



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA

BRUNO FERREIRA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, PETROGRÁFICA E
LITOGEOQUÍMICA DO GRANITO DE CARNAÍBA: POTENCIAL
METALOGENÉTICO PARA LÍTIO.**

Salvador

2019

BRUNO FERREIRA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, PETROGRÁFICA E
LITOGEOQUÍMICA DO GRANITO DE CARNAÍBA: POTENCIAL
METALOGENÉTICO PARA LÍTIO.**

Monografia apresentada ao curso de Geologia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal da
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador: Professor Dr. José Haroldo da Silva Sá

Co-orientadora: MSc. Tatiana Silva Ribeiro

Salvador

2019

BRUNO FERREIRA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, PETROGRÁFICA E
LITOGEOQUÍMICA DO GRANITO DE CARNAÍBA: POTENCIAL
METALOGENÉTICO PARA LÍTIO.**

Trabalho final de graduação aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em geologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

1º Examinador- Prof Dr. José Haroldo da Silva Sá Orientador Universidade Federal da Bahia

2º Examinador – MSc. Daniel Mendonça Rodrigues Universidade Federal Da Bahia

3º Examinador – Dr. Ricardo Ramos Spreafico-CBPM

Salvador, 19 de novembro de 2019

A Deus e a minha família

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, meu amigo, que me sustentou em todos os momentos difíceis não me deixando desanimar e me fazendo forte todos os dias da minha vida. A caminhada é árdua, “o coração faz seus planos, mas a resposta vem de Deus”. Então, dedico a ti todos os dias.

Aos meus pais Eliana e Eudaldo Junior, por dedicarem tanto amor e atenção todos esses anos e por me apoiarem em tudo o que pensei em fazer na minha vida, sendo incentivadores e exemplo a todo momento, sem me deixar desanimar. A meu irmão Rafael, por ser amigo para todos os momentos e por ter me aguentado todos esses anos. A meu primo Gabriel e a meu avô Eudaldo, por me encorajar e aconselhar, e obrigado a todos familiares que me apoiaram e estiveram do meu lado todo o tempo.

A Priscila por ser namorada dedicada, que sempre esteve ao meu lado sendo fiel companheira e amiga em todos os momentos. Por ter dedicado amor todos esses anos em que estivemos juntos sendo conselheira e ouvinte sempre que precisei. O que quer que nos aguarda daqui para frente estaremos juntos. Agradeço a Rui, Lécia, Lucas e Ionara por estarem sempre prontos a me ajudar.

Agradeço aos meus amigos Diego, Celso, Claudio, Felipe, Dalton, Pedros, Loro por todos os momentos de descontração e palhaçadas. Aos meus amigos da UFBA, Danilo, Thiago, Silas e Guido pelas madrugadas de “estudo” que só jogávamos conversa fora, e pelas resenhas durante essa longa jornada que está se encerrando.

Agradeço a todos da Yamana Gold que contribuíram direta ou indiretamente com ensinamentos durante a minha temporada. Agradeço também aos meus amigos estagiários, Tarcio, Pimentel, Aírton, Jéssica, Gabinho, Deco, Rafa, Taiane, Clara e Suellen por todos os momentos de descontração.

E por fim, mas não menos importante, aos meus professores da Universidade Federal da Bahia pelos conhecimentos adquiridos nesses anos. Agradeço ao meu orientador Haroldo Sá, pelo incentivo, paciência e pelos ensinamentos passados. Agradeço também a minha orientadora Tatiana Ribeiro, por todas as palavras de incentivo, pelas conversas, conhecimentos transmitidos, e por terem aceitado me guiar durante toda esta etapa tão importante da minha vida. Muito Obrigado!

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados obtidos na caracterização petrográfica, geoquímica, geofísica e metalogenética realizada para o granitoide de Carnaíba, localizada na região centro norte do Estado da Bahia, na microrregião de Senhor do Bonfim, no município de Pindobaçu. A diferenciação do granito de Carnaíba favoreceu a concentração de Rubídio, Césio e principalmente Lítio nos fluidos finais do granito, a ação hidrotermal promovida pelos fluidos graníticos foram fundamentais para o enriquecimento do granito. A petrografia apontou que o granito é constituído, predominantemente, pelo quartzo, k-feldspato, plagioclásio, muscovita e biotita, além de granada e opacos como minerais acessórios. A sericita e a clorita, estão como minerais de alteração substituindo o k-feldspato/plagioclásio e a biotita respectivamente. A caracterização geoquímica permitiu verificar que houve o enriquecimento dos elementos traço Li, F, Cs e Rb no granitoide estudado, e uma depleção para os elementos Ba e Sr. Em relação aos elementos maiores, foi notado o acréscimo nos teores de SiO_2 e K_2O , e uma depleção nos teores de MgO , MnO , CaO , TiO_2 e P_2O_5 . Os teores médios do lítio no granito chegam a aproximadamente 70ppm superando em mais de 2 vezes os teores esperados para uma rocha granítica. Sugerindo que o granito de Carnaíba seja uma potencial fonte deste elemento que é indispensável na produção de baterias e conseqüentemente no desenvolvimento de novas tecnologias. Contudo, a substituição do lítio na estrutura dos minerais que comportam o lítio (micas) ainda não é bem entendido e será alvo de estudos mais detalhados buscando a viabilidade desse elemento.

Palavras chave: Granito; Fortemente diferenciado; Lítio.

ABSTRACT

This work presents the results obtained in the petrographic, geochemical, geophysical and metallogenetic characterization carried out for the Carnaíba granitoid, located in the north central region of the state of Bahia, in the Senhor do Bonfim microregion, in the municipality of Pindobaçu. The differentiation of Carnaíba granite favored the concentration of Rubidium, Cesium and mainly Lithium in the final granite fluids, the hydrothermal action promoted by the granite fluids were fundamental for the granite enrichment. The petrography indicated that the granite is predominantly composed of quartz, k-feldspar, plagioclase, muscovite and biotite, in addition to garnet and opaque as accessory minerals. Sericite and chlorite are as altering minerals replacing k-feldspar / plagioclase and biotite respectively. The geochemical characterization allowed to verify that there was the enrichment of the trace elements Li, F, Cs and Rb in the studied granitoid, and a depletion for the Ba and Sr. elements. Regarding the larger elements, the increase in SiO₂ and K₂O levels was observed. and a depletion of MgO, MnO, CaO, TiO₂ and P₂O₅ contents. Average granite lithium levels reach approximately 70ppm, more than 2 times the expected levels for a granite rock. Suggesting that Carnaíba granite is a potential source of this element that is indispensable in the production of batteries and consequently in the development of new technologies. However, the replacement of lithium in the structure of lithium-bearing minerals (micas) is not yet well understood and will be the subject of more detailed studies seeking the viability of this element.

Keywords: Granite; Strongly differentiated; Lithium.

LISTA DE FOTOMICROGRAFIA

Fotomicrografia 1- A imagem 15a mostra os principais minerais constituintes do granito, assim como a alteração sericítica e textura mimerquítica. A imagem 15b apresenta os minerais do granito, alteração sericítica e a textura poiquilítica em peneira..	52
Fotomicrografia 2 - Aspectos petrográficos do granito de Carnaíba: A) Quartzo bem crescido. B) Porfiro de microclínio com germinação tartan bem definida. C) Presença de plagioclásio com maclas polissintéticas. D) Biotita sofrendo cloritização. E) Presença elevada de muscovita. F) Granada anterando.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de pontos visitados para a região do granito de Carnaíba indicando coordenadas, localização, litologia e indicação das lâminas.	30
Tabela 2 - Indicando os granitoides, pesquisadores, método e idade dos maciços.....	39
Tabela 3 - Composição do Granito.....	53
Tabela 4 - Elementos maiores, traços e terras raras analisados para o granito de Carnaíba.	56
Tabela 5 - Teores máximos, mínimos e médios dos elementos maiores.....	59
Tabela 6 - Teores máximos, mínimos e médios dos elementos traços do granito de Carnaíba.	61
Tabela 7 - Teores máximos, mínimos e médios dos elementos terras raras.	66
Tabela 8 - Comparação entre os teores de elementos traços do granito com o background.....	73
Tabela 9 - Comparação entre os teores de elementos maiores do granito com o background... ..	74
Tabela 10 - Comparação entre os teores dos flogopititos e o background adotado.	77

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Destaque para o Lítio (Vermelho) na Tabela Periódica.....	16
Foto 2 - Principais Reservas Mundiais de Lítio.....	17
Foto 3 - Distribuição das ocorrências de Lítio em pegmatitos no Brasil.....	18
Foto 4 - Área de Estudo.....	20
Foto 5 - Acesso de Salvador até a área de estudo.....	21
Foto 6 - Terrenos Arqueanos e Paleoproterozoicos do CSF.....	34
Foto 7 - Blocos Arqueanos no início da colisão.....	35
Foto 8 - Mapa do Bloco Gavião Parte Norte.....	36
Foto 9 - Afloramento do Granito de Carnaíba em lajedo (A/C); (B) Rocha da imagem (A) em detalhe.....	44
Foto 10 - Imagem macroscópica das amostras coletadas em campo para petrografia. (A) BFC - 8A, (B) BFC - 13A, (C) BFC - 20A.....	45
<i>Foto 11 - Mapa de Campo Magnético total de Carnaíba (Círculo Preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.....</i>	<i>46</i>
Foto 12 - Mapa de Concentração de Potássio de Carnaíba (Círculo Preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.....	48
Foto 13 - Mapa de Concentração de Tório de Carnaíba (Círculo Preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.....	49
Foto 14 - Mapa de Concentração de Urânio de Carnaíba (Círculo preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.....	50
Foto 15 - Distribuição dos óxidos dos elementos maiores no Granito de Carnaíba. A – SiO ₂ ; B – Al ₂ O ₃ ; C – TiO ₂ ; D – MnO; E – MgO; F – CaO; G – K ₂ O; H – Na ₂ O; I – P ₂ O ₅	57
Foto 16 - Diagrama de Hacker para elementos maiores do Granito.....	59
Foto 17 - Distribuição dos elementos traços no Granito de Carnaíba. A – Rb; B – Li; C – Nb; D – Sr; E – Ba; F – Cs; G – Y.....	62
Foto 18 - Diagramas de Hacker para elementos traços do granito de Carnaíba.....	64
Foto 19 - Distribuição dos elementos terras raras no Granito de Carnaíba. A – Ce; B – Dy; C – Er; D – Eu; E – Gd; F – La; G – Lu; H – Nd; I – Sm; J - Tb; K - Tm; L - Yb.....	66
Foto 20 - Caracterização do tipo de rocha: TAS (1994) e De la Roche et. Al, (1980).....	68
Foto 21 - Diagrama Multielementar mostrando forte anomalia negativa para o Európio.....	69
Foto 22 - Classificação de Maniar & Picolli (1989).....	70
Foto 23 - A caracterização da Série Magmática de Landenberger & Colins (1996).....	70
Foto 24 - Caracterização do grau de diferenciação por El Bouseily & Sokkary (1975).....	71
Foto 25 - A caracterização de ambiente tectônico de Pearce et al. (1984) e Thiéblemont e Cabanis (1990).....	72
Foto 28 - Imagem de DRX realizada nos Flogopititos.....	78
Foto 29 - Pilha de rejeito (flogopititos) decorrente da extração.....	79

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FOTOMICROGRAFIA.....	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FOTOS	11
CAPÍTULO 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. HISTÓRICO DO LÍTIO	15
1.1.1. MINERAIS DE MINÉRIO DE LÍTIO	15
1.1.2. <i>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO LÍTIO</i>	16
1.1.4. O LÍTIO NO BRASIL.....	18
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Gerais.....	19
1.2.2 Específicos.....	19
1.3 JUSTIFICATIVAS	19
1.4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	20
1.5 VEGETAÇÃO.....	21
1.5.1 Caatinga/Cerrado.....	21
1.5.2 Campos Rupestres	21
1.5.3 Floresta Estacional Semi-Decidual.....	22
1.5.4 Mata de Galeria	22
1.5.5 Mata Ciliar	22
1.6 MORFOLOGIA	22
1.6.1 Relevo Ondulado	22
1.6.2 Depósito de Tálus	23
1.6.3 Planície Aluvionar.....	23
1.6.4 Cristas Residuais	23
1.7 MATERIAIS E MÉTODOS	23
1.7.1 Pré-Campo	23
1.7.2 Campo	23
1.7.3 Pós-Campo.....	24
i. Petrografia.....	24
ii. Litogeoquímica	24
iii. Difractometria de Raios-x.....	25
iv. Geofísica	25
1.7.4 Elaboração da monografia.....	25

1.8. TRABALHOS ANTERIORES.....	25
CAPÍTULO - 2 GEOLOGIA REGIONAL.....	33
2.1 INTRODUÇÃO.....	33
2.2 CRÁTON DO SÃO FRANCISCO.....	33
2.3 BLOCO GAVIÃO.....	35
2.3.1 Complexo Mairi.....	37
2.3.2 Complexo Saúde.....	37
2.3.3 <i>Grenstonebelt</i> de Mundo Novo.....	38
2.3.4 Grupo Jacobina.....	38
2.3.5 Granitoides Intrusivos.....	39
2.3.6 Formações Recentes.....	40
CAPÍTULO 3 - GRANITO DE CARNAÍBA.....	41
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	41
3.2 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA.....	45
3.3 GEOFÍSICA.....	45
3.3.1 Mapa magnético Campo total.....	46
3.3.2 Mapas Radiométricos (Potássio (K), Tório (Th), Urânio (U)).....	47
CAPÍTULO 4 - PETROGRAFIA.....	52
4.1 CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA.....	52
4.2 GRANITOIDE DE CARNAÍBA.....	52
CAPÍTULO 5 - GEOQUÍMICA.....	56
5.1 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA.....	56
5.2 Elementos Maiores.....	57
5.3 Elementos Traços.....	61
5.4 Elemento Terras Raras.....	65
5.5 Caracterização do tipo de Rocha.....	68
5.6 Diagramas Multielementares.....	69
5.7 Diagramas de Classificação.....	69
5.8 Diagrama de Séries Magmáticas.....	70
5.8.1 Landenberger & Colins (1996).....	70
5.8.2 El Bouseily & Sokkary (1975).....	70
5.9 Diagramas discriminante de ambiente tectônico.....	71
CAPÍTULO 6 - DISCUSSÕES.....	73
6.1 DISCUSSÕES.....	73
CAPÍTULO 7 - POTENCIALIDADE PARA O LÍTIO.....	76
7.1 Potencial no Granito.....	75
7.2 Potencial no Flogopitito.....	75
CAPÍTULO 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIAS.....	83

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por fontes de energia “limpa” tem se tornado alvo de grandes investimentos em todo o mundo, principalmente nos países mais desenvolvidos como; China, EUA, Japão, Reino Unido, Índia, Chile, Austrália e também no Brasil. Neste cenário, o lítio tem mostrado grande potencial para ser utilizado de diversas maneiras pela sua condução de energia devido as suas características físico-químicas que o diferenciam de outros metais.

O lítio é o metal alcalino mais leve e mais eletropositivo dentre os metais, apresenta cor branco-prateada e se oxida facilmente em contato com o ar ou a água, sendo assim um bom condutor de energia térmica e de eletricidade. Atualmente o lítio vem sendo muito requisitado na indústria de vidro e cerâmica, tratamento de ar e baterias elétricas principalmente. O lítio empregado em baterias permite um carregamento mais rápido, maior densidade de carga, tamanho reduzido, além de ampliar a durabilidade e vida útil da bateria.

As principais concentrações de lítio ocorrem em salmouras de evaporitos e em pegmatitos graníticos, estando associados à minerais como o: Espodumênio ($\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$), Ambligonita ($\text{LiAl}(\text{P}_4\text{O}_{13})(\text{F},\text{OH})$), Petalita ($\text{LiAl}(\text{Si}_4\text{O}_{10})$), Lepidolita ($\text{K}(\text{Li},\text{Al}_3)(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$) e Zinwaldita ($\text{K}(\text{Li},\text{Al},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$).

A região de estudo é conhecida pelas mineralizações de berilo (esmeralda) derivadas da alteração metassomática de fluidos pegmatíticos, provenientes do Granito de Carnaíba com serpentinitos. O produto dessa alteração são flogopititos e talco-cloritaxistos. Napravnik, (2011) a partir de estudos litogeoquímicos dos flogopititos e serpentinitos em Garimpos da região de Carnaíba identificou concentrações anômalas de Lítio (1495 ppm), Rubídio (1404 ppm), Césio (>200 ppm), Cromo (1148 ppm) e Flúor (26799 ppm) nos flogopititos.

Este trabalho apresenta os resultados obtidos por meio de análise petrográfica, estudos litogeoquímicos e a geofísica tendo como principal objetivo, caracterizar o granito de Carnaíba e identificar possível enriquecimento de elementos traços como o Li, além de discutir às condições que geraram o enriquecimento de lítio nesse granito.

1.1. HISTÓRICO DO LÍTIO

O lítio foi descoberto em 1817 por Arfwedson, ao analisar no laboratório de Berzelius o mineral petalita ($\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$) descoberto por José Bonifácio na mina Utö na Suécia. *“o novo álcali foi descoberto pelo sr. Arfwedson (...) num mineral previamente descoberto pelo sr. d’Andrada numa mina de Utö e por ele chamado de petalita (...)”* (PEIXOTO, 1995). No entanto, não conseguindo isolar o metal, o que só seria feito por Bunsen e Matthiessen em 1855, usando a técnica de eletrólise do cloreto de lítio fundido.

O mesmo estudo foi feito com o mineral espodumênio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), também descoberto por José Bonifácio, que mostrou características semelhantes à petalita, apresentando o lítio como elemento químico principal, sendo classificado como aluminossilicatos de lítio (MARQUES, 2011).

1.1.1. MINERAIS DE MINÉRIO DE LÍTIO

AMBLIGONITA – Este mineral ocorre em pegmatitos graníticos, associados a espodumênio, turmalina, lepidolita e apatita. Sua fórmula química (LiAlFPO_4), possui composição teórica de Li_2O 10,1%; Al_2O_3 34,4%; F 12,9%; P_2O_5 47,9% (DANA, 1969). As principais características da ambligonita são a cor branca, verde ou azul pálido. É um mineral translúcido, com brilho vítreo, nacarado na superfície da clivagem perfeita {100} (DANA, 1969).

ESPODUMÊNIO – Este mineral pode ser encontrado em cristais de grandes dimensões em diques de pegmatitos. É um silicato de alumínio e lítio de fórmula $\text{LiAl}(\text{SiO}_6)$ e composição teórica Li_2O 8%; Al_2O_3 27,4%; SiO_2 64,6%, podendo ocorrer pequena substituição de lítio por sódio (DANA, 1969).

O espodumênio pode ser identificado por sua fusibilidade entre 3 e 4, com fusão inicialmente emitindo ramos finos e posteriormente formando um vidro claro, com chama carmesim do lítio insolúvel (DANA, 1969).

PETALITA – Este mineral ocorre em pegmatitos associado a espodumênio, turmalina e lepidolita. É um silicato de alumínio e lítio, de fórmula $\text{Li}(\text{AlSi}_4\text{O}_{10})$, com composição teórica Li_2O 4,9%; Al_2O_3 16,7%; SiO_2 78,4% (DANA, 1969).

Suas principais propriedades físicas são o brilho vítreo a nacarado, apresenta clivagem perfeita, além de fratura conchoidal. É insolúvel em ácido, produz chama vermelha, ao ser aquecida produz uma luz fosforescente azul (DANA, 1969).

LEPIDOLITA – Este mineral ocorre em pegmatitos e está geralmente associado a outros minerais litiníferos. um filossilicato de fórmula $K_2(Li,Al)_5Si_6-7Al_{2-1}O_{20}(OH,F)_4$ e composição teórica K_2O 12,1%; Li_2O 7,7%; Al_2O_3 13,13%; SiO_2 61,89%; H_2O 2,32% (DANA, 1969).

É um mineral de cor variando de rosa, incolor, cinza amarelado. Suas principais propriedades físicas são o hábito micáceo com clivagem perfeita em {001} e brilho perláceo.

1.1.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO LÍCIO

O Lítio deriva da palavra grega pedra (lithos), pois, acreditava-se que o lítio só ocorria em rochas. Representado na tabela periódica pelo símbolo Li, o lítio é um elemento químico que pertence ao grupo 1 e ao segundo período da tabela periódica (Foto 1). Classificado como metal alcalino, o lítio é um excelente condutor de eletricidade, que detém certa maleabilidade, além de ser altamente reativo. É um metal escasso e disperso em certas rochas na natureza, constitui 20 ppm da crosta terrestre e 0,1 ppm da água do mar, tendo isótopos: lítio-7 (92,5%) e lítio-6 (7,5%).

Foto 1 Destaque para o Lítio (Vermelho) na Tabela Periódica.

As propriedades físico-químicas, como seu baixo coeficiente de expansão térmica, o grande potencial eletroquímico e baixa densidade e elevado poder calorífico, tornam o lítio um metal com propriedades muito distintas dos demais, o que torna difícil a sua substituição por outro elemento químico.

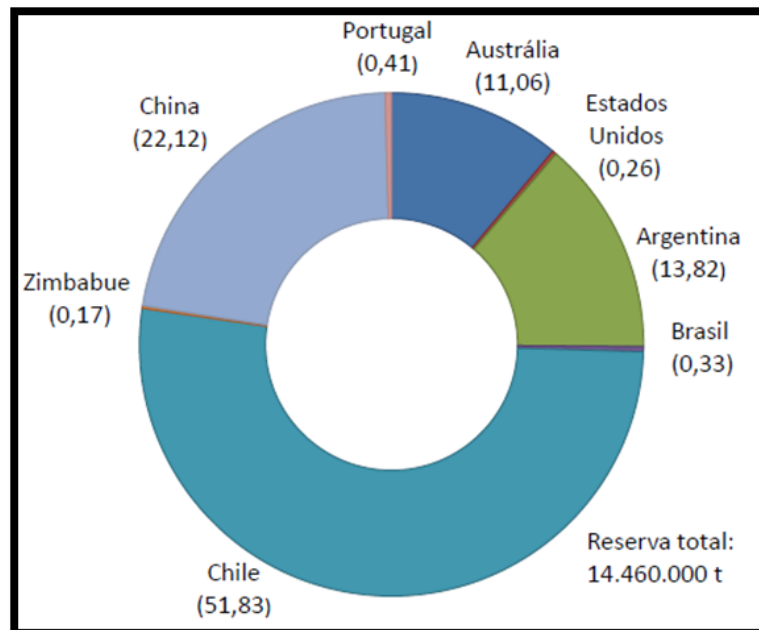
É um metal versátil que tem sido implementado na sociedade em diversas áreas do conhecimento como: a indústria de vidro e cerâmica, na fabricação de esmaltes, metais, medicamentos e principalmente na fabricação de baterias.

O hidróxido e o carbonato de lítio, são os principais produtos de uso industrial, são obtidos a partir dos minerais e salmouras ricas em lítio (BRAGA e SAMPAIO, 2008).

1.1.3. O LÍTIO NO MUNDO

O lítio tem se tornado indispensável para o desenvolvimento da sociedade em todo o mundo, os recursos estão espalhados pelo mundo (Foto 2). No entanto, é muito escasso na natureza. Segundo SMITH 2011, os recursos litiníferos estão presentes nas salmouras minerais (62%), nos minerais pegmatíticos (23%), nas salmouras geotermiais (3%), na camada de pré-sal (3%), no mineral jadarita (3%) e em argilas ricas em lítio - hectorito (3%).

Foto 2 Principais Reservas Mundiais de Lítio.



Fonte: U.S.G.S., Mineral Commodity Summaries, January 2017.

O continente sul-americano abriga cerca de 80% do lítio mundial em seu território. As reservas estão em pegmatitos e a grande maioria em salmouras. O Chile, Bolívia e Argentina são denominados como o triângulo do lítio por juntos abrigarem mais de 60% do lítio sul-americano.

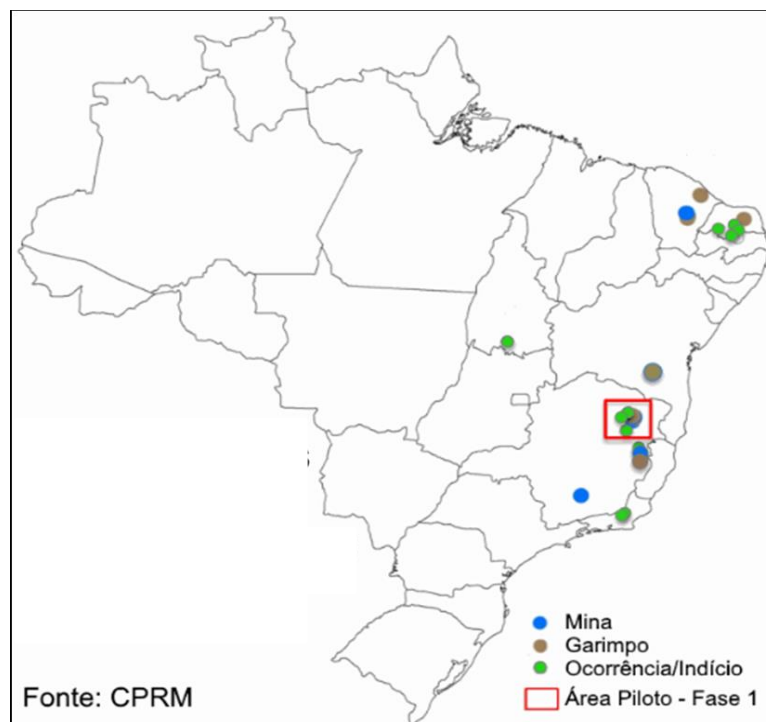
Na América do Norte, o Canadá possui suas principais reservas em pegmatitos e não em salmouras. Em contrapartida as reservas americanas são mistas, ou seja, se dividem em pegmatitos e evaporitos.

O zimbábue possuem depósitos pegmatíticos em Al Hayat, e as reserva da África do Sul estão localizadas no Zaire, (Schobbenhaus,1985-97). E por fim temos a china que vem sempre investindo agressivamente em busca de novas fontes de lítio, que em seu caso possuem reservas tanto de evaporitos como de pegmatitos.

O LÍTIO NO BRASIL

As principais reservas estão associadas a pegmatitos nas regiões do Vale do Jequitonha (MG) e na microrregião de Araçuaí. Descoberto pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), elevou as reservas mundiais da substância, de 0,5% para 8%, tornando o Brasil um dos maiores do setor aumentando as reservas lavráveis de 48 mil toneladas para 54 mil toneladas. O lítio é encontrado principalmente em minerais de espodumênio, petalita, amblygonita, e a lepidolita, em pegmatitos (Foto 3). Em contrapartida, existem grandes reservas de lítio sob a forma de salmouras no Chile, Argentina e Bolívia que juntos detêm cerca de 60% do lítio do mundo.

Foto 3 Distribuição das ocorrências de Lítio em pegmatitos no Brasil.



1.2 OBJETIVOS

1.2.2 Gerais

O presente trabalho tem por objetivo, caracterizar petrograficamente e através de estudos litogeoquímicos do granito de Carnaíba e sua interação com os flogopititos. Busca-se identificar a origem do enriquecimento desse corpo em Li, assim como, avaliar a possibilidade de zonas mineralizadas na região.

1.2.3 Específicos

Os objetivos específicos são:

- Caracterizar a mineralogia do granito Carnaíba. Observando as fases minerais e possíveis alterações hidrotermais.
- Verificar as características litogeoquímicas de elementos maiores, traços e terras raras.
- Entender as condições geológicas do granito e que papel desempenhou na introdução do lítio.
- Avaliar a potencialidade da área para reservas de lítio.

1.3 JUSTIFICATIVAS

Ao estudar corpos graníticos, é notável a afinidade destas rochas com mineralizações de Sn, Mo, Cu, Ta, Nb, F, Li, Be, Cs, Au além de gemas. Essas mineralizações estão associadas a fases pós-magmáticas, que são enriquecidas em elementos incompatíveis que ocorrem no magma residual. As mineralizações deste modelo geralmente ocorrem em forma de veios e/ou disseminados, hospedadas tanto nas zonas periféricas dos granitos, como nas suas encaixantes.

A identificação de potenciais jazidas litíferas, bem como suas características e gênese são importantes para que exista uma maior disponibilidade do minério para o suprimento e desenvolvimento da sociedade, assim como, ampliar os conhecimentos científicos desse elemento químico que vem sendo bastante requisitado na fabricação de remédios, ligas metálicas, vidros, polímeros e principalmente na fabricação de baterias. Isso mostra a versatilidade e importância da ampliação dos estudos sobre o Lítio, que tem ganhado destaque no mercado atual.

1.4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo está localizada na região centro norte do Estado da Bahia, no município de Pindobaçu, que dista cerca de 380 Km da cidade de Salvador (Foto 4).

O acesso ao município de Pindobaçu pode ser realizado, via rodovias pavimentadas, partindo-se de Salvador, sentido Feira de Santana e, em seguida, para o município de Capim Grosso, pela BA-324 (Foto 5). No entroncamento rodoviário do município de Capim Grosso pega-se a BR-407, sentido norte, até o município de Ponto Novo, seguido pela BA-375 até o município de Saúde e adiante a BA-131, sentido norte, até o município de Pindobaçu.

Foto 4 – Mapas de caracterização e acesso à área de estudo.

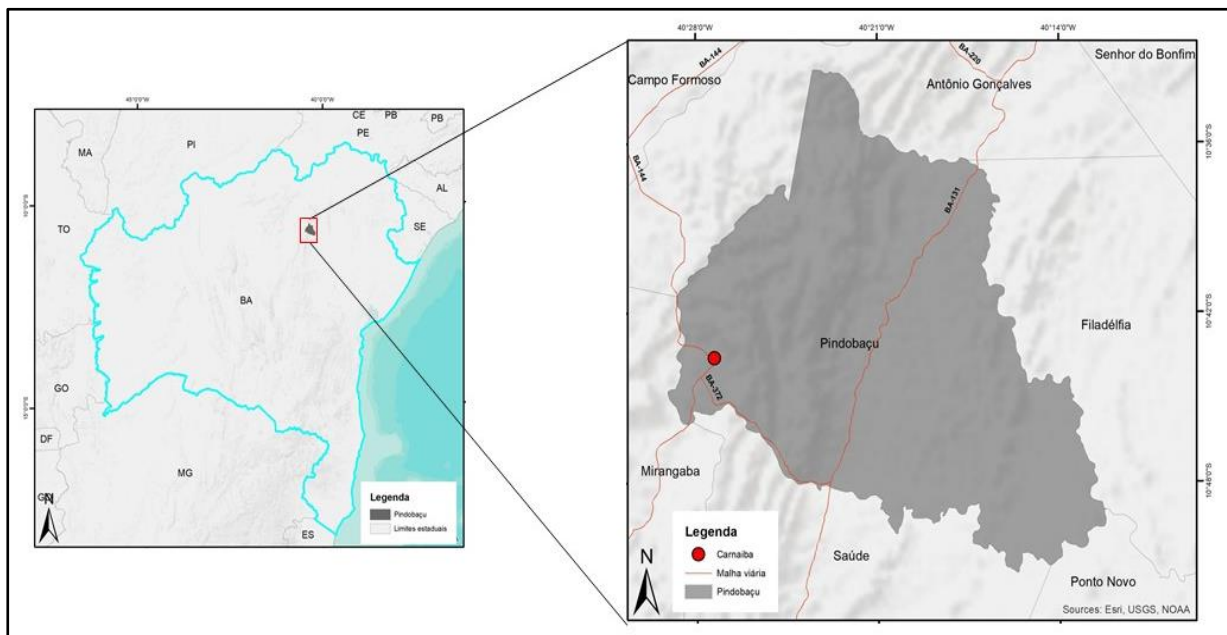
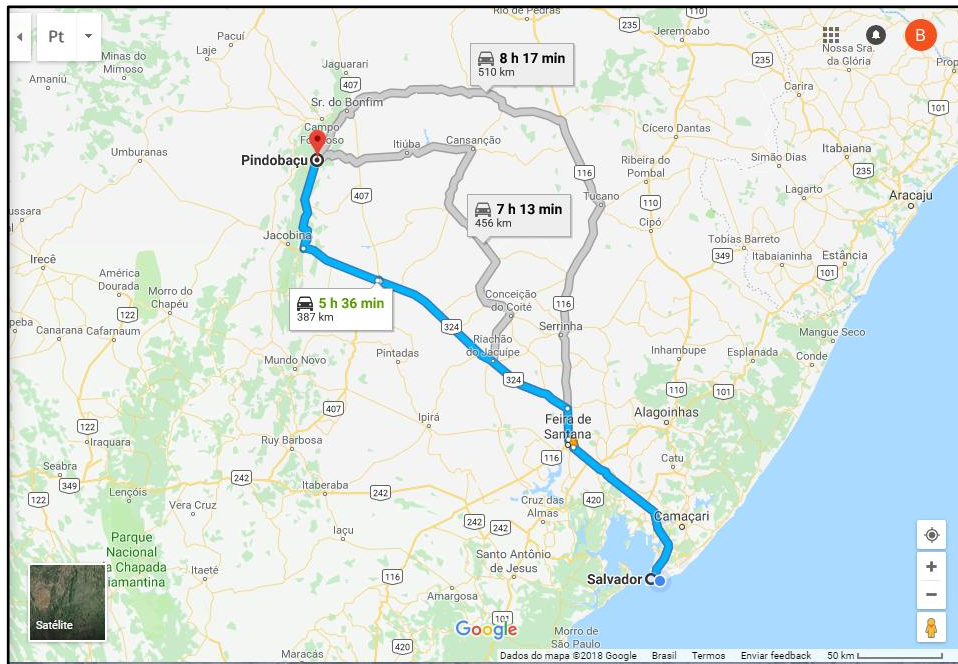


Foto 5 - Acesso de Salvador até a área de estudo



Fonte: Google Maps.

1.5 VEGETAÇÃO

A região de Jacobina é composta por cinco domínios geomorfológicos distintos, foram definidos por trabalhos de fotointerpretação, visitas de campo realizadas pelos estudantes da Universidade Federal da Bahia, sendo divididas em: Caatinga/Cerrado, Campos Rupestres, Floresta Estacional Semi-Decidual, Mata de Galeria e Mata Ciliar.

1.5.2 Caatinga/Cerrado

Compreende vegetação arbórea-arbustiva associada a solos areno-argilosos e vegetação xerofita, compostos por gramíneas, arbustos e árvores de porte médio-baixo, caducifólias com predomínio de plantas espinhosas (cactáceos). Essas plantas são adaptadas a este ambiente, o que permite a manutenção destas espécies com a disponibilidade limitada de água.

1.5.3 Campos Rupestres

Associado aos quartzitos do Grupo Jacobina, deram origem ao solo areno-quartzoso. A vegetação é representada principalmente por gramíneas, sendo frequentemente intercalada por zonas não vegetadas.

1.5.4 Floresta Estacional Semi-Decidual

Constituída por vegetação arbórea com árvores que chegam a ter 25 m de altura, além de possuir vegetação arbustiva. Essa unidade relaciona-se com solos arenos-argiloso, além de desempenhar um papel importante mitigando deslizamentos de terra.

1.5.5 Mata de Galeria

É encontrada tanto nos vales longitudinais como transversais, relacionados com solos argilosos originados pela pedogênese de rochas máficas e ultramáficas. As espécies que compõem essa unidade são Annonaceae (pindaíba-preta), Burseraceae (breus), Euphorbiaceae (jaca-brava e pau-de-santa-rita), Magnoliaceae (pinha-do-brejo) Rubiaceae e Leguminosae segundo a EMBRAPA (2013).

1.5.6 Mata Ciliar

Relacionada às drenagens, nas margens dos rios e lagos. Sua vegetação é do tipo arbórea-arbustiva com pequenas árvores que não ultrapassam 5 metros de altura. Essa unidade é considerada Área de Proteção Permanente (APP), devido a sua importância na contenção do assoreamento dos rios.

1.6 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da região foi determinada através de estudos de fotointerpretação, visitas de campo realizadas pelos estudantes da Universidade Federal da Bahia. Apresentam as seguintes feições: Relevo Ondulado, Depósito de Tálus, Planície Aluvionar e Cristas Residuais.

1.6.2 Relevo Ondulado

Alcançando altitudes médias que variam de 400 a 900m, é constituído basicamente por granitos, xistos, gnisses, migmatitos, metabasitos entre outras. Segundo (King, 1956), pertence ao ciclo sulamericano com idades do terciário Inferior. No período após Gondwana no Cretácio Inferior temos esse mesmo modelado em quartzitos e conglomerados, os quais alcançam altitude de 1000m.

1.6.3 Depósito de Tálus

Encontrado geralmente no sopé das unidades, tem origem nas regiões serranas de onde provém o material que forma este tipo de depósito. Apresenta uma grande variedade de materiais, granulometria e maturidade dos mesmos.

1.6.4 Planície Aluvionar

Ocorrem nos vales entalhados pelos rios, e pelas chuvas nos canis de drenagem. É constituído por areia e cascalhos sendo caracterizado como modelo de acumulação, alcançando uma altitude de 400m.

1.6.5 Cristas Residuais

Essa unidade bordeja toda a Serra de Jacobina, com altitude média de 500m, é caracterizada por possuir um relevo uniforme com alinhamento N-S gerado pela erosão diferencial, devido aos litotipos que compõem a área (quartzitos e veios de quartzo).

1.7 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho corresponde a todas as atividades realizadas que serviram de subsídio para a elaboração de textos e mapas preliminares. Foi dividida em três etapas: Pré-campo, Campo e Pós-campo, descritas a seguir.

1.7.2 Pré-Campo

Nesta etapa foi realizado um levantamento e compilação de dados bibliográfico, com objetivo de adquirir informações prévias dos aspectos regionais da área através de: monografias, teses, livros e artigos.

Os mapas gerados, tiveram como base os dados do GeoBank e a partir deles a campanha de campo foi dinâmica o que facilitou o trabalho.

1.7.3 Campo

Nesta etapa, o levantamento de campo ocorreu entre os dias 05 a 10 de março de 2018 na região de Pindobaçu, Carnaíba, Bahia. Durante o trabalho, foram coletados dados da geologia (descrição macroscópica), vegetação e aspectos fisiográficos da região, o que permitiu avaliações prévias do material.

As características macroscópicas dos afloramentos, auxiliaram na compreensão da geologia, solucionando com questionamentos advindos da fase anterior.

Ao todo foram coletadas 22 amostras de diferentes locais para estudos petrográficos e litogeoquímicos. Dentre as 22 amostras, 12 delas são de granitos (10 Carnaíba e 2 Mirangaba), 4 de flogopititos, 2 de serpentinitos e 2 de pegmatitos no granito de carnaíba (Tabela 1).

1.7.4 Pós-Campo

Para a realização desta etapa foram analisadas 3 lâminas delgadas do granito de Carnaíba, seguido de algumas análises Petrográficas, Litogeoquímica, Difratomia de Raios – X e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), descritos a seguir:

i. Petrografia

Foram confeccionadas 3 lâminas de granitos e uma de flogopitito para estudos petrográficos, que auxiliados pelo microscópio permitiu identificar os minerais, suas paragêneses e as alterações mineralógicas ocorrida nas rochas.

O estudo petrográfico foi realizado com auxílio de microscópios binoculares Olympus, modelo BX41, com luz plano polarizada do Laboratório de Mineralogia Óptica e Petrografia do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia e as fotomicrografias foi realizado com o auxílio do celular.

ii. Litogeoquímica

As análises químicas foram realizadas pela SGS - GEOSOL LABORATORIO Ltda, com o apoio da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), para análise de 22 amostras.

Foi utilizado a *Fluorescência de Raios-X para os elementos maiores* (SiO₂, Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, CaO, MnO TiO₂ e P₂O₅), para elementos traços (Ba, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Th, Ga, Zn, Cu, Ni, V, Cr, Hf, Cs, Sc, Ta, Co, Li, Be, B, U, W, Sn, Mo) aplicou-se o ICP-OES. Por fim, o método ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) foi utilizado para os elementos terras-raras, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu.

iii. Difractometria de Raios-x

Foram realizadas análises difratométricas em amostras de flogopititos de Carnaíba. A rocha foi pulverizada para fração argila e encaminhada para o Laboratório de Difractometria de Raios-X (DRX) do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

O Laboratório de DRX (IGEO-UFBA) é equipado com um Difratorômetro RIGAKU, Modelo D / MAX 2A, apoiado por um regulador automático de Voltagem (170 – 240 V) de marca Peltron e um COOLER SMC, Mod. INR 242-3 de 200 V. Os dados são interpretados pelo software Match! (*Phase Identification from Powder Diffraction*), podendo assim determinar as fases minerais.

iv. Geofísica

Foram utilizados os dados de levantamento geofísico regional magnetométrico e gamaespectrométrico do banco de dados do Grupo de Metalogênese para analisar o padrão geofísico do granito, assim como, identificar possíveis anomalias. Os dados obtidos foram através de quatro mapas: magnético de campo total, mapa de concentração de potássio (K), Mapa de concentração de Urânio (U) e mapa de concentração de Tório (Th).

1.7.5 Elaboração da monografia

As figuras e mapas foram elaborados e editados através do software *ArcGIS* 10.3 e do *Corel Draw X20*. A partir da integração dos dados bibliográficos, de campo e da interpretação dos dados tudo foi integrado e assim foi possível a elaboração desta monografia com o objetivo de obter o grau em bacharel em Geologia pela Universidade Federal da Bahia – UFBA.

1.8. TRABALHOS ANTERIORES

A região de Pindobaçu e entornos, já vem sendo estudada, com muitos trabalhos publicados nos quais destacam-se:

- Leo et al. (1964), foi um dos primeiros trabalhos publicados, o qual descreve a primeira coluna litoestratigráfica para a serra de Jacobina, definindo a Formação Bananeiras, a Serra do Córrego, o Rio do Ouro e Cruz das Almas.
- Griffon (1967) mapeando o centro da serra propôs unificar a serra de Jacobina em Serra do Córrego e Rio do Ouro, dividindo a formação Cruz das Almas em Serra do Meio e Água Branca. Além de admitir rochas gnáissicas migmatíticas como embasamento da porção leste de Jacobina.
- Couto et. al. (1978) agrupou as formações Cruz das Almas, Serra do Meio e Água Branca somado ao grupo Jacobina inferior, designando assim o complexo Itapicuru. Os granitos dessa região também são mencionados nesse trabalho e é proposto a relação de intrusão com as demais rochas regionais integrando os granitos no ciclo transamazônico.
- Rudowski et al. (1987) caracterizam do ponto de vista petrológico, químico e metalogenético o maciço de Campo Formoso e Carnaíba evidenciando mecanismos metassomáticos a partir dos fluidos responsáveis pelas mineralizações de Be e Mo.
- Sabaté et al. (1989) proporcionou uma análise mais apurada através de estudos isotópicos Rb-Sr e Nd-Sm, caracterizando os granitos geoquimicamente, além de propor possíveis fontes e dinâmica de colocação destes corpos.
- Horscroft et al. (1989) defenderam a ideia de que o Grupo Jacobina foi formado em um ambiente de rift com sedimentação do tipo fining upward, tendo origem em ambiente fluvial, passando a transicional (deltaico) e marinho fraco. Melo (1991) definiu o ambiente do Complexo Itapicuru e Serra de Jacobina como de uma bacia do tipo "pull apart" de fundo síalico, não considerando a existência de ultramáficas intercaladas nos quartzitos da Serra de Jacobina em seu modelo.
-

- Mascarenhas & Silva (1994) classificam o *greenstone belt* como uma sequência vulcanossedimentar, propondo a divisão do greenstone em quatro domínios: (i) Máfico – Ultramáfico (Metabasaltos, Calcociláticas, chert); (ii) Vulcânico Máfico (Metadacitos, piroclastos, metassedimentares); (iii) Vulcânico Félsico-Sedimentar (Metaandesitos, quartzo micaxisto); (iv) Sedimentar. Esse greenstone é atribuído ao arqueano, refere-se ao embasamento da Serra de Jacobina.
-
- Os granitóides tardi a pós-tectônicos foram estudados por (Marinho et. al., 1979, 1980, 1992; Sabaté et. al., 1989-1990; Barbosa et al., 2003; Couto et. al., 1978 e outros), o que favoreceu a aquisição de dados sobre as características geológicas, petrográficas, estruturais, litogeoquímicas, isotópicas e geocronológicas desses corpos.
- Napravnik, Leonardo Pires. (2011) Caracterizou os flogopititos da região de Carnaíba e Socotó, Bahia com alto potencial metalogenético para potássio (K).

Tabela 1 - Tabela de pontos visitados para a região do granito de Carnaíba indicando coordenadas, localização, litologia e indicação das lâminas.

Ponto	Coordenadas	(UTM)	Localização	Litologia	Lâmina Petrográfica
BFC -01	341768	8815124	Garimpo das Cabras	Serpentinito	
BFC -02	339628	8812563	Estrada de chão, seguindo para Jatobá	Granito	
BFC -03	338466	8812003	Entroncamento da Cidade de Jatobá	Granito	
BFC -04	337942	8811794	Lajedo na cidade de Jatobá	Granito	
BFC -05	335775	8812463	Antiga extração de quartzito, caminho para Mirangaba	Pegmatito	
BFC -06	339391	8811931	Estrada de chão, sentido Lajinha	Granito	
BFC -07	339572	8810945	Estrada de chão, sentido Lajinha	Granito	
BFC -08	340065	8814447	Estrada de chão, sentido Caraibinha	Granito	X
BFC -09	338987	8814774	Lajedo no leito do rio sentido Caraibinha	Granito	
BFC -10	338228	8817411	Corte de estrada sentido Caraibinha	Granito	
BFC -11	337711	8811955	Estrada de chão, drenagem sentido Caraibinha	Granito	
BFC -12	337867	8814051	Estrada de chão, de Mirangaba para Jatobá	Granito	
BFC -13	337737	8810872	Próximo ao Garimpo Olhos D'água	Granito	X
BFC -14	337470	8809735	Próximo ao Garimpo Olhos D'água	Anfibolito	
BFC -15	337284	8810050	Próximo ao Garimpo Olhos D'água	Flogopitito	
BFC -16				Serpentinito	
BFC -17	342051	8811675	Garimpo da Marota	Flogopitito	
BFC -18	341910	8815042	Garimpo das Cabras	Serpentinito	
BFC -19	340783	8815042	Garimpo das Cabras	Flogopitito	
BFC -20	340509	8812206	Estrada de chão, seguindo para Jatobá	Granito	X
BFC -21	333318	8800308	Leito do rio, Iguaçu sentido Mirangaba	Granito	
BFC -22	332586	8800098	Iguaçu sentido Mirangaba	Granito	

CAPÍTULO 2 - GEOLOGIA REGIONAL

INTRODUÇÃO

A compreensão do contexto regional é fundamental para o desenvolvimento do trabalho, desta forma será apresentado uma breve discussão do Cráton do São Francisco, seguido dos blocos arqueanos.

2.2. CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

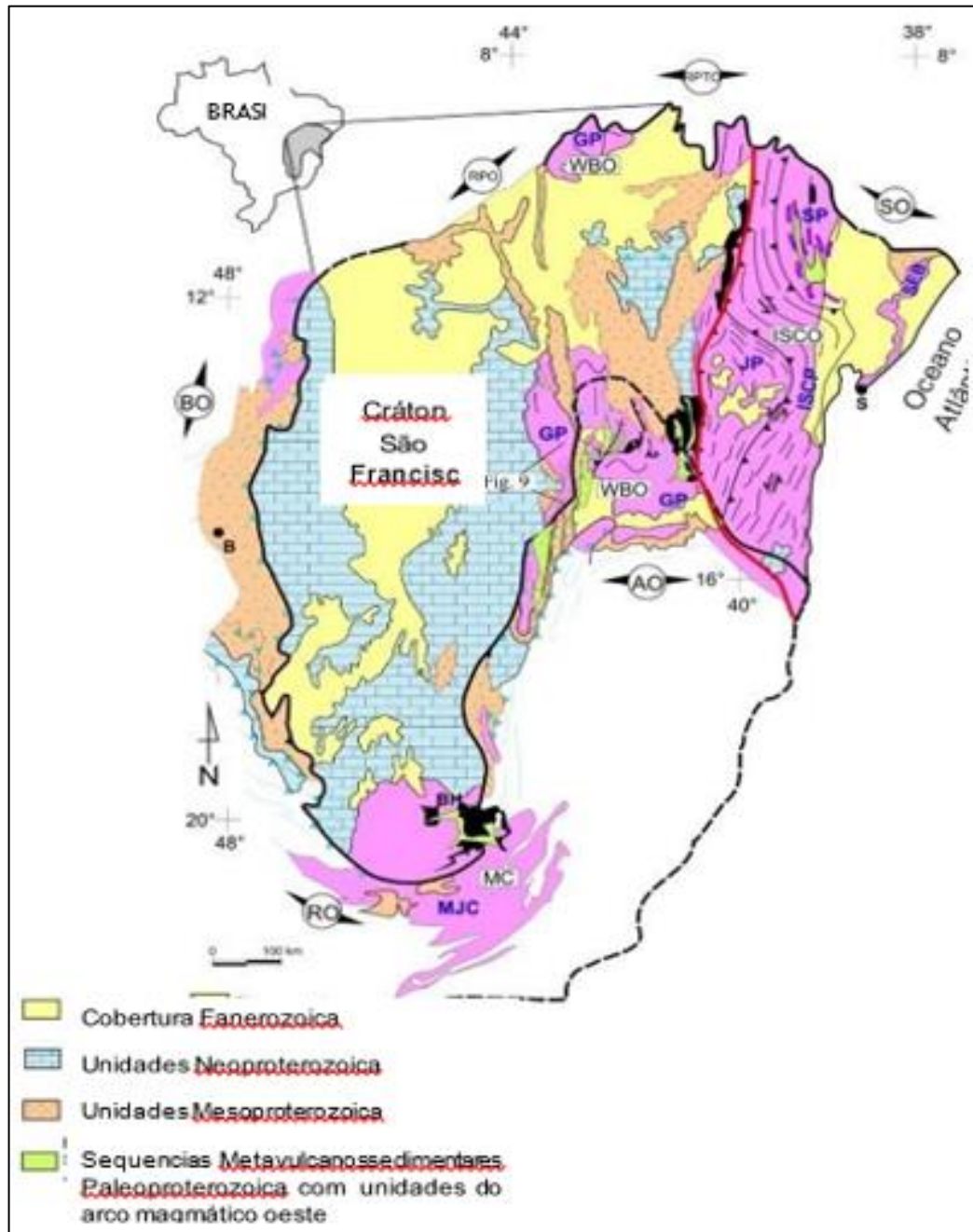
A região de estudo está inserida no domínio tectônico do Cráton do São Francisco (Almeida 1967, 1977), estruturado no final do Paleoproterozoico (2.0 Ga), seus limites foram redefinidos pela orogênese Brasileira (0.6 Ga) (Foto 6).

No paleoproterozoico (2.0 Ga), a amalgamação de quatro grandes blocos arqueanos (Foto 7) na parte norte do Cráton do São Francisco constituiu o cinturão orogênico Itabuna-Salvador-Curaçá. A sobreposição do cinturão Salvador-Itabuna-Curaçá sobre o Bloco Jequié e ambos sobre o Bloco Gavião deram origem ao lineamento Contendas-Mirantes-Jacobina que baliza toda a Serra de Jacobina a leste.

De acordo com Barbosa e Sabaté (2002, 2003, 2004) o CSF é composto por rochas TTG's e granodioritos arqueanos, granulitos, ortognaisses, migmatitos, anfíbolitos e por sequências supracrustais, todos metamorfizados nas fácies xisto verde, anfíbolito ou granulito.

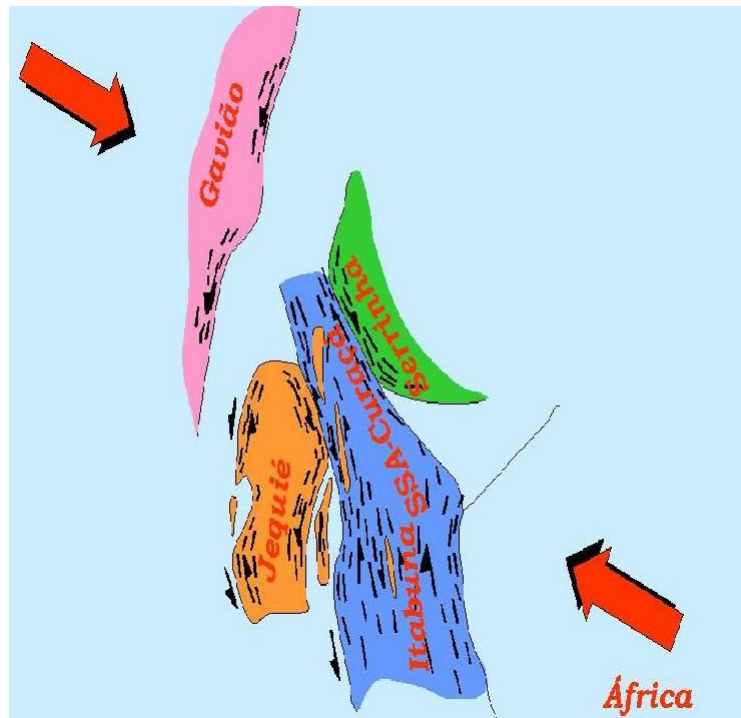
Os blocos arqueanos são; Bloco do Gavião (3,4 a 3,2 Ga) composto por TTG's (tonalitos-trondjemitos-granodioritos), migmatitos, *Greenstone Belt* de Mundo Novo e pelo Grupo Jacobina; Bloco Jequié formado por migmatitos (3,0 – 2,9 Ga), granitóides (2,8 - 2,7 Ga), metassedimentos e vulcânicas básicas; Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá (~2,6 Ga) constituído por tonalitos-trondjemitos e metassedimentos; e o Bloco Serrinha (3,0 a 2,9 Ga) apresenta granitos e tonalitos, que são o embasamento dos *Greenstone Belts* do Rio Itapicuru e Capim (BARBOSA & SABATÉ, 2003).

Foto 6 - Terrenos Arqueanos e Paleoproterozoicos do CSF.



Fonte: Adaptado de Alkimin *et al.* 1993.

Foto 7 - Blocos Arqueanos no início da colisão paleoproterozoica



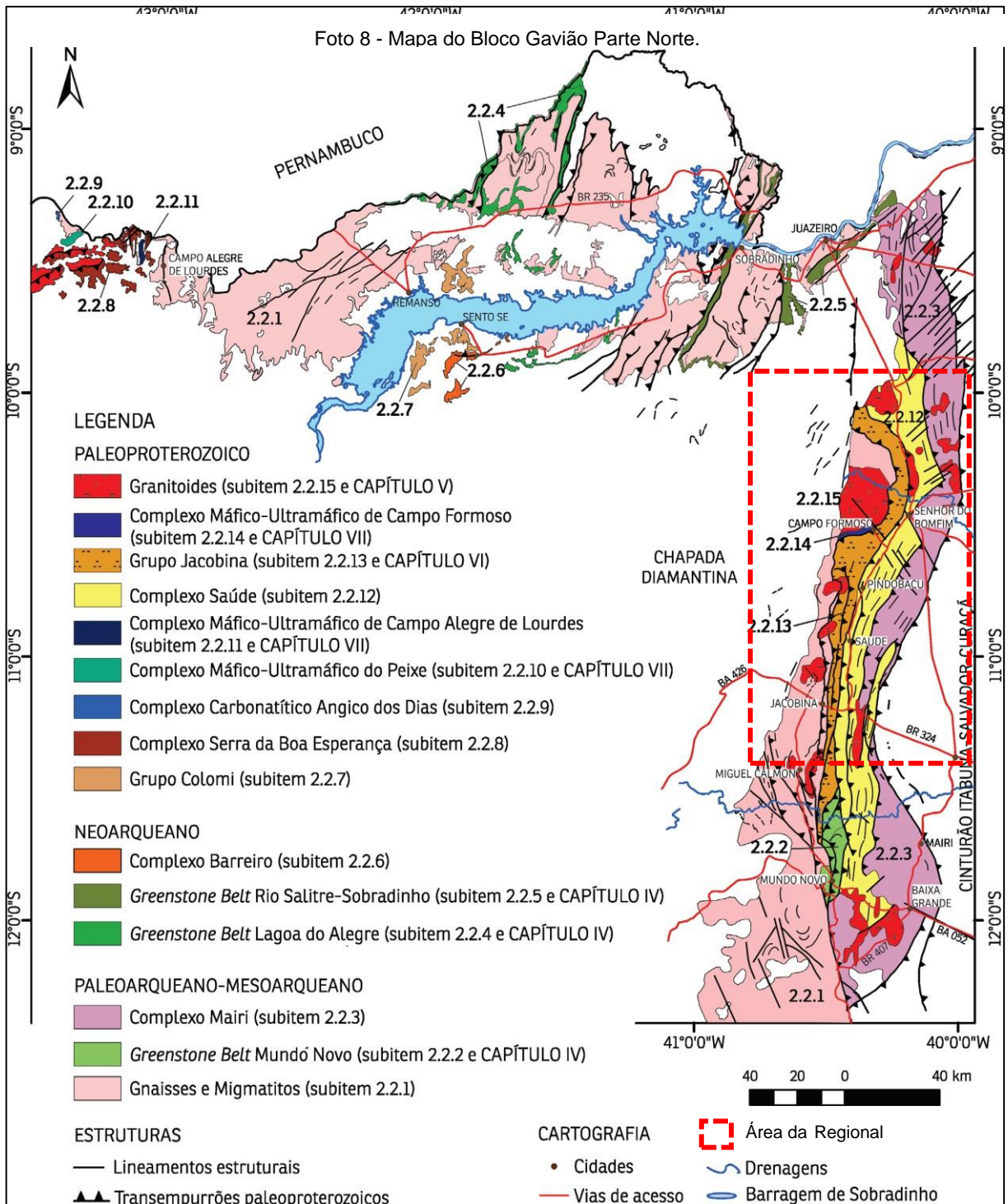
Fonte: Barbosa *et al.* (2012)

2.3. BLOCO GAVIÃO

O Bloco Gavião (BG) é constituído por terrenos graníticos-gnássicos migmatizados, formado por tonalitos-trondhjemitos, granodioritos (suites TTG) e granitos (CUNHA e FRÓES, 1994; CUNHA *et al.*, 1994; BASTOS LEAL *et al.*, 1998).

O BG foi dividido em dois setores segundo Barbosa *et al.* (2012), a porção central - sul e a norte, vamos fazer uma breve exposição da parte central e sul, embasando a área estudada.

A porção central - sul, é constituída por rochas paleoarqueanas do tipo TTG (tonalíticas, trondhjemíticas, granodioríticas), assim como rochas meso-neoarqueanas, granodioríticas, juntamente com os granitoides riaciano-orosianos (Barbosa *et al.*, 2012). No sentido norte - sul ocorrem os granitos do Flamengo, Jaguarari, Campo Formoso, Carnaíba, Mirangaba e Miguel Calmon (Foto 8), além de serem reconhecidas rochas pertencentes aos *greenstone belts* da região.



Fonte: Barbosa *et al.* (2012)

2.3.1 Complexo Mairi

Segundo Sampaio et. al. (2001) o Complexo Mairi é composto por rochas TTG (tonalito-trondhjemito-granodiorito) nas porções félsicas, e composição diorítica-gabróica nas porções máficas. Os afloramentos ocorrem à leste do Bloco Gavião, estando localizada entre a Serra de Jacobina e a porção oriental da Chapada Diamantina. São caracterizados por apresentar estruturas bandadas associados ao metamorfismo que variou de médio a alto grau e atingiu fácies anfíbolito. Datações em ortognaisses pelo método Pb-Pb, mostram idades de 3025 ± 25 e 3040 ± 15 Ma, entretanto, pelo método Sm-Nd de 3,2Ga (Peucat et. al., 2002). Na porção leste da Serra de Jacobina, migmatitos e granitos forneceram idade Rb/Sr de 2,66 Ga (SATO, 1986 apud MASCARENHAS et al., 1998). Em 1986 e 1991 foram feitas outras datações que pelo método Rb/Sr sendo encontrado idades de 2,6 Ga e 3,0 Ga respectivamente.

Na porção leste da Serra de Jacobina, migmatitos e granitos foram datados pelo método Rb/Sr e apresentaram idades de 2,66 Ga (SATO, 1986 apud MASCARENHAS et al., 1998), em contrapartida, na área de Piritiba-Largo, utilizando o mesmo método Rb/Sr em gnaiss, encontrara idades de geração em torno de 3,0 Ga (Brito Neves et al., 1980; Melo et al., 1991).

2.3.2 Complexo Saúde

O complexo Saúde está localizado na parte norte do bloco gavião e situado na porção oriental da serra de jacobina, se estende por cerca de 130km em direção N-S e está encaixado entre rochas charnoenderbíticas de alto grau do bloco Jequié a leste e pelos TTG's do Complexo Mairi a oeste (Cordani,1973), a norte, encontra-se sobre o bloco Mairi onde faz fronteira com o complexo Itapicuru e o orógeno Curaça-Ipirá por uma zona de transpressão (Melo et al., 1995).

É constituído principalmente por metagrauvacas, paragnaisses aluminosos, kinzigítos, anfíbolitos, rochas calciossilicáticas e quartzitos subordinados. A paragênese é marcada por estauroлита, cordierita e cianita, além de nódulos de quartzo+silimanita+muscovita que são encontrados em pontos específicos, o que define fácies metamórfica entre anfíbolito alto à granulito (Leite et. al., 2007).

Encontra-se em grande parte encoberto por sedimentos inconsolidados da Formação Capim Grosso, com idades de sedimentação de cerca de 2600 Ma e 2700 Ma (Oliveira et. al. (2002).

2.3.3 Grenstonebelt de Mundo Novo

O *greenstone belt* de Mundo Novo, está situado na porção nordeste do cráton São Francisco, a leste do bloco gavião, localizando-se entre os municípios de Ruy Babosa e Pindobaçu. Se apresenta de forma descontínua ao longo do lineamento contendas-jacobina, onde compreendem rochas metavulcânicas básicas, félsicas, metassedimentares químicas (Bif, Cherts) e rochas clásticas. Estas rochas sofreram metamorfismo de baixo grau na face xisto-verde. (Leo et al., 1964; Couto et al., 1978).

O greenstone é classificado por uma sequência vulcanossedimentar e dividido primeiramente por Mascarenhas & Silva (1994) em quatro domínios principais: (i) Máfico – Ultramáfico (Metabasaltos, Calcocilicáticas, chert); (ii) Vulcânico Máfico (Metadacitos, piroclastos, metassedimentares); (iii) Vulcânico Félsico-Sedimentar (Metaandesitos, quartzo micaxisto); (iv) Sedimentar. No entanto, Souza et al. (1996) divide o greenstone belt de mundo novo da base para o topo em (i) Metavulcânica Máfica (basaltos almofadados, metabasaltos andesíticos, cherts, formações ferríferas, rochas calciossilicáticas e xistos grafitosos); (ii) Metavulcânica Félsica (metassedimentos piroclásticos), (iii) Metassedimentares clásticas e químicas. Há poucos dados geocronológicos sobre o Greenstone Belt Mundo Novo.

Os riolitos da região foram datados por Peucat et al. (2002) em 3,3 Ga, pelo método de U-Pb e mais recentemente Barbuena (2017) datou através de zircões detriticos as unidades clásticas do greenstone pelo método de U-Pb encontrando idades de 2,1Ga, relacionando esta unidade ao complexo saúde.

2.3.4 Grupo Jacobina

As primeiras referências apresentadas para a serra de jacobina foram descritas pelo padre Manuel Ayres do Casal em 1817 (COUTO et. al 1978). Alguns anos depois foram publicados outros trabalhos como o de Leo et al. (1964), o qual descreve a primeira coluna litoestratigráfica para a serra de Jacobina, definindo a Formação Bananeiras, a Serra do Córrego, o Rio do Ouro e Cruz das Almas.

Griffon (1967) mapeando o centro da serra, unificou as informações disponibilizadas por Leo et al. (1964) em Serra do Córrego e Rio do Ouro, dividindo Cruz das Almas em Serra do Meio e Água Branca. Couto et. al. (1978) agrupa as formações cruz das almas, serra do meio e água branca somado ao grupo jacobina inferior designando assim o complexo Itapicuru.

Toda unidade sedimentar do Grupo Jacobina foi metamorfizada em fácies xisto-verde (COUTO et al., 1978), chegando a fácies anfibolito de grau metamórfico baixo em alguns locais.

Mougeout et al., (1996) obtiveram duas idades em populações distintas, a partir de datação em monozircão, através do método U/Pb e Pb/Pb. Definiram a idade de 3,4-3,3 Ga como a idade da área fonte e a idade de 2,086 Ga, como a idade de sedimentação/metamorfismo.

As divisões estratigráficas do Grupo Jacobina passaram por modificações no decorrer das últimas décadas. Para este trabalho será adotada a sequência estratigráfica estabelecida por Couto et al. (1978) e adotada por Pearson (2005), que apresenta (da base para o topo), as formações Serra do Córrego, Rio do Ouro e Serra da Paciência.

2.3.5 Granitoides Intrusivos

Estes granitoides estão dispostos ao longo do lineamento Contendas-Mirante-Jacobina, marcando a sutura da colisão do Bloco Gavião com o Bloco Jequié (SABATÉ ET AL., 1990). Sampaio et al. (2001), relaciona a colocação destes corpos ao final do ciclo transamazônico e desenvolvimento do cinturão móvel Salvador-Curaçá. Estes granitoides foram intrudidos nos ortognaisses do complexo Mairí e apresentavam foliações com coloração cinza rosada, sendo equigranulares com granulação média a grossa.

Na região da Serra de Jacobina, ocorrem vários corpos graníticos descritos na literatura de norte para sul pelos granitos do Flamengo, Jaguarari, Campo Formoso, Carnaíba, Mirangaba e Miguel Calmon. Estes corpos afloram em superfície com metros a centenas de quilômetros guardando uma mineralogia característica de Quartzo, Plagioclásio, Feldspato e Micas (Muscovita e Biotita). As idades de alguns desses granitos já estão definidas e outros ainda precisam ser estudados como mostra a tabela abaixo.

Tabela 2 - Indicando os granitoides, pesquisadores, método e idade dos maciços.

Granitoides	Pesquisador	Método	Idade
Flamengo	-	-	-
Jaguarari	Brito Neves et. al. 1980	Rb-Sr	1,96 Ga
Campo Formoso	Sabaté et. al. 1990	Rb-Sr	1,99 Ga
Carnaíba	Sabaté et. al. 1990	Rb-Sr	1,8 Ga
Mirangaba	-	-	-
Miguel Calmon	-	-	-

Rudowski et. al. (1987), descreve a intrusão granítica como um granito a duas micas, mesocrático bordejado por uma assembleia de veios pegmatíticos.

Trata-se de um granito cálcio-alcálico de alto potássio e peraluminoso, Barbosa et. al. (2012), é um granito classificado como sin colisional a pós tectônico segundo dados obtidos por Pearce et. al. (1990), e corroborados pelo trabalho de Sabaté et. al. (1990) que obteve pelo método Rb-Sr (Rocha Total) idade de 1.8 Ga.

2.3.6 Formações Recentes

As formações recentes são representadas por três tipos de depósitos: coluvionares, aluvionares e detríticos. (Rocha. 1993).

De acordo com Gomes (1993), os depósitos coluvionares ocorrem ao longo de escarpas podendo alcançar as regiões mais planas, são formados por sedimentos que possuem gradação entre material fino e grosseiro, como seixos e matações, argilitos, quartzitos e rochas do embasamento. Os depósitos aluvionares, estão intrinsecamente associadas as drenagens, representados por um material areno-argilosos e cascalhos. As coberturas detríticas ocorrem relacionadas aos gnáisses e granitoides. São sedimentos inconsolidados, areno-argilosos com níveis de cascalho.

CAPÍTULO 3 - GRANITO DE CARNAÍBA

3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

O granito de carnaíba está situado na porção centro-sul do estado da Bahia, alojado nos terrenos TTG do Bloco Gavião. Foi primeiramente descrito por Couto et. al. (1976), como tendo um formato circular e diâmetro aproximado de 4Km. Segundo Rudowski et. al. (1987), o maciço está localizado na região central do antiforme da Serra de Jacobina. Essas formações são representadas em Carnaíba por quartzitos, micaxistos e serpentinitos do grupo Jacobina. (Figura 1).

Este maciço é constituído por rochas relativamente homogêneas, apresentam coloração variando de cinza escuro chegando às vezes a tonalidades mais rosadas, granulação média-grossa, estrutura maciça, textura equigranular (Foto 9).

Figura 1 - Mapa Geológico do Granito de Carnaíba com amostras coletadas em campo (Azul). Em verde são amostras com petrografia. Fonte: CBPM.

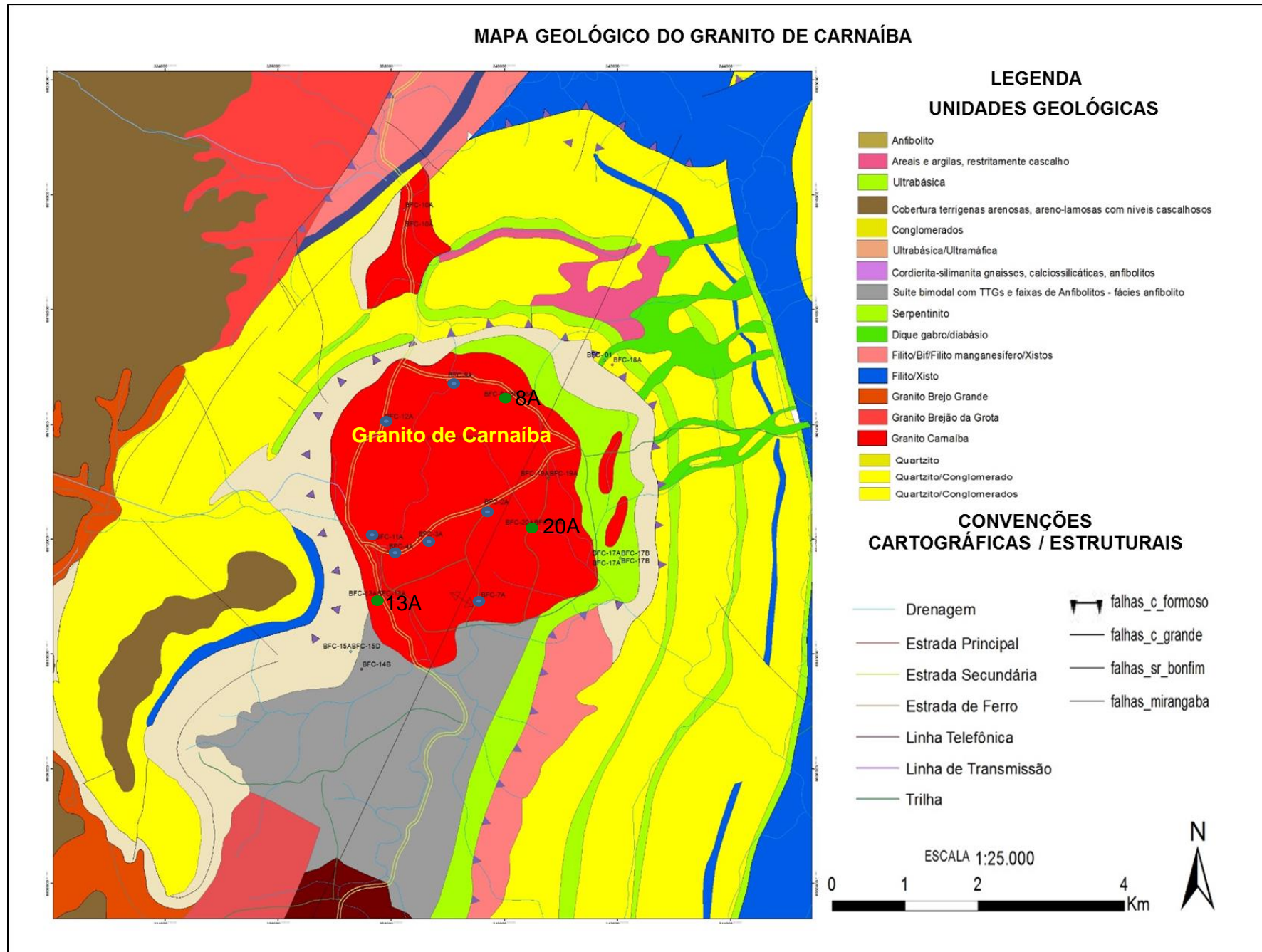


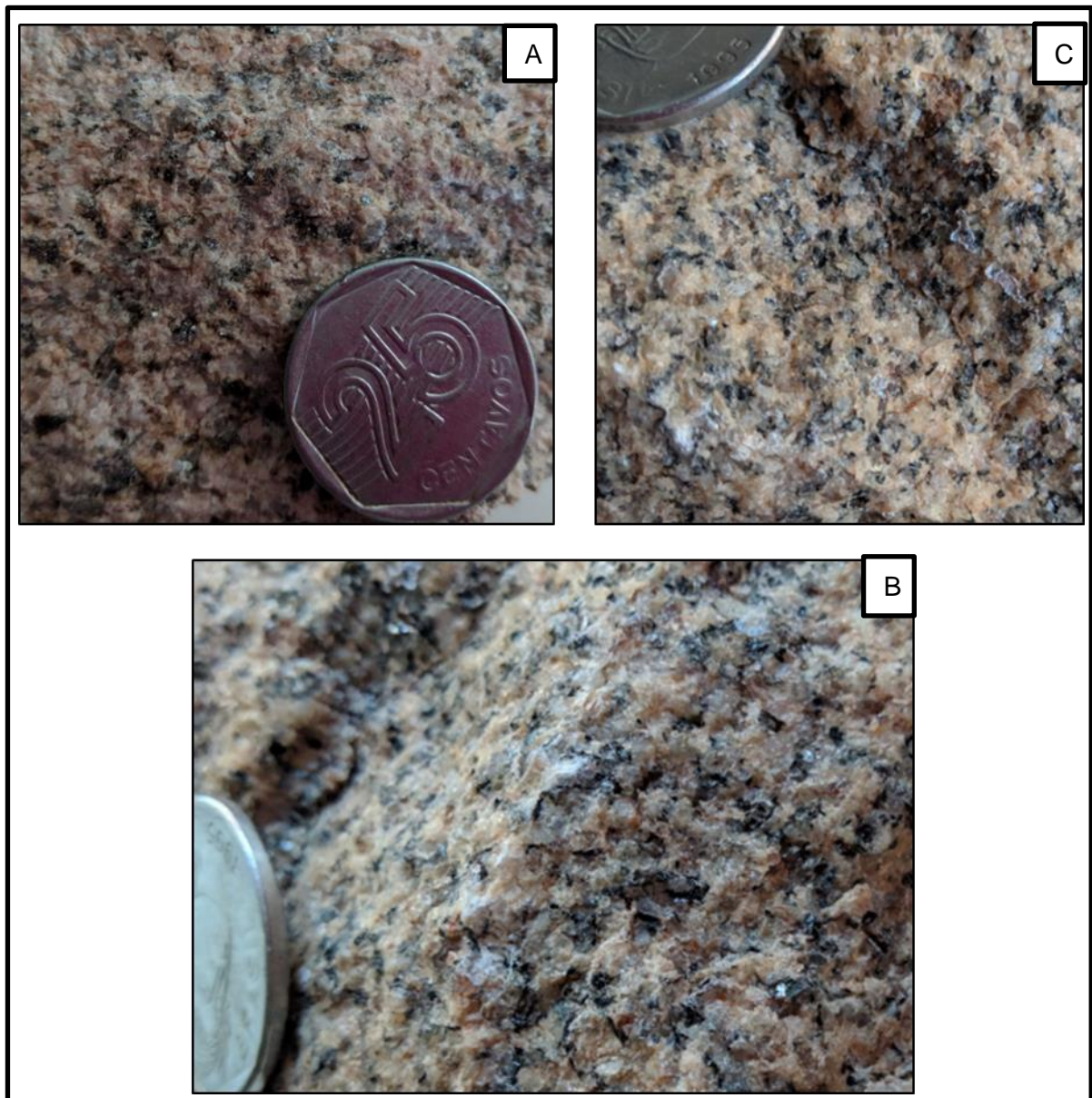
Foto 9 - Afloramento do Granito de Carnaíba em lajedo (A/C); (B) Rocha da imagem (A) em detalhe.



3.2. CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA

O granito de Carnaíba é uma rocha constituída principalmente por minerais como Quartzo, K-Feldspato, Plagioclásio, Biotita e Muscovita. As amostras: BFC – 8A, 13A e 20A, foram coletadas na região do granito, por isso possuem características visuais muito semelhantes (Foto 10A). As rochas descritas possuem textura fanerítica, seus minerais possuem granulometria desenvolvida variando de pequena a média, associado a uma estrutura maciça.

Foto 10 - Imagem macroscópica das amostras coletadas em campo para petrografia. (A) BFC - 8A, (B) BFC - 13A, (C) BFC - 20A



3.3. GEOFÍSICA

A geofísica é uma ferramenta atualmente empregada em diversas áreas do

conhecimento como: oceanografia, astronomia e geologia. Destina-se a obtenção de dados que identificam, delimitam e mostram níveis de profundidade, são fatores importantes que podem auxiliar na caracterização metalogenética da região.

Os métodos gravimétricos, magnéticos, elétricos, radiométricos e sísmicos são alguns exemplos de métodos geofísicos. É necessário conhecer o método e aplicabilidade que melhor responda ao mineral ou substância alvo. Sendo assim, será utilizado para este trabalho os métodos magnéticos (campo magnético total) e radiométricos (concentração de potássio, tório e urânio, além da contagem total).

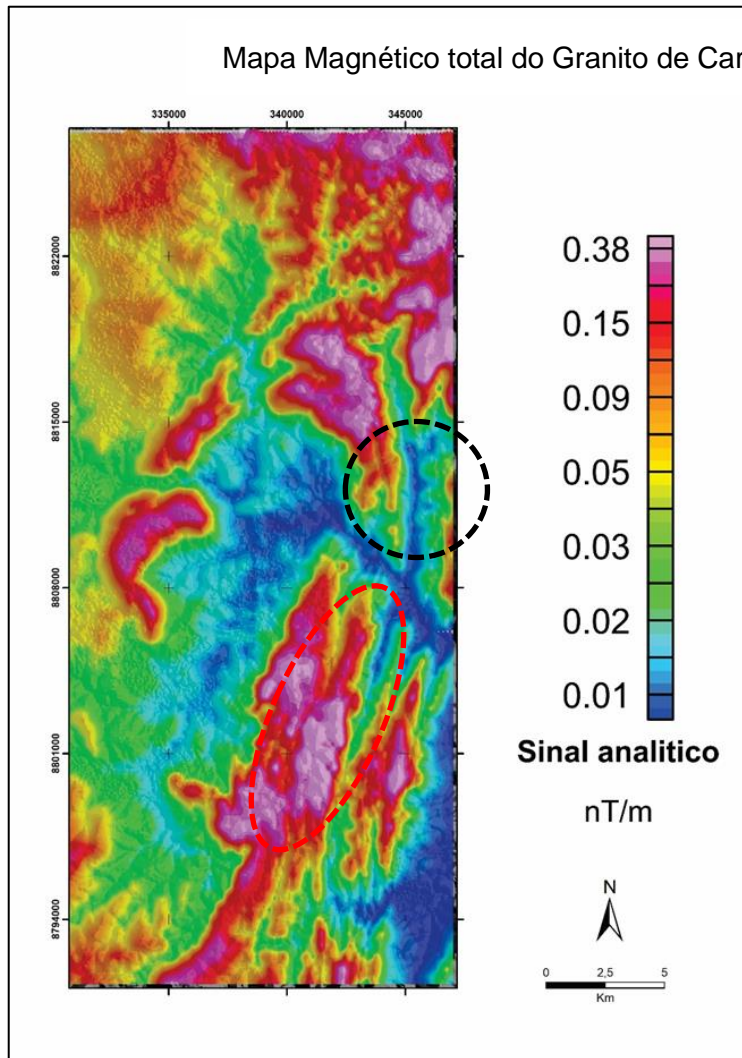
➤ 3.3.1 Mapa magnético Campo total

As correntes elétricas em movimento geram campos magnéticos. Um campo magnético pode ser afetado de diversas formas modificando a assinatura geofísica das rochas. A terra nos seus primeiros 5 Km de crosta possui uma grande quantidade de minerais magnéticos que geram influência na obtenção de dados geofísicos que precisam ser tratados eliminando o ruído gerado.

A maioria dos minerais que compõem as rochas não apresentam propriedades magnéticas, entretanto, algumas rochas possuem minerais magnéticos suficientes para produzir anomalias magnéticas. É na medida dessas anomalias do campo magnético da Terra que está embasado o método magnético, tendo como objetivo fornecer informações da geologia de superfície e subsuperfície com ampla variedade de aplicações, desde levantamentos de pequena escala, como em engenharia e arqueologia, a estudos geológicos regionais com finalidade de prospecção de recursos naturais.

O mapa magnético total (Foto 11) apresentou anomalias de intensidade moderada-alta, principalmente nas extremidades do granito de Carnaíba e Mirangaba assim como no corredor que os une. No centro observam-se as anomalias mais fracas que possuem uma orientação (Ne/Sw), contudo estão cercadas por anomalias de intensidades mais intensas. Os locais que apresentaram anomalias fracas podem ser interpretados como fácies graníticas, enquanto anomalias fortes podem ser interpretadas como fácies enriquecidas em minerais magnéticos, ou podem ser enclaves máficos - ultramáficos. Visto que encontramos fragmentos desse corpo “boiando”. A assinatura magnética que contorna o mapa é similar com a região do extremo nordeste que representa a região dos garimpos.

granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.



3.3.2 Mapas Radiométricos (Potássio (K), Tório (Th), Urânio (U))

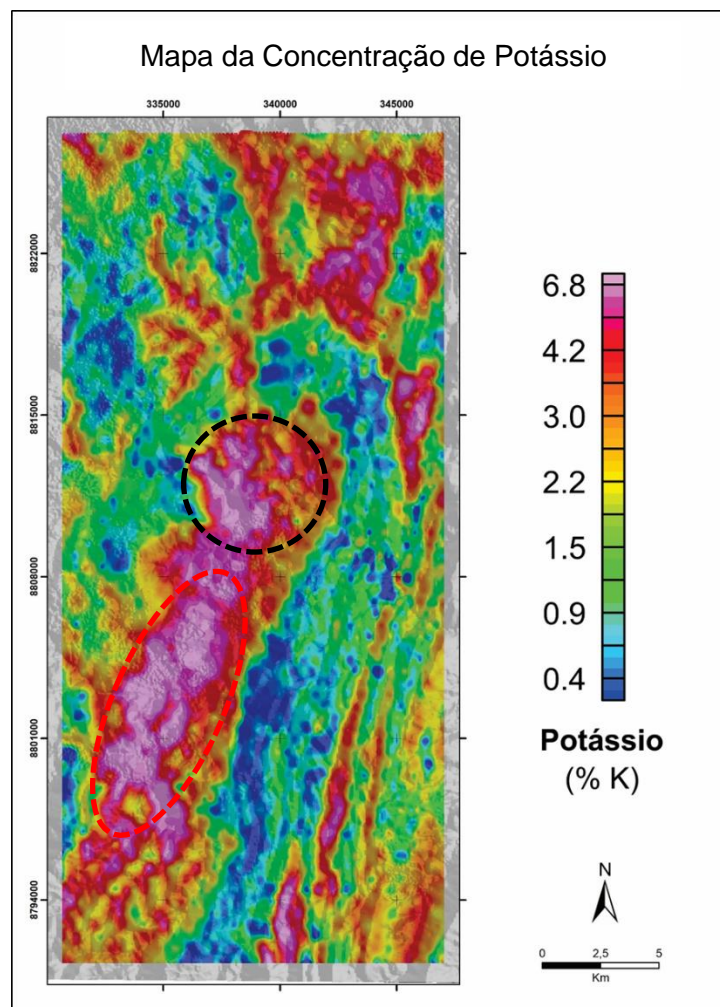
Como mencionado anteriormente, a aplicação de técnicas geofísicas permite determinar a distribuição de elementos que compõem os minerais e rochas da crosta Terrestre. Os elementos químicos encontrados nesses minerais, podem ser elementos radioativos que possuem uma grande importância pelo seu valor econômico, estratégico e pela utilização nos métodos geocronológicos, elementos como: o urânio, tório e o potássio.

Uma limitação exposta por esse método é a interferência gerada pelas coberturas, sendo assim, é possível investigar apenas profundidades que variem entre 2 a 5 metros. Ainda assim, é uma ferramenta importante que deve ser explorada e utilizada em mapeamentos geológicos.

O mapa de concentração de potássio (K) (Foto 12), mostra predominância de

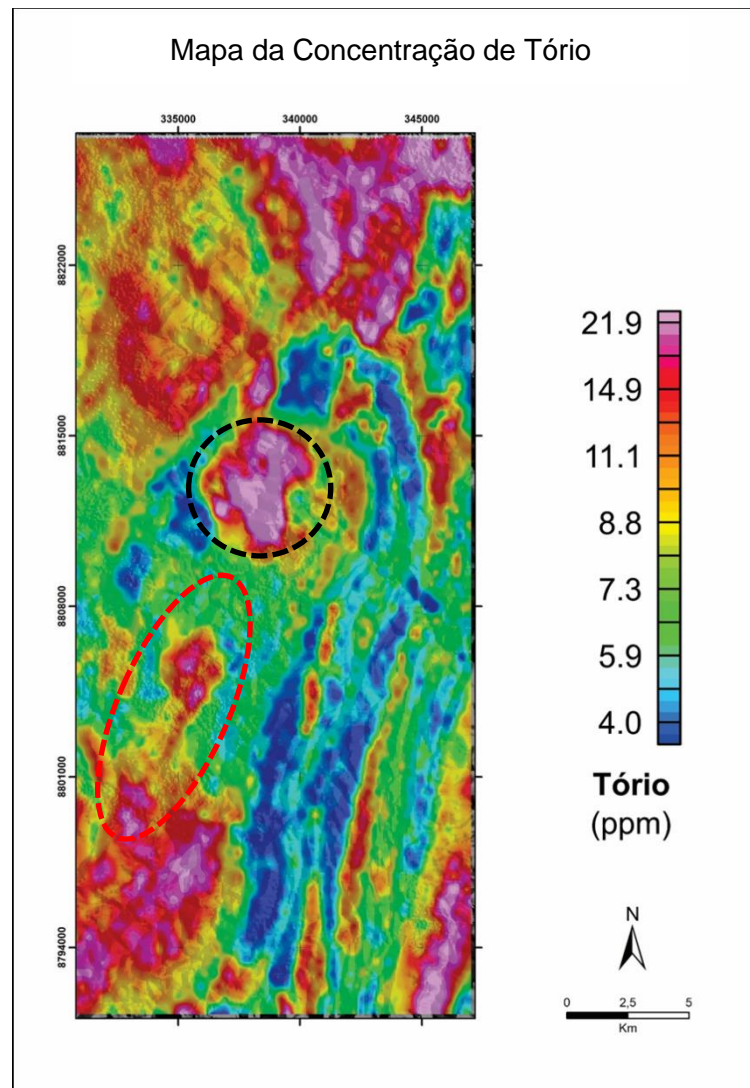
anomalias fortes na região central se expandindo com maior intensidade para sudoeste do granito de carnaíba até o granito de Mirangaba, na porção norte exibem ilhas de intensidade forte estando envolvida por anomalias menos intensas (Flogopititos). A parte norte do corpo exibe anomalias moderadas com alguns pontos isolados de intensidade mais expressiva. A similaridade da assinatura gamaespectrométrica de potássio não permite a individualização dos maciços de Carnaíba e Mirangaba, indicando grande similaridade da composição mineralógica de ambos os maciços.

Foto 12 - Mapa de Concentração de Potássio de Carnaíba (Círculo Preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.



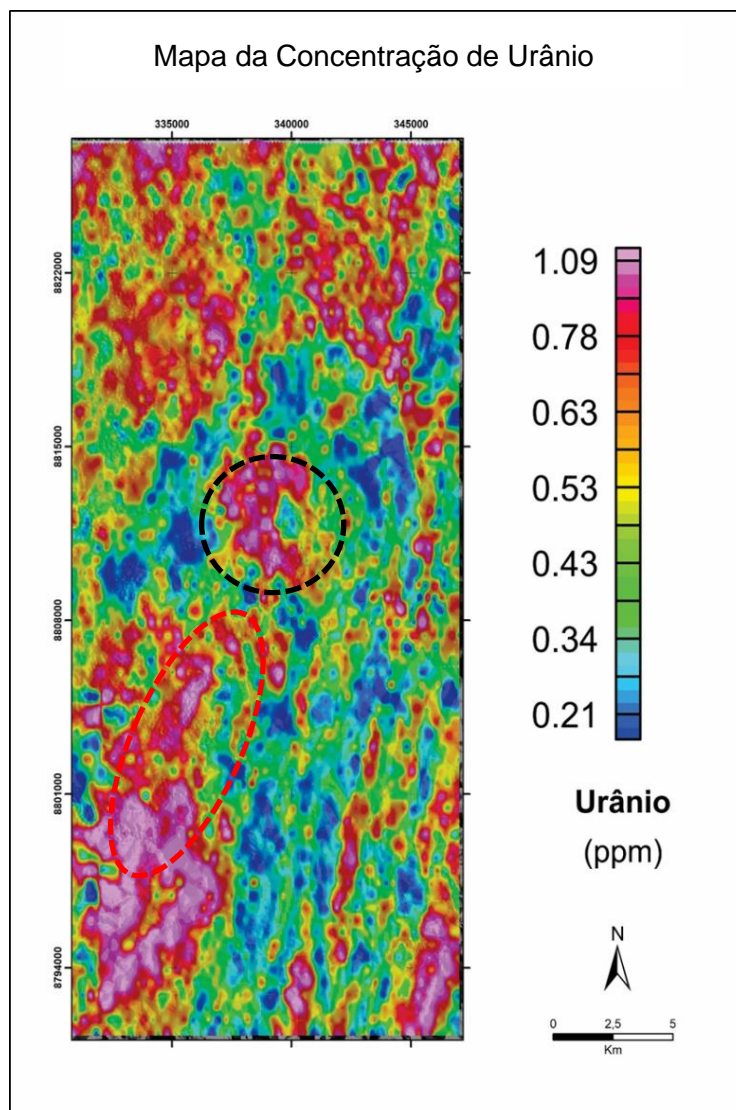
No mapa de concentração de tório (Th) (Foto 13) predominam as anomalias de intensidade muito forte na região centro-leste do granito de Carnaíba. Essas anomalias ainda estão evidentes em algumas regiões do granito de Mirangaba e na parte norte, contudo, a região leste e oeste apresentam anomalias que variam de moderada a fraca. As anomalias com menos intensidade podem ser interpretadas como rochas máficas e ultramáficas da região.

Foto 13 - Mapa de Concentração de Tório de Carnaíba (Círculo Preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.



O mapa de concentração de urânio (U) (Foto 14) mostra em geral anomalias fortes a moderadas. As anomalias fortes ocorrem mais na parte central e na porção oeste, alguns pontos na borda do granito possuem anomalias fracas, mas de forma isolada. Na região leste do corpo, observa-se que não ocorrem anomalias intensas, mas apresentam variação de moderada a fraca.

Foto 14 - Mapa de Concentração de Urânio de Carnaíba (Círculo preto), e em vermelho o granito de Mirangaba. Exibindo áreas com anomalias significativas.



Os mapas geofísicos do Granito de Carnaíba revelaram áreas predominantemente com anomalias moderadas para os mapas magnéticos e de anomalias positivas para os mapas radiométricos. A presença dessas anomalias e a ausência delas são fundamentais para caracterizar o corpo e até identificar xenólitos, intrusões etc. O granito é bordejado por um litotipo que tem a assinatura magnética e radiométrica bem diferente e isso nos sugere a presença de corpos M-UM na região.

No mapa magnético a área a nordeste se expandindo para sudeste do corpo foram interpretadas segundo as anomalias observadas, onde ficaram variando entre anomalias moderadas a fracas, típica de fácies mais diferenciadas, e as anomalias radiométricas foram fortes, também típicas de fácies de composição mineralógica rica em minerais portadores de potássio (K) como muscovita, flogopita e biotita. Interpretou-se assim que o granito de Carnaíba é bastante diferenciado indicando um bom potencial metalogenético.

Os mapas radiométricos (K, Th e U) revelam que tanto o granito de Carnaíba como o de Mirangaba são fortemente diferenciados, esses elementos como já foram mencionados, por serem elementos compatíveis e altamente móveis estando presentes nas últimas fases de diferenciação e podendo também concentrar-se nas rochas por efeito de metassomatismo associado a granitogênese/hidrotermalismo.

CAPÍTULO 4 - PETROGRAFIA

4.1. CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA

Neste capítulo serão descritas as rochas coletadas em campo com base nos estudos petrográficos. Foram caracterizadas 3 lâminas delgadas do granito de Carnaíba.

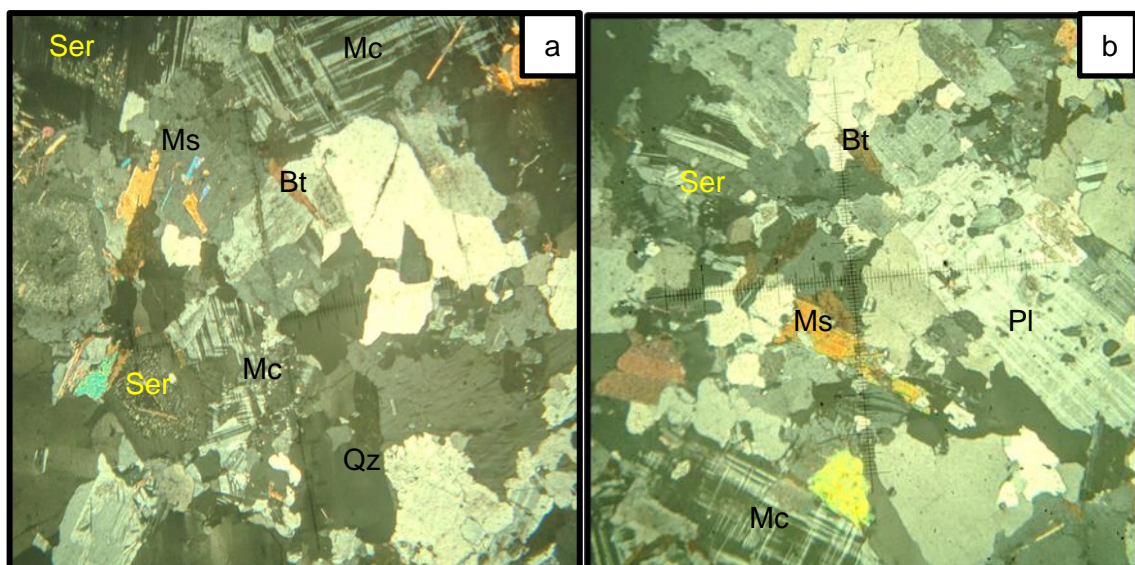
As abreviações dos minerais foram seguidas as sugeridas por Whitney (2010), são elas: clorita (chl), quartzo (qz), microclínio (mc), plagioclásio (pl), biotita (bt), minerais opacos (op), muscovita (ms).

4.2. GRANITOIDE DE CARNAÍBA

Foram descritas 3 lâminas desse litotipo, as amostras BFC 8A, BFC 13A, BFC 20A. A composição modal está apresentada na tabela 3.

Esta rocha possui mineralogia constituída por biotita, muscovita, quartzo, k-feldspato, plagioclásio, minerais opacos e granada. Além de apresentar textura mimerquítica e poiquilítica em peneira (Fotomicrografia 15 a; b).

Fotomicrografia 1 – A imagem 15a mostra os principais minerais constituintes do granito, assim como a alteração sericítica e textura mimerquítica. A imagem 15b apresenta os minerais do granito, alteração sericítica e a textura poiquilítica em peneira.



As rochas durante o resfriamento do magma e a percolação tardia dos fluidos graníticos alteraram os minerais plagioclásio e feldspato para sericita e alterou a biotita para clorita nas lâminas BFC 8A, BFC 13A e BFC 20A. As lâminas 13A e 20A exibem um grau de alteração mais elevado do que a lâmina 8A. A sericitização e a cloritização são as alterações mais significativas observadas (Fotomicrografia 15 a e b acima).

Tabela 3 - Composição do Granito

Amostra	Porcentagem dos minerais
BFC – 8A	Qz (20%), Pl (28%), kfs (31%), Bt (6%), Ms (15%)
BFC - 13A	Qz (30%), Pl (31%), kfs (33%), Bt(1%), Ms (5%)
BFC – 20A	Qz (27%), Pl (31%), Kfs (29%), Bt (3%), Ms (10%)

A seguir serão descritos os minerais presentes nas lâminas.

O quartzo ocorre em grande parte das lâminas de forma subédrica a anédrica, não apresentam direção preferencial e podem ocorrer como inclusões no plagioclásio. Exibem contatos interlobados com os próprios grãos de quartzo e plagioclásio e contatos curvo com biotita e k-feldspato e opacos (Fotomicrografia 17A).

A microclina exibe forma subédrica a anédrica. Apresentam cristais com germinação tartan bem definidas em algumas porções, e fracamente marcadas em outras. Em geral estão associados ao plagioclásio por contatos interlobados e contatos retos com a muscovita e biotita. Ainda apresentam estágio avançado de alteração, dando lugar a sericita. (Fotomicrografia 17B).

O plagioclásio apresenta-se sob a forma alongada sendo predominantemente subédrico a anédrico. Possuem geminação polissintéticas preservadas em alguns casos, incompleta e em alguns grãos observa-se a geminação albita-Carlsbad. Utilizando o método Michel-Levi (KEER, 1959) foi possível classificá-lo como albita.

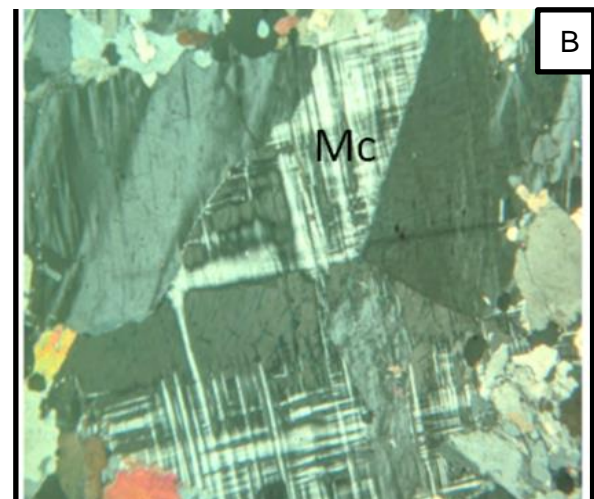
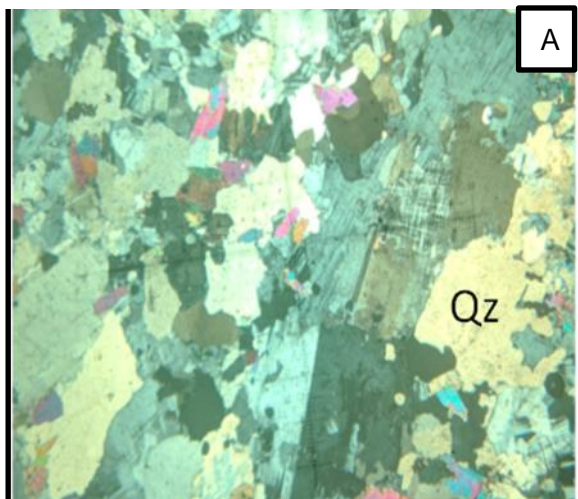
Apresenta contatos curvos a retos entre si, com a biotita e o k-feldspato e contatos curvos a interlobados com o quartzo, muscovita e opacos. Observa-se o processo de sericitização, além disso apresenta inclusões de quartzo. (Fotomicrografia 17C)

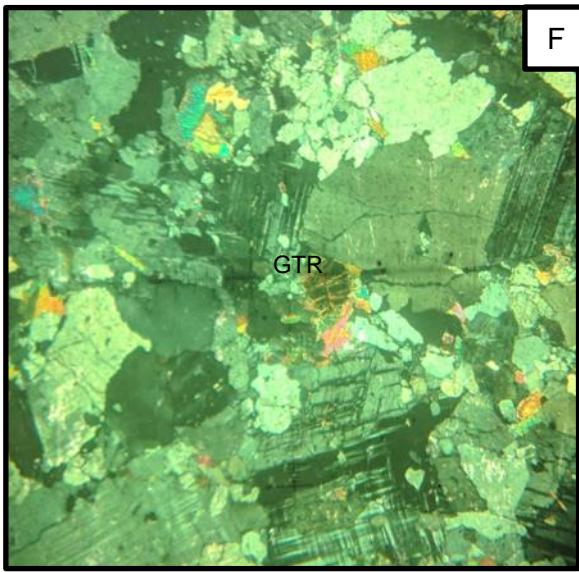
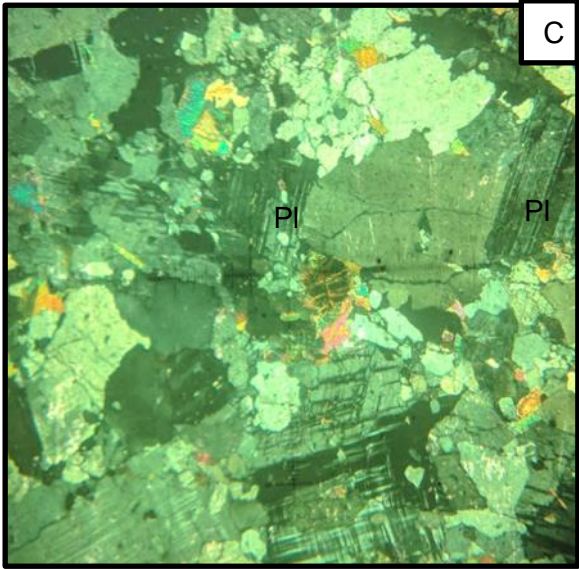
A biotita distribui-se na rocha de forma singular, apresentam orientação insipiente na lâmina BFC-13A. Exibe pleocroísmo característico, variando entre tons de castanho. Apresenta uma forma subédrica (Fotomicrografia 17D). Os contatos são retos a interlobados com plagioclásio e com o k-feldspato e curvos com o quartzo. Frequentemente associados a muscovita e opacos, sendo alterada para clorita (Cloritização).

A moscovita ocorre geralmente associada à biotita, seus cristais são subédricos a anédricos, são mais abundantes que a biotita. Por vezes alteradas para clorita em determinadas lâminas, além de possuir contatos retos com outros cristais de moscovita em detritos dos demais minerais que ocorrem de forma interlobada. (Fotomicrografia 17E).

A granada aparece de forma anédrica e esporádica nas lâminas estudadas, apresentam extinção máxima com nicóis cruzados, com contatos retos com os outros minerais. Ainda apresentam processo de alteração em suas fraturas de cor avermelhada. (Fotomicrografia 17F).

Fotomicrografia 2 - Aspectos petrográficos do granito de Carnaíba: A) Quartzo bem crescido. B) Porfiro de microclínio com germinação tartan bem definida. C) Presença de plagioclásio com maclas polissintéticas. D) Biotita sofrendo cloritização. E) Presença elevada de muscovita. F) Granada anterando.





CAPÍTULO 5 - GEOQUÍMICA

5.1 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA

Foram analisadas 18 amostra de rochas de diferentes pontos, sendo 10 localizadas no granito de Carnaíba, quatro amostras são de flogopititos que circundam o maciço, duas de serpentinitos e duas do granito de Mirangaba. (Tabela 4).

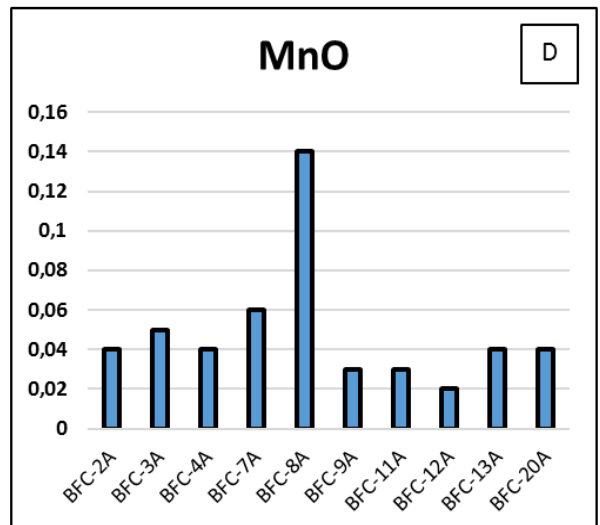
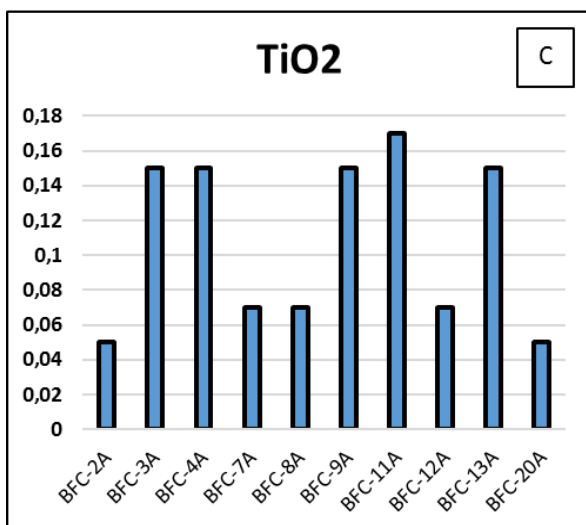
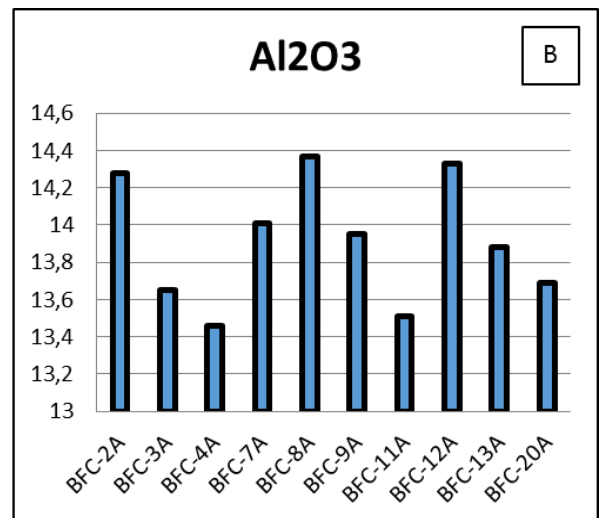
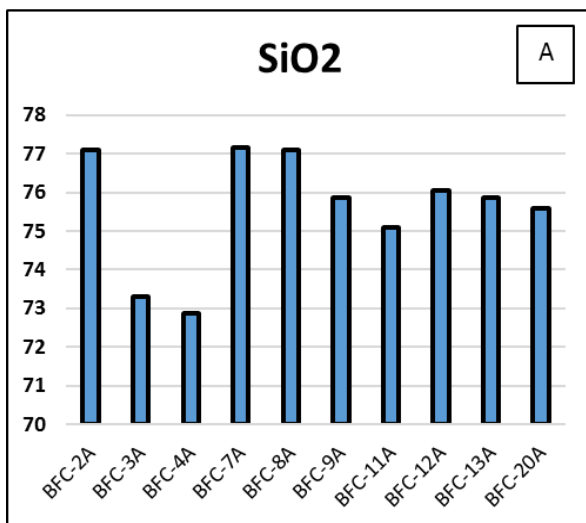
Tabela 4 - Elementos maiores, traços e terras raras analisados para o granito de Carnaíba.

Amostras	BFC-2A	BFC-3A	BFC-4A	BFC-7A	BFC-8A	BFC-9A	BFC-11A	BFC-12A	BFC-13A	BFC-20A
Maciço	CARNAÍBA									
ELEMENTOS MAIORES (% em peso)										
SiO ₂	77,09	73,3	72,86	77,17	77,09	75,85	75,1	76,05	75,87	75,6
TiO ₂	0,05	0,15	0,15	0,07	0,07	0,15	0,17	0,07	0,15	0,05
Al ₂ O ₃	14,28	13,65	13,46	14,01	14,37	13,95	13,51	14,33	13,88	13,69
MnO	0,04	0,05	0,04	0,06	0,14	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04
MgO	0,17	0,27	0,25	0,16	0,13	0,22	0,27	0,41	0,26	0,17
CaO	0,21	0,62	0,76	0,4	0,46	0,54	0,51	0,07	0,86	0,29
K ₂ O	4,96	5,15	5,08	4,78	4,75	5,29	5,4	7,91	5,11	4,36
Na ₂ O	3,25	3,07	3,26	3,38	3,55	3,14	2,58	0,58	3,16	3,63
P ₂ O ₅	0,01	0,12	0,05	0,06	0,12	0,05	<0,01	<0,01	0,08	0,04
Cr ₂ O ₃	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
TOTAL	100,06	96,38	95,91	100,09	100,68	99,22	97,57	99,44	99,41	97,87
ELEMENTOS TRAÇOS (ppm)										
As	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	<5	<5
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
B	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ba	115	386	372	175	155	400	386	210	347	87
Be	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1
Bi	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Co	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Cr	8	10	7	5	7	7	7	4	7	14
Cs	34,12	13,43	12,21	22,1	19,01	8,33	10,83	28,77	8,44	18,16
Cu	<1	3	4	4	26	6	3	<1	35	3
Ga	27,3	21,7	20,4	24,1	29,6	21,8	22,2	23,6	21,1	25,7
Hf	1,92	3,92	4,03	2,6	2,97	4,1	4,29	4,29	3,92	1,64
Hg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Li	32	82	133	59	37	35	86	8	89	13
Mo	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nb	25,34	18,86	12,07	20,43	30,47	13,39	13,73	27,69	12,29	21,72
Ni	<5	7	<5	6	<5	<5	<5	12	8	8
Pb	6	<3	<3	<3	10	5	<3	<3	4	<3
Rb	496,2	325,4	309,2	415,8	484,9	318,1	329	488,6	307,6	403,2
Sb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sc	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Se	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sn	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sr	35	79	83	39	38	81	79	29	88	22
Ta	3,57	2,77	1,43	3,62	8,18	1,66	1,67	7,45	1,42	4,41
Th	9	26,3	26,9	15,3	12,6	27,5	27	9,3	28,7	5,7
Tl	2,5	1,4	1	1,5	1,5	1,2	1,3	1,9	1,2	1,7
U	4,31	5,21	6,11	9,24	10,48	5	3,82	3,46	5,7	4
V	<3	5	6	<3	<3	5	6	<3	6	<3
W	<0,1	<0,1	0,9	<0,1	2,6	6,6	<0,1	<0,1	0,5	1,3
Y	3	6	4	5	5	8	3	2	5	4
Zn	40	54	22	30	62	44	30	43	30	11
Zr	47	137	128	65	62	136	142	157	132	31
ELEMENTOS TERRAS RARAS (ppm)										
Ce	27,6	87,3	84,3	30,1	32,7	78,1	68,5	21,7	96,2	12,9
Eu	0,21	0,56	0,62	0,27	0,3	0,6	0,52	0,24	0,68	0,17
La	17,3	44,4	47	17,7	23,7	43,4	39,3	13,1	53,1	12,9
Nd	9,1	27,5	28,8	10,7	11,7	26,4	23,8	7,1	32,4	4,6
Sm	1,7	4,6	4,6	2,3	2,2	4,7	3,8	1,4	5	1
Pr	2,78	8,15	8,67	3,09	3,42	7,86	7,08	2,1	9,81	1,3
Gd	1,45	3,53	3,41	1,92	1,86	3,56	3,16	1,31	3,47	1,19
Ho	0,22	0,33	0,32	0,25	0,27	0,4	0,31	0,25	0,35	0,27
Dy	1,11	1,9	1,74	1,44	1,35	2,07	1,6	1,23	1,93	1,33
Er	0,71	0,96	0,88	0,69	0,75	1,01	0,86	0,77	0,92	0,75
Lu	0,09	0,11	0,11	0,08	0,1	0,11	0,1	0,11	0,11	0,1
Tb	0,22	0,42	0,43	0,3	0,25	0,44	0,37	0,23	0,44	0,21
Yb	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	1	0,7	0,8	0,8	0,8
Tm	0,11	0,13	0,12	0,11	0,11	0,14	0,11	0,11	0,13	0,13

5.2 Elementos Maiores

A faixa de concentração de sílica no granito varia de 72,8 a 77,17 e sua concentração média é de 75,45%, como mostra a Foto 15A. O alumínio apresenta concentrações que variam de 13,03% até 14,37% com teor médio de 13,70 (Foto 15B). Os teores de Titânio, Manganês, Magnésio, Cálcio e Fósforo não chegam a 1% em nenhuma das amostras analisadas, tendo como médias 0,11%, 0,04%, 0,23%, 0,45%, 0,05% respectivamente segundo foto 15C, D, E, F e I). O Potássio (K) e o Sódio (Na) apresentam em todas as amostras valores relativamente constantes, possuindo baixa variação. Sendo assim, o Potássio exibe valores entre 4,75% e 7,91% e o Sódio entre 0,58% e 3,63%, tendo valores médios de 5,23% e 2,98% respectivamente (Foto 15G, H). Estes dados estão resumidos na tabela 5 abaixo.

Foto 15 - Distribuição dos óxidos dos elementos maiores no Granito de Carnaíba. A – SiO₂; B – Al₂O₃; C – TiO₂; D – MnO; E – MgO; F – CaO; G – K₂O; H – Na₂O; I – P₂O₅.



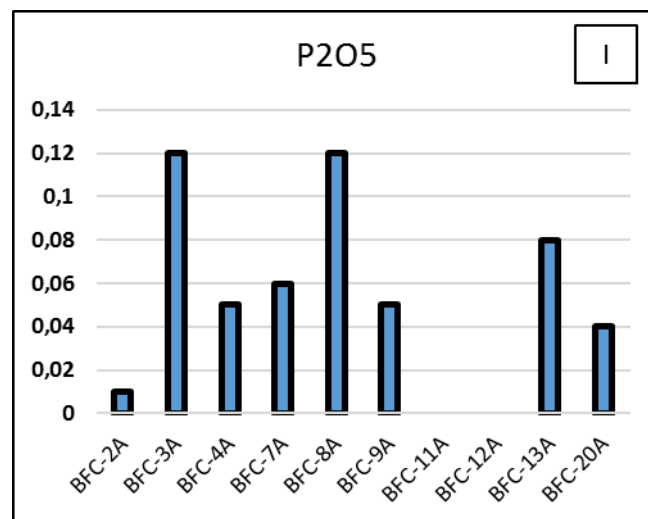
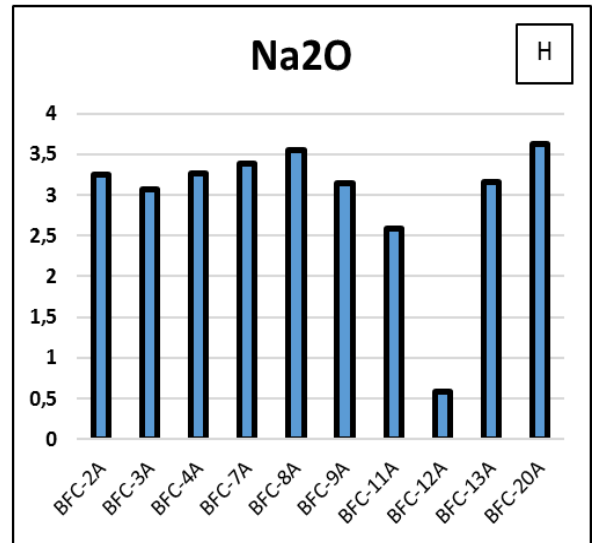
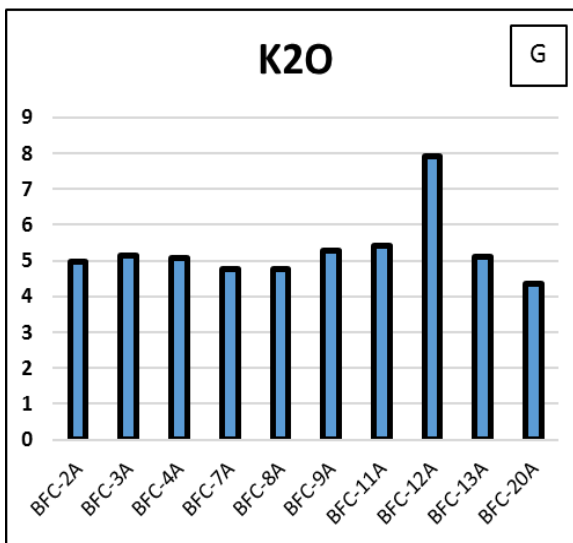
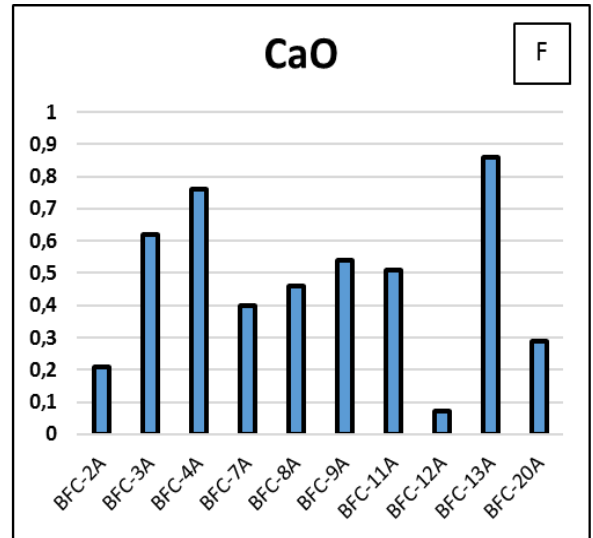
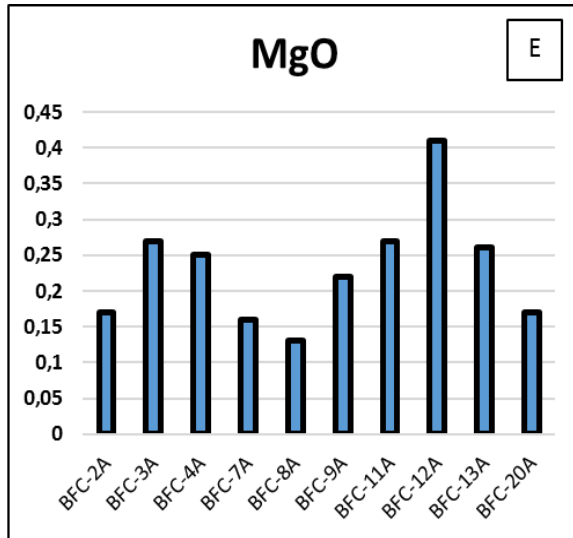
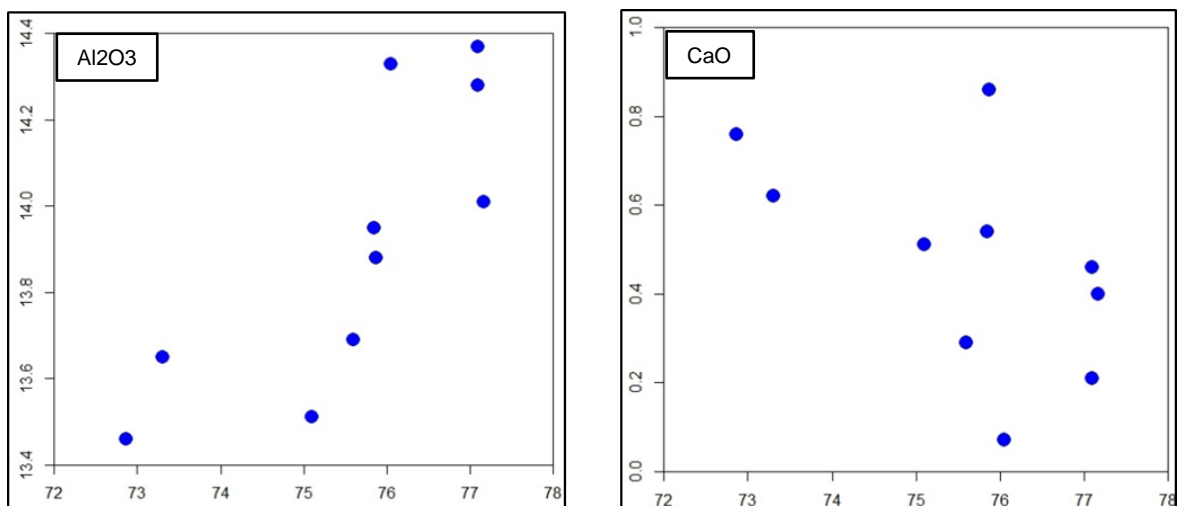


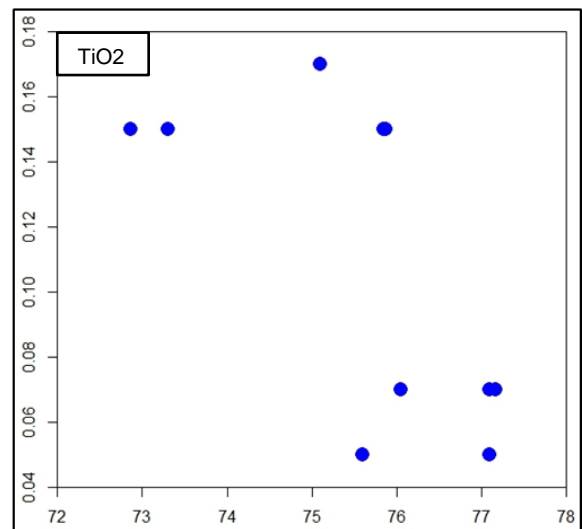
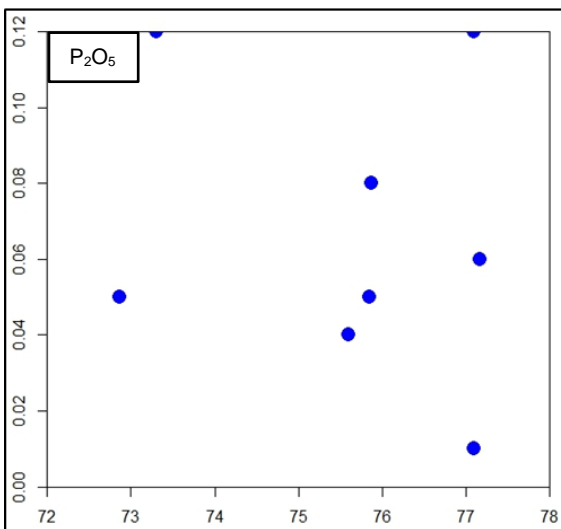
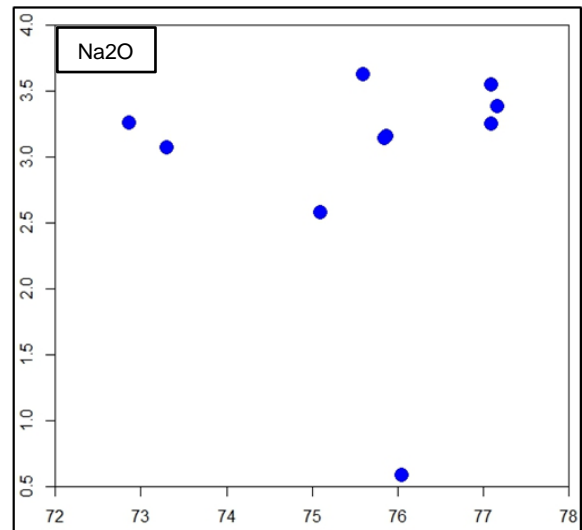
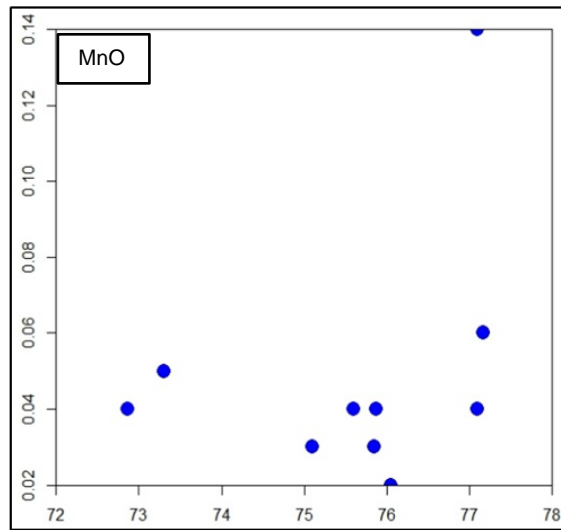
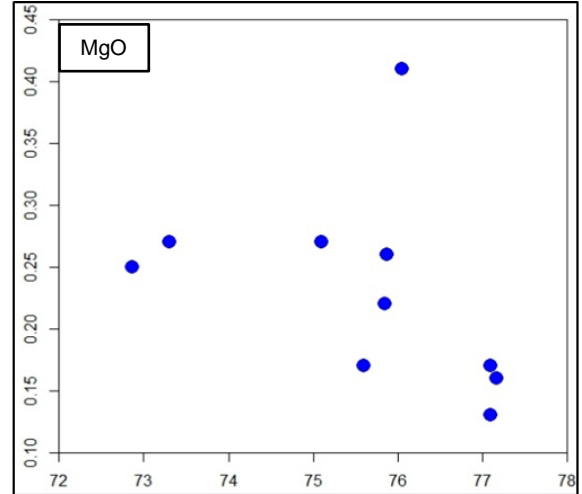
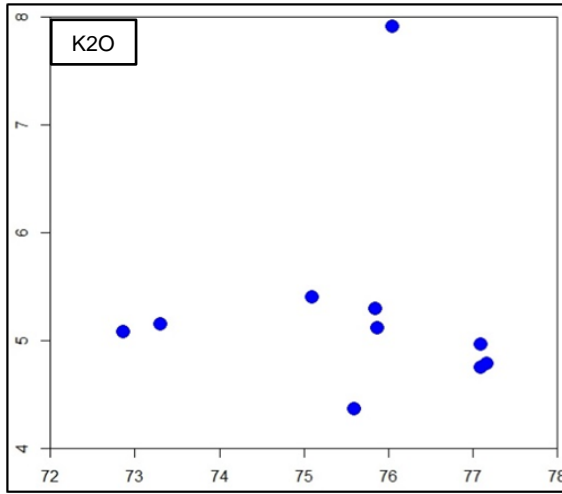
Tabela 5 - Teores máximos, mínimos e médios dos elementos maiores.

Elementos	Teores Máximos (%)	Teores Mínimos (%)	Teores Médios (%)
SiO ₂	77,8	72,8	75,3
TiO ₂	0,17	0,05	0,11
Al ₂ O ₃	14,37	13,03	13,7
MgO	0,41	0,13	0,27
MnO	0,14	0,02	0,08
CaO	0,86	0,07	0,465
K ₂ O	7,91	4,75	6,33
Na ₂ O	3,63	0,58	2,105
P ₂ O ₅	0,12	0,01	0,065

A partir das análises químicas do granitoide de Carnaíba, foram construídos diagrama binários de Hacker (Foto 16). Foram observadas correlações positivas em relação SiO₂ e o Al₂O₃, e levemente positivas para Na₂O com exceção de uma amostra que tem um trend plano, similar ao K₂O. Isso demonstra que essas rochas têm um grau elevado de evolução com teores consideráveis de ambos elementos, ou seja, foram extraídos e cristalizados nos minerais de feldspatos, muscovita. O Na₂O e o P₂O₅ refletem um caráter incompatível destes elementos durante o processo de diferenciação magmática. Em contrapartida, os elementos TiO₂, MgO e CaO, indicam uma correlação negativa refletindo um caráter compatível destes elementos. O K₂O e o MnO permanecem mais constante durante a diferenciação.

Foto 16 - Diagrama de Hacker para elementos maiores do Granito.





5.3 Elementos Traços

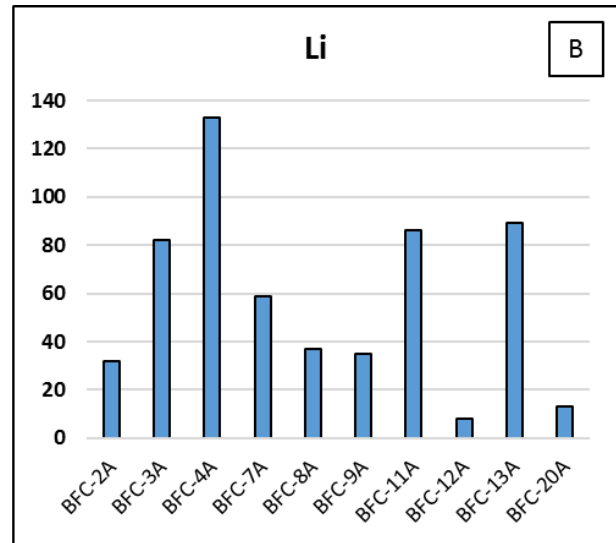
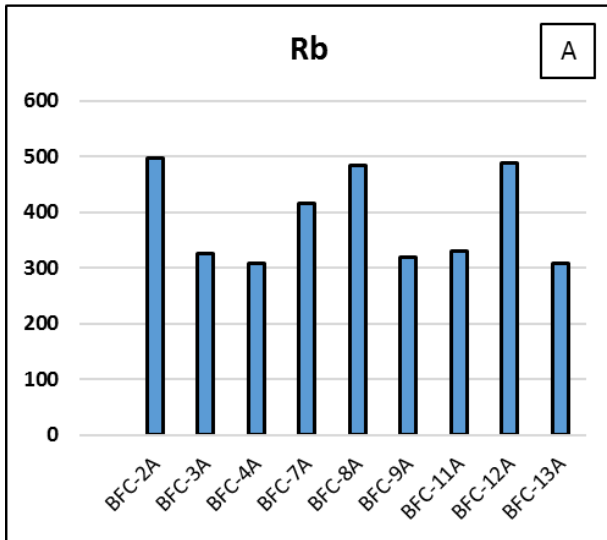
As análises para elementos traços estão expressos na tabela e nos gráficos. (Foto 17). Os teores de Rubídio (Rb) estão entre 307,6ppm podendo chegar a 496,2 ppm e média igual à 31,5ppm. A concentração do Lítio (Li) varia entre 8 a 133ppm, com média de 55,07ppm. Os teores de Nióbio (Nb) apresentam uma faixa de variação entre 12,3ppm na amostra menos enriquecida e 30,47ppm na amostra mais enriquecida, alcançando uma média de 18,61ppm. Os teores de Estrôncio (Sr) varia entre 2ppm na amostra menos enriquecida e 6% na amostra mais enriquecida, e alcançaram uma média de 3,69ppm. O Bário apresenta uma alteração maior em comparação entre os valores mais enriquecidos e menos enriquecidos, sendo eles 87ppm e 400ppm respectivamente, tendo média de 261,3ppm. Os teores de Césio (Cs) variam entre 6,25 a 34,12ppm com uma média de 15,6ppm. (Tabela 6).

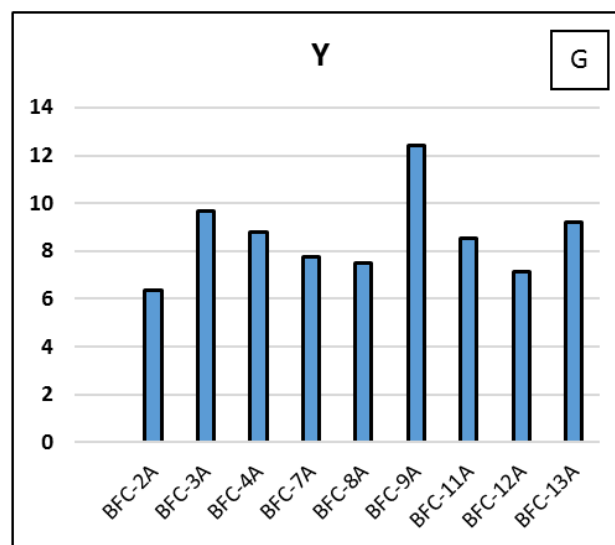
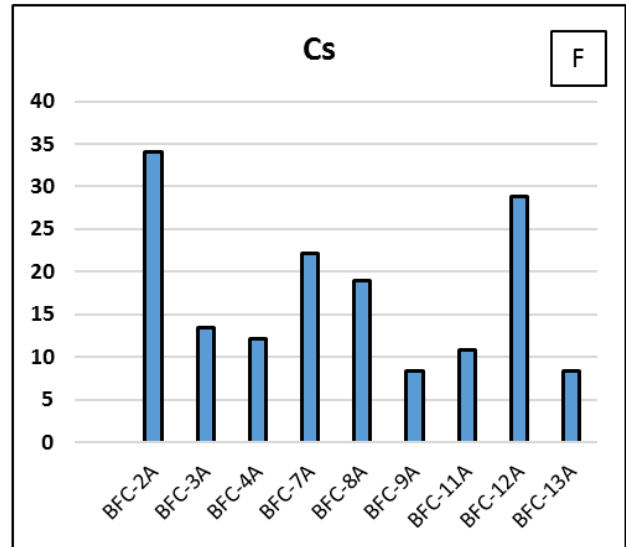
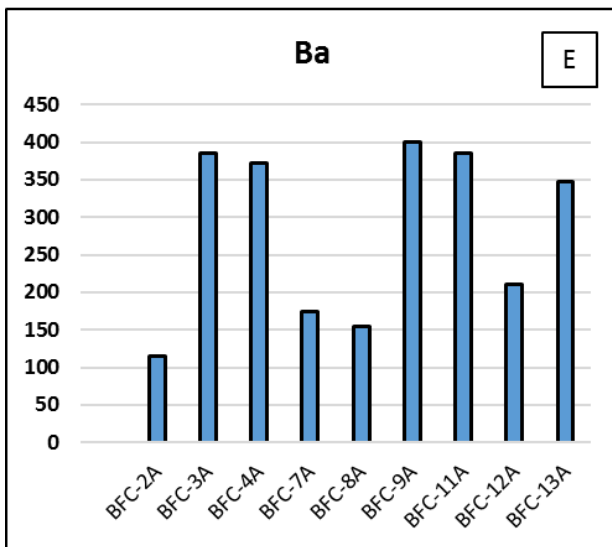
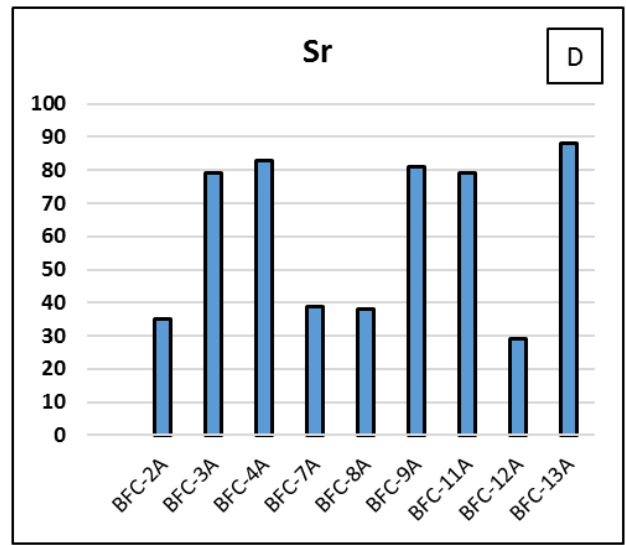
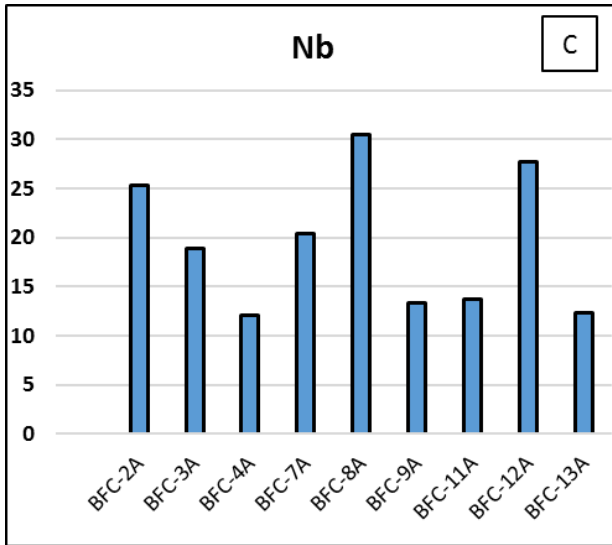
Tabela 6 - Teores máximos, mínimos e médios dos elementos traços do granito de Carnaíba.

Elementos	Teores Máximos (ppm)	Teores Mínimos (ppm)	Teores Médios (ppm)
Lítio (Li)	133	8	55,07
Césio (Cs)	34,12	6,25	15,6
Tungstênio (W)	6,6	0,5	2,28
Bário (Ba)	400	87	261,3
Estrôncio (Sr)	88	22	57
Rubídio (Rb)	496,2	307,5	377,19
Nióbio (Nb)	30,47	12,29	18,61
Samário (Sm)	4,7	1	3,11

Nos gráficos seguintes são mostradas as distribuições dos teores dos elementos traços, que são mostrados separadamente para facilitar a visualização dos teores de cada amostra.

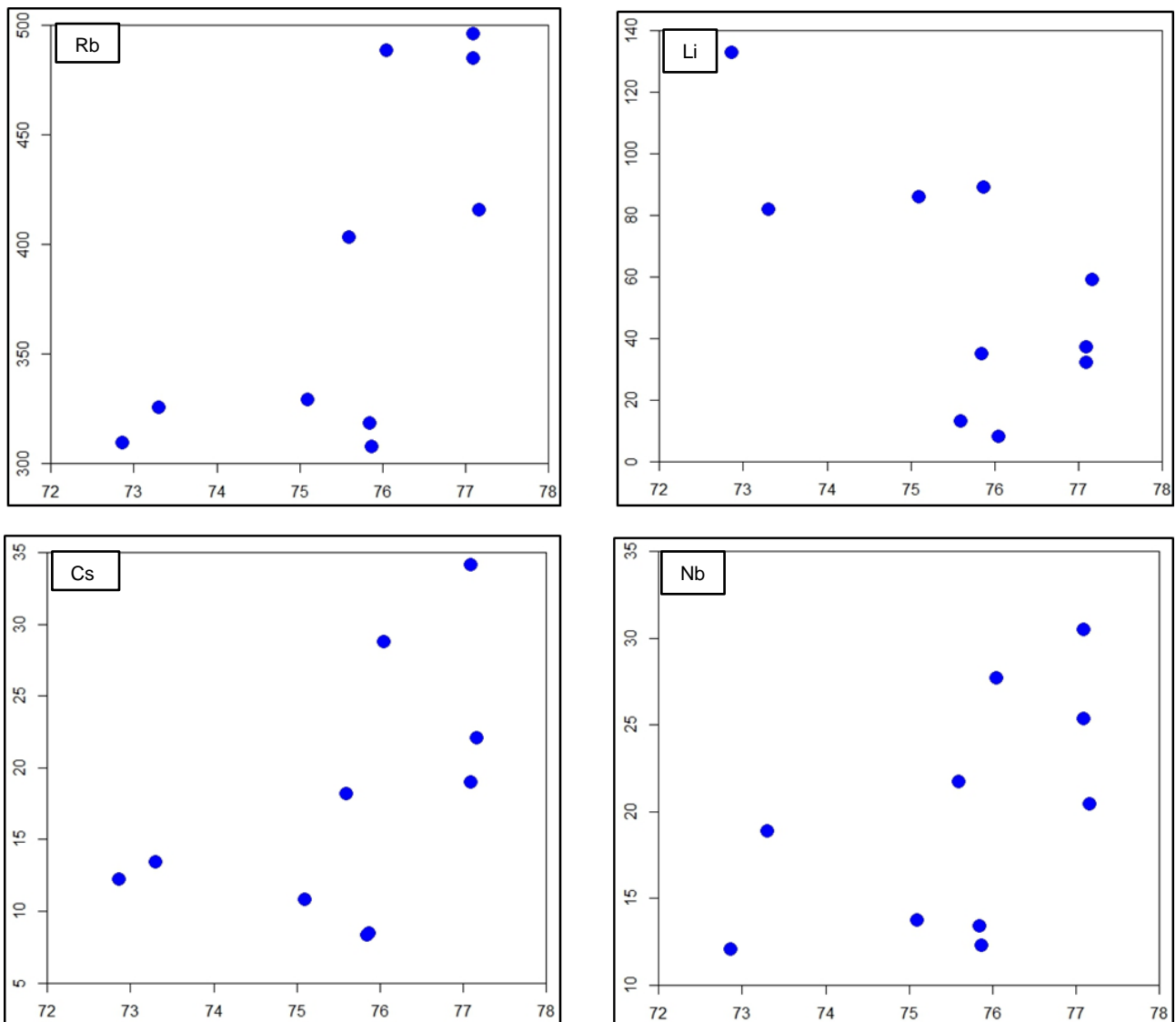
Foto 17 - Distribuição dos elementos traços no Granito de Carnaíba. A – Rb; B – Li; C – Nb; D – Sr; E – Ba; F – Cs; G – Y.

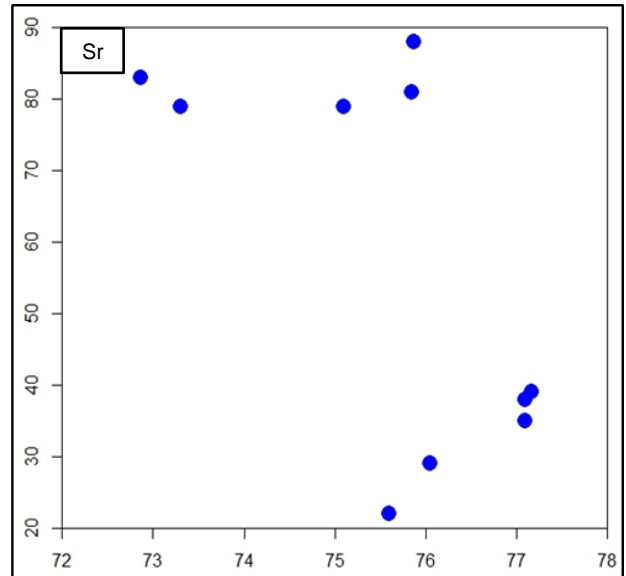
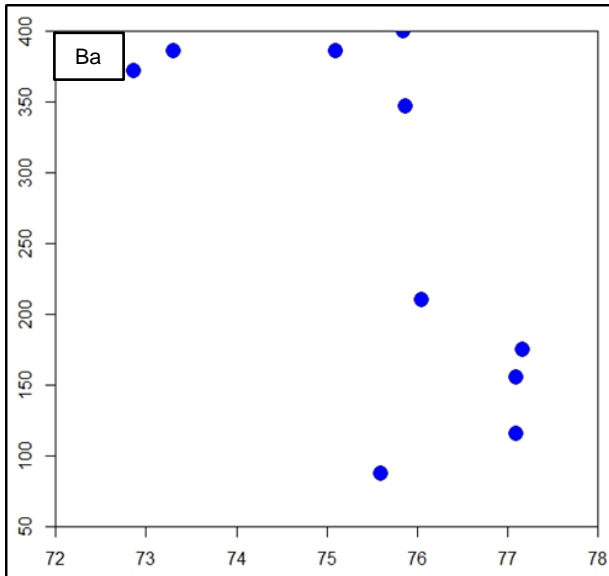




O diagrama de Hacker para elementos traços indicam uma correlação positiva entre os elementos Cs, Rb e Nb indicando um comportamento incompatível destes elementos (Foto 18). Em contrapartida, os elementos Ba, Sr, e o Li mostram uma correlação negativa refletindo um comportamento compatível dentro do processo de diferenciação magmático. O lítio é um elemento incompatível, o que ocorre é que nesse momento o granito está com os níveis de sílica elevados mostrando um estágio avançado de diferenciação. Sendo assim, o lítio passa a ter um comportamento compatível como mostrado no diagrama de Hacker.

Foto 18 - Diagramas de Hacker para elementos traços do granito de Carnaíba.





5.4 Elemento Terras Raras

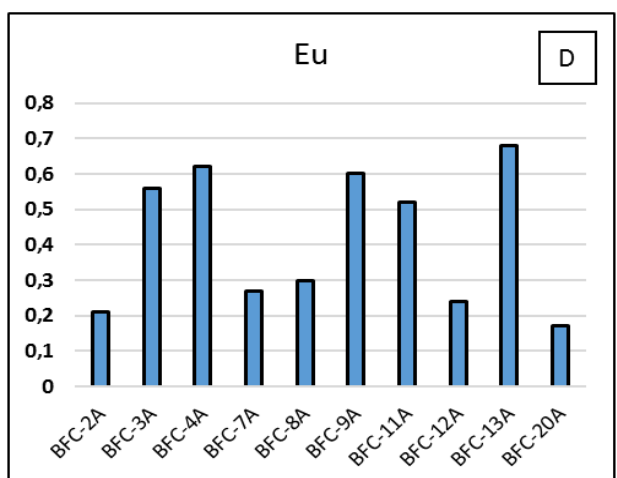
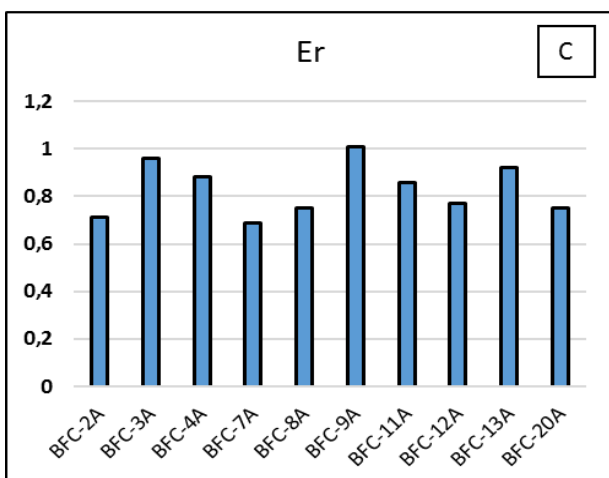
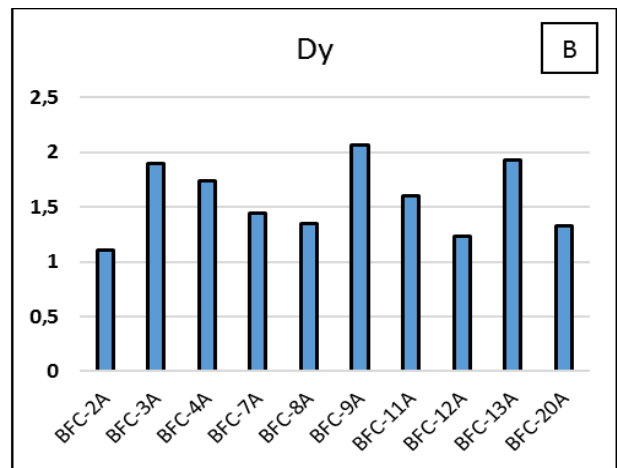
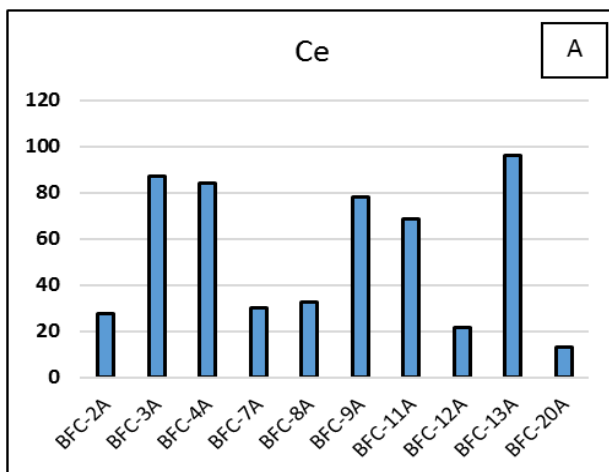
A partir da tabela e do gráfico de elementos terras raras é possível observar que os teores de Cério (Ce) estão entre 27,6ppm podendo chegar a 96,2ppm e média igual à 53,5ppm (Foto 19A). A concentração do Disprósio (Dy) varia entre 1,33 a 2,07ppm, com média de 1,64ppm (Foto 19B). Os teores de Érbio (Er) apresenta uma faixa de variação entre 0,69ppm na amostra menos enriquecida e 1,21ppm na amostra mais enriquecida, alcançando uma média de 0,87ppm (Foto 19C). Os teores de Európio (Eu) variam entre 0,17ppm na amostra menos enriquecida e 0,68ppm na amostra mais enriquecida, e obtiveram média de 0,41ppm (Foto 19D). O Gadolínio (Gd) apresenta uma alteração maior em comparação entre os valores mais e menos enriquecidos, sendo eles 3,53ppm e 1,19ppm respectivamente e tiveram uma média de 2,47ppm (Foto 19E). Os teores de Lantânio (La) variam entre 12,9 a 44,4ppm com uma média de 31,3ppm (Foto 19F). A concentração do Lutécio (Lu) varia de 0,08 a 0,18ppm, com média de 0,11ppm (Figura 22G). A faixa de concentração do Neodímio (Nd) no granito varia de 4,6 a 32,4ppm e sua média chega a 17,8ppm (Foto 19H). Os teores de Samário (Sm) variam de 1 a 4,6ppm alcançando média de 3,11ppm (Foto 19I). Os valores de Térbio (Tb) e Túlio (Tm), ambos não chegam a ter concentrações acima de 1ppm, com médias iguais a 0,3ppm e 0,13ppm respectivamente (Foto 19 J e K). O Ítrio (Y) exibe valores entre 6,34ppm e 12,41ppm e o Itérbio (Yb) entre 0,7ppm e 1,4ppm, tendo valores médios de 8,9ppm e 0,9ppm respectivamente (Foto 19L). (Tabela 7).

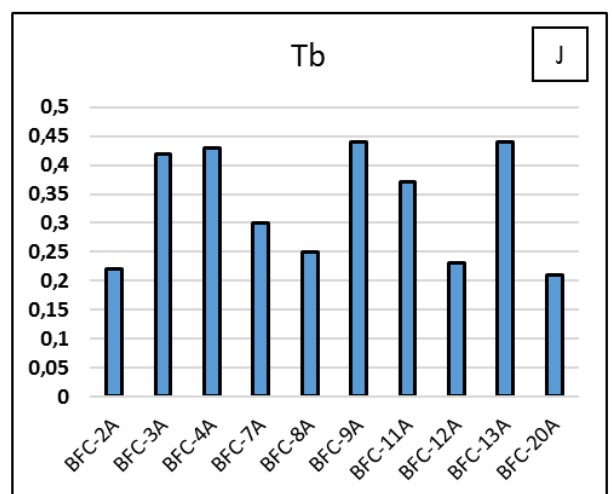
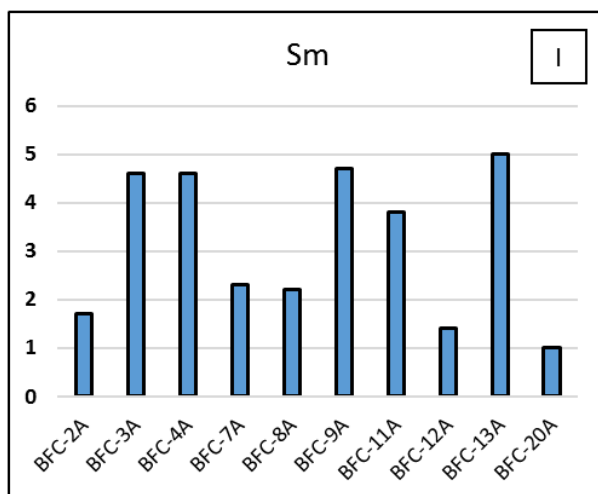
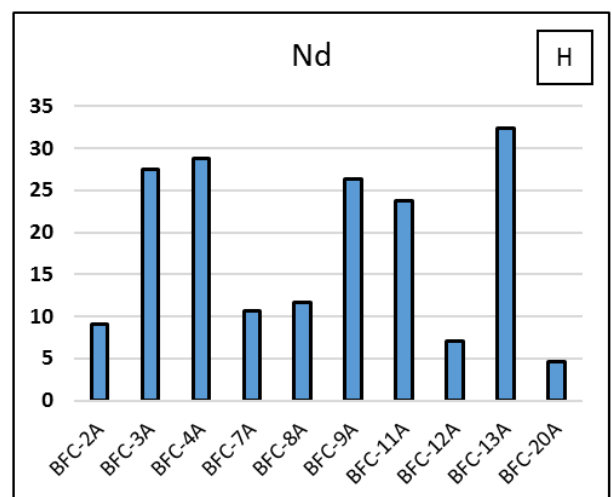
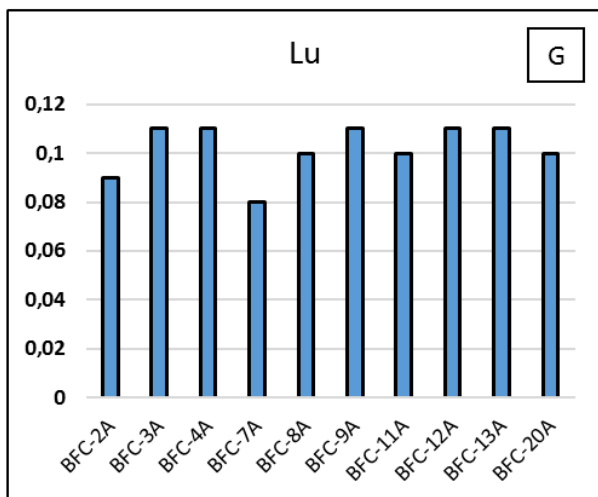
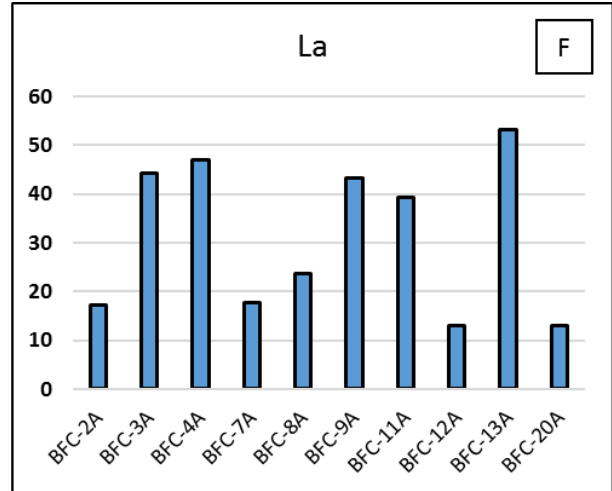
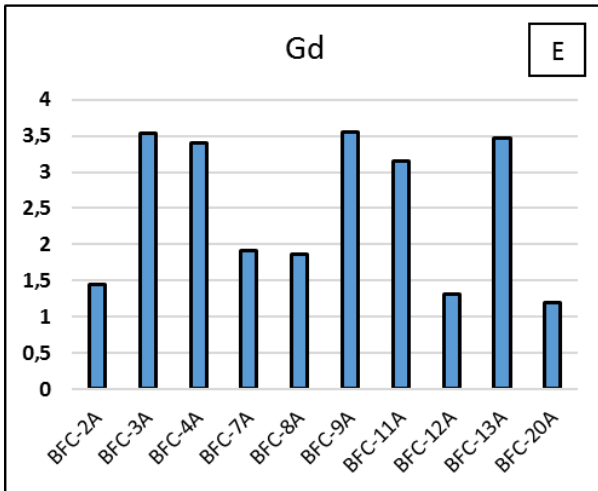
Tabela 7 - Teores máximos, mínimos e médios dos elementos terras raras.

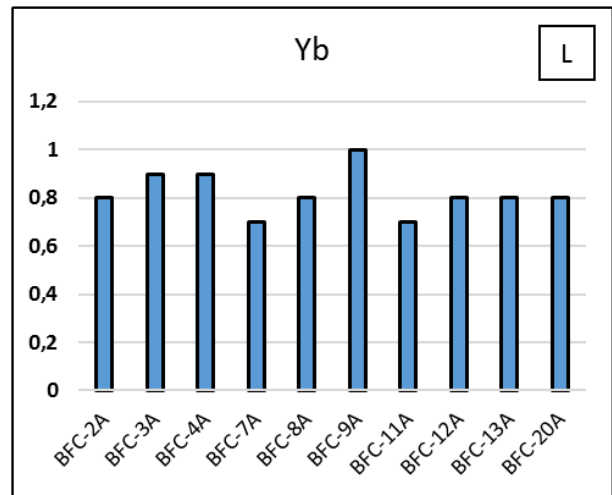
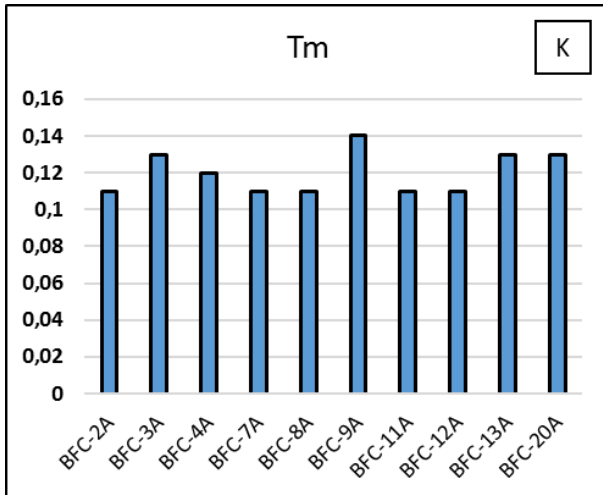
Elementos	Teores Máximos (ppm)	Teores Mínimos (ppm)	Teores Médios (ppm)
Cério (Ce)	96,2	21,7	53,5
Disprósio (Dy)	2,07	1,11	1,64
Érbio (Er)	1,21	0,69	0,8
Európio (Eu)	0,68	0,2	0,4
Gadólínio (Gd)	3,53	1,19	2,47
Lantânio (La)	44,4	12,9	31,3
Lutécio (Lu)	0,8	0,18	0,11
Neodímio (Nd)	32,4	4,6	17,8
Samário (Sm)	4,6	1	3,11
Térbio (Tb)	0,44	0,22	0,3
Túlio (Tm)	0,2	0,11	0,13
Ítrio (Y)	12,41	6,34	8,9
Itérbio (Yb)	1,4	0,7	0,9

Nos gráficos seguintes são mostradas as distribuições dos teores dos elementos terras raras relativamente as amostras analisadas, podendo assim, visualizar melhor as variações desses teores.

Foto 19 - Distribuição dos elementos terras raras no Granito de Carnaíba. A – Ce; B – Dy; C – Er; D – Eu; E – Gd; F – La; G – Lu; H – Nd; I – Sm; J - Tb; K - Tm; L - Yb.



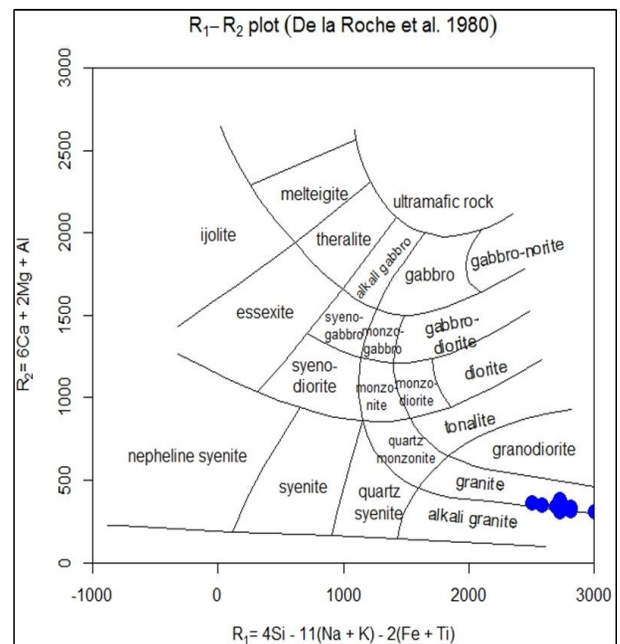
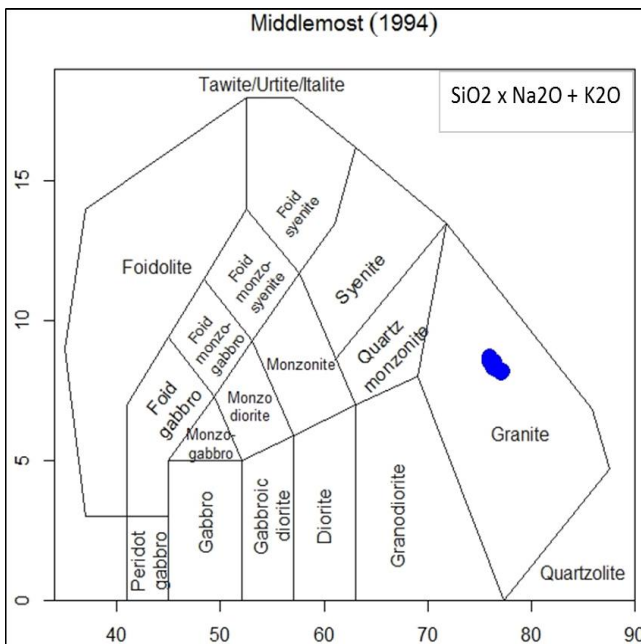




5.5 Caracterização do tipo de Rocha

Utilizando os diagramas de classificação química TAS (1994) e De la Roche et. Al, (1980), parâmetro R1 e R2 para as rochas graníticas, foi possível verificar que as rochas apresentam composição química compatível com granitos *sensu stricto*. As amostras plotam nos dois diagramas no campo do granito (Foto 20A e 20B).

Foto 20 - Caracterização do tipo de rocha: TAS (1994) e De la Roche et. Al, (1980).



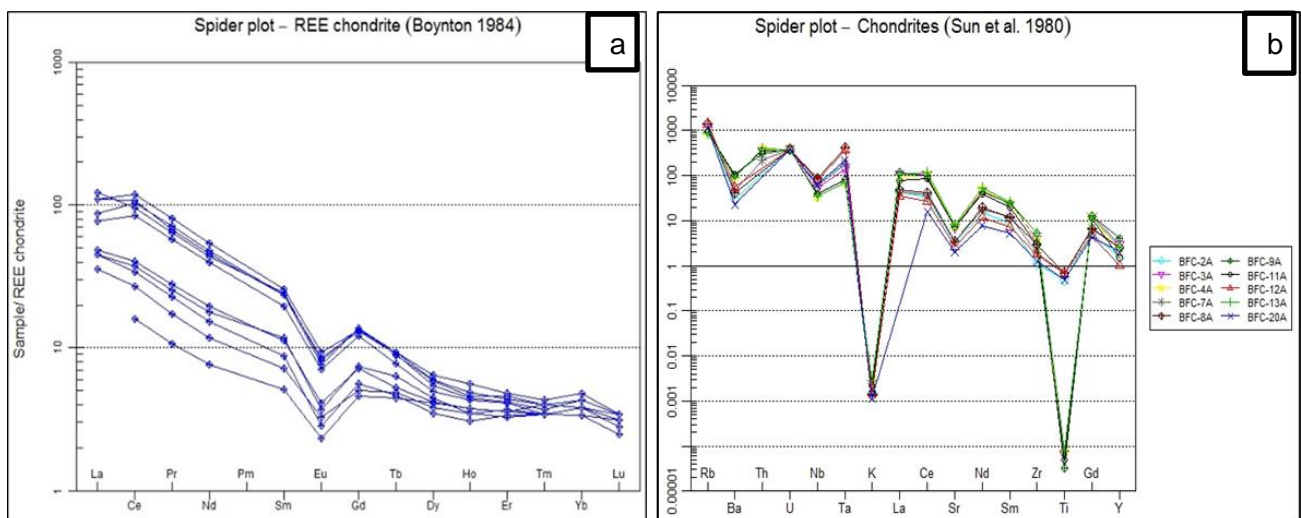
5.6 Diagramas Multielementares

Os elementos terras raras foram normalizados ao condrito de Boynton (1984), indicando alto grau de diferenciação, corroborado pela razão $(La/Lu)_n$, que alcançam média de 31,15 ppm. Nos granitos diferenciados a quantidade de Lantânio é elevada, indicando o enriquecimento de terras raras leves em detrimento dos pesados.

A anomalia de európio (Eu/Eu^*) como exibido no diagrama abaixo, apresenta uma forte anomalia negativa de európio com média de 0,4ppm. A anomalia negativa demonstra que o Eu ficou retido na fonte ou deve-se ao fato de que o alto grau de diferenciação do granito, o Eu provavelmente foi fracionado nas fases iniciais, ficando portanto, o magma gerador do granito, depletado desse elemento. (Foto 21a).

O Spider plot (Foto 21b), apresenta forte anomalia negativa para o potássio (K), além de conter anomalias negativas moderadas de Ba, Nb, Sr e Ti. Com anomalias positivas de Ta, U, Nd e Ga.

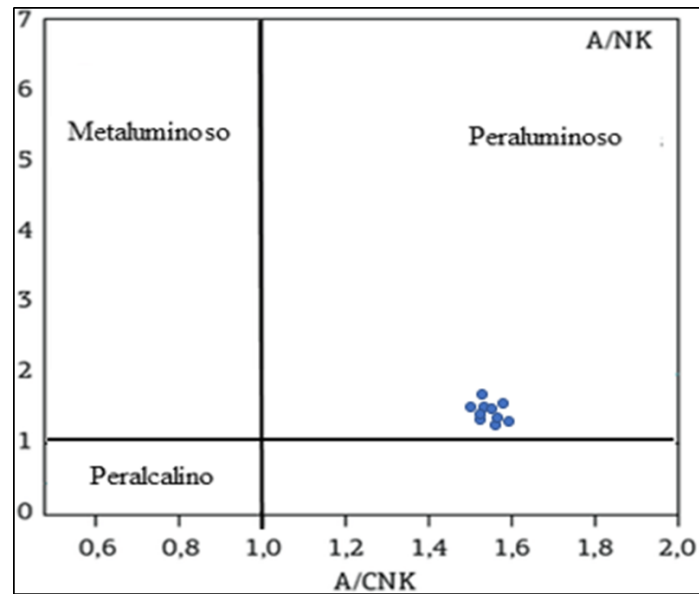
Foto 21 - Diagrama Multielementar mostrando forte anomalia negativa para o Európio.



5.7 Diagramas de Classificação

As amostras plotadas no diagrama de saturação de alumínio, consideram as razões molares A/CNK vs A/NK exibida por Maniar & Picolli (1989). Isto permite classificar as rochas em metaluminosa, peraluminosa ou peralcalinas. As amostras estão em um campo em comum, caracterizando o granito de Carnaíba em uma rocha peraluminosa. (Foto 22).

Foto 22 - Classificação de Maniar & Picolli (1989).

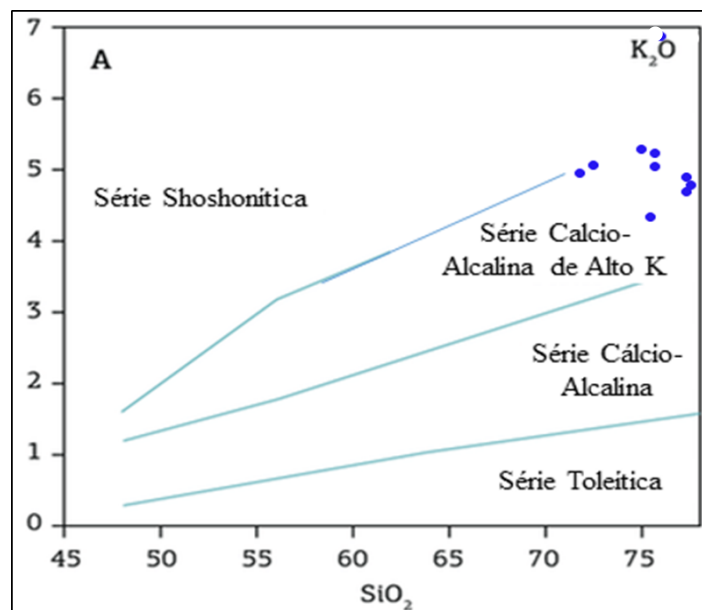


5.8 Diagrama de Séries Magmáticas

5.8.1 Landenberger & Colins (1996).

Através do diagrama de Landenberger & Colins (1996), é possível identificar as séries magmáticas, podendo ser classificadas em série: Shoshonítica, Cálcio-Alcalina de alto Potássio (K), Cálcio-Alcalina e Toleítica. As amostras estão predominantemente na série cálcio-alcalinas de alto K. (Foto 23).

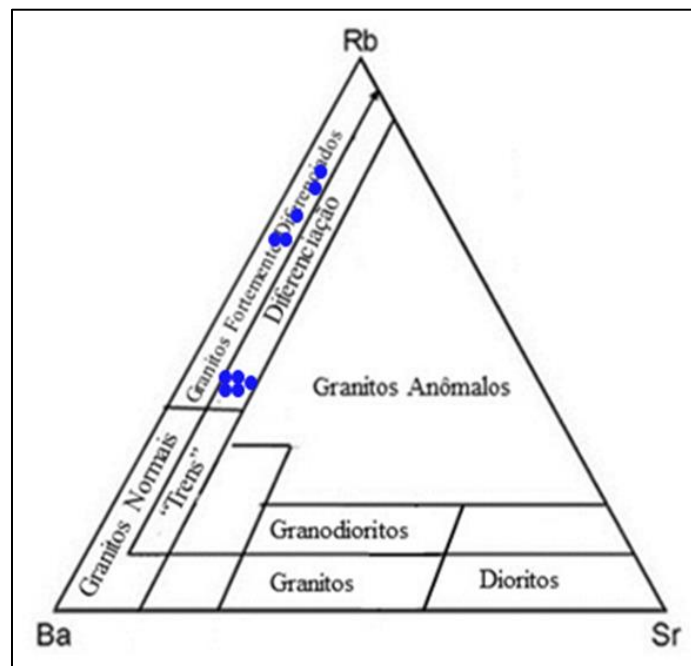
Foto 23 - A caracterização da Série Magmática de Landenberger & Colins (1996).



5.8.2 El Bouseily & Sokkary (1975).

O diagrama ternário de Ba vs Rb vs Sr de El Bouseily & Sokkary (1975), permitem caracterizar o nível de diferenciação alcançado pelo granito. As amostras plotam nos campos de diferenciado a fortemente diferenciado para o Granitóide de Carnaíba. (Foto 24).

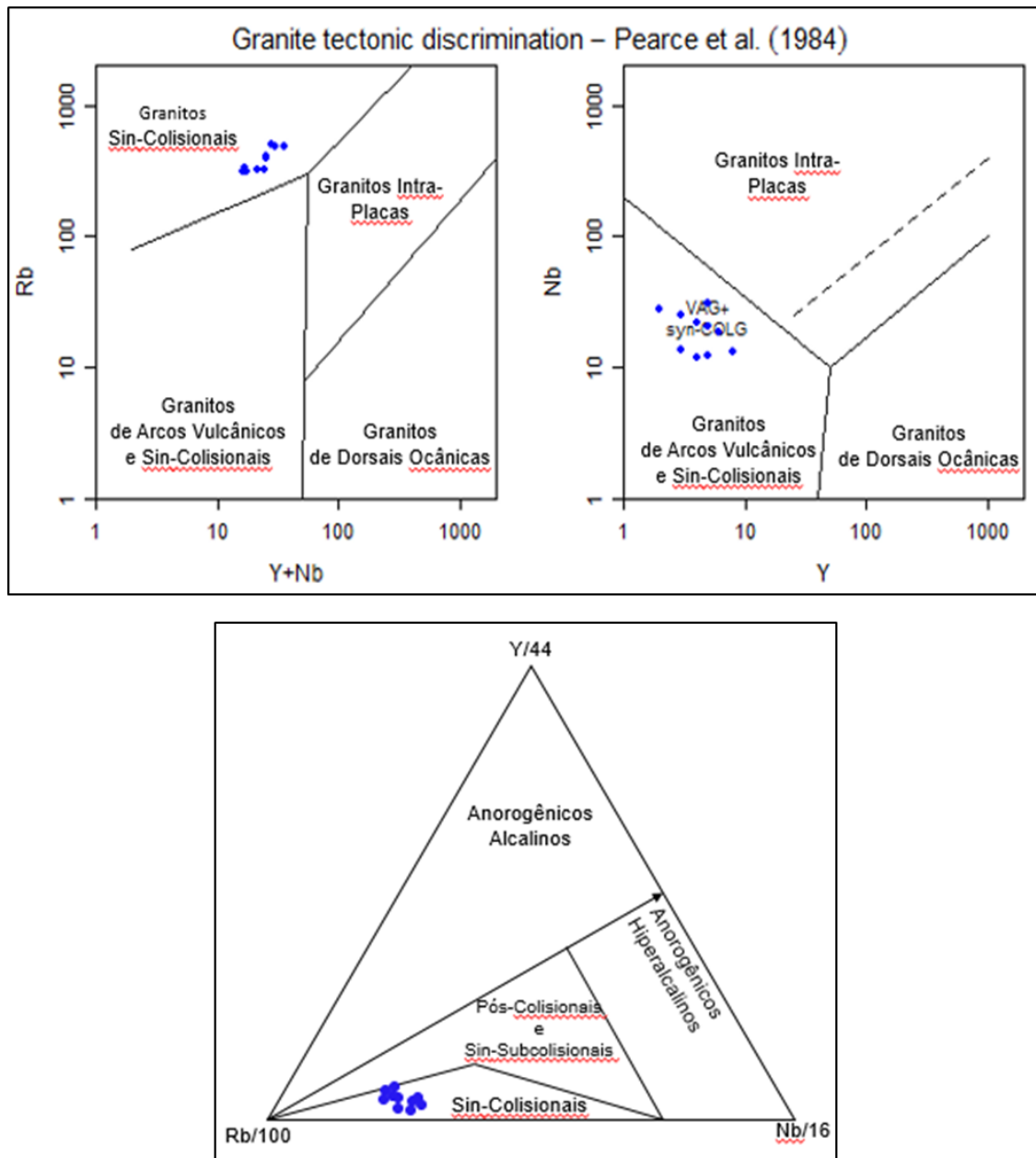
Foto 24 - Caracterização do grau de diferenciação por El Bouseily & Sokkary (1975).



5.9 Diagramas discriminante de ambiente tectônico

Foram utilizados alguns diagramas geoquímicos para discriminar o ambiente tectônico. No diagrama $(Y+Nb)$ vs. Rb; Y vs Nb (Pearce et al. 1984), as amostras do granito de Carnaíba plotam em ambiente Sin-colisional (Figura xA) e plotam no diagrama Y vs Nb (Figura xB) sendo de arcos vulcânicos e sin-colisionais. O diagrama Thiéblemont e Cabanis (1990) $Y/44 \times Rb/100 \times Nb/16$. Define os campos anorogênicos alcalinos, pós-colisional, sincolisional. As amostras plotam na região sin-colisional (Foto 25) correlacionando com os outros diagramas.

Foto 25 - A caracterização de ambiente tectônico de Pearce et al. (1984) e Thiéblemont e Cabanis (1990).



CAPÍTULO 6 - DISCUSSÕES

6.1 DISCUSSÕES

O granito de Carnaíba é um maciço fortemente diferenciado, o magma residual se torna cada mais enriquecido em elementos incompatíveis e mais depletados em elementos compatíveis à medida que o grau de diferenciação do granito aumenta. Ou seja, se temos um granito muito diferenciado a probabilidade deste corpo está mineralizado é alta. O granito de Carnaíba apresenta-se enriquecido em elementos como Rb, Ba, Li, Sr, Nb e Cs através do processo hidrotermal inerentes a inserção dos veios pegmatíticos no maciço. A abundância de elementos incompatíveis está atrelada ao final da granitogênese no paleoproterozoico.

Os valores obtidos para o granito são comparados com os teores médios admitidos para as rochas graníticas, e para a crosta terrestre (Fonte: Levinson, 1980 *apud* Licht *et al.*, 2007)

Na tabela abaixo é feito uma comparação com o *background* e os dados de elementos traços obtidos, observa-se que houve um aporte significativo do Rubídio, Lítio e Césio. O Bário, Estrôncio, Zinco e o zircônio mostram valores depletados. (Tabela 8).

Tabela 8 - Comparação entre os teores de elementos traços do granito com o background.

Elementos Traços		Ba ppm	Rb ppm	Li ppm	Sr ppm	Zn ppm	Zr ppm	Cs ppm
Valores de Referência	Crosta Terrestre	425	990	20	375	70	165	3
	Granito	600	150	30	285	40	180	5
Carnaíba	Valores Médios	318,4	450,43	68,4	69,5	45,2	124,6	18,95
	Valores Máximos	400	496,2	133	88	62	157	34,12
	Valores Mínimos	87	307,5	8	22	11	31	6,25

O lítio é um elemento litófilo, cuja concentração média na crosta terrestre é de 20 ppm e em torno de 30 ppm nas rochas graníticas. As 10 amostras analisadas apenas duas (BFC -12A e BFC – 20A) mostram teores abaixo do *background* para rochas graníticas. Os maiores teores chegam a estar 4x acima do valor de referência caracterizando uma anomalia de lítio nas amostras.

O céσιο apresentou valores médios bem acima do *background* estabelecidos para a crosta terrestre e para as rochas graníticas. A rocha com o maior teor (BFC – 2A) apresenta um enriquecimento 6 vezes acima do teor previsto para essas rochas, que é de 5ppm.

O Rubídio excede os teores previstos para rochas graníticas, apresentando teores 3 vezes mais elevados. As amostras (BFC – 2A e BFC – 12A) apresentam os maiores teores chegando a 496,2 e 488,6(ppm) respectivamente, indicando o enriquecimento deste elemento para rochas graníticas, mas se encontram depletadas em relação a crosta terrestre.

O bário é um elemento litófilo, cuja concentração média na crosta terrestre é de 425 ppm, e nas rochas graníticas chegam a 600 ppm. Este apresentou teores condizentes com os valores da crosta terrestres, se mostrando depletado em relação ao *background* esperado para rochas graníticas. O maior teor (BFC – 9A) chega a atingir 400ppm.

Os elementos maiores foram comparados em relação ao *background* de rochas graníticas e mostram que os valores médios da Sílica (SiO₂) e o Potássio (K₂O) estão acima do background. No entanto, os teores médios do MgO, MnO, CaO, TiO₂, P₂O₅, estão muito depletados. O Al₂O₃ e o Na₂O exibem teores médios próximos do esperado para o background, mas depletados. (Tabela 9).

Tabela 9 - Comparação entre os teores de elementos maiores do granito com o background.

Elementos Maiores		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
Valor de Referência	Granito	66,1	15,2	2	0,1	3,5	3,12	3,24	0,6	0,28
Carnaíba	Valores Médios	75,798	13,913	0,231	0,049	0,472	2,96	5,279	0,108	0,053
	Valores Máximos	77,17	14,37	0,41	0,14	0,86	3,63	7,91	0,17	0,12
	Valores Mínimos	72,86	13,69	0,13	0,02	0,07	0,58	4,36	0,05	0

O elevado teor de SiO₂ do K₂O e a depleção dos demais elementos, podem ser justificadas pelo fato desse granito ter atingido um grau de diferenciação mais elevado em relação à média dos granitos. Apesar de nenhum mineral de lítio. Sendo assim, o lítio pode estar presente na estrutura dos minerais micáceos como a moscovita substituindo o alumínio e assumindo papel fundamental na captação do Li.

Estudos mostram a importância do lítio presente em micas em geral, esse elemento não é detectado pela microsonda eletrônica tornando muito difícil classificar e calcular suas fórmulas se tornando um grave problema nos granitos, aplitos e pegmatitos evoluídos. Ao levar em conta a importância dos estudos metalogenéticos de rochas ígneas e metamórficas, as micas são minerais muito comuns nas rochas, suportam uma variação muito grande de temperatura e pressão, além de poder facilmente trocar componentes com fluidos e fases sólidas. Por isso, são bons marcadores do ambiente físico-químico que se desenvolveram. Este aspecto é particularmente importante no caso dos granitos, em muitos dos quais micas são as únicas fases máficas e hídricas presentes. (TISCHENDORF, 1997, p.809).

Tischendorf et. al. (1997), desenvolveu métodos empíricos para identificar a porcentagem de lítio presente nos minerais a partir das correlações feitas com outros elementos que também constituem as micas, sendo mais facilmente detectados pela microsonda eletrônica. Sendo possível rastrear as concentrações de lítio presentes nas micas, bem como a correlação de posições que o lítio pode assumir em diversos tipos de micas associados a elementos como: Al, Mg, Fe, Mn, Ti. Ao determinar as concentrações de lítio nas micas por equações de regressão, foram classificadas em três séries principais de composições: série Mg-Fe (flogopita, Mg-biotita, Fe-biotita, siderofilita, lepidomelano), série Li-Fe (siderofilita contendo Li, protolitionita) e Li-Al (zinnwaldita, lepidolita).

A correlação positiva do Lítio com o Rubídio, Fluor e Sílica mostram a posição geoquímica que cada elemento ocupa na trama mineral é essencial para se entender a viabilidade da exploração do lítio aprisionado na estrutura mineral das micas. A substituição dos elementos traços na estrutura cristalina dos minerais podem nos ajudar a entender como ocorrem as substituições desses elementos, conforme as regras de Godlscmidt.

O potássio (K) pela segunda regra de Godlscmidt, pode ser substituído e estar associado ao Rb e posteriormente ao Cs. Então, quanto maior o grau de evolução da rocha, maiores serão as concentrações desses elementos aumentando sua disponibilidade. No caso do Li, por apresentar uma diferença de raio muito grande em relação ao K e maior proximidade com sódio (Na), a substituição com o K seria mais difícil.

Contudo, pela terceira regra de godtschmidt ele pode estar associado ao Ferro (Fe) e ao magnésio (Mg) que são elementos abundantes nas micas.

CAPÍTULO 7 - POTENCIALIDADE PARA O LÍTIU

No Brasil assim como ocorre em outros países, a busca pelo lítio tem se tornado cada vez mais comum devido ao aumento da demanda de mercado, que foi causada pelos planos de reduzir as emissões de gás carbônico do planeta. O valor de mercado do lítio chega a 30 mil euros a tonelada e deve ser alavancada nos próximos anos à medida que é requisitado. O Brasil detém cerca de 8% do lítio mundial, suas reservas estão associadas a granitos pegmatíticos como é o caso do granito de Carnaíba.

Segundo (LAZNICKA, 2006), Granitos contendo mineralizações de lítio são exemplos do fracionamento químico de magmas graníticos; eles fazem parte do conjunto de rochas félsicas e peraluminosas. incluem pegmatitos com metais raros associados. Estes granitos mineralizados representam os membros finais do fracionamento multiestágios de batólitos e podem conter acumulações econômicas de um ou mais metais raros como Sn, Ta-Nb, Be, Li, Rb, Cs, REE, Th, U, Sc.

A região de Carnaíba, desde muito tempo é considerado um importante polo produtor de esmeraldas do estado da Bahia. A riqueza da região alavancou e incentivou uma grande quantidade de estudos científicos, como esse, com intuito de caracterizar e compreender os processos e particularidades que levaram a região e mais especificamente o granito e toda área de influência as mineralizações geradas principalmente no granitoide e suas encaixantes. Trabalhos recentes como o de NAPRAVNICK (2011), indicam uma forte anomalia de lítio na região estudada neste trabalho.

7.1 Potencial do Granito

O granito de Carnaíba em si não apresenta potencial, mas tem características metalogenéticas que apresentam potencial para mineralizações de lítio por ser um granito que se diferenciou de forma anormal em relação aos corpos graníticos próximos, dados corroborados pelos diagramas de El Bouseily & Sokkary (1975) (Foto 24), além de apresentar forte anomalia negativa para o európio (Eu) (Foto 21a) e por apresenta

teores médios de aproximadamente 70ppm de lítio expressando um enriquecimento 2 vezes acima do esperado.

Portanto, o granito é o portador da fonte de Li, Cs, Rb e exerceu um importante papel na difusão desses elementos, principalmente nas suas encaixantes, que são corpos máficos e ultramáficos, que os circundam. O lítio pode estar possivelmente presente associado com o Ferro nas moscovitas, que é a mica que predomina no granito.

7.2 Potencial dos Flogopititos

A concentração média de lítio no granito chega a aproximadamente 70ppm e é infinitamente menor em comparação com as concentrações obtidas nos flogopititos por NAPRAVNICK (2011), que chegam a 4000ppm.

Os valores mais expressivos são encontrados na interface de alteração do granito com as rochas máficas e ultra-máficas que bordejam o corpo. Essas rochas (Flogopititos - $(KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH))$) foram caracterizadas quimicamente por Napravnick (2011). As análises mostraram composições médias com 10% de K_2O , 21 % de MgO , 11% de Al_2O_3 , 6% de Fe_2O_3 , 43-46% de SiO_2 e um grande enriquecimento em Lítio (entre 1000 – 4000 ppm), Césio (entre 670 – 1300 ppm), Rubídio (entre 1500 – 3100 ppm) e Flúor (entre 3 – 5,2 %). (Tabela 10)

Tabela 10 - Comparação entre os teores dos flogopititos e o background adotado.

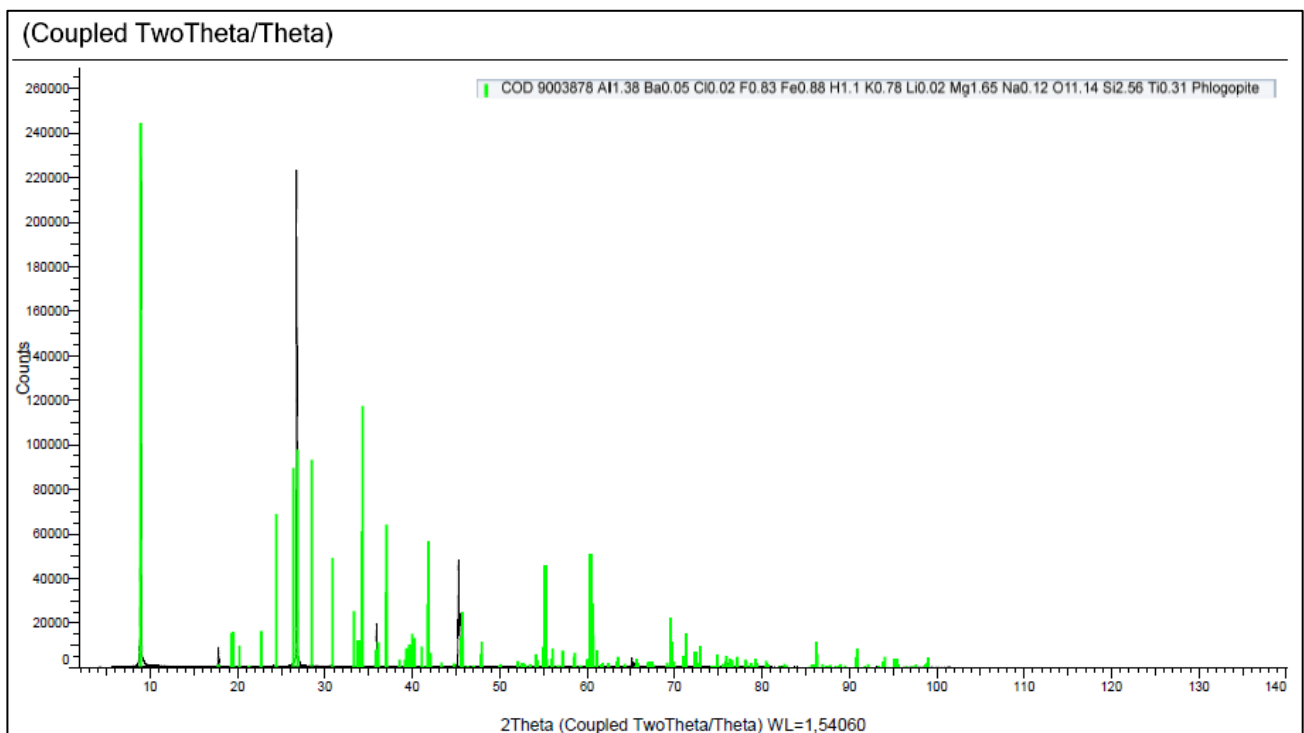
		F	Cs	Rb	Li
		ppm	ppm	ppm	ppm
Valores de Referência	Crosta Terrestre	625	3	990	20
	Ultramáfica	100	-	-	-
	Granitos	735	5	150	30
Flogopititos	Valores Médios	26799	>200	1404	1495
	Valores Máximos	49128	>200	2941	4025
	Valores Mínimos	4618	>200	257	269

Adaptada: Napravnik, 2011).

Os fluidos derivados da granitogênese interagiram com os serpentinitos, em processos hidrotermais/metassomáticos gerando os flogopititos. A interação entre esses fluidos e os flogopititos, indicam enormes diferenças nas concentrações de Lítio, Césio, Rubídio e Fluor dessas rochas e à eficiência dos flogopititos como armadilha geoquímica para esses elementos.

Neste trabalho foram feitas análises de DRX, foram realizadas em amostras dos flogopititos a fim de corroborar os dados adquiridos por Napravnick, 2011 (Foto 28).

Foto 26 - Imagem de DRX realizada nos Flogopititos.



Os dados obtidos indicam a flogopita como mica predominante na rocha e detentora do lítio. Neste caso, o Li, Rb, Cs e o F estariam na estrutura do silicato substituindo o Mg ou Al da estrutura da flogopita ($\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F,OH})_2$), assim como nas moscovitas.

Infere-se assim que o fluido granítico percolou as rochas M-UM através de falhas e fraturas, o que pode ter favorecido a gênese de minerais portadores de lítio. Essa interação ocorre de forma violenta nos serpentinitos alterando-os para flogopita metassomatizando a porção atingida pelo hidrotermalismo e enriquecendo os flogopititos em Li. Dessa forma os flogopititos atuaram como armadilha geoquímica.

Além do potencial para Lítio, a interação dos fluidos provenientes do granito com as M-UM propiciou a troca de elementos químicos, possibilitando a formação de bens minerais como as esmeraldas de carnaíba, assim como a potencialidade do lítio na região.

A região tem uma massiva extração de esmeralda e produz uma grande quantidade de rejeito (flogopitito enriquecidos em lítio) que se encontram empilhados principalmente nas regiões de garimpo (Foto 29). É necessário o aprofundamento de estudos nessa área evidenciando a viabilidade da lixiviação desse elemento químico da estrutura cristalina das micas, como já é feito com o K oriundo dos flogopititos para utilização em fertilizantes.

Foto 27 - Pilha de rejeito (flogopititos) decorrente da extração



Fonte: Napravnick (2011).

CAPÍTULO 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do granitoide de Carnaíba de idade paleoproterozoica, permitiu a integração de dados geológicos, geoquímicos, petrográficos e geofísicos. Realizados neste trabalho, permite fazer as seguintes afirmativas sobre o granito de Carnaíba:

➤ Quanto a Petrografia.

- ✓ O granito de Carnaíba é constituído por mais de 70% de quartzo, apresentam textura poiquilítica em peneira e mimerquítica. É uma rocha constituída basicamente de quartzo, plagioclásio, K-feldspato, muscovita, biotita, granada e apatita, embora estes 2 últimos esteja como minerais acessórios, além de opacos.
- ✓ A difratometria de Raios-x (DRX) realizadas nas amostras de flogopititos (BFC – 19A), confirmou a predominância da mica flogopita ($\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F,OH})_2$), com a presença do lítio em sua composição.
- ✓ O processo de alteração observado no granito foi intenso, devido a processos pós-magmáticos que atingiram o maciço refletindo na alteração do plagioclásio e o feldspato em sericita e da biotita em clorita.

➤ Quanto a Geoquímica

- ✓ Na análise para elementos traço: ficou caracterizado o incremento de Lítio, Rubídio e Césio principalmente. E uma depleção de Bário, Estrôncio e Zircônio nas amostras.
- ✓ Houve um aporte significativo de lítio no granito, o que pode configurar depósitos de minerais portadores de lítio. Este mesmo incremento se expandiu para os flogopititos o enriquecendo.

➤

- ✓ Na análise de elementos maiores, constatou-se altas concentrações de SiO₂ e K₂O. No entanto, os elementos: MgO, MnO, CaO, TiO₂, P₂O₅, estão muito depletados. O Al₂O₃ e o Na₂O apresentam teores condizentes com o esperado para as características do granito.
- ✓ Na análise para elementos terras raras foi observado uma anomalia negativa de európio, além de apresentar valores elevados na discriminação da razão (La/Lu)_n, o que nos permite inferir uma alta diferenciação do granito.
- ✓ Através da caracterização pelos diagramas TAS (1994) e De la Roche et. Al, (1980); Landenberger & Colins (1996); El Bouseily & Sokkary (1975); (Y+Nb) vs. Rb; Y vs Nb (Pearce et al. 1984); Thiéblemont e Cabanis (1990) Y/44 x Rb/100 x Nb/16. O maciço de carnaíba segundo sabaté et. Al. (2012) obteve idade de 1.8 Ga, é caracterizado como um granito cálcio-alcálico de alto potássio e peraluminoso. Foi altamente diferenciado, além de ter sua origem em um ambiente de arco-vulcânico sincolisional.

➤ Quanto a Geofísica

- ✓ O mapa magnetométrico apresenta anomalias negativas para a região em que o granito está situado, ou seja, o maciço é empobrecido em minerais magnéticos.
- ✓ Foi observado uma forte anomalia radiométrica para o Potássio (K), Tório (Th) e para o Urânio (U). Sendo assim, a geofísica revelou que o granito de carnaíba é rico em elementos incompatíveis caracterizando-o como granito fortemente diferenciado.
- ✓ Os dados geofísicos mostram padrões de enriquecimento de Potássio (K), Tório (Th) e Urânio (U) muito semelhantes tanto no granito de Carnaíba quanto no de Mirangaba. O que abre o potencial metalogenético deste último similar ao de Carnaíba.



➤ Quanto ao Potencial Mineral

- ✓ A diferenciação do granito foi fundamental na concentração e enriquecimento do magma residual em incompatíveis, sendo o lítio um dos principais elementos presente no granito, bem como nos flogopititos que bordejam o granito.
- ✓ Houve um aporte moderado de lítio no granito, o fluido superou a cúpula do granito alcançando os flogopititos o enriquecendo. Sendo assim, é possível a formação de depósitos de minerais portadores de lítio.
- ✓ O lítio presente nos flogopititos mostram a importância da interação fluido-rocha ocorrida nessa área, o que demonstra a importância do contexto litológico, e como eles interagem conferindo ao flogopitito uma ótima armadilha geoquímica.
- ✓ A identificação de novas potencialidades de lítio como no granito de Carnaíba é fundamental para ampliar a disponibilidade no mercado. Cabem mais estudos para caracterizar a viabilidade da lixiviação do lítio da estrutura mineral das micas. Portanto o granito aponta potencial metalogenético para lítio.
- ✓ Os dados geofísicos mostram padrões de enriquecimento de Potássio (K), Tório (Th) e Urânio (U) muito semelhantes tanto no granito de Carnaíba quanto no de Mirangaba. O que abre o potencial metalogenético deste último similar ao de Carnaíba.



REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo. v.7, n.4, p. 349-364, 1977
- BARBOSA, J. S. F. & SABATÉ, P. 2003. Colagem paleoproterozóica de placas arqueanas do Cráton do São Francisco na Bahia. **Rev. Bras. Geoc.** 33: 7-14.
- BARBOSA, J. S. F. (Coord.). Geologia da Bahia, Pesquisa e Atualização. Salvador: Convênio CBPM, UFBA, IGEO e SBG, 2012.
- Barbuena, D., Oliveira, E.P., Zincone, S.A., 2016. Estudos de proveniência dos quartzitos do greenstone belt Mundo Novo (BA) e implicações tectono-estratigráficas. *In: Anais 48º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre.*
- BRAGA, P.S. & SAMPAIO J.A. rochas e minerais industriais: usos e especificações parte 2 - cap. 26 pp. 585- 603. Dezembro 2008.
- BRITO-NEVES, B. B.; CORDANI, U. G.; TORQUATO, J. R. 1980; Evolução geocronológica do Precambriano no Estado da Bahia. *In: Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia, vol.3; p. 101.*
- CORDANI, V.G. **Evolução Geocronológica Pré-Cambriana da Faixa Costeira do Brasil entre Salvador e Vitória**. São Paulo: USP, 1973. Tese (Livre-docência) - Inst. Geociências-USP, 1973.
- COUTO, P. A.; SAMPAIO, A. R.; GIL, C. A. A.; Projeto Serra de Jacobina; geologia e prospecção geoquímica. Relatório Final. Salvador: CPRM, 1978. 12v. Convênio DNPM/CPRM.
- DANA, JAMES D. *Manual de Mineralogia*. Rio de Janeiro ao livro técnico, 1969.

GOMES, R.A.A.D. **Jacobina, folha SC.24-Y-C Estado da Bahia**: Geofísica; relatório temático. Texto explicativo. Salvador: CPRM, 17 p.il. 14 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Relatório interno 1993.

GRIFFON, J.C. Apresentação do mapa geológico (1:100.000) da parte central da Serra de Jacobina, Bahia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 21., 1967, Curitiba. Programa, resumo das comunicações, roteiros das excursões... Curitiba: SBG, 1967. p. 33-34(Boletim de Geociências, 26).

LAZNICKA, PETER. Giant metallic deposits : future sources of industrial metals Berlin ; New York : Springer, c2006

Leite C.M.M., Barbosa J.S.F., Nicollet C., Sabaté P. 2007. Evolução metamórfica/metassomática paleoproterozóica do Complexo Saúde, da Bacia Jacobina e de leucogranitos peraluminosos na parte norte do Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **37(4)**: 777-797.

LEO, G.W.; COX, D.P.; CARVALHO, J.P.P. 1964. Geologia da parte Sul da Serra de Jacobina, Bahia, Brasil. Rio de Janeiro. DNPM/DGM, Boletim 241, 123p.

LEVINSON, A.A. (1980). Introduction to Exploration Geochemistry. 2.ed. Wilmette, Applied Publishing. 924 p.

MARQUES, A. J. José Bonifácio de Andrada e Silva, Naturalista. Um lado Desconhecido da Historiografia Brasileira. **Norte Ciência: Academia Paraense de Ciências**, Pará, p. 59-70. Jan., 2011.

Mascarenhas J.F., Silva E.F.A. 1994. Greenstone belt de Mundo Novo: Caracterização e implicações metalogenéticas e geotectônicas no cráton do São Francisco. Série Arquivos Abertos, CBPM, Salvador, n.5, 32p.

MASCARENHAS J. F. et al. 1998. Geologia e Recursos Minerais do Grupo Jacobina e da Parte Sul do Greenstone Belt de Mundo Novo. CBPM. Série Arquivos Abertos nº 13.

Melo R.C., Loureiro H.S.C., Pereira L.H.M. 1995. Mapa geológico (1:250.000), folha Serrinha SC.24-Y-D, Estado da Bahia, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, Salvador.

NAPRAVNIK, Leonardo Pires. Características Petrográficas, Geoquímicas e Metalogenéticas dos flogopititos de Carnaíba e Socotó, Bahia. 2011. 110f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação)- Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

Oliveira, E.P., Mello, E.F., MacNaughton, N.J., 2002. Reconnaissance U–Pb geochronology of early Precambrian quartzites from the Caldeirão belt and their basement, NE São Francisco Craton, Bahia, Brazil: implications for the early evolution of the Palaeoproterozoic Salvador-Curaçá Orogen

PEARSON, W.; MOURA DE MACÊDO, P.; RÚBIO, A.; LORENZO, C. L.; KARPETA, P. 2005. Geology and gold mineralization of the Jacobina Mine and Bahia Gold Belt, Bahia, Brazil and a comparison to Tarkwa and Witwatersrand. *In*: RHODEN H.N., STEININGER R.C., VIKRE P.G., (eds.), GEOLOGICAL SOCIETY OF NEVADA SYMPOSIUM: WINDOW TO THE WORLD, Reno, Nevada, p. 29.

PEIXOTO, E. M. A. Lítio. **Química Nova na Escola**, São Paulo. Nov., 1995.

ROCHA, A.J.D.(Org.). **Morro do Chapéu folha SC.24-Y-C-V; Estado da Bahia. Texto explicativo e mapas**. Brasília: CPRM, 170 p.il. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil–PLGB). No prelo. 1993.

RUDOWSKI, Luc; GIULIANI, Gaston; SABATÉ, Pierre. The proterozoic granite massifs of Campo Formoso and Carnaíba (Bahia, Brasil) and their Be, Mo, W mineralizations. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS. 1987, Salvador. Extended abstract. Salvador: ISGAM, 1987.p.253-257.

SABATÉ, P.; MARINHO, M.M.; VIDAL, P.; CAEN-VACHETTE, M. **The 2 Ga Peraluminous Magmatism of the Jacobina – Contendas Mirante Belts (Bahia, Brazil)**: Geologic and Isotopic Constraints on the Sources. Chem. Geol., vol. 83, p. 325-338, Amsterdam. 1989 – 1990.

SATO, K. **Síntese geocronológica do Estado da Bahia e evolução crustal, com base no diagrama de evolução de Sr e razões iniciais Sr87/Sr86**. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

Souza S.L., Mascarenhas J.F., Moraes A.M.V. 1996. Geologia do "*greenstone belt*" Mundo Novo, Bahia. In: Anais do 39º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, 1: 103-106.

Tischendorf, G., Gottesmann, B., Foerster, H. J., & Trumbull, R. B. (1997). On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation.

Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist*, 95(1), 185-187.