulante e contato do tipo reto com demais minerais da lâmina. O plagioclásio, classificado como andesina ($An = 20\%$; Método Michel Levy, KERR, 1959), encontra-se subidioblástico com contatos reto e interlobado com quartzo e hornblenda. A clorita se apresenta subidioblástica, em contato com quartzo e hornblenda, oriunda do processo de cloritização da hornblenda. A hornblenda verde amarronzada é subidioblástica, com contatos retos e curvos com os demais minerais da rocha. Os piroxênios (enstatita e diopsídio) são subidioblásticos, apresentando contatos retos e curvos com demais minerais da rocha, principalmente a hornblenda.

Prancha 4.3 – Fotomicrografias com associações mineralógicas e aspectos texturas dos encraves máficos da unidade APPg1 A e C: Sem analisador, aumento de 40x. B e D: Com analisador, aumento de 40x. A e B: Amostra MV-16A. C e D: Amostra GeSe 106.



Tabela 4.2 - Composição modal das amostras dos encraves máficos da unidade APPg1.

Amostra	Classificação Petrográfica (Px-Pl-Hbl)	Minerais (%)						
		Hbl	Qtz	Pl	Chl	En	Di	Op
MV-16A	Hornblenda Gabronorito	60	15	13	7	2	2	1
GeSe 054	Hornblenda Gabronorito	60	12	13	5	5	3	2
GeSe 106	Hornblenda Gabronorito	60	14	12	6	4	2	2

4.2 ORTOGNAISSE GRANÍTICO COM DIQUES MÁFICOS (APPg2)

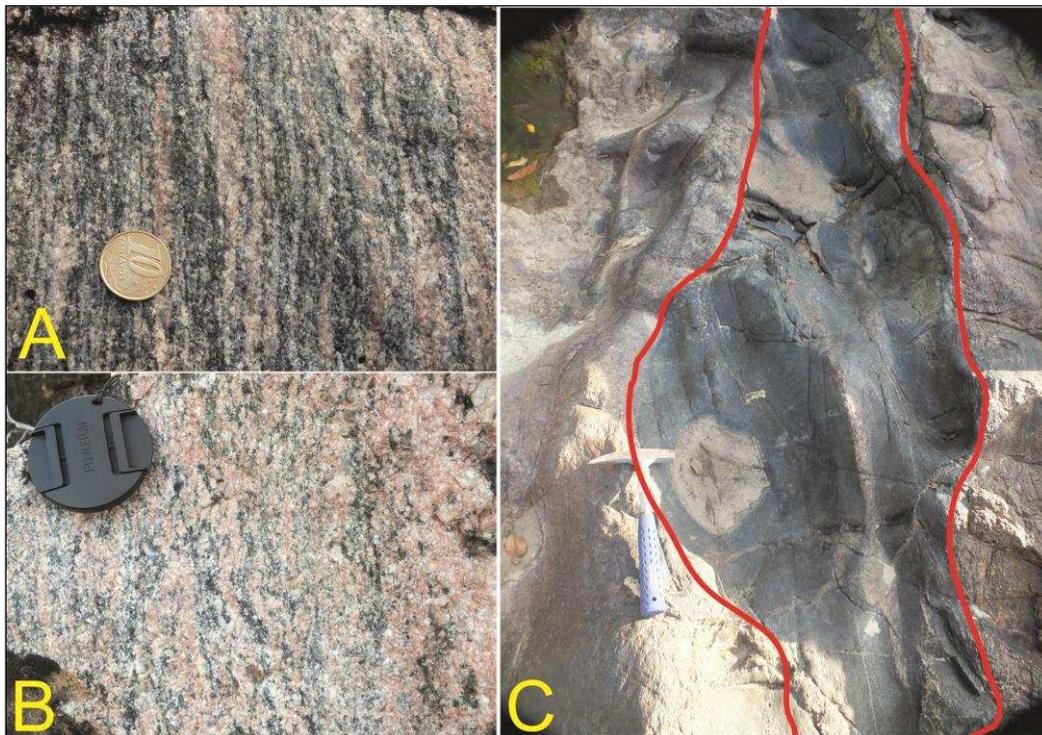
4.2.1 Aspectos Macroscópicos

Essa unidade foi identificada na porção sudeste da área de estudo, incluindo porções do estado da Bahia, às margens do rio Real (Figura 2.1). Corresponde a rochas gnáissicas, de composição granítica, com foliação predominante variando de N200 a N215 e mergulho para W-NW, com porções

incipientes de migmatização (Prancha 4.4A). Observou-se que as porções quartzo-feldspáticas presentes nessa unidade apresentam variação de comportamento, ora estando bandadas, ora difusas na matriz (Prancha 4.4B).

Há, ainda, ocorrência de diques máficos intrudindo a rocha encaixante, apresentando contatos retos e espessura variando de 0,20 cm a 1,20 m (Prancha 4.4C).

Prancha 4.4 - A: Aspecto geral da Unidade APPg2. B: Variação do feldspato; à esquerda, foliada; à direita, em processo de fusão. C: Dique máfico intrudindo a rocha encaixante. Ponto AMC-16.



4.2.2 Aspectos Petrográficos

Para o estudo petrográfico dessa unidade foram descritas 3 lâminas petrográficas, sendo duas correspondentes à porção félsica (MV-20B e MV-24) e uma proveniente do dique máfico (MV-20A).

4.2.2.1 Porção Félsica

As assembleias minerais da porção félsica apresentam-se inequigranulares, com principais texturas a granoblástica granular e a poiquiloblástica em peneira, ocorrendo ainda textura mirmequítica e pertítica/mesopertítica (Prancha 4.5 A e B).

Os minerais que constituem essas rochas são: quartzo (30-35%), feldspato (10-15%), plagioclásio (10-15%), microclínio (10-15%), clorita (8-10%), muscovita (3-10%), biotita (5%), hornblenda (2%) e opacos (2-5%), além da enstatita, carbonato (Prancha 4.5C), magnetita (Prancha 4.5D) e esfeno como constituinte menores (Tabela 4.3), classificadas, segundo Streckeisen (1976), como sienogranito (Figura 4.3).

O quartzo é xenoblástico a subidioblástico, com extinção paralela e ondulante e contatos retos, curvos, interlobados e serrilhados com demais minerais da rocha. O plagioclásio, representado pela albita ($An=8\%$; Método Michel-Levy; KERR, 1959), é xenoblástico a subidioblástico, com contatos retos e curvos com demais minerais da rocha e geminação dos tipos albita e albita-Carlsbad. Foi observado elevado grau de alteração por saussuritização nesse mineral, além da sua ocorrência associado ao microclínio, em minerais de intercrescimento com textura pertítica a mesopertítica. O microclínio é subidioblástico, apresentando contatos retos com demais minerais da rocha e geminação do tipo *tartan*. A clorita, proveniente do processo de cloritização a partir da biotita e hornblenda, é xenoblástica, com contatos retos e curvos com os demais minerais. A muscovita é xenoblástica, com contato difuso com demais minerais da rocha e sem orientação preferencial.

Como constituintes menores, observou-se a magnetita, de maneira subidioblástica e inclusa em quartzo e feldspato; a enstatita, subidioblástica, bastante alterada e em contato com quartzo, carbonato, muscovita e plagioclásio; e o carbonato, como produto da alteração do plagioclásio e da enstatita, apresentando-se idioblástico a subidioblástico e com contatos retos com quartzo, enstatita, plagioclásio e muscovita.

Prancha 4.5 – A: Aspecto geral granoblástica granular e inequigranular, com ocorrência de um veio de quartzo, além de grãos de plagioclásio e microclínio. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-20B. B: Associação mineralógica composta de quartzo, clinopiroxênio, plagioclásio, clorita e biotita, com orientação das duas últimas. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-24. C: Associação mineralógica com destaque para ocorrência de carbonato como mineral traço. Com analisador. Aumento de 100x. Amostra MV-24. D: Associação mineralógica com destaque para ocorrência de magnetita como mineral traço. Com analisador. Aumento de 100x. Amostra MV20-B.

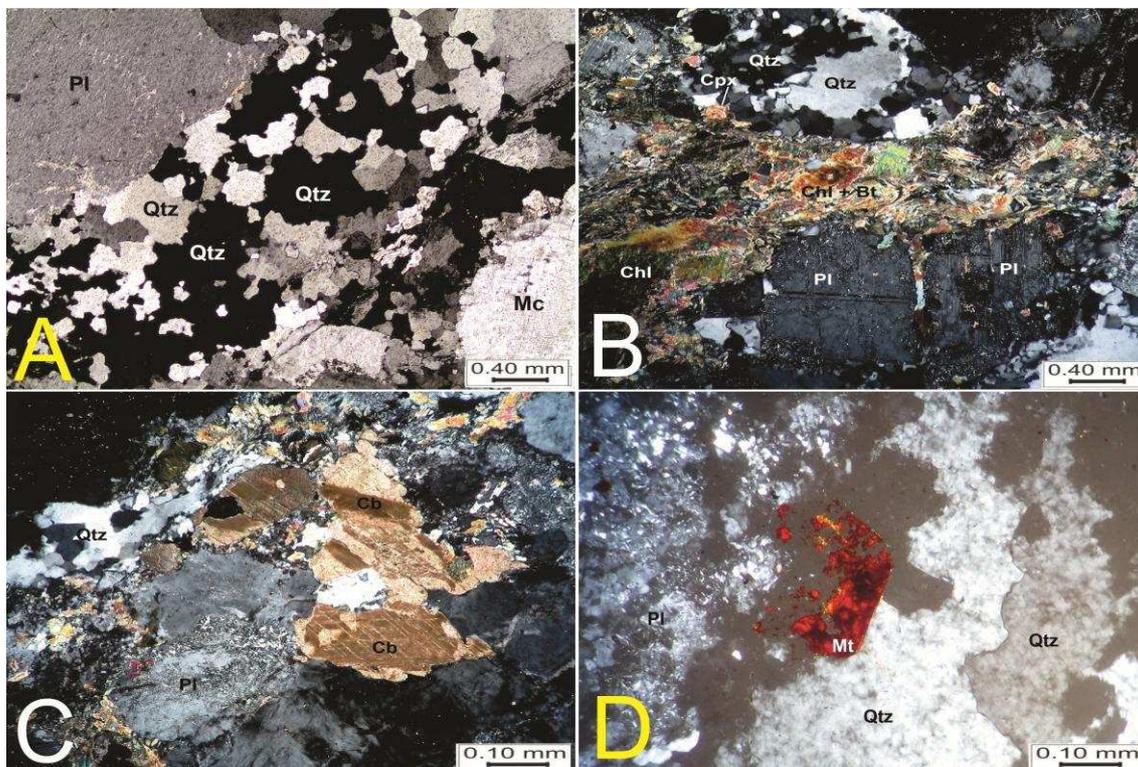


Figura 4.3 - Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.

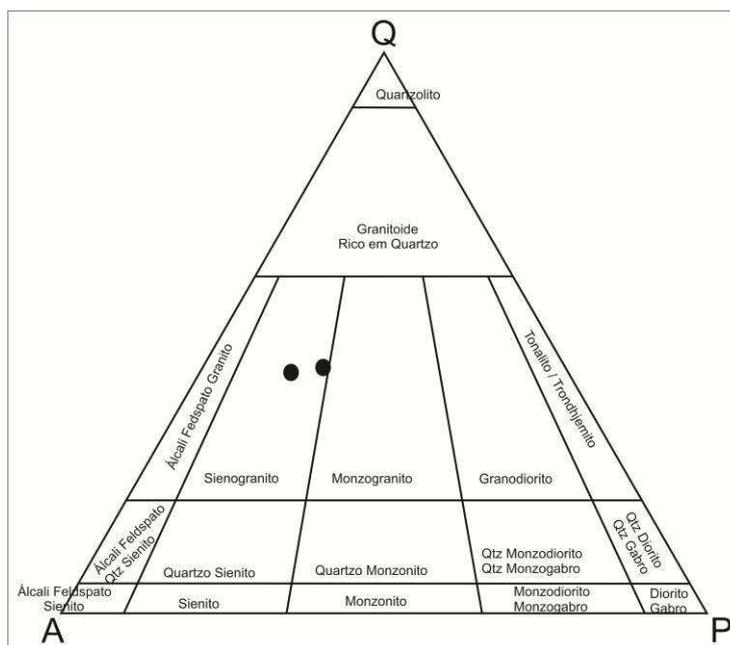


Tabela 4.3 - Composição modal das amostras da porção félsica da unidade APPg2.

Amostra	Classificação Petrográfica (Q-A-P)	Minerais (%)												
		Qtz	Fsp	Pl	Mc	Chl	Msc	Bt	Hbl	En	Mt	Cb	Spn	Op
MV-20B	Muscovita Sienogranito	30	15	10	15	8	10	5	2	-	tr	-	-	5
MV-24	Biotita Clorita Sienogranito	35	20	15	10	10	3	5	-	tr	-	tr	tr	2

4.2.2.2 Dique Máfico

Na lâmina proveniente do dique máfico, de textura inequigranular, nematoblástica e lepidoblástica, com orientação da clorita; foram identificados hornblenda verde (55%), quartzo (15%), plagioclásio (14%), clorita (12%), piroxênios (3%) e opacos (1%), além da magnetita como elemento traço (Prancha 4.6) (Tabela 4.4), classificado de acordo com Streckeisen (1976) como um hornblenda gabro (Figura 4.4) e, texturalmente, como um meta-hornblenda gabro.

O quartzo apresenta-se subidioblástico, com extinção contínua a ondulante e contato do tipo curvo com demais minerais da lâmina. O plagioclásio, variando de oligoclásio a andesina (An = 25% a 35%; Método Michel Levy; KERR, 1959), encontra-se subidioblástico com contatos reto e curvo com quartzo, hornblenda e clorita. A clorita se apresenta subidioblástica, como produto do processo de cloritização da hornblenda. A hornblenda, na cor verde, é subidioblástica e com contatos retos e curvos com os demais minerais da rocha; e, por fim os piroxênios, subidioblásticos e com contatos retos e curvos com demais minerais da rocha, principalmente a hornblenda verde. Observou-se ainda, como elemento traço, a presença da magnetita, inclusa nos grãos de hornblenda.

Tabela 4.4 - Composição modal da amostra do dique máfico da unidade APPg2.

Amostra	Classificação Petrográfica (Pl-Px-Hbl)	Minerais (%)							
		Hbl	Qtz	Pl	Chl	Py	Mt	Op	
MV-20A	Hornblenda Gabro	55	15	14	12	3	TR	1	

Prancha 4.6 – A: Aspecto geral da textura nematoblástica e inequigranular, com ocorrência de hornblenda e piroxênios (clino e orto). Sem analisador. Aumento de 40X. B: Mesmo campo fotografado que o anterior. Com analisador. Aumento de 40X. C: Aspecto geral da textura lepidoblástica, com orientação da clorita. Sem analisador. Aumento de 40X. D: Mesmo campo fotografado que o anterior. Com analisador. Aumento de 40X. Amostra MV-20A.

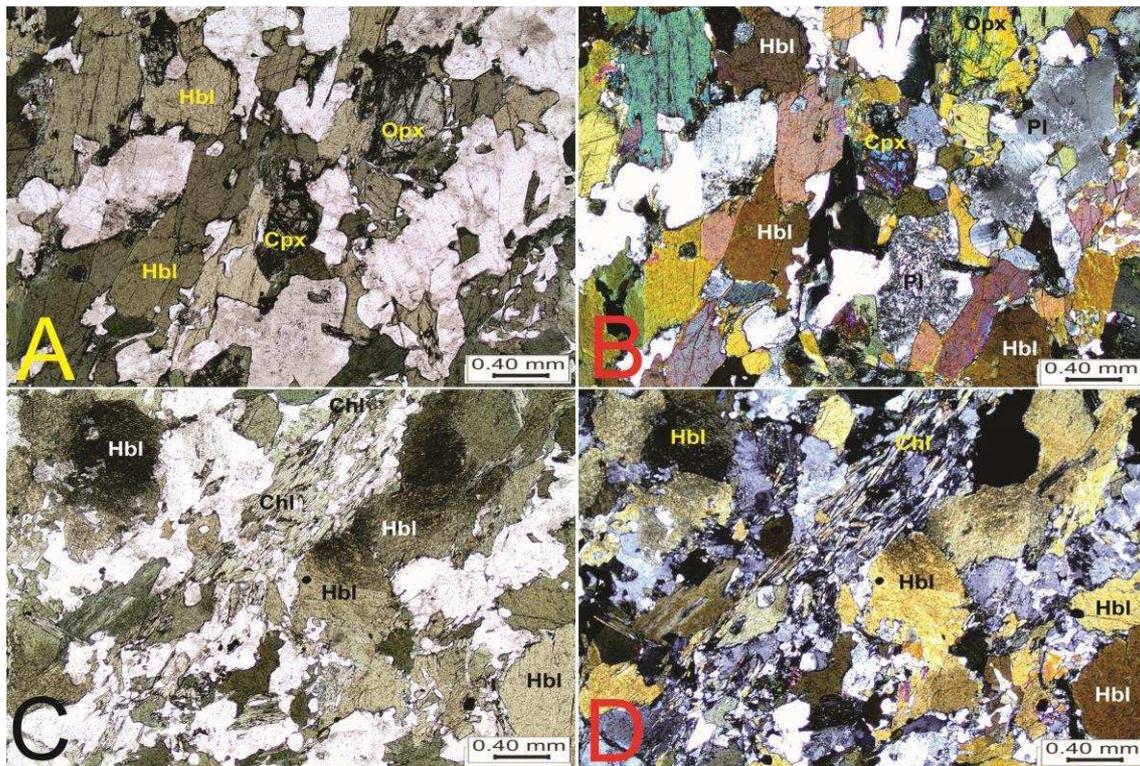
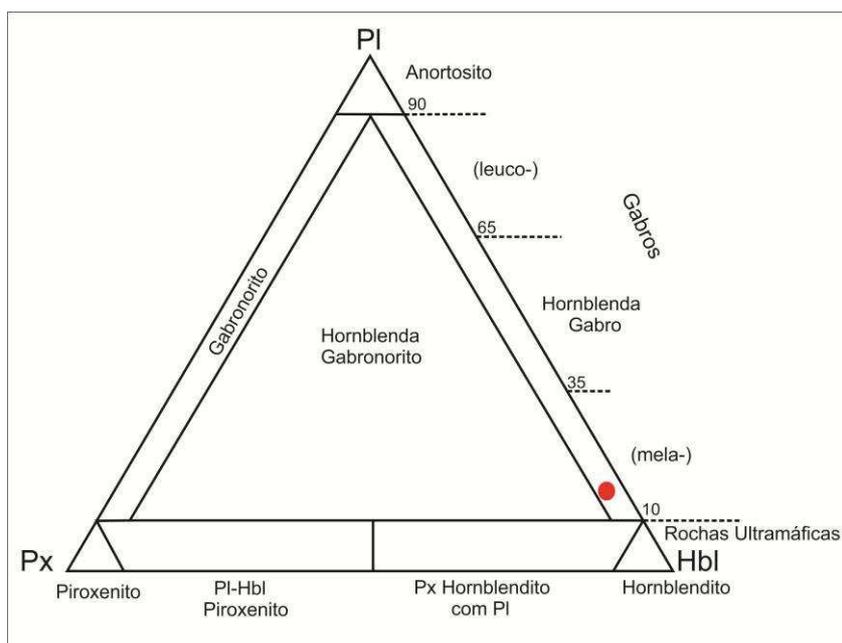


Figura 4.4 - Diagrama Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976) para as amostras do dique máfico da unidade APPg2.



4.3 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg3)

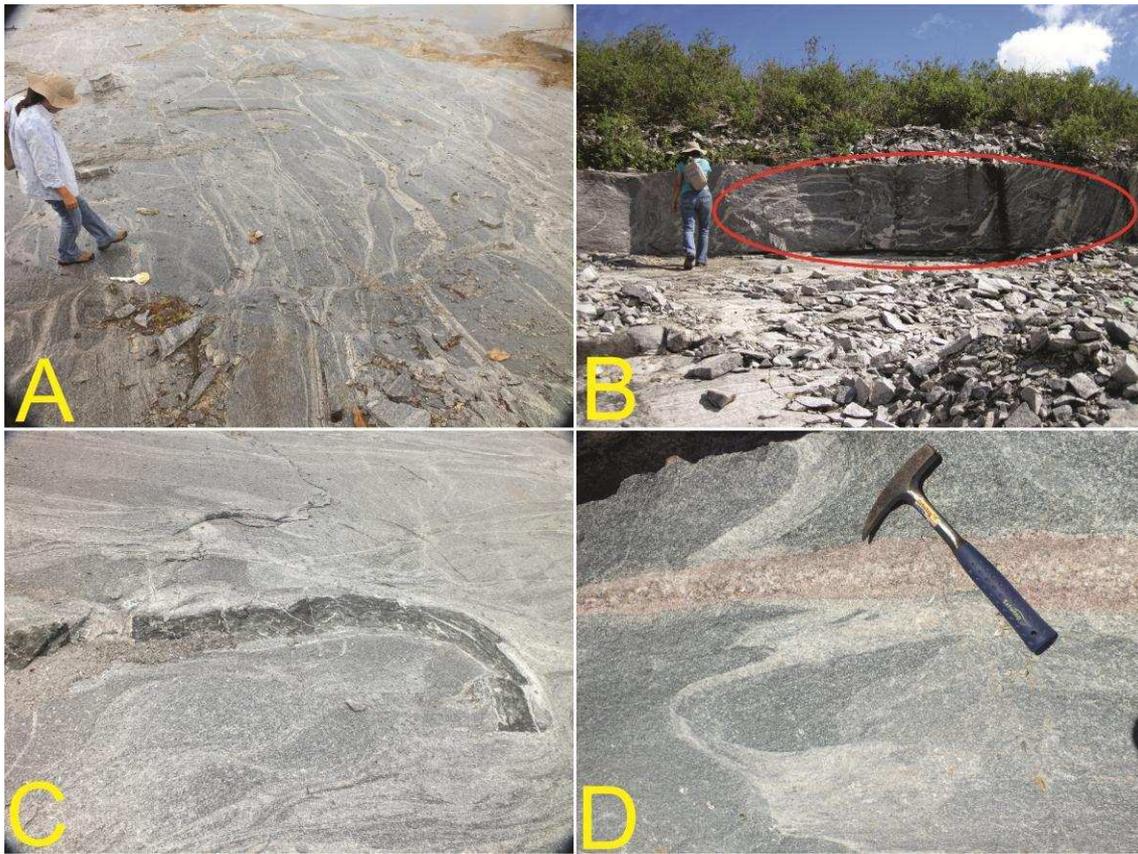
4.3.1 Aspectos Macroscópicos

Essa unidade foi identificada no extremo oeste da área de estudo, em contato com a unidade APPg1 (Figura 2.1). Seus melhores afloramentos encontram-se em pedreiras em atividade de exploração para produção de brita, rochas para calçamento e construção civil, nas proximidades da cidade de Tomar do Geru, estado de Sergipe (Prancha 4.7 A e B).

É constituída de ortognaisses migmatíticos, de composição granítica, foliação predominante variando de N190 a N240 e mergulho para W-NW. É possível observar feições migmatizadas bem evidenciadas em diversos estágios de fusão parcial, desde metatexitos com bandamento bem marcado a diatexitos nebulíticos (Prancha 4.7 A e B). Hierarquizou-se as porções migmatizadas, sendo o mesossoma uma rocha gnáissica com biotita, de coloração acinzentada, foliação bem marcada e granulometria média; e o neossoma sendo representado pela fase melanossomática, rica em biotita, além da ocorrência de bolsões leucossomáticos, pegmatóides, compostos basicamente por quartzo e feldspato (Prancha 4.7D). Ocorre, ainda, uma porção mais homogênea, sugerindo tratar-se do protólito da rocha.

Há, ainda, a ocorrência de pequenos encraves máficos, na direção do bandamento gnáissico, com espessuras em torno de 70 cm e comprimentos variáveis (Prancha 4.7C).

Prancha 4.7 - A: Visão geral do afloramento. Ponto AMC-01 / B: Porções migmatizadas. Ponto AMC-01 / C: Enclave máfico. Ponto AMC-02 / D: Veios leucossomáticos e pegmatóides. Ponto AMC-02.



4.3.2 Aspectos Petrográficos

Para o estudo petrográfico dessa unidade foram descritas 21 lâminas, sendo 18 provenientes da porção félsica, correspondente à banda gnáissica; e 3 dos enclaves máficos.

4.3.2.1 Porção Félsica

De forma geral são rochas com textura inequigranular e granoblástica granular, ocorrendo, ainda, em menores proporções as texturas granoblástica poligonal, poiquiloblástica tipo peneira e lepidoblástica. Bastante observada também a textura mirmequítica, com intercrescimento de quartzo e plagioclásio, indicativa de alto grau de metamorfismo, além da textura pertítica, com a presença de lamelas de albita intercrescidas no microclínio.

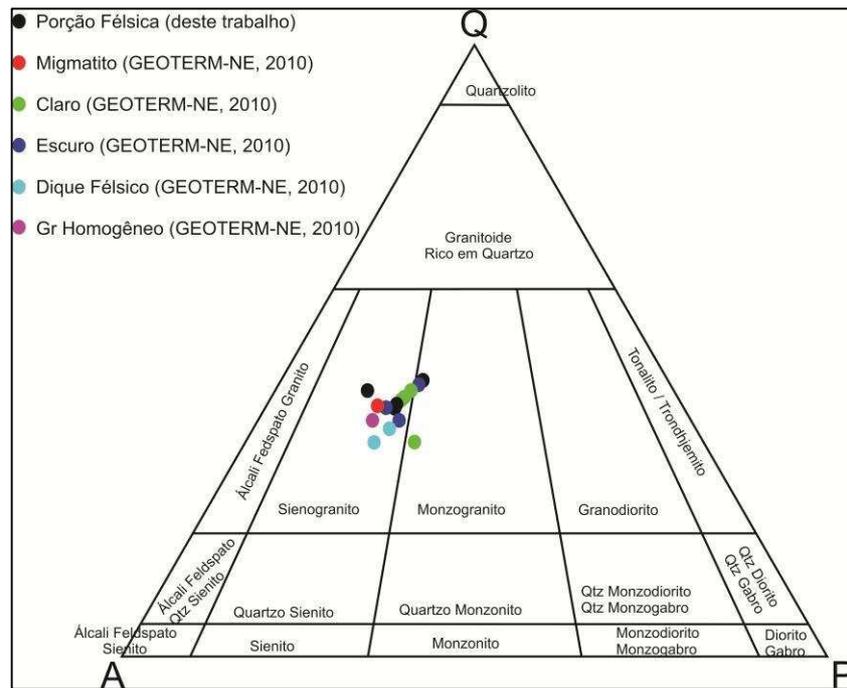
Em relação aos constituintes mineralógicos das amostras provenientes dessa porção, observou-se não haver diferenças significativas, a não ser pela maior ou menor quantidade de micas presentes (Prancha 4.8 A, B, C, D, E e F), demonstrado na tabela 4.5. No diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976), da figura 4.5, a classificação varia de monzogranito a sienogranito, o que permitiu agrupar todas como amostras da porção félsica.

Seus constituintes mineralógicos são quartzo (30-35%), feldspato (20-25%), plagioclásio (12-20%), microclínio (7-15%), biotita (3-15%), muscovita (3-9%), clorita (2-10%), magnetita (1%), hematita (1%) e opacos (2-5%), além do zircão como elemento traço (Prancha 4.8 A, B, C, D, E e F).

O quartzo é xenoblástico a subidioblástico, com extinção paralela e ondulante, além de apresentar contatos retos, curvos e interlobados com demais minerais da rocha. O plagioclásio é xenoblástico, com contatos retos e curvos com demais minerais da rocha e geminação dos tipos albita e albita-Carlsbad. É comum a ocorrência de processos de alteração (saussuritização e sericitização), dando origem a minerais secundários, como epidoto e sericita como acessórios. Ocorre ainda associado ao feldspato potássico, na forma de pertitas/mesopertitas. O microclínio é idioblástico a subidioblástico, com contatos retos com demais minerais da rocha e geminação do tipo *tartan*. A biotita é subidioblástica, de maneira geral orientada, apresentando contatos irregulares com demais minerais da rocha e extinção dos tipos reta e olho de pássaro. A muscovita é xenoblástica, com contatos irregulares com os demais minerais da rocha. Os minerais magnetita, hematita e martita ocorrem de maneira dispersa nessas rochas. A magnetita é idioblástica a subidioblástica e a hematita com hábitos alongados, ambas encontradas inclusas nos grãos de quartzo, plagioclásio e microclínio ou em contato com outros minerais. Como produto da alteração intempérica desses minerais (martitização), há a ocorrência também do mineral martita, sempre associado à magnetita e à hematita (Prancha 4.8D).

Como acessório, o zircão, euédrico a subédrico, encontra-se incluso em quartzo e plagioclásio.

Figura 4.5 - Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as amostras da porção félsica da unidade APPg3.



Prancha 4.8 – Fotomicrografias das diferentes porções amostradas, evidenciando as semelhanças mineralógicas entre elas, no que diz respeito à composição e textura. A: Amostra MV-06. Com analisador. Aumento de 40x. B: Amostra GeSe 014. Com analisador. Aumento de 40x. C: Amostra GeSe 032A1. Com analisador. Aumento de 40x. D: Amostra GeSe 034A1. Com analisador. Aumento de 40x. E: Amostra GeSe 034E. Com analisador. Aumento de 40x. F: Amostra GeSe 035. Com analisador. Aumento de 40x.

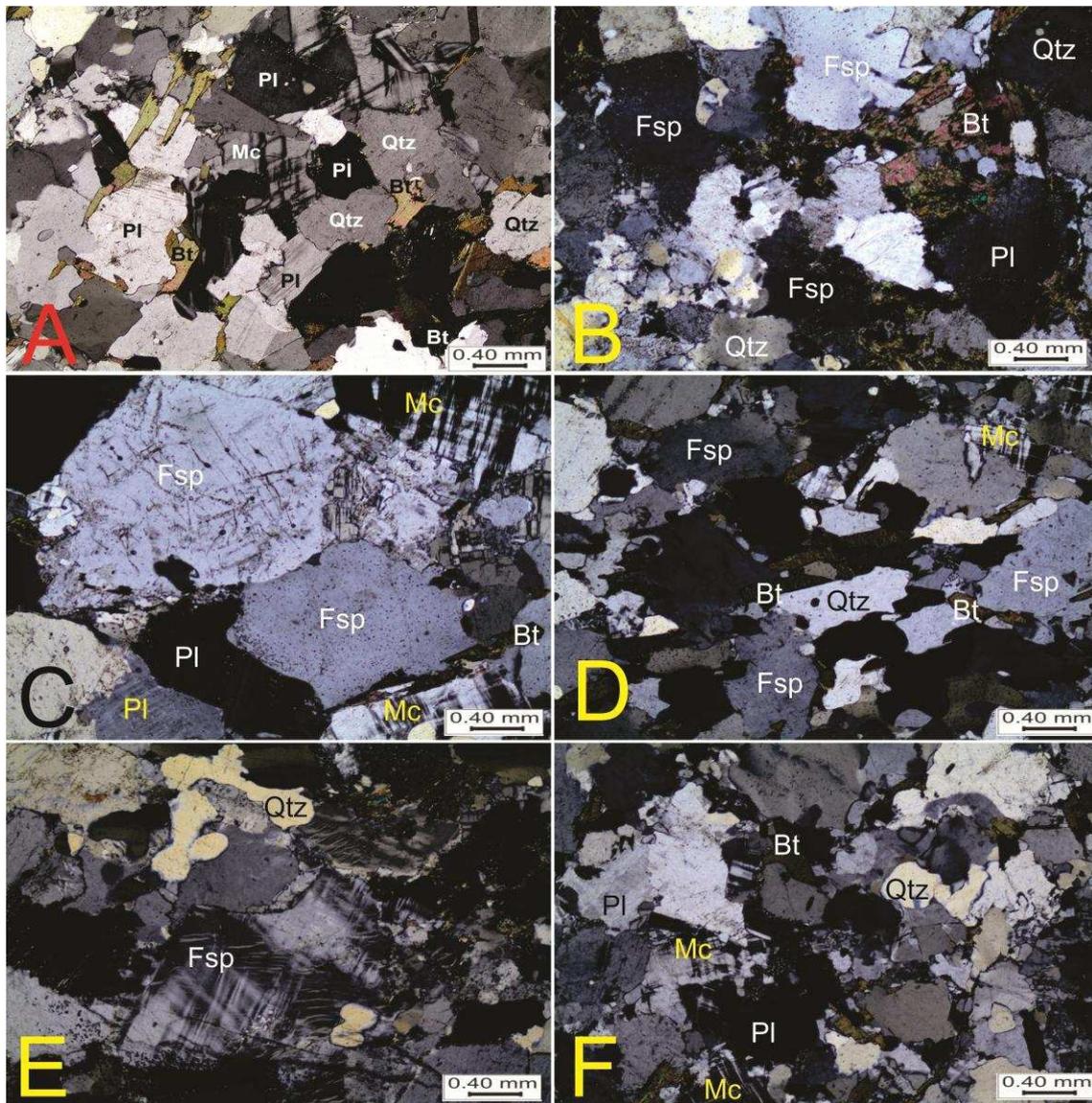


Tabela 4.5 - Composição modal das amostras da porção félsica da unidade APPg3.

Amostra	Tipo litológico (GEOTERM- NE,2010)	Classificação Petrográfica (Q-A-P)	Minerais (%)												
			Qtz	Fsp	Pl	Mc	Bt	Msc	Chl	Mt	Hem	Zr	Op		
MV-02	-	Sienogranito	30	20	13	10	10	9	5	-	-	tr	3		
MV-03	-	Sienogranito	35	25	15	10	10	5	-	-	tr	-			
MV-04	-	Sienogranito	35	25	15	8	10	5	-	-	tr	2			
MV-06	-	Monzogranito	35	20	15	7	15	5	-	-	tr	3			
MV-07	-	Sienogranito	35	20	10	15	3	5	10	-	-	2			
MV-08	-	Sienogranito	35	20	10	15	10	3	2	1	-	3			
GeSe 014	Migmatito	Sienogranito	35	25	15	7	8	5	3	-	-	2			
GeSe 032A	Claro	Sienogranito	35	20	15	12	10	5	-	-	tr	3			
GeSe 032A1	Claro	Monzogranito	30	25	20	10	10	3	-	-	tr	2			
GeSe 032B1	Escuro	Sienogranito	30	20	15	12	10	8	-	-	tr	5			
GeSe 033A	Claro	Sienogranito	35	25	15	8	10	5	-	-	tr	2			
GeSe 033C	Dique félsico	Sienogranito	30	25	15	10	15	3	-	-	-	2			
GeSe 034A	Escuro	Sienogranito	30	20	12	11	15	9	-	-	tr	3			
GeSe 034A1	Escuro	Monzogranito	35	20	15	8	15	5	-	-	-	2			
GeSe 034C	Claro	Sienogranito	35	20	15	10	10	5	2	-	-	3			
GeSe 034E	Dique félsico	Sienogranito	30	25	15	15	10	3	-	-	-	2			
GeSe 035	Gr Homogéneo	Sienogranito	30	20	12	15	10	8	2	-	tr	3			
GeSe 048	Migmatito	Sienogranito	35	25	13	12	10	3	-	-	-	2			

4.3.2.2 Encraves Máficos

As lâminas provenientes dos encraves máficos apresentam texturas inequigranular, granoblástica e poiquiloblástica tipo peneira (Plancha 4.9 A, B, C e D). Os constituintes mineralógicos são a hornblenda verde (50-55%), enstatita (10-15%), esfeno (6-8%), biotita (7-9%), clorita (6-8%), quartzo (5-8%), plagioclásio (3-5%) e opacos (2%), além do zircão como elemento traço (Tabela 4.6), classificadas como rochas ultramáficas (piroxênio hornblendito com plagioclásio), de acordo com Streckeisen (1976) (Figura 4.6).

Figura 4.6 - Diagrama Px-PI-Hbl (STRECKEISEN, 1976) para as amostras dos encraves máficos da unidade APPg3.

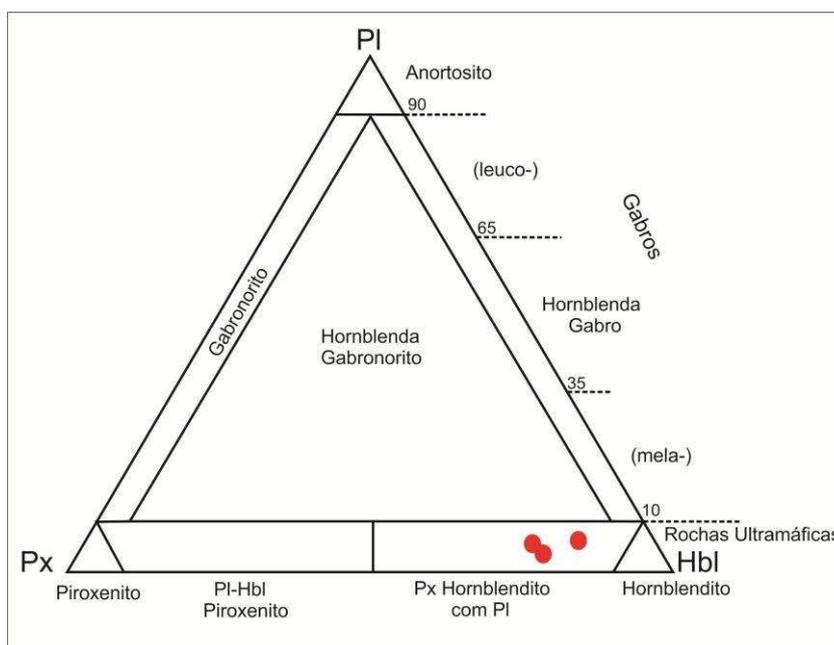
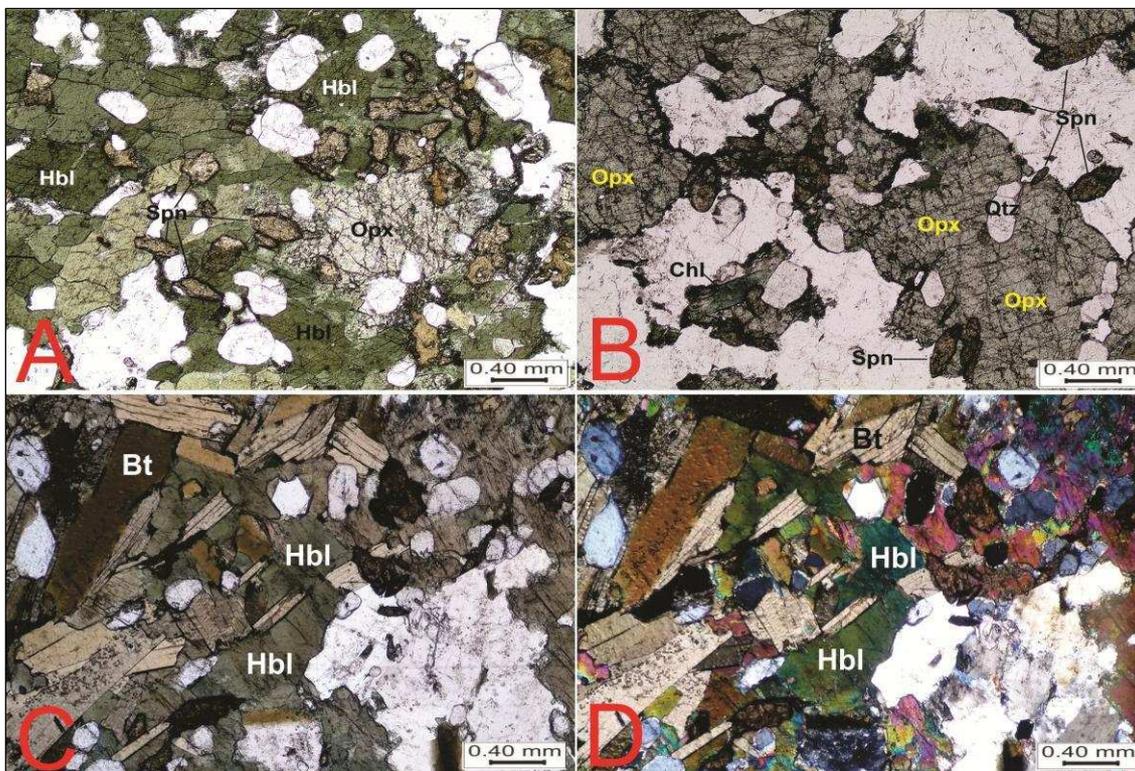


Tabela 4.6 - Composição modal das amostras dos encraves máficos da unidade APPg3.

Amostra	Classificação Petrográfica (PI-Px-Hbl)	Minerais (%)								Zr	Op
		Hbl	En	Spn	Bt	Chl	Qtz	Pl			
MV-01	Piroxênio Hornblendito com Plagioclásio	50	12	8	9	8	5	6	tr	2	
MV-05	Piroxênio Hornblendito com Plagioclásio	55	7	6	6	8	8	8	tr	2	
GeSe 034D	Piroxênio Hornblendito com Plagioclásio	50	12	8	7	6	8	4	-	2	

Prancha 4.9 - Fotomicrografias com associações mineralógicas e aspectos texturas dos encraves máficos da unidade APPg3 A, B e C: Sem analisador, aumento de 40x. B e D: Com analisador, aumento de 40x. A e B: Amostra MV-01. C e D: Amostra GeSe 034D.



O quartzo é subidioblástico, com extinção do tipo paralela, em contato reto e curvo com hornblenda, plagioclásio, ortopiroxênio e esfero. A biotita apresenta-se xenoblástica, dispersa na rocha, na forma de pequenas lamelas com contato difuso com hornblenda e quartzo. O plagioclásio, classificado como oligoclásio ($An = 20\%$; Método Michel Levy; KERR, 1959.) é subidioblástico, encontrado em tamanhos diminutos, também de maneira dispersa, em contato reto e curvo com quartzo, hornblenda e biotita. A hornblenda verde é subidioblástica a xenoblástica, com hábito lamelar, com contatos retos e curvos com os demais minerais da rocha; a enstatita é idioblástica a subidioblástica, com contatos retos e curvos com demais minerais da rocha, principalmente a hornblenda; o esfero, subidioblástico, incluso preferencialmente nos grãos de hornblenda; a clorita, como produto da alteração das hornblendas e biotitas, sendo xenoblástica, com contatos retos e curvos com os demais minerais; além do zircão como mineral acessório, euédrico a subédrico, incluso no quartzo ou plagioclásio.

CAPÍTULO 5 – LITOGEOQUÍMICA

Neste capítulo será realizada a caracterização geoquímica relacionada às diferentes unidades das rochas gnáissicas-migmatíticas e dos enclaves máficos identificados neste trabalho. As assinaturas geoquímicas levam em consideração os dados analíticos referentes aos elementos maiores, traço e terras raras, diagramas de classificação e nomenclatura, diagramas binários, ternários e multielementares, que permitiram interpretar o comportamento geoquímico de cada unidade e, conseqüentemente, identificar a série ou séries magmáticas e o provável ambiente em que se originaram.

5.1 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO-GRANODIORÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg1)

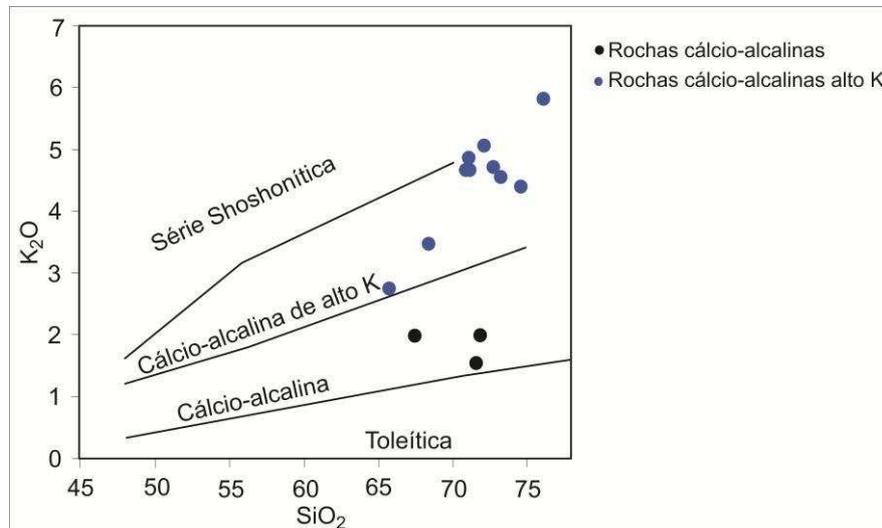
Nesse grupo foram analisadas 15 amostras, cujas análises estão listadas na tabela 5.1, referente à porção félsica.

5.1.1 Elementos Maiores

Essas rochas apresentam teor de SiO_2 variando de 65,68% a 78,61%, Na_2O entre 2,59% e 4,99% e Al_2O_3 de 11,11% a 18,42%.

A partir do diagrama de Peccerillo e Taylor (1976) (Figura 5.1A), observa-se a presença de duas séries, a primeira cálcio-alcálica e a segunda cálcio-alcálica de alto K. Todas classificadas como peraluminosas a fracamente metaluminosas, com A/CNK variando de 0,9 a 1,2, com apenas uma amostra apresentando valor maior que 1,4. Nesse mesmo diagrama, observa-se ainda uma tendência de transição das rochas da série cálcio-alcálica de alto K para a série shoshonítica, sugestivo de ocorrência de fusão parcial dessas rochas e, a partir da observável dissipação das amostras, pode-se inferir a ocorrência incipiente de cristalização fracionada no processo de formação dessas rochas.

Figura 5.1 - Diagrama SiO_2 versus K_2O proposto por Peccerillo e Taylor (1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1.



Analisando o diagrama ternário de O'Connor (1965), observa-se que as rochas cálcio-alcálicas plotam no campo dos granodioritos; enquanto que as rochas cálcio-alcálicas de alto K ocupam o campo dos granitos (Figura 5.2).

A partir do diagrama Na-K-Ca de Barker e Arth (1976) com a inserção do campo composicional dos TTG's arqueanos de Martin (1994), observa-se que as rochas dos dois tipos acompanham o *trend* cálcio-alcálico (Figura 5.3).

A partir dos diagramas para os elementos maiores (HARKER, 1909), observa-se a existência de correlação negativa para TiO_2 , Al_2O_3 , CaO e Na_2O . Esse comportamento do Al_2O_3 pode estar relacionado com uma cristalização precoce e possivelmente simultânea de fenocristais de K-feldspato e plagioclásio, este cada vez mais pobre em Ca, o qual também apresenta correlação negativa (Figura 5.4).

Figura 5.2 - Diagrama ternário Ab-An-Or, proposto por O'Connor (1965), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. Símbolos como na figura 5.1.

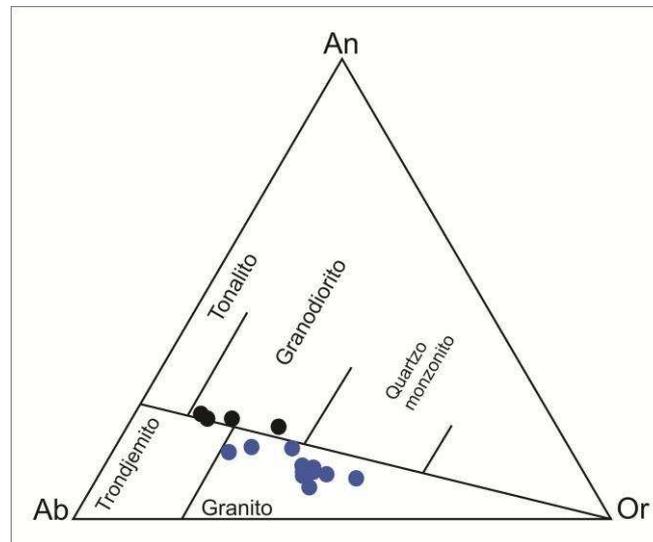
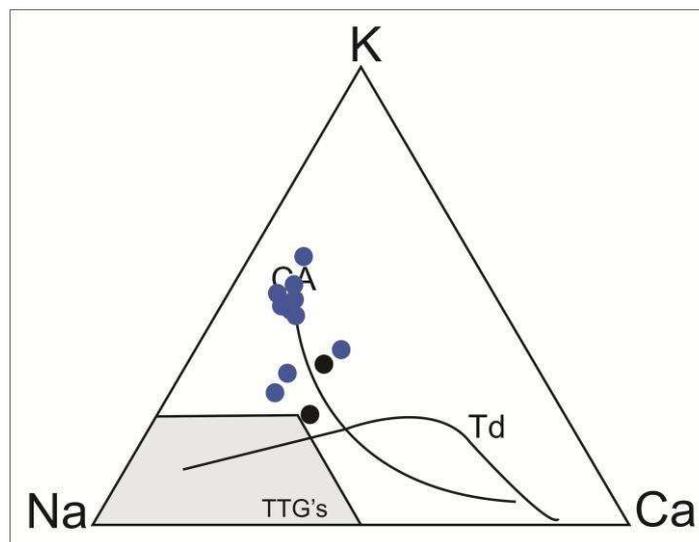


Figura 5.3 - Diagrama Na-K-Ca (BARKER e ARTH, 1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1, com campo cinza referente aos TTG's, CA: *trend* cálcio-alcalino. Td: *trend* trondjemítico. Símbolos como na figura 5.1.



5.1.2 Elementos Traço

O espectro mostrado na figura 5.5A, das rochas da série cálcio-alcalina mostra enriquecimento em LILE (*Large Ion Litophile Elements*) e empobrecimento em HFSE (*High Field Strength Elements*), além de anomalias negativas em Ta, Nb e P. O espectro apresentado na figura 5.5B, da série cálcio-

alcalina de alto K, mostra padrões de enriquecimento em LILE e empobrecimento em HFSE, com exceção de uma amostra, a qual apresenta forte empobrecimento em Cs. Nota-se, ainda, fortes anomalias negativas de Ta, Nb, Sr, P e Ti; e positivas de U. Essas anomalias negativas de Ta, Nb e P, mais acentuadas que o espectro da figura 5.5A (série cálcio-alcalina) sugerem uma diferenciação mais proeminente das rochas cálcio-alcalinas de alto K. Além disso, é possível observar semelhanças entre os espectros da série cálcio-alcalina e da série cálcio-alcalina de alto K, o que pode inferir que as rochas cálcio-alcalinas de alto K seriam oriundas de alta taxa de fusão parcial das rochas cálcio-alcalinas, herdando características destas após a fusão.

Figura 5.4 - Diagramas de variação química para os elementos maiores (HARKER, 1909), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. Símbolos como na figura 5.1.

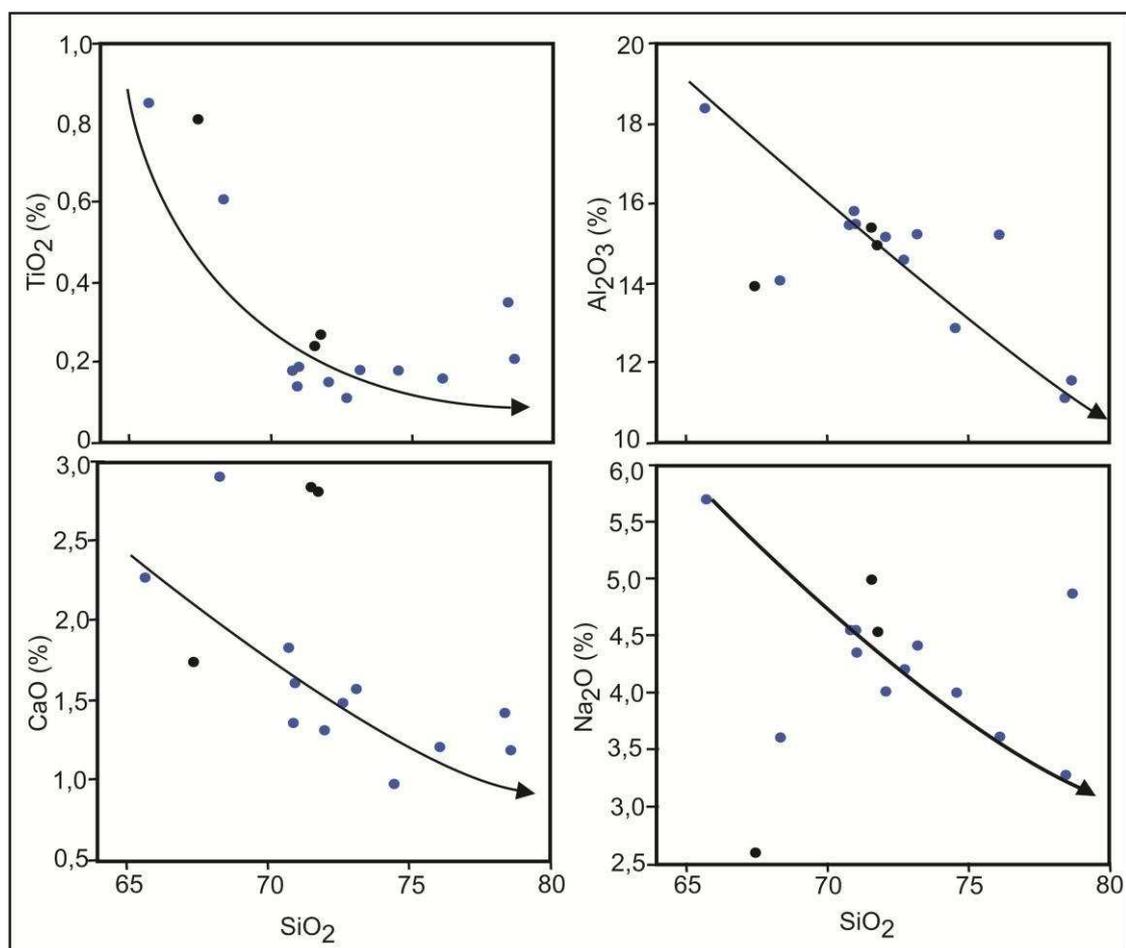
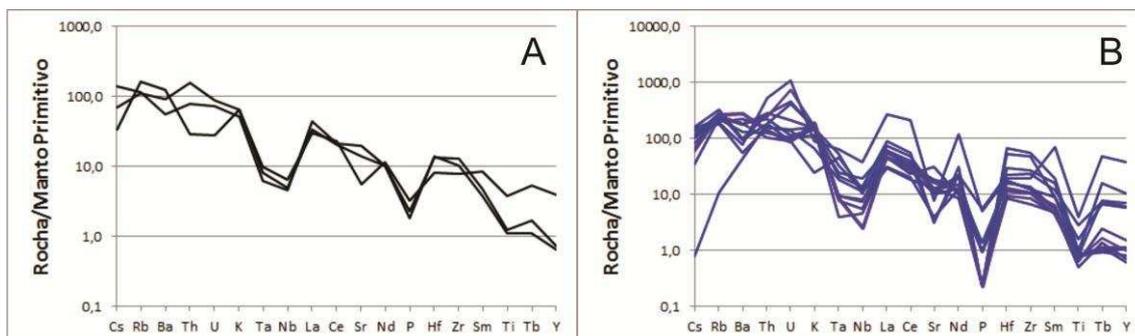


Figura 5.5 – Diagramas multielementares dos elementos traço normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. A: Rochas cálcio-alcálicas. B: Rochas cálcio-alcálicas alto K.

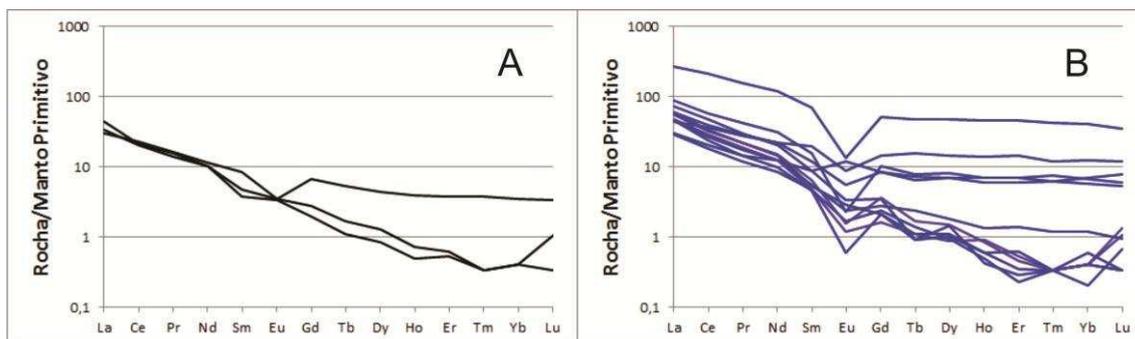


5.1.3 Elementos Terras Raras

Analisando os espectros das figuras 5.6A e 5.6B, observa-se que ambos apresentam enriquecimento em ETRL (Elementos Terras Raras Leves) e empobrecimento em ETRP (Elementos Terras Raras Pesados), além de anomalia negativa de Eu, evidenciando a acumulação de plagioclásio, sendo este mineral importante na fase residual do processo de fusão parcial dessas rochas.

O espectro da figura 5.6A, referente à série cálcio-alcálica apresenta forte harmonia nos ETRL, porém nos ETRP observa-se um maior fracionamento, com concavidade sugestiva de rochas das sequências TTG's. O espectro da figura 5.6B, da série cálcio-alcálica de alto K, é o que apresenta as maiores anomalias negativas de Eu, evidenciando a maior importância do plagioclásio como fase residual durante a fusão dessas rochas. Observa-se ainda que algumas amostras apresentam enriquecimento em ETRP, sugerindo a existência de um líquido cálcio-alcálico rico em K, pós-colisional.

Figura 5.6 – Diagramas multielementares dos elementos terras raras normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. A: Rochas cálcio-alcálinas. B: Rochas cálcio-alcálinas de alto K.



5.1.4 Ambiência Tectônica

Nota-se, a partir do diagrama binário de Pearce et al. (1984), que algumas amostras caem no campo pós-colisional, enquanto que as demais caem na transição entre os ambientes sin-colisionais e de arco vulcânico (Figura 5.7). Essa tendência ao campo sin-colisional pode ser sugestivo na sua natureza mais próxima aos migmatitos.

Figura 5.7 – Diagrama geotectônico de Pearce et al. (1984), para as amostras da porção félsica da unidade APPg1. Símbolos como na figura 5.1.

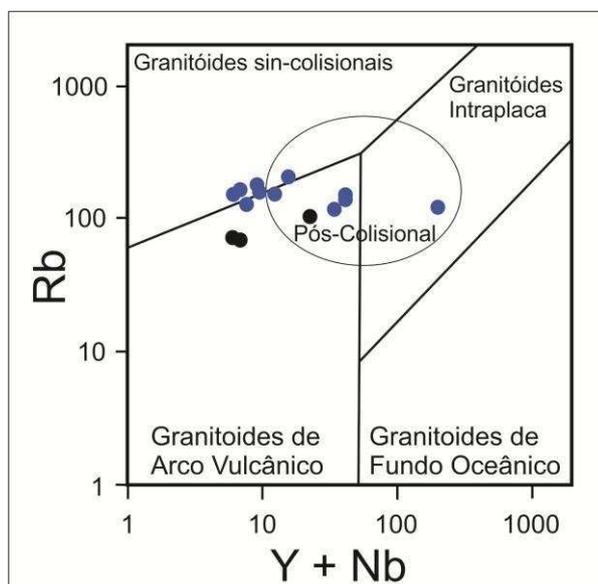


Tabela 5.1 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) da porção félsica da unidade APPg1.

Amostra	MV-10	MV-11	MV-12	MV-13	MV-16B	MV-17	GeSe 011	GeSe 012-A	GeSe 056	GeSe 059	GeSe 062	GeSe 077	GeSe 078-B	GeSe 092	GeSe 118
SiO2	73,14	67,43	65,68	78,61	76,05	78,39	72,67	71,01	71,76	74,51	71,55	72,04	68,3	70,77	70,93
TiO2	0,18	0,81	0,85	0,21	0,16	0,35	0,11	0,19	0,27	0,18	0,24	0,15	0,61	0,18	0,14
Al2O3	15,25	13,93	18,42	11,55	15,23	11,11	14,6	15,5	14,96	12,87	15,39	15,17	14,08	15,47	15,82
Fe2O3T	2,76	13,95	7,25	4,43	1,01	5,65	1,79	1,78	2,61	2,79	2,52	1,68	5,66	1,93	1,84
MnO	0,005	0,06	0,01	0,005	0,005	0,005	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03	0,03	0,11	0,03	0,03
MgO	0,28	2,99	2,71	0,09	0,2	1,14	0,26	0,25	0,64	0,06	0,56	0,2	0,63	0,66	0,17
CaO	1,57	1,73	2,27	1,18	1,2	1,42	1,48	1,61	2,81	0,97	2,84	1,31	2,9	1,83	1,35
Na2O	4,41	2,59	5,7	4,87	3,61	3,28	4,2	4,35	4,53	4	4,99	4,01	3,61	4,55	4,55
K2O	4,55	1,99	2,75	0,75	5,81	2	4,71	4,86	1,99	4,39	1,55	5,05	3,47	4,65	4,65
P2O5	0,02	0,07	0,11	0,005	0,005	0,005	0,005	0,03	0,05	0,005	0,04	0,005	0,12	0,02	0,02
Cr2O3	0,005	0,03	0,02	0,01	0,005	0,005	0,001	-	0,001	0,001	0,001	-	-	-	0,001
LOI	0,39	0,97	0,6	0,41	0,35	0,78	0,14	0,38	0,33	0,19	0,27	0,37	0,29	0,49	0,49
Total	101,26	103,12	103,32	101,28	103,41	102,63	102,13	102,41	99,05	100,54	100,54	100,13	99,89	99,96	98,37
Cs	2,65	1,09	4,46	0,025	2,15	3,84	3,69	3,36	2,21	1,09	4,51	1,82	4,82	3,33	5,04
Rb	154,4	104,2	122,1	6,9	165,9	119,3	180,9	127	69,8	145,8	73,5	161	141	157,1	211
Ba	1245	857	540	304	1959	386	646	1529	641	1280	384	1314	936	1302	683
Th	23,8	2,5	46,1	15,3	11,9	13,4	15,4	13,6	13,1	19,3	6,7	20,5	10,6	8,9	23
U	4,51	0,58	23,22	1,92	1,81	2,88	8,83	3,06	1,83	2,45	1,52	15,31	2,2	1,9	9,75
Nb	7,37	4,57	26,82	8,83	1,75	8,14	5,85	3,93	3,56	9,6	3,27	5,27	13,95	3,29	8,6
Ta	2,21	0,41	2,67	1,85	0,36	0,76	0,38	0,32	0,34	0,85	0,26	0,38	1	0,16	1,37
La	50,9	20,4	187,6	30,5	32,6	21	20,2	38,7	23,5	60,3	30,6	41,9	41,6	31,4	31
Ce	85,3	40,2	376,2	64,4	51,2	36,1	32,1	57,4	36	100,8	38	60,8	69,5	41,8	47,5
Pr	8,47	4,5	43,14	7,83	5,19	4,05	3,34	6,06	3,9	11,63	4,25	6,18	7,95	3,95	4,77
Sr	262	118	165	71	339	85	279,8	380	292,4	64,5	413,2	257,5	226,1	658,3	216
Nd	27,4	15,8	162	30,2	16,9	16,9	11,5	20	13,8	41,9	14,1	20,5	29,8	13,2	16,7
Sm	3,9	3,8	30,7	8,7	2,1	3,9	2,1	2,4	2,1	7	1,7	2,9	5,4	2	2,5
Zr	140	88,1	218	619	116	531	75,6	154,9	142,2	304	117,2	121	256,3	95,1	141,6
Hf	5,36	2,5	6,01	20,59	3,62	16,19	2,63	4,91	4,18	9,14	4,27	4	6,86	2,93	5,5
Eu	0,57	0,58	2,25	1,49	0,2	1,98	0,28	0,48	0,6	0,39	0,57	0,26	0,92	0,1	0,4
Gd	2,05	3,95	31,11	8,81	0,97	4,99	1,4	1,25	1,67	6,1	1,16	2,14	5,09	1,28	1,63
Tb	0,1	0,58	5,21	1,68	0,12	0,71	0,15	0,1	0,18	0,85	0,12	0,18	0,79	0,12	0,26
Dy	1,08	3,31	35,22	10,5	0,64	5,16	0,7	0,77	0,94	5,92	0,63	1,09	5,13	0,83	1,34
Y	5	18	175	48	5	27	3,27	3,74	3,35	31,56	2,92	4,38	27,63	2,77	6,91
Ho	0,07	0,64	7,44	2,3	0,15	1,16	0,08	0,1	0,12	1,13	0,08	0,14	0,98	0,1	0,22
Er	0,14	1,8	22,41	7,03	0,26	3,37	0,11	0,3	0,3	3,38	0,26	0,22	2,91	0,17	0,68
Tm	0,025	0,28	3,12	0,88	0,025	0,46	0,025	0,025	0,025	0,55	0,025	0,025	0,46	0,025	0,09
Yb	0,1	1,7	20,1	6,2	0,2	3,5	0,2	0,3	0,2	3,3	0,2	0,2	2,8	0,2	0,6
Lu	0,05	0,25	2,58	0,87	0,08	0,59	0,025	0,025	0,025	0,45	0,08	0,1	0,39	0,025	0,07

5.2 ORTOGNAISSE GRANÍTICO COM DIQUES MÁFICOS (APPg2)

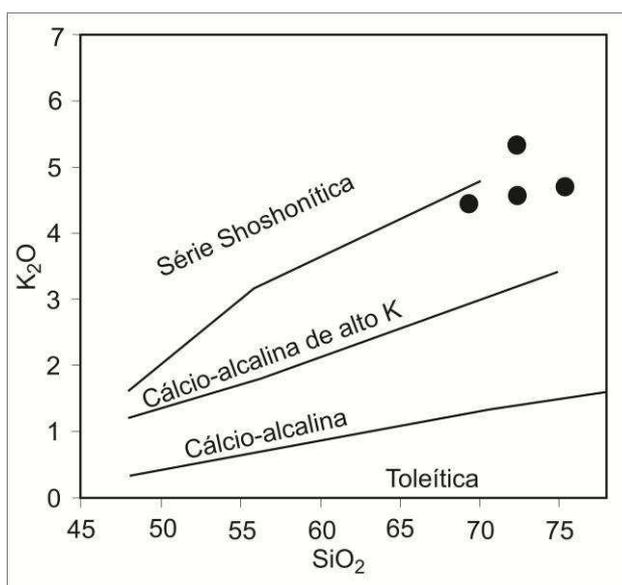
Foram analisadas 4 amostras dessa unidade, listadas na tabela 5.2, todas referentes à porção félsica e, a escassez de dados se dá em virtude da pouca quantidade de bons afloramentos na área de estudo, uma vez que a grande maioria destes apresentam-se bastante intemperizados.

5.2.1 Elementos Maiores

As rochas dessa unidade apresentam teores de SiO_2 variando de 69,20% a 75,24%, sendo todas classificadas como ácidas. Apresentam ainda Na_2O variando de 2,73% a 3,77 e Al_2O_3 entre 11,29% e 14,44% e CaO entre 1,18% e 2,31%, ou seja, fortemente aluminosas e cálcicas, além de razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ maior que 1,0.

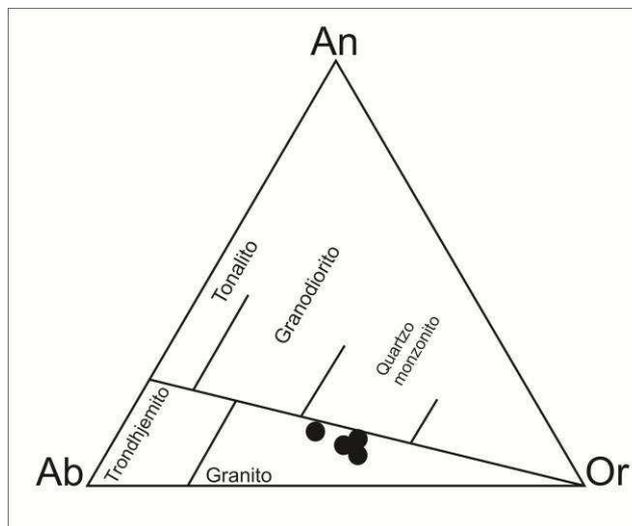
Analisando o diagrama binário de Peccerillo e Taylor (1976), observa-se que as amostras ocupam o campo da série cálcio-alkalina de alto K (Figura 5.8).

Figura 5.8 – Diagrama SiO_2 versus K_2O proposto por Peccerillo e Taylor (1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.



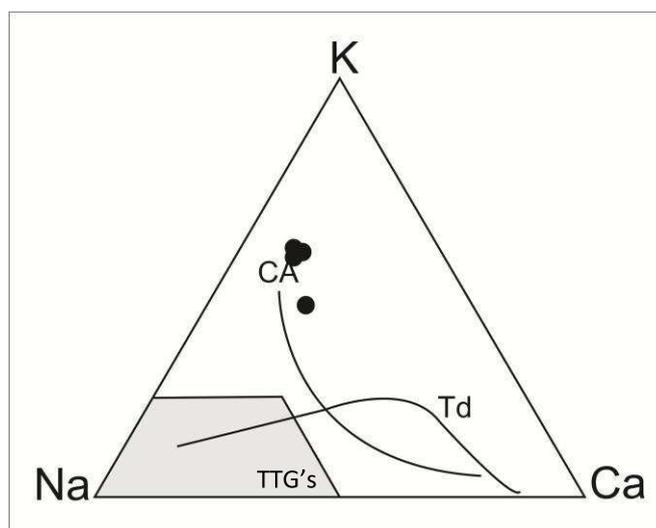
De acordo com o diagrama ternário de O'Connor (1965) todas as amostras dessa unidade são caracterizadas como granito (Figura 5.9).

Figura 5.9 – Diagrama ternário Ab-An-Or, proposto por O'Connor (1965), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.



Já o diagrama Na-K-Ca de Barker e Arth (1976) mostra que as rochas dessa unidade estão concentradas junto ao *trend* cálcio-alcálico (Figura 5.10).

Figura 5.10 - Diagrama Na-K-Ca (BARKER e ARTH, 1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2, com campo cinza referente aos TTG's, CA: *trend* cálcio-alcálico. Td: *trend* trondjemítico.

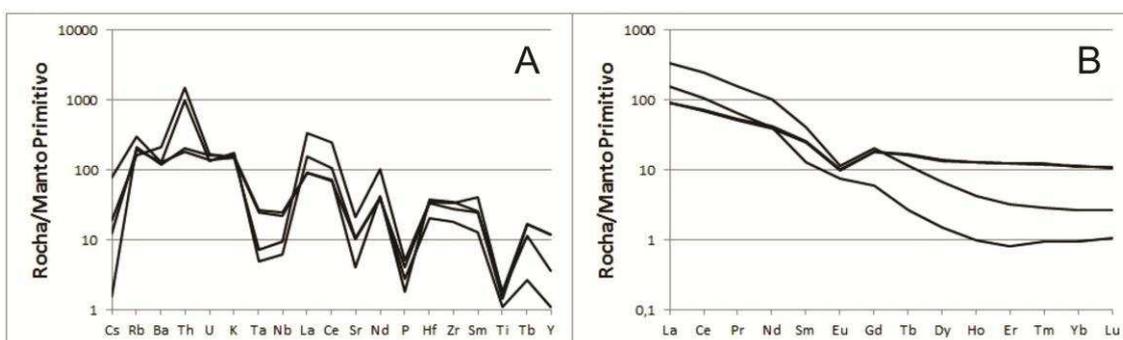


Em virtude da quantidade reduzida de amostras, não foram elaborados os diagramas para os elementos maiores (HARKER, 1909), haja vista que não forneceriam dados confiáveis para serem devidamente interpretados.

5.2.2 Elementos Traço e Terras Raras

Analisando a figura 5.11A, referente aos elementos traço, observa-se que o mesmo apresenta certa desarmonia, porém ainda com características de natureza cálcio-alcálica de alto K, com enriquecimento em LILE e empobrecimento em HFSE, além das fortes anomalias de Nb, Ta, Sr, P e Ti, sendo os dois primeiros sugestivos de contaminação crustal dessas rochas. Apesar do Sr apresentar anomalias negativas, observa-se que há variação dos seus teores, o que pode sugerir o fracionamento do plagioclásio. Por outro lado, as anomalias positivas de Th e Rb podem sugerir um envolvimento de crosta continental durante a gênese dessas rochas. O espectro da figura 5.11B, referente aos elementos terras raras, apresenta-se harmônico, com anomalia negativa do Eu, indicando fracionamento do plagioclásio durante a cristalização fracionada, além do fracionamento e dispersão dos ETRP.

Figura 5.11 – A: Diagrama multielementar dos elementos traço. B: Diagrama multielementar dos elementos terras raras. Ambos normalizados para o manto primitivo de Sun & McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.



5.2.3 Ambiência Tectônica

Com relação à ambiência tectônica, observando o diagrama de Pearce et al. (1984), nota-se que as amostras ocupam o campo pós-colisional, com uma amostra caindo no campo sin-colisional, sugestivo da natureza próxima aos migmatitos (Figura 5.12).

Figura 5.12 – Diagrama geotectônico de Pearce et al. (1984), para as amostras da porção félsica da unidade APPg2.

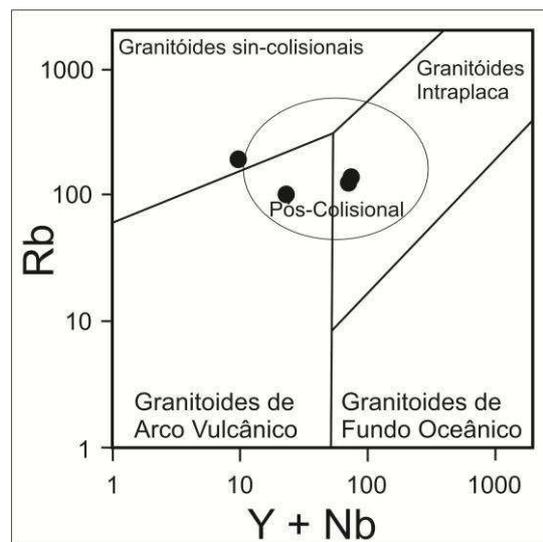


Tabela 5.2 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) das rochas da porção félsica da unidade APPg2.

Amostra	MV-20B	GeBa 068	GeBa 095	GeBa 067B
SiO ₂	72,23	75,24	69,2	72,25
TiO ₂	0,31	0,39	0,38	0,24
Al ₂ O ₃	14,23	11,29	14,44	13,99
Fe ₂ O ₃ T	3,21	3,73	3,62	2,3
MnO	0,03	0,05	0,03	0,03
MgO	0,32	0,18	0,61	0,39
CaO	1,19	1,18	2,31	1,48
Na ₂ O	2,87	2,73	3,77	3,08
K ₂ O	4,59	4,72	4,47	5,34
P ₂ O ₅	0,09	0,04	0,11	0,06
Cr ₂ O ₃	0,001	0,001	0,001	0,001
LOI	0,6	0,2	0,6	0,6
Total	99,67	99,76	99,58	99,78
Cs	0,4	0,05	0,6	2,5
Rb	127,5	135,5	103	193,8
Ba	891	847	1493	887
Th	15,6	17,7	126,8	82,8
U	2,9	3,4	3,5	2,8
Nb	15,6	17,7	6,7	4,5
Ta	1	1,1	0,3	0,2
La	63,8	62,9	234,3	106,4
Ce	123,5	131,1	449,3	190
Pr	13,98	14,97	43,42	17,92
Sr	215,3	84,6	456,5	224,3
Nd	53,8	57,2	139,8	55,8
Sm	10,87	11,26	17,92	5,65
Zr	315,3	387	370,7	206
Hf	10,3	11,9	10,7	6,4
Eu	1,68	1,73	1,91	1,26
Gd	10,98	11,04	12,17	3,52
Tb	1,79	1,81	1,24	0,29
Dy	9,87	10,4	4,94	1,09
Y	55,4	55,4	16,4	5,1
Ho	2,1	2,11	0,69	0,16
Er	5,87	5,92	1,56	0,39
Tm	0,89	0,91	0,21	0,07
Yb	5,64	5,54	1,3	0,46
Lu	0,79	0,82	0,2	0,08

5.3 ORTOGNAISSE MIGMATÍTICO GRANÍTICO COM ENCRAVES MÁFICOS (APPg3)

Levando-se em consideração apenas as amostras de rochas das porções félsicas, nos trabalhos de campo foram caracterizados diferentes tipos litológicos dessa unidade, já adicionadas as amostras do Projeto GEOTERM-NE (2010)

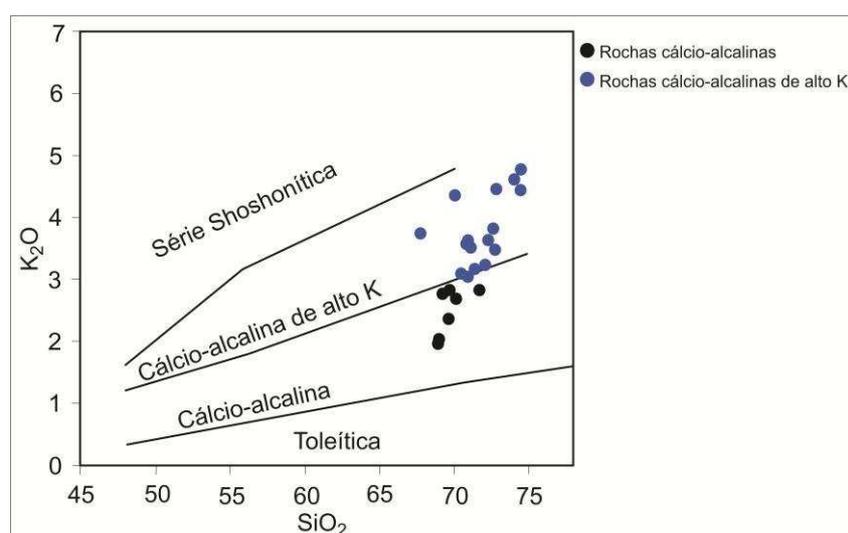
(Tabela 2.2); e, conforme descrito no capítulo 4 (Geologia Local e Petrografia), pôde-se agrupá-las como sendo rochas félsicas, haja vista que, a principal diferença entre os subgrupos diz respeito à menor ou maior quantidade de mica nas rochas. Foram analisadas 23 amostras, listadas na tabela 5.3.

5.3.1 Elementos Maiores

As rochas dessa unidade apresentam teores de SiO_2 variando de 67,8% a 74,57%, Na_2O entre 3,62% e 5,31%, Al_2O_3 de 13,56% a 16,36% e CaO variando 1,26% a 2,81%. Apresentam razão A/CNK próximo de 1,0, podem ser classificadas como uma possível transição entre meta e peraluminosas.

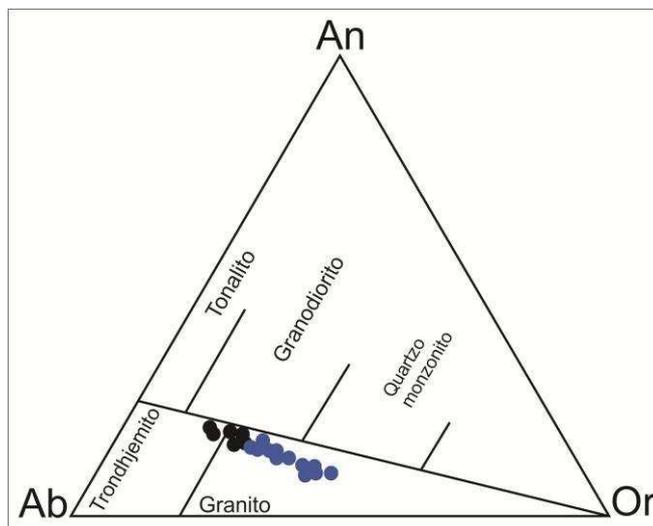
A partir do diagrama SiO_2 versus K_2O de Peccerillo e Taylor (1976), observa-se a existência de dois padrões de rochas. O primeiro ocupando o campo da série cálcio-alcálica e o segundo ocupando o campo da série cálcio-alcálica de alto K (Figura 5.13). Observa-se, ainda, no mesmo diagrama uma evolução linear com o enriquecimento do K_2O , que se inicia no campo das rochas cálcio-alcálicas e prossegue para as rochas cálcio-alcálicas de alto K.

Figura 5.13 – Diagrama SiO_2 versus K_2O proposto por Peccerillo e Taylor (1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3.



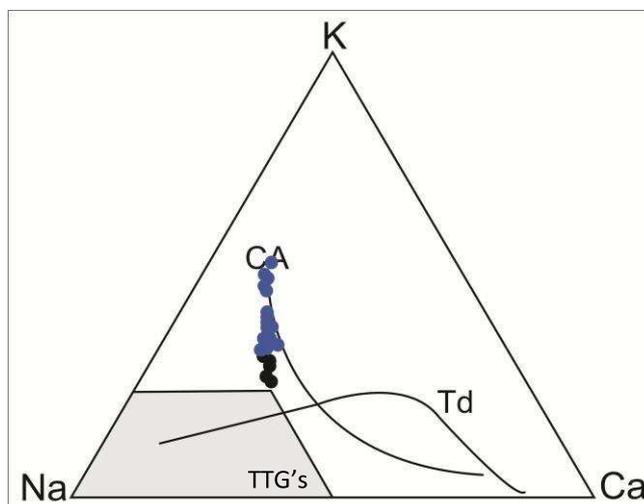
Já no diagrama ternário de O'Connor (1965), observa-se uma caracterização cálcio-alkalina bastante nítida, com a diferenciação ocorrendo no campo dos trondhjemitos, com as rochas da série cálcio-alkalina, até as rochas da série cálcio-alkalina de alto K, todas no campo dos granitos (Figura 5.14).

Figura 5.14 – Diagrama ternário Ab-An-Or, proposto por O'Connor (1965), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. Símbolos como na figura 5.13.



O diagrama Na-K-Ca de Barker e Arth (1976) mostra uma nítida afinidade dessa unidade com a série cálcio-alkalina, estando as amostras concentradas junto ao *trend* dessa série (Figura 5.15). Esse *trend*, entretanto, inicia-se próximo ao *trend* trondhjemítico, sugerindo mistura entre o material trondhjemítico em um pólo, com material granítico no outro.

Figura 5.15 - Diagrama Na-K-Ca (BARKER e ARTH, 1976), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3, com campo cinza referente aos TTG's, CA: *trend* cálcio-alkalino, Td: *trend* trondhjemítico. Símbolo como a figura 5.13.



A partir da observação dos diagramas para elementos maiores (HARKER, 1909), observa-se correlação negativa para TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , P_2O_5 . O comportamento do CaO e Al_2O_3 pode ser interpretado como possível indicador de fracionamento do plagioclásio. Já a correlação positiva do K_2O evidencia o caráter potássico dessas rochas, uma vez que, à medida que se aumenta o teor de sílica, aumenta o teor de K_2O (Figura 5.16).

5.3.2 Elementos Traço

Analisando o diagrama multielementar da figura 5.17A, referente às rochas da série cálcio-alcálica, nota-se um padrão bastante harmônico, com fortes anomalias negativas de Ta, Nb e P, enriquecimento em LILE e empobrecimento em HFSE. Já o diagrama multielementar da figura 5.17B, referente às rochas da série cálcio-alcálica de alto K mostra um padrão mais desarmônico, principalmente nos LILE, com enorme variação em Th e U, além de anomalias negativas de Ta, Nb, P e Ti. Esses comportamentos mais desarmônicos podem ser interpretados à luz dos processos de migmatização que ocorre nessa unidade, sugerindo uma gênese influenciada por um manto metassomatizado, atrelado à ocorrência de contaminação crustal, gerando, como consequência, distúrbios no comportamento de alguns elementos traço.

5.3.3 Elementos Terras Raras

O diagrama ETR da figura 5.18A, das rochas da série cálcio-alcálica exibe forte fracionamento, sem anomalias significativas de Eu. O espectro da figura 5.18B, das rochas ácidas da série cálcio-alcálica de alto K, além de exibir também forte fracionamento e forte empobrecimento dos ETRP, exibe anomalias mais significativas de Eu, tanto positivas quanto negativas. O padrão similar ao diagrama A, sugere uma mistura entre os termos trondhjemíticos e graníticos e, o comportamento desarmônico dos ETRL, sugere também a importância do

metassomatismo na formação dessas rochas e da possível ocorrência de contaminação crustal nessas rochas.

Figura 5.16 - Diagramas de evolução química para os elementos maiores (HARKER, 1909), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. Símbolos como na figura 5.13.

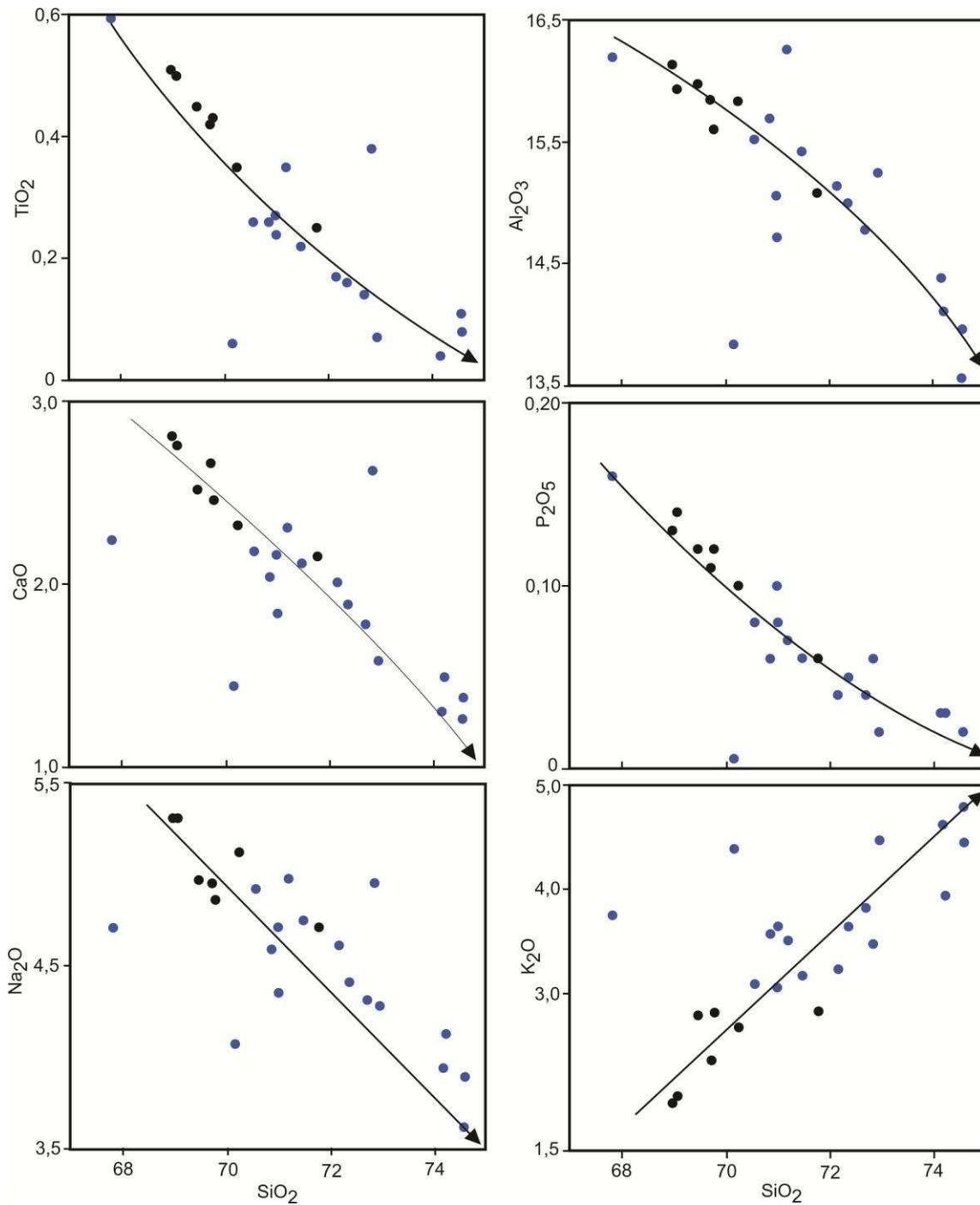


Figura 5.17 – Diagramas multielementares dos elementos traço, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. A: Rochas da série cálcio-alcálica. B: Rochas da série cálcio-alcálica de alto K.

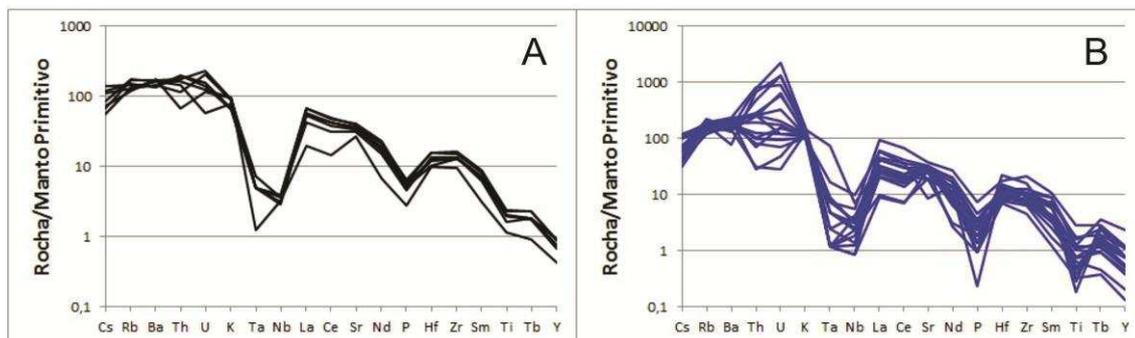
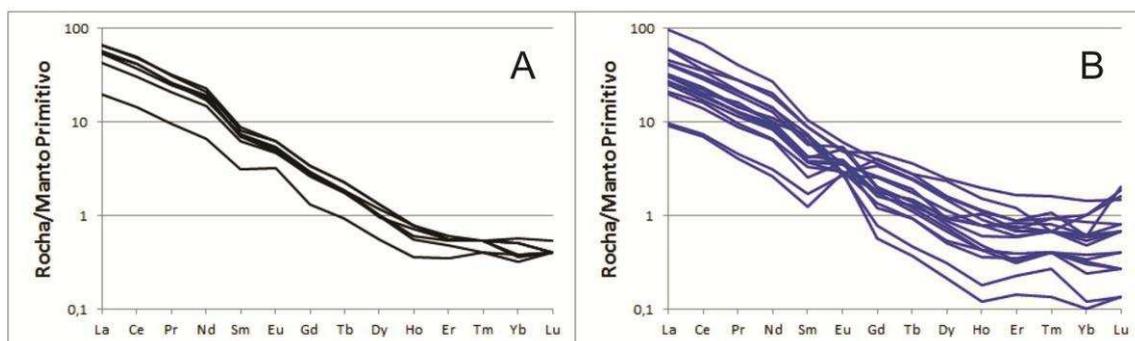


Figura 5.18 – Diagramas multielementares dos elementos terras raras, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. A: Rochas da série cálcio-alcálica. B: Rochas da série cálcio-alcálica de alto K.



5.3.4 Ambiência Tectônica

Analisando o diagrama de Pearce et al. (1984) (Figura 5.19), observa-se que as amostras das rochas cálcio-alcálicas caem no campo de ambiente de arco vulcânico, enquanto que as rochas cálcio-alcálicas de alto-K caem na transição entre os campos de ambiente sin-colisional e de arco vulcânico, podendo estas rochas serem caracterizadas como produtos da fusão parcial da crosta continental em ambiente sin-colisional.

Figura 5.19 – Diagrama geotectônico de Pearce et al. (1984), para as amostras da porção félsica da unidade APPg3. Símbolos como figura 5.13.

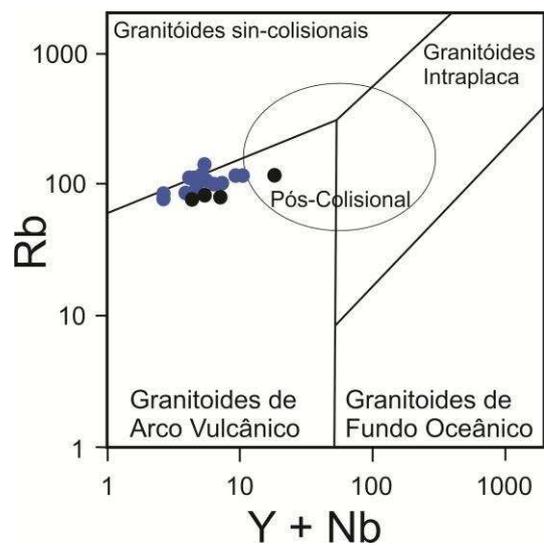


Tabela 5.3 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) das rochas da porção fêlsica da unidade APPg3.

Amostra	MV-02	MV-04	MV-08	GeSe 014	GeSe 032A	GeSe 032A1	GeSe 032B	GeSe 032B1	GeSe 033A	GeSe 033A1	GeSe 033C	GeSe 034A
SiO2	71,18	72,82	70,15	70,98	70,23	70,85	72,35	67,8	68,96	69,06	74,57	74,56
TiO2	0,35	0,38	0,06	0,27	0,35	0,26	0,16	0,6	0,51	0,5	0,08	0,11
Al2O3	16,26	16,36	13,83	15,06	15,84	15,7	15	16,2	16,14	15,94	13,96	13,56
Fe2O3T	3,77	3,80	1,64	2,25	2,17	1,79	1,4	2,99	2,68	2,9	0,99	1,39
MnO	0,005	0,005	0,005	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02
MgO	0,68	0,59	0,16	0,76	0,54	0,48	0,31	0,84	0,81	0,81	0,11	0,16
CaO	2,31	2,62	1,44	2,16	2,32	2,04	1,89	2,24	2,81	2,76	1,38	1,26
Na2O	4,98	4,95	4,07	4,71	5,12	4,59	4,41	4,71	5,31	5,31	3,89	3,62
K2O	3,51	3,48	4,38	3,05	2,68	3,57	3,64	3,75	1,95	2,02	4,45	4,79
P2O5	0,07	0,06	0,005	0,1	0,1	0,06	0,05	0,16	0,13	0,14	0,02	0,02
Cr2O3	0,005	0,01	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
LOI	0,25	0,24	0,18	0,4	0,4	0,4	0,05	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Total	101,74	102,95	95,33	99,76	99,77	99,76	99,74	99,7	99,73	99,77	99,75	99,81
Cs	3,89	3,45	1,33	3,7	3,6	3,1	1,9	3,7	4,5	3,9	1,5	2
Rb	105,8	102,3	119	116,8	82,3	95,9	87,4	117,4	92,8	95,2	113,5	141,1
Ba	1406	1048	902	1262	1016	1416	1575	1397	964	941	1669	1088
Th	21,9	21,2	41,4	16,4	9,9	8,9	6,1	21,6	16,8	16,9	68	66,4
U	7,02	13,61	27,66	3,7	4,3	3,2	3,3	2,5	2,9	3,3	18,6	47,7
Nb	2,18	2,17	4,98	7	2,6	2,2	1,8	3,9	2,8	2,6	1	1,7
Ta	0,36	0,33	3,1	0,7	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
La	42,3	21,2	21,2	40,8	29,5	22,2	13,6	65,5	45,9	45,9	18,4	28,9
Ce	74,9	35,8	39,2	64,6	54,5	42,4	24,9	120,3	85,9	89	35	54,7
Pr	7,68	4,5	3,95	7,72	5,72	4,11	2,44	11,12	8,84	8,58	3,4	5,77
Sr	674	639	391	664	668,4	698,7	623	785,4	870	821,8	525,5	404,7
Nd	25,5	23,1	15,2	27,4	20,4	13,8	8,6	36,5	30,9	28,8	11,5	19,6
Sm	3,9	3,2	3,1	3,9	2,79	1,92	1,14	4,72	3,95	3,65	1,65	2,8
Zr	137	123	84	118,7	149,8	94,4	79,9	235,8	182,6	171,2	181,6	107
Hf	3,91	4,74	4,17	3,3	4,2	2,5	2,7	5,5	4,9	4,9	7	3,9
Eu	0,84	0,59	0,46	0,8	0,78	0,67	0,63	1,02	1,05	1,05	0,49	0,45
Gd	2,18	1,56	2,43	2,77	1,63	1,05	0,72	2,32	2,05	2,05	1,07	1,53
Tb	0,27	0,21	0,3	0,39	0,2	0,12	0,1	0,3	0,25	0,25	0,16	0,19
Dy	1,15	0,68	1,74	1,86	0,87	0,5	0,4	1,19	0,98	0,98	0,68	0,85
Y	5	5	5	10,5	4,2	2,3	2	5,5	4	4	3,5	3,5
Ho	0,18	0,17	0,25	0,32	0,13	0,07	0,07	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13
Er	0,42	0,35	0,58	0,79	0,29	0,19	0,15	0,42	0,27	0,27	0,4	0,29
Tm	0,08	0,07	0,05	0,12	0,04	0,03	0,03	0,07	0,04	0,04	0,06	0,05
Yb	0,3	0,5	0,5	0,7	0,28	0,15	0,16	0,42	0,25	0,25	0,31	0,27
Lu	0,15	0,12	0,14	0,11	0,04	0,02	0,02	0,06	0,03	0,03	0,06	0,05

Tabela 5.3 – Continuação.

Amostra	GeSe 034A1	GeSe 034B	GeSe 034C	GeSe 034E	GeSe 035	GeSe 035A1	GeSe 036A	GeSe 036A1	GeSe 036B	GeSe 048	GeSe 048A1
SiO2	69,46	69,77	72,93	74,16	71,77	71,46	72,15	72,69	69,7	70,99	70,54
TiO2	0,45	0,43	0,07	0,04	0,25	0,22	0,17	0,14	0,42	0,24	0,26
Al2O3	15,98	15,61	15,25	14,38	15,08	15,42	15,14	14,78	15,85	14,72	15,52
Fe2O3T	2,53	2,75	0,74	1,04	2,07	1,81	1,56	1,39	2,58	1,97	2,02
MnO	0,04	0,03	0,005	0,005	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
MgO	0,71	0,69	0,14	0,09	0,52	0,48	0,32	0,27	0,82	0,7	0,73
CaO	2,52	2,46	1,58	1,3	2,15	2,11	2,01	1,78	2,66	1,84	2,18
Na2O	4,97	4,86	4,28	3,94	4,71	4,75	4,61	4,31	4,95	4,35	4,92
K2O	2,79	2,82	4,47	4,62	2,83	3,17	3,23	3,82	2,36	3,64	3,09
P2O5	0,12	0,12	0,02	0,03	0,06	0,06	0,04	0,04	0,11	0,08	0,08
Cr2O3	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002
LOI	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,3	1,1	0,4
Total	99,76	99,74	99,78	99,91	99,77	99,8	99,78	99,86	99,76	99,71	99,77
Cs	2,2	2,7	1,2	1,3	2,3	1,3	1,8	1	1,8	2,2	2
Rb	107,8	114	116	112,4	77,1	77,3	103,3	89,1	84,4	123,3	104,4
Ba	1206	1154	1524	541	1248	1248	1220	1014	1130	1671	1359
Th	14,9	13,9	2,4	56,5	5,7	6,9	10,6	2,6	12,5	21,8	8,2
U	4,9	2,6	1	27,5	2,4	1,5	2,5	0,6	1,2	4,2	2
Nb	2,1	2,7	0,6	0,6	2,3	0,9	2,5	1,7	2,2	2,8	3
Ta	0,2	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3	0,05	0,2	0,05	0,1
La	37,8	37	6,2	31,2	13,7	14,5	18,2	6,7	39,9	27,9	18,8
Ce	74,3	66,4	12,3	62,8	25,3	28,5	33,5	13,3	74,3	51,7	34,2
Pr	7,2	6,91	1,12	6	2,67	2,67	3,5	1,26	7,33	5,24	3,52
Sr	728,4	702,1	582	181,1	565,5	597,7	589,3	416,2	782,5	646,5	660,7
Nd	23,1	24,3	3,6	19,2	9	9	12,2	4,2	25,8	17,6	13,2
Sm	3,29	3,1	0,56	3,33	1,41	1,48	1,72	0,77	3,12	2,52	1,86
Zr	147,3	150,9	52,2	84,6	104,6	86,2	92,2	71,5	144,6	111,8	118,2
Hf	3,7	3,8	2,2	3,5	3	2,6	3,1	2,4	3,2	3,1	3,7
Eu	0,92	0,87	0,48	0,48	0,54	0,5	0,63	0,46	0,82	0,91	0,86
Gd	1,76	1,66	0,34	2,05	0,79	0,82	0,95	0,47	1,55	1,23	1,17
Tb	0,2	0,2	0,04	0,26	0,1	0,1	0,14	0,05	0,19	0,15	0,13
Dy	0,71	0,76	0,16	1,09	0,41	0,38	0,65	0,23	0,73	0,59	0,55
Y	3	3,4	0,6	3,5	1,9	1,7	3,3	0,9	3	2,5	2,4
Ho	0,12	0,1	0,02	0,15	0,06	0,06	0,1	0,03	0,09	0,08	0,07
Er	0,27	0,26	0,07	0,33	0,17	0,17	0,28	0,11	0,23	0,16	0,19
Tm	0,04	0,04	0,01	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03
Yb	0,18	0,19	0,05	0,24	0,16	0,12	0,29	0,06	0,19	0,19	0,17
Lu	0,03	0,03	0,01	0,05	0,03	0,02	0,05	0,01	0,03	0,03	0,03

5.4 ENCRAVES MÁFICOS

Para estudo e definição dessas rochas, foram estudadas três amostras da unidade APPg1 e quatro amostras da unidade APPg3, cujas análises podem ser encontradas na tabela 5.4.

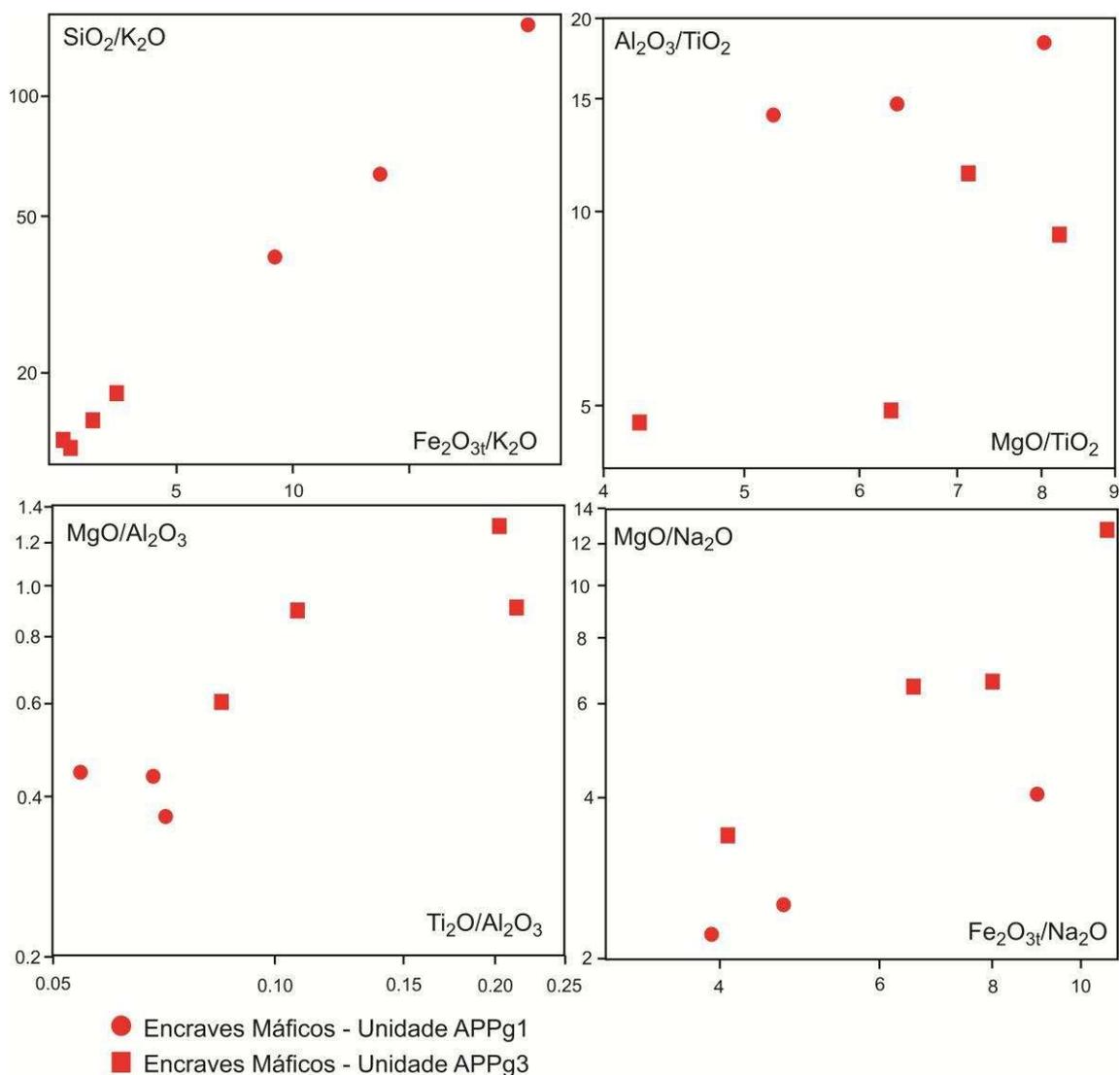
5.4.1 Mobilidade dos Elementos

Como os encraves máficos estudados correspondem a rochas anfíbolíticas as quais foram submetidas a processos tectonometamórficos (fácies anfíbolito), é recomendável que antes do tratamento do quimismo de rocha total seja investigado possível(is) mobilização(ões) dos elementos químicos destas rochas, utilizando os diagramas MPR (*Molecular Proportion Ratio*) e o diagrama de Miyashiro (1975) para avaliar possíveis alterações químicas no que concerne aos protólitos dessas rochas.

Os diagramas MPR, elaborados por Pearce (1968) e adaptado por diversos autores (e.g. PEARCE, 1970; BESWICK e SOUCIE, 1978; BESWIK, 1982; 1983), fundamentam-se no princípio de que os diagramas binários podem fornecer informações incertas, por apresentar variações relativas entre dois óxidos. Para isso, faz-se a normalização por um terceiro óxido que permanece constante no decorrer do fracionamento. Esses diagramas permitem analisar a variação do grau de alteração das rochas.

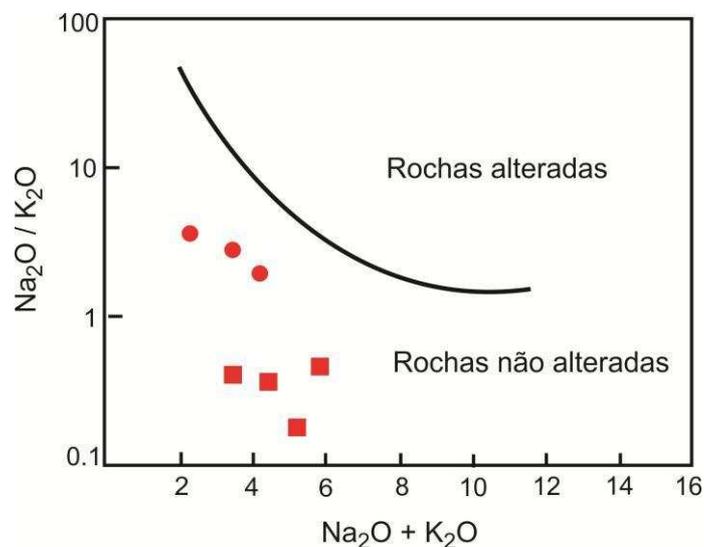
Dois são os *trends* possíveis para os diagramas MPR; o primeiro bem definido referente aos processos ígneos e o segundo, na forma de um leque radiando a partir da origem, referente à mobilidade dos óxidos normalizados, onde, na figura 5.20, observa-se a existência de um padrão em leque no diagrama que utiliza o TiO_2 , mostrando que o mesmo sofreu mobilização. Em contrapartida, observa-se um padrão retilíneo nos diagramas que utilizam o K_2O , Al_2O_3 e Na_2O como normalizadores, mostrando que os mesmos permaneceram imóveis durante o metamorfismo.

Figura 5.20 – Diagramas das razões de proporções moleculares dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3.



Corroborando com as informações obtidas a partir dos diagramas de MPR, o diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ de Miyashiro (1975) mostra que os encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3 não sofreram alteração química significativa, estando preservadas características dos protólitos dessas rochas (Figura 5.21). Dessa forma, é possível utilizar os dados químicos para caracterizar a geoquímica do magma parental dessas rochas, uma vez que não houve mobilidade elemental, exceto para o TiO_2 , que deve ser utilizado com ressalvas quando envolvido na caracterização.

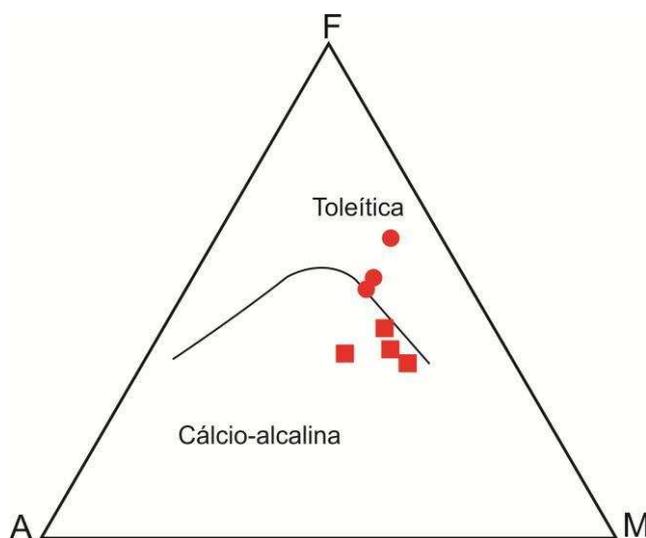
Figura 5.21 – Diagrama de Miyashiro (1975) para discriminação de rochas que sofreram alteração por processos pós-magmáticos, para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como figura 5.20.



5.4.2 Elementos Maiores

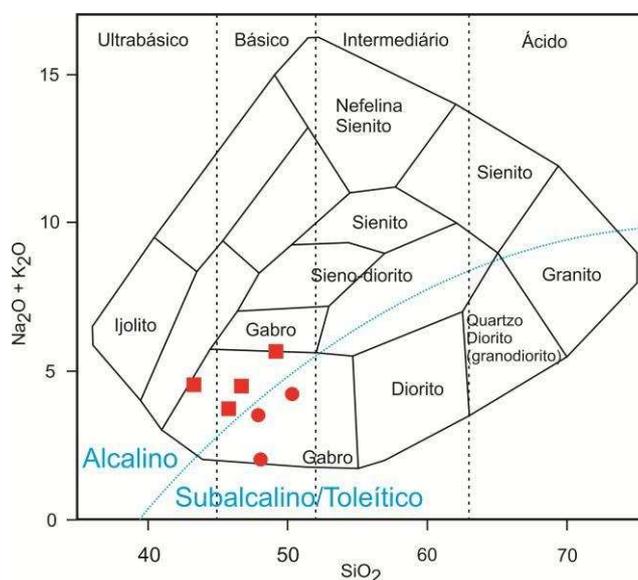
A partir do diagrama $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{FeO}_t - \text{MgO}$ de Irvine e Baragar (1971), pode-se notar a existência de dois conjuntos de rochas, o primeiro toleítico, composto pelas amostras da unidade APPg1 e o segundo cálcio-alcalino, composto pelas amostras da unidade APPg3 (Figura 5.22).

Figura 5.22 – Diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971), para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.



Todas as amostras foram classificadas como rochas gabroicas, segundo o diagrama para rochas plutônicas de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 (COX et al., 1979) (Figura 5.23), corroborando com as informações obtidas no estudo petrográfico (Capítulo 4). Ainda segundo este diagrama, observa-se que as amostras da unidade APPg1 situam-se abaixo da curva, sendo caracterizadas como rochas toleíticas a sub-alcalinas, enquanto que as amostras da unidade APPg3 situam-se acima da curva, sendo, portanto, caracterizadas como rochas alcalinas.

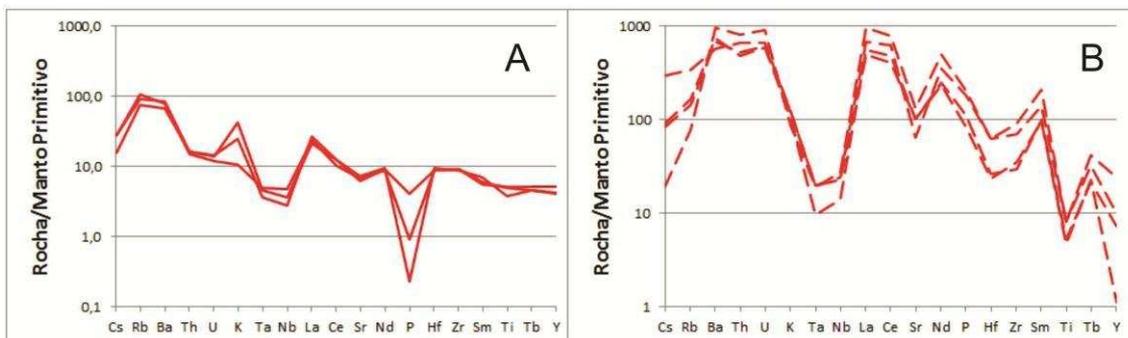
Figura 5.23 – Diagrama total álcalis versus sílica de Cox et al. (1979), para as amostras dos enclaves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.



5.4.3 Elementos Traço

A figura 5.24A, referente às amostras da unidade APPg1 mostra padrões bastante harmônicos e semelhantes, com enriquecimento em LILE e empobrecimento em HFSE, com forte anomalia negativa em P e menores em Ta e Nb; além de anomalias positivas em Rb, K e La. Essas anomalias positivas de Rb e K sugerem o possível envolvimento da crosta continental durante a formação dessas rochas. A figura 5.24B, referente às amostras da unidade APPg3, mostra um padrão bastante harmônico, com fortes anomalias negativas de Ta, Nb, Sr e Ti, além de anomalias positivas de La, Ce, Nd e Sm.

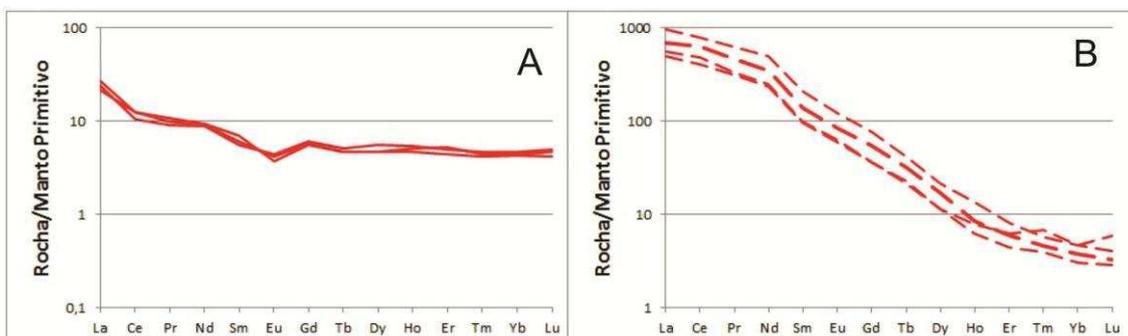
Figura 5.24 – Diagramas multielementares dos elementos traço dos encraves máficos, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989). A: Rochas máficas da unidade APPg1. B: Rochas máficas da unidade APPg3.



5.4.4 Elementos terras raras

Observa-se na figura 5.25A, das amostras da unidade APPg1, o padrão é harmônico, típico de suítes toleíticas, com enriquecimento em ETR leves e padrão plano em ETR pesados, além de uma pequena anomalia negativa de Eu, evidenciando a importância do plagioclásio durante o processo de fracionamento dessas rochas. Já a figura 5.25B, das amostras da unidade APPg3, mostra um padrão de fracionamento bem característico, com forte enriquecimento dos ETRL e forte empobrecimento dos ETRP, sem anomalias de Eu, o que sugere não ter sofrido interferência quando da sua colocação.

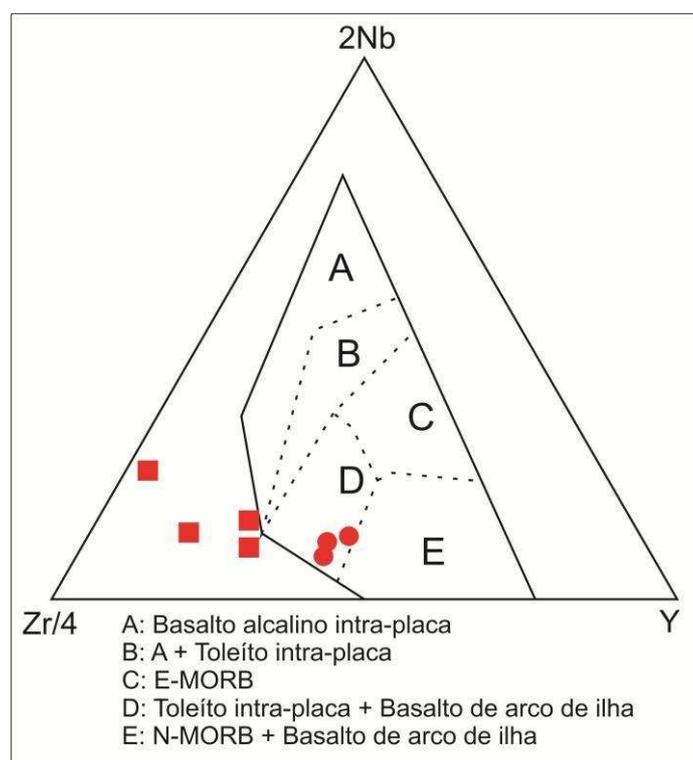
Figura 5.25 - Diagramas multielementares dos elementos terras raras dos encraves máficos, normalizados para o manto primitivo de Sun e McDonough (1989). A: Rochas máficas da unidade APPg1. B: Rochas máficas da unidade APPg3.



5.4.5 Ambiência Tectônica

De acordo com o diagrama ternário proposto por Meschede (1986) (Figura 5.26), os encraves máficos da unidade APPg1 teriam sua origem associada a basaltos toleíticos intra-placa / arco de ilha, enquanto que as amostras provenientes da unidade APPg3, caem fora dos campos do diagrama, em virtude dos altos valores de zircônio (332,5 a 1109 ppm).

Figura 5.26 – Diagrama ternário de ambiência tectônica proposto por Meschede (1986), para as amostras dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20



Essas informações são corroboradas analisando o diagrama ternário de Wood (1980) (Figura 5.27), o qual mostra que, os encraves máficos de ambas as unidades são de origem basáltica de ambiente de arco, sendo que as referentes à unidade APPg1 plotam o campo dos cálcio-alcálicos, próximas ao campo dos toleitos primitivos, enquanto que as referentes à unidade APPg3 plotam no campo cálcio-alcálico.

A partir desses dois diagramas é possível observar que são rochas de mesma natureza tectônica, entretanto com os encraves da unidade APPg1 apresentando características mais toleíticas e os encraves da unidade APPg3

apresentando características mais cálcio-alcálicas, como demonstrado também no diagrama da figura 5.22.

Figura 5.27 - Diagrama ternário de ambiência tectônica proposto por Wood (1980), para as amostras dos encaves máficos das unidades APPg1 e APPg3. Símbolos como na figura 5.20.

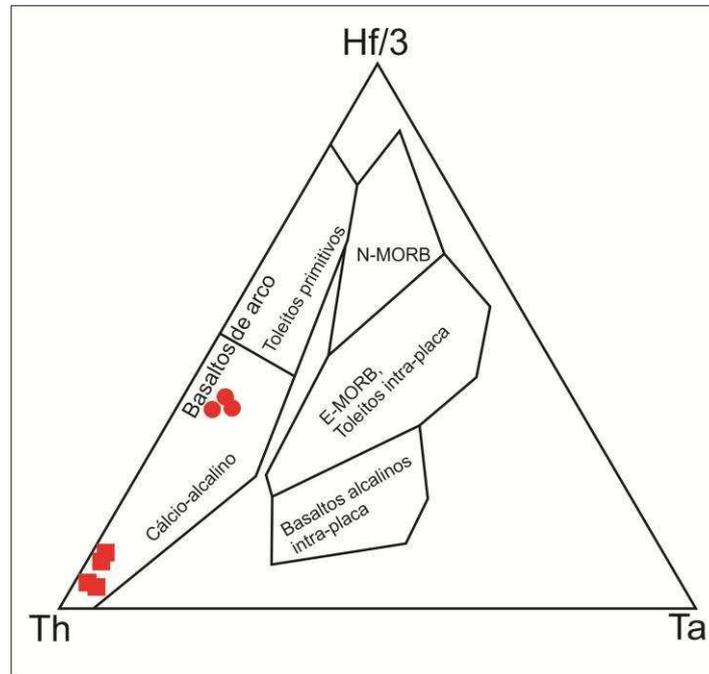


Tabela 5.4 - Análises químicas em rocha total de elementos maiores (% em peso), traço (ppm) e terras raras (ppm) dos encraves máficos das unidades APPg1 e APPg3.

Amostra	MV-16A	GeSe 054	GeSe 106	MV-01	MV-05	GeSe 033B1	GeSe 034D
Unidade	APPg1	APPg1	APPg1	APPg3	APPg3	APPg3	APPg3
SiO ₂	47,9	48,08	50,33	45,85	49,21	46,74	43,28
TiO ₂	1,09	1,13	0,82	1,78	1,02	1,15	1,78
Al ₂ O ₃	15,93	15,93	15,07	8,33	12,05	10,61	8,75
Fe ₂ O ₃ T	12,89	13,09	11,64	9,15	8,69	9,52	9,51
MnO	0,18	0,23	0,19	0,16	0,15	0,16	0,17
MgO	6,93	5,91	6,6	7,55	7,18	9,46	11,22
CaO	11,69	13,21	9,5	18,56	12,38	13,38	14,11
Na ₂ O	2,74	1,45	2,96	1,14	2,12	1,45	0,88
K ₂ O	0,76	0,32	1,29	2,6	3,68	3,1	3,66
P ₂ O ₅	0,09	0,02	0,005	4,4	1,8	2,43	3,91
Cr ₂ O ₃	0,04	0,001	0,001	0,02	0,005	0,018	0,051
LOI	0,55	0,62	1,57	0,67	1,97	0,7	1,4
Total	100,19	101,54	100,07	99,57	99,26	98,76	98,79
Cs	0,51	0,88	0,9	0,62	2,94	2,7	9,5
Rb	47,2	68,1	58,3	49,7	104,9	92,3	218,5
Ba	463	558	600	6717	5199	4771	3970
Th	1,4	1,3	1,4	68,1	40,9	44,8	57
U	0,31	0,25	0,29	19,43	12,29	12,7	14
Nb	1,99	3,36	2,62	19,39	16,25	10	17,1
Ta	0,15	0,2	0,19	0,78	0,8	0,4	0,8
La	18,5	16,6	14,9	659,1	346,5	380,4	473,3
Ce	22,5	18,5	22,2	1400	712,9	866,8	1128,9
Pr	2,7	2,5	2,95	171,07	86,58	92,6	128,47
Sr	134	144,8	151,1	2806	2173	2130,7	1362,4
Nd	12,5	12,1	12,7	665,9	319,8	338,6	475,4
Sm	2,7	2,5	3,1	92,3	42,9	43,92	62,1
Zr	101,5	102,1	98,5	1019	390	332,5	789,3
Hf	2,7	2,7	2,9	19,6	7,24	8,1	19,2
Eu	0,7	0,75	0,62	20,27	9,91	10,41	14,38
Gd	3,45	3,63	3,31	46,12	21,54	21,31	32,51
Tb	0,5	0,56	0,5	4,51	2,5	2,33	3,44
Dy	3,5	4,11	3,42	16,06	8,53	8,52	12,42
Y	19	23,15	18,57	109	5	33,3	45
Ho	0,85	0,88	0,77	2,22	1,29	1,01	1,37
Er	2,5	2,4	2,1	3,86	2,99	2,14	2,86
Tm	0,33	0,35	0,31	0,43	0,51	0,29	0,34
Yb	2,2	2,3	2,1	2,3	2,3	1,5	1,87
Lu	0,35	0,37	0,31	0,3	0,44	0,21	0,24

CAPÍTULO 6 – ESTUDOS GEOCRONOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os dados referentes às rochas gnáissicas-migmatíticas da unidade APPg3, situados na porção mais a oeste da área de estudo.

Foram utilizadas cinco dados, um proveniente da presente pesquisa e quatro fornecidas por Oliveira (2014). As amostras coletadas para análise são correspondentes aos pontos AMC-01 (amostra MV 03), referente à porção clara da rocha, e GeSe 034, subdividas em GeSe 034A, referente à porção mais escura da rocha; GeSe 034B, referente a uma porção mais homogênea dessa unidade; GeSe 034C, referente à porção mais clara da rocha; e a GeSe 034E, referente a um dique félsico encaixado nessa unidade. Todos os pontos estão plotados no mapa em anexo, para uma melhor visualização espacial.

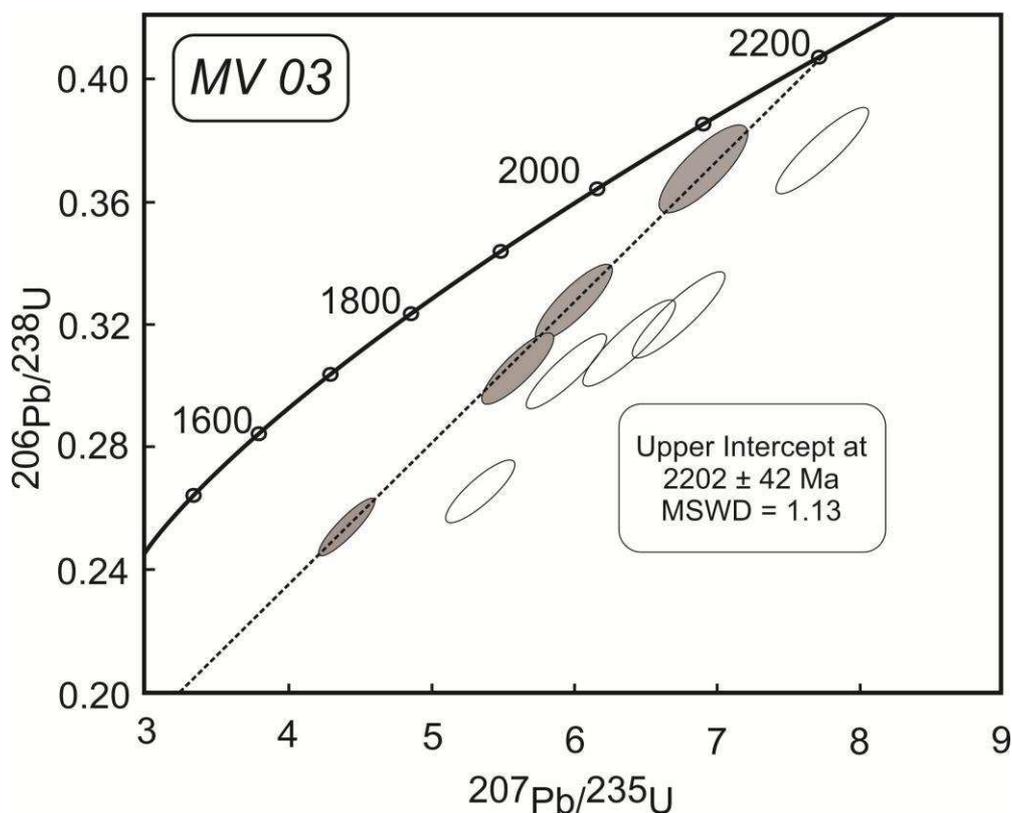
6.1 RESULTADOS U-PB

Como já mencionado no capítulo 2, as amostras foram analisadas pelo método *Laser Ablation-ICP-MS*, sendo uma amostra oriunda do Laboratoire Magmas et Volcans (LMV), da Universidade Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, França e quatro amostras oriundas do Laboratório de Geocronologia do Departamento de Geologia (Degeo) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

6.1.1 Amostra MV 03

A análise feita a partir da amostra MV 03 carece das imagens em catodo-luminescência (CL) para detalhar as complexidades no crescimento dos cristais de zircão. Observando o gráfico da Concórdia (Figura 6.1), entretanto, pode-se observar que os pontos mais concordantes alinham-se em uma linha de Discórdia de perda de Pb, a qual intercepta a Concórdia em 2202 ± 42 Ma (2 sigma / MSWD = 1.13). Essa idade pode ser interpretada como sendo a idade da cristalização dessa rocha.

Figura 6.1 – Diagrama de Concórdia U-Pb da amostra MV 03.



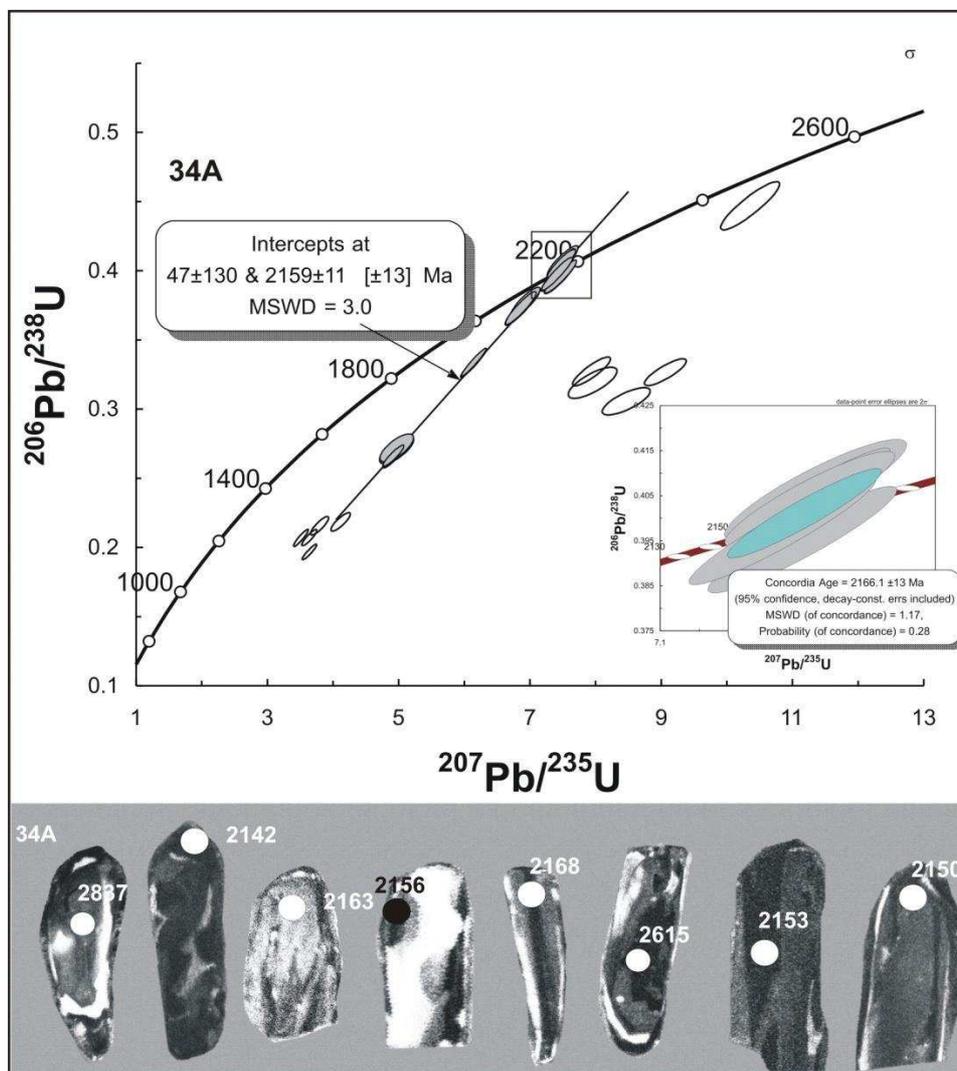
6.1.2 Amostra GeSe 034A

Os zircões extraídos dessa amostra são predominantemente prismáticos, variando em tamanho de 30 μm a 300 μm . A maioria dos grãos preserva hábitos prismáticos alongados, mas muitos deles estão fraturados ao meio, além de mostrarem bordas arredondadas. Opticamente, os grãos variam de castanho a castanho escuro, e muitos deles são translúcidos a parcialmente translúcidos. As imagens pancromáticas – imagens CL – revelam um desenvolvimento incipiente do zoneamento nesses grãos, além de estarem bastante marcados pela ausência de padrões estruturais internos, exibindo domínios claros e escuros. Um número limitado de grãos mostra relações núcleo-borda e, nesses casos, os núcleos são cercados por um brilho pancromático ou por uma borda fina enegrecida pancromática.

Os pontos LA-ICP-MS sobre os núcleos irregulares deram idades bastante antigas $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{207}$ (2600-2850 Ma), mas a maioria dos pontos está fortemente

discordante e, assim, não foi possível realizar refinamento com relação a essa idade. As análises sobre os grãos sem estruturas, com ambos os domínios – escuros e brilhantes –, forneceu dados que são discordantes a levemente concordantes com o diagrama da Concordia. Os pontos mais concordantes alinham-se a uma linha de Discordia de perda de Pb que intercepta a Concórdia em 2159 ± 11 Ma (MSWD=3). Esta idade é similar (com erro) a uma idade Concordante de 2166 ± 13 Ma, que é dada por seis pontos concordantes. Sendo assim, a idade concórdia é interpretada como sendo a idade de cristalização da rocha (Figura 6.2).

Figura 6.2 – Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034A.

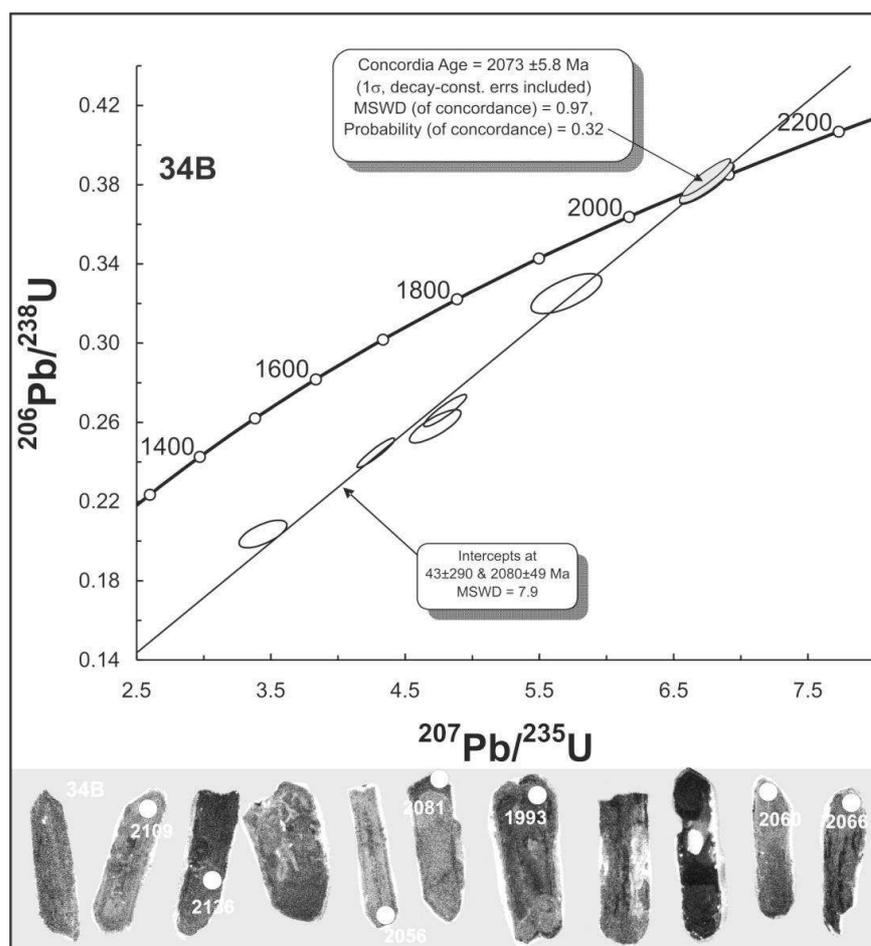


6.1.3 Amostra GeSe 034B

Os zircões extraídos dessa amostra variam em tamanho de 30 μm a 300 μm , e preservam hábitos prismáticos curtos e alongados. A maioria dos grãos contém terminações arredondadas, sendo caracterizados como metamictos, ricos em inclusões e a cor variando do castanho escuro ao castanho fracamente translúcido. Eles também registram um zoneamento interno complexo, abaixo do detector pancromático CL, com estruturas borda-núcleo fracamente definidas. Os grãos maiores prismáticos aparentam registrar a ausência de estruturas nas coroas que bordejam os núcleos pancromáticos brilhantes. As análises das partes centrais de muitos desses grãos maiores sem estruturas forneceram pontos que são discordantes do diagrama da Concórdia.

Uma observação mais aprofundada dos dados para pontos individuais mostra que as análises de Pb foram afetadas por inclusões de apatita e titanita. Nenhuma idade foi alcançada por causa da discordância e do alto teor de Pb^{204} . Análises sobre as bordas parcialmente translúcidas de alguns grãos prismáticos forneceram cinco pontos concordantes a subconcordantes, definindo assim uma população amostral. Os pontos se alinham ao longo da linha da Discórdia, a qual intercepta a Concórdia em 2080 ± 49 Ma. Uma idade similar, porém mais precisa, é fornecida por três pontos concordantes, que dão uma idade Concórdia de 2073 ± 12 Ma (2 sigma/MSWD=0.9). Esses dados são interpretados como sendo a idade de cristalização dessa rocha (Figura 6.3).

Figura 6.3 – Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034B.

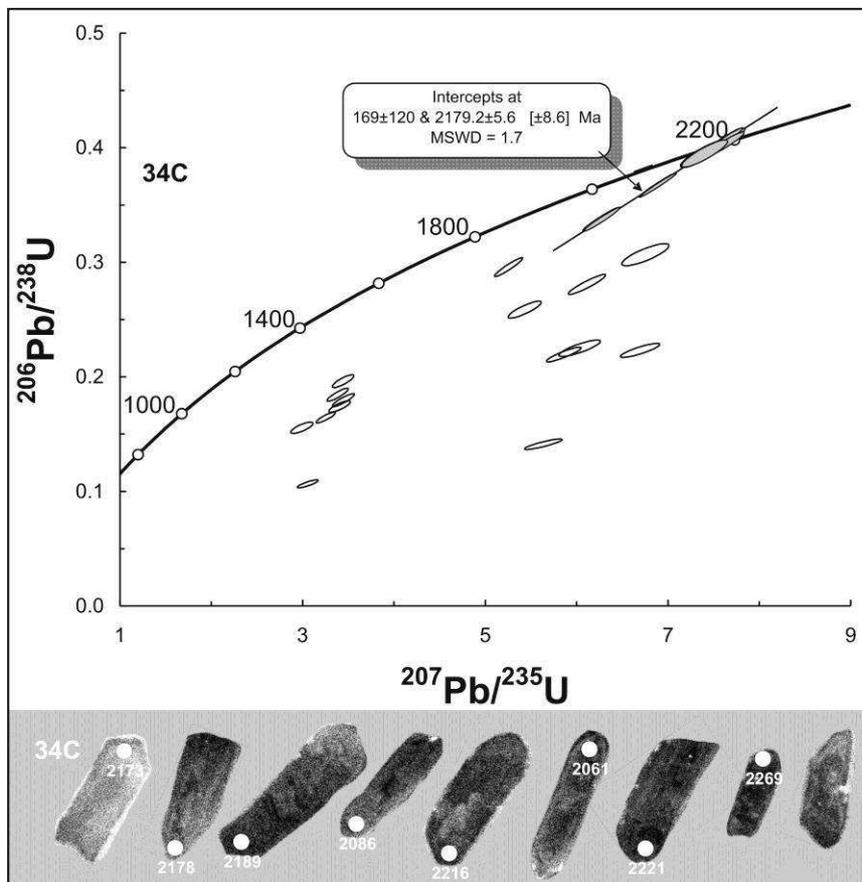


6.1.4 Amostra GeSe 034C

Os zircões extraídos dessa amostra preservam um hábito prismático alongado com terminações tanto angulosas quanto arredondadas e a cor desses grãos varia do castanho escuro ao castanho fracamente translúcido. A maioria é marcada por uma baixa luminescência, abaixo do limite de detecção pancromática, e não foi observada nenhuma relação núcleo-borda nos zircões dessa amostra. Análises da porção central e das porções periféricas de muitos dos grãos prismáticos forneceram pontos que são fortemente discordantes do diagrama da Concórdia. Alguns grãos sem estruturas arredondadas forneceram pontos fortemente discordantes com $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, com idades variando de 2700 a 3400 Ma. Apesar disso, cinco grãos parcialmente translúcidos forneceram pontos concordantes a subconcordantes, definindo, assim, uma população, e se alinham ao longo da linha da Discórdia, interceptando a Concórdia em 2179 ± 6

Ma (MSWD=1.7). Esses dados são interpretados como sendo a idades de cristalização da rocha (Figura 6.4).

Figura 6.4 –Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034C.



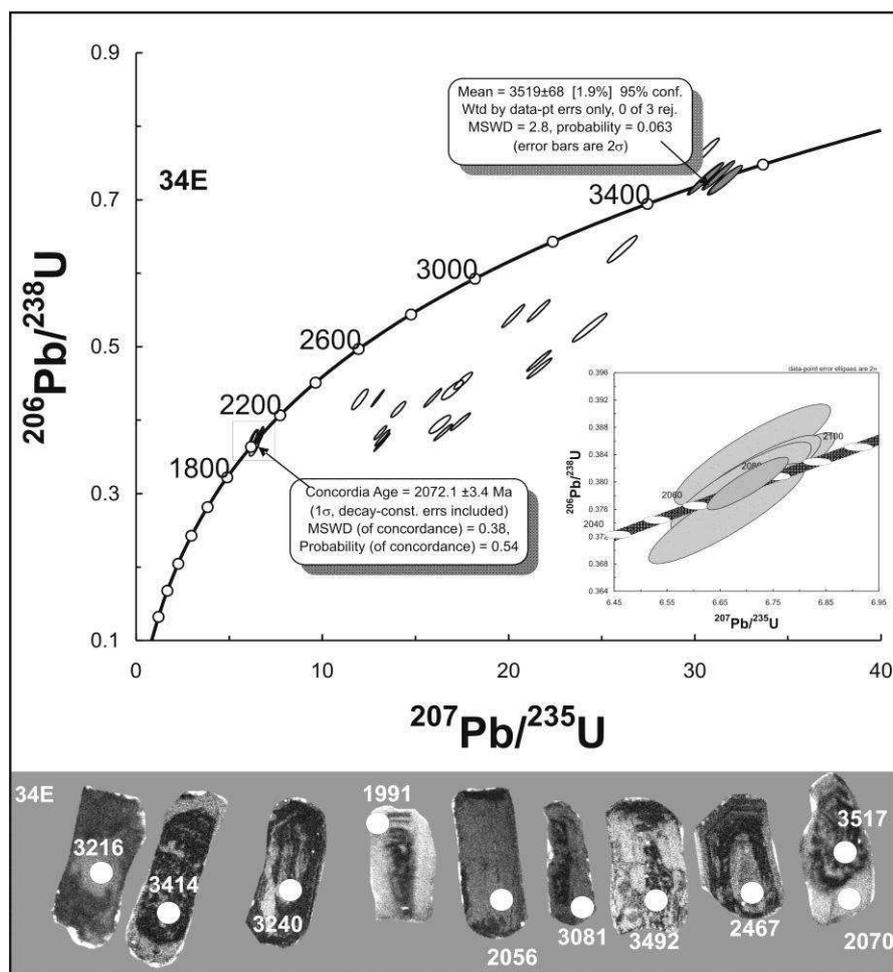
6.1.5 Amostra GeSe 034E

Os zircões dessa amostra variam em tamanho de 30 μm a 300 μm e preservam hábitos prismáticos curtos a alongados, com terminações angulosas e arredondadas, respectivamente. Todos os grãos estão ricos em inclusões, parcialmente metamictizados e com cores variando do castanho escuro ao castanho fracamente translúcido. Grãos menores estão parcialmente translúcidos e foram menos afetados pela metamictização. Os grãos prismáticos alongados registram complexas estruturas abaixo do limite de detecção pancromática. Grãos menores (30-80 μm) apresentam zoneamento pouco desenvolvido e mostram núcleos escuros envolvidos por bordas brilhantes.

Análises do núcleo de muitos desses grãos prismáticos forneceram pontos que são fortemente discordantes do diagrama da Concórdia.

Quatro grãos concordantes forneceram uma idade de 3519 ± 68 Ma (MSWD=2.8). Entretanto, esta idade deve ser interpretada com cuidado, uma vez que esses pontos podem não representar uma única população. Outras tentativas para se obter idades mais precisas do conjunto de dados em questão não tiveram sucesso, em virtude da heterogeneidades dos grãos individuais. Oito análises nas bordas dos grãos parcialmente translúcidos forneceram idades significativamente jovens. As análises foram comprometidas por causa do tamanho dos grãos, mas, de maneira geral, seis desses pontos podem definir uma população cuja idade Concórdia é 2072 ± 7 Ma (2sigma/MSWD=0.38) (Figura 6.5).

Figura 6.5 – Diagrama de Concórdia U-Pb e imagens de CL dos grãos de zircão da amostra GeSe 034E.



CAPÍTULO – 7 CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos a partir dessa pesquisa contribuem para o conhecimento geológico da porção norte do Cinturão Salvador-Esplanada, trazendo à tona novas informações e dados relevantes sobre a origem e evolução da região, algumas delas já concluídas e interpretadas ao longo do texto.

Os estudos mostraram que os litotipos analisados apresentam similaridades, porém, também, algumas diferenças notórias. Em campo, constatou-se que as rochas da área de estudo mostram um maior grau de migmatização na sua porção oeste, na unidade APPg3, diminuindo o grau desses processos à medida que se caminha para leste, unidade APPg2. Além disso, verificou-se a presença de corpo máficos intrudindo todas as três unidades.

Para auxiliar na separação dessas unidades em campo, utilizou-se o trabalho de Santos et al. (2001) que, após os estudos petrográficos e geoquímicos, foram propostas adaptações na nomenclatura das litologias que compõem cada unidade.

Petrograficamente foram analisadas lâminas das porções félsicas e dos encraves e dique máficos intrusivos nas unidades. Analisando as primeiras, observou-se similaridades na composição das três unidades, com pequenas variações de biotita, o tipo de plagioclásio existente e a ocorrência de minerais acessórios. Já nas porções máficas, observou-se que na APPg1 a hornblenda predominante é a de cor marrom, sugerindo uma origem basáltica, e nas unidades APPg2 e APPg3 predomina a hornblenda de cor verde, de natureza mais sódica, associada ao esfeno (titanita), o que pode ser indicativo de condições de formação diferente para essas rochas, bem como possíveis diferentes protólitos.

A partir dos estudos pretéritos realizados na região e das associações mineralógicas do presente projeto, infere-se que a área foi submetida a processos metamórficos de médio a alto grau metamórfico, corroborada com a

presença de minerais característicos de tais condições como anfibólios (hornblenda) e piroxênios (diopsídio e enstatita), respectivamente.

A relação envolvendo os piroxênios, a hornblenda e a biotita castanha/vermelha, pode ser um indicativo de abaixamento das condições de metamorfismo na região, corroborada pela presença da hornblenda verde-acastanhada e da biotita marrom; minerais comuns em regiões de intenso processo deformacional, além da ocorrência, nessas áreas, de outros filossilicatos (muscovita, clorita).

Geoquimicamente foi possível observar diferenças mais marcantes entre as unidades e até mesmo entre grupos de rochas dentro de cada uma delas e, para melhor visualizá-las, convém discutir as unidades separadamente.

- APPg1: Observou-se a existência de três grupos de rochas, sendo um grupo de enclaves máficos e dois grupos de rochas félsicas (cálcio-alcálica e cálcio-alcálica de alto K). O primeiro grupo é composto por rochas gabroicas de afinidade cálcio-alcálica a toleítica, enquanto os outros dois por rochas graníticas-granodioríticas. Tectonicamente, as rochas básicas seriam oriundas de um ambiente de arco de ilha, enquanto que as ácidas seriam de ambiente sin-colisional a ambiente do tipo arco vulcânico, ainda com pequena influência pós-colisional. Nos diagramas tipo Harker, observou-se as correlações negativas para Al_2O_3 e CaO, indicativa de cristalização precoce de fenocristais de feldspato potássico e plagioclásio, observável nos estudos petrográficos. Com relação aos spidergramas para os elementos traço, de maneira geral, observou-se fortes anomalias negativas de P, Nb e Ta, sugerindo a presença de diferenciação dessas rochas, com as rochas cálcio-alcálicas originando as rochas cálcio-alcálicas de alto K. Por outro lado, observou-se ainda anomalias positivas Rb e K, o que sugerem envolvimento da crosta continental durante a formação dessas rochas. Com relação aos spidergramas dos elementos terras raras, observou-se a anomalia negativa do Eu, indicando que o plagioclásio foi um mineral importante na fase residual durante a fusão dessas rochas.

- APPg2: As rochas dessa unidade são cálcio-alcálicas de alto K, sendo todas classificadas como granito. Tectonicamente são rochas atribuídas a ambiente pós-colisional com uma pequena dispersão para ambiente sin-colisional, segundo Pearce et al. (1984). Vale salientar que, como a quantidade

de amostras analisadas é pequena, as informações podem não ser conclusivas. O comportamento do spidergrama dos elementos traço também sugere contaminação crustal dessas rochas quando da sua formação e o padrão dos elementos terras raras também evidencia a anomalia negativa do Eu, sugerindo o fracionamento do plagioclásio durante a cristalização fracionada das rochas que compõem essa unidade.

- APPg3: Três grupos de rochas foram verificados, a partir do diagrama de Peccerillo e Taylor (1976), um de rochas básicas cálcio-alcálicas e dois de rochas ácidas, um cálcio-alcálico e outro cálcio-alcálico de alto K. As rochas básicas são gabroicas, enquanto que as ácidas gradam do trondhjemitó (rochas cálcio-alcálicas) ao granito (rochas cálcio-alcálicas de alto K). Tectonicamente, as rochas ácidas teriam uma origem em ambiente de arco vulcânico a sin-colisional, enquanto que as rochas básicas já se originariam em um ambiente cálcio-alcálico de arco de ilha. Com relação aos diagramas tipo Harker, vale observar a correlação positiva com K₂O, evidenciando o caráter potássico dessas rochas. Os spidergramas dos elementos traço das rochas ácidas mostram forte fracionamento, evidenciando o alto grau de migmatização sofrida por essas rochas, o que é também evidenciado nos padrões dos spidergramas dos elementos terras raras, com o comportamento desarmônicos dos ETRL, sugerindo a importância do metassomatismo quando da formação dessas rochas. Com relação aos spidergramas das rochas básicas dessa unidade, observou-se que as mesmas não sofreram interferência quando da sua colocação.

A partir dos dados, informações e interpretações, pode-se sugerir que essas rochas sejam provenientes de um ambiente crustal profundo, originadas a partir de rochas supracrustais associadas a granitos tanto tipo-I, quanto tipo-S e, durante a formação dessas rochas, processos de diferenciação, contaminação crustal e migmatização, durante os processos metamórficos e retrometamórficos, moldaram suas características físico-químicas, bem como suas assinaturas geoquímicas.

As análises geocronológicas e as idades obtidas, todas elas interpretadas como da cristalização das rochas, corroboram com a hipótese de Silva et al. (2002), a qual sugere que o Cinturão Salvador-Esplanada seria um dos braços

do Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá. Esses dados, entretanto, ainda não podem ser conclusivos, uma vez que associações mais concretas entre esses cinturões não foram encontradas até o presente momento.

Por fim, vale ressaltar a necessidade de se realizar mais datações geocronológicas e pesquisas mais aprimoradas, combinando a geoquímica de rocha total com a química mineral, a fim de se construir *grids* petrogenéticos para refinar as informações sobre condições metamórficas dessas litologias.

CAPÍTULO 8 – REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M.; 1977. **O Cráton do São Francisco**. Rev. Bras. Geoc. 7, p. 349–364.
- BARBOSA, J.S.F.; 1990. **The granulites of the Jequié complex and Atlantic mobile belt, southern Bahia, Brazil – An expression of Archean Proterozoic plate convergence**. In: Vielzeuf D. & Vidal P. (ed.). Granulites and crustal evolution. Clordrecht, Kluwer Académie, p. 195-221.
- BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L.; 1996. **Geologia da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo**. SGM. Convênio CBPM/UFBA/SGM/FAPEX. Salvador.
- BARBOSA, J.S.F.; SABATÉ, P.; 2004. **Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features**: Precambrian Research, 133:1-27.
- BARBOSA, J.S.F.; GOMES, L.C.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; CRUZ, S.A.S; SOUZA, J.S.; 2005. **Petrografia e litogeoquímica das rochas da parte oeste do Alto de Salvador**. Revista Brasileira de Geociências, 35(4, Supl.):9-22.
- BARBOSA, J.S.F.; CRUZ, S.P.; SOUZA, J.S.; 2012. **Terrenos Metamórficos do Embasamento**, In. Barbosa, J. S. F. (ed.) **Geologia da Bahia: pesquisa e atualização**. Série Publicações Especiais, 13 Convênio CBPM/UFBA-IGEO/SBG. 2v.
- BARKER, F.; ARTH, J.G.; 1976. **Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archaean bimodal trondhjemite-basalt suites**. Geology, 4:596-600.
- BATCHELOR, R.A.; BOWDEN, P.; 1985. **Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters**. Chem. Geol., 48:43-55.
- BESWIK, A.E.; SOUCIE, G.; 1978. **A correction procedure for metassomatism in an Archean greenstone belt**. Prec. Res., 6235-245.
- BESWIK, A.E.; 1982. **Some geochemical aspects of alteration and genetic relations in Komatiitic suites**. In: Arndt, N.T. & Nesbit, E.G. (eds.) Komatiites London. George, Allen and Unwin, 283-308.
- BESWIK, A.E.; 1983. **Primary fractionation and secondary alteration within an Archean ultramafic lava flow**. Contributions to Mineralogy and Petrology, 82: 221-231.

- CONDIE, K.C.; 2005. **High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes?** *Lithos*. 79: 491-504.
- COX, K.G.; BELL, J.D., PUNKHURST, R.J.; 1979. **The interpretation of igneous rocks**. Ed. George Allen – Unwin (Publishers) Ltda. London, 450p.
- CRUZ, S.C.P.; ALKMIN, F.F.; 2007. **A história de inversão do aulacógeno do Paramirim contada pela sinclinal de Ituaçu, extremo sul da Chapada Diamantina (BA)**. *Revista Brasileira de Geociências*, 37 (4 – suplemento): 92-110.
- DAVISON, I.; SANTOS, R.A.; 1989. **Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasiliano Orogeny**. *Precambrian Research*, vol. 45, p. 319-342.
- DELGADO, I.M.; SOUZA, J.D.; SILVA, L.C.; SILVEIRA FILHO., N.C.; SANTOS, R.A.; PEDREIRA, A.J.; GUIMARÃES, J.T.; ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, I.P.; LACERDA FILHO., J.V.; VALENTE, C.R.; PERROTTA, M.M.; HEINECK, C.A.; 2003. **Geotectônica do Escudo Atlântico**. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, M.; GONÇALVES, J.H.; (eds.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM, Brasília, 1 DVD.
- DER – Departamento Estadual da Infraestrutura Rodoviária (Sergipe); 2007. **Mapa Rodoviário do Estado de Sergipe**. Disponível em: <<http://www.der.se.gov.br>>.
- D'EL-REY SILVA, L.J.H.; 2005. **New Sm-Nd data of (meta)sediments accross the São Francisco Craton-Sergipano Belt boundary, and from the Arauá dykes: Implications on Provenance Studies**. In III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2005, *Anais III SCSF*, p.155-158.
- GEOTERM-NE; 2010. **Geração de calor nas bacias de Cumuruxatiba, Jequitinhonha, Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba, e nos embasamentos a elas adjacentes**. Patrocinado pelo Promob-Cenpes-Petrobras e executado pelo CPGG-UFBA.
- HARKER, A.; 1909. **The natural history of the igneous rocks**. New York. 384 p.
- HASUI, Y.; 2013. **Cráton São Francisco**, In: ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, F.D.R.; HASUI, Y.; (eds.) **Geologia do Brasil**. Ed. Beca, São Paulo, 900p.
- IRVINE, T.N.; BARAGAR, V.R.A.; 1971. **A guide to the chemical classification of common volcanic rocks**. *Canad. Earth Sci.* 8:523–548.

- JACKSON, S.E.; PEARSON, N.J.; GRIFFIN, W.L.; BELOUSO-VA, E.A.; 2004. **The application of laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology**. *Chem Geol* 211: 47–69.
- KERR, P.F.; 1959. **Optical Mineralogy**. 3 ed. McGraw-Hill, New York, N.Y., 442p.
- LOPES, J.N.; SOUZA, J.D.; GUIMARÃES, J.T.; TEIXEIRA, L.R.; 1983. **Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais. Folha SC.24-Z-C – Tobias Barreto, escala 1:250.000: texto e mapas**. Salvador: CPRM. 2 v.
- LUDWIG, K.R.; 2001. **Isoplot/Ex, rev. 2.49. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel**. Berkeley Geochronology Center, Special Publication N°. 1a.
- MAGNAVITA, L.P.; 1992. **Sistema de borda de rift: inter-relação entre tectonismo e sedimentação do rift do Recôncavo-Tucano-Jatobá, NE Brasil**. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, SBG. Anais, p.567-568.
- MARTIN, H.; 1994. **The Archean grey gneisses and the genesis of the continental crust**. In: Condie, K.C. (ed.), *The Archean Crustal Evolution, Developments in Precambrian Geology*. Elsevier, Amsterdam, pp. 205 – 259.
- MIYASHIRO, A.; 1975. **Volcanic rock series and tectonic setting**. *Ann. Rev. Earth Sci.*, 3:251-269.
- O'CONNOR, J.T.; 1965. **A classification for quartz rich igneous rock based on feldspar rations**. U.S.G.S. Prof. Pap., 525B:79–84.
- OLIVEIRA, E.P.; SOUZA, Z.S.; MCNAUGHTON, N.J.; LAFON, J.M.; COSTA, F.G.; FIGUEIREDO A.M.; 2011. **The Rio Capim volcanic–plutonic–sedimentary belt, São Francisco Craton, Brazil: Geological, geochemical and isotopic evidence for oceanic arc accretion during Palaeoproterozoic continental collision**. *Gondwana Research*, vol. 19, *issue* 3, 735-750.
- OLIVEIRA, E.M.; 2014. **Petrografia, litogeoquímica e geocronologia das rochas granulíticas da parte norte do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Bahia-Sergipe**. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Tese de Doutorado.
- OLIVEIRA JR., T.R.; 1990. **Geologia do extremo nordeste do Cráton São Francisco, Bahia**. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Dissertação de Mestrado, 126 p.
- PEARCE, J.A.; CANN, J.R.; 1973. **Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses**. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 19, p. 290-300.

PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G.; 1984. **Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks.** *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983.

PEARCE, J.A.; 2008., **Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust.** *Lithos* 100(1-4), p. 14-48.

PEARCE, T.H.; 1968. **A contribution to the theory of variations diagrams.** *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 19, n. 2, 142-157.

PEARCE, T.H.; 1970. **Chemical variations in the Palisades sill.** *J. Petrol.* 11, 15-23.

PEARCE, T.H.; GORMAN, B.E.; BIRKETT, T.C.; 1977. **The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rock.** *Earth and Planetary Science Letters*, v. 36, p. 121-132.

PECCERILLO, A.; TAYLOR, S.R.; 1976. **Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey.** *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 58, p. 63-81.

PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M., WIEDMANN, C.M.; PINTO, C.P.; 2001. **The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly.** *Precambrian Research*, vol. 110(1/4) p. 307-323.

SANTOS, R.A.; MARTINS, A.A.M.; NEVES, J.P.; LEAL, R.A.; 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos Do Brasil – PLGB. **Geologia E Recursos Minerais Do Estado De Sergipe. Escala 1:250.000. Texto Explicativo Do Mapa Geológico Do Estado De Sergipe.** Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 156p.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia; 2000. **Informações Geoambientais.** Disponível em <<http://www.sei.ba.gov.br>>.

SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; DELGADO, I.M.; PIMENTEL, M.M.; ARCANJO, J.B.; MELO, R.C.; TEIXEIRA, L.R.; JOST, H.; PEREIRA, L.H.M.; CARDOSO FILHO, J.M.; 2002. **Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros, com base em novos dados U-Pb SHRIMP, Parte I: Limite centro-oriental do Cráton São Francisco na Bahia.** *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4):501-512.

SILVA FILHO, M.A., 1977. **Geologia da Geossinclinal Sergipana e do seu embasamento. Projeto Baixo São Francisco/ Vaza Barris, Relatório Final.** Convênio DNPM/CPRM, vol. 1.

SLÁMA, J.; KOSLER, J.; CONDON, D.J.; CROWLEY, J.L.; GERDES, A.; HANCHAR, J.M.; HORSTWOOD, M.S.A.; MORRIS, G.A.; NASDALA, L.; NORBERG, N.; SCHALTEGGER, U.; SCHOENE, B.; TUBRETT, M.N.; WHITEHOUSE, M.J.; 2008. **Plesovice zircon – A new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis.** *Chemical Geology*, 249(1–2), 1–35.

SOUZA, J.S.; BARBOSA, J.S.F.; CORREA-GOMES, L.C.; 2010. **Litogeoquímica dos granulitos ortoderivados da cidade de Salvador, Bahia.** *Revista Brasileira de Geociências*, 40(3):339-354.

STRECKEISEN, A.; 1976. **To each plutonic rock it's proper name.** Amsterdam. *Earth Sci. Rev.*, 12:1–33.

SUN, S.S.; MCDONOUGH, W.F.; 1989. **Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts for mantle composition and process.** In: SAUNDER, A.D.; NORRY, M.J.; (ed.) *Magmatism in the ocean basins.* Geological Society, Special Publication, 42:313–345.

VAN ACHTERBERGH, E.; RYAN, C.G.; JACKSON, S.E.; GRIFFIN, W.L.; 2001. **Data reduction software for LA–ICP–MS, in Sylvester P.J. (ed.), Laser ablation–ICP–mass spectrometry in the Earth Sciences: Principles and applications.** Ottawa, Ontario, Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 29, 239–243.

WHITNEY, D.L.; EVANS, B.W., 2010. **Abbreviations for names of rock-forming minerals.** *American Mineralogist*, 95:185-187.