



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**Ana Clara Legora Woitech Hecksher**

**Gisele Rodrigues Gondim**

**PROJETO MONTE DO CARMO – TOCANTINS**

**ÁREA XIII**

**BRASÍLIA/DF 2018**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**PROJETO MONTE DO CARMO – TOCANTINS**

**ÁREA XIII**

**Autoras: Ana Clara Legora Woitech Hecksher e Gisele Rodrigues Gondim**

Monografia submetida ao corpo docente do Curso de Graduação em Geologia, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília – UnB, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Banca Examinadora Aprovada por:

---

Eliza Inez Nunes Peixoto - Orientadora Professora da Universidade de Brasília -(UnB)  
Doutora em Geologia

---

Paola Ferreira Barbosa - Membro Professora Adjunta da Universidade de Brasília - (UnB)  
Doutora em Geologia

---

José Eduardo P. Soares – Membro Professora da Universidade de Brasília -(UnB) Doutor em  
Geologia

Brasília-DF, 30 de Novembro de 2018.

**Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

Ana Clara Legora Woitech Hecksher

Gisele Rodrigues Gondim

**PROJETO MONTE DO CARMO – TOCANTINS**

**ÁREA XIII**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências  
como requisito à obtenção do diploma do Curso de Graduação em Geologia.

**ORIENTADORES**

Elton Luiz Dantas (coordenador)

Adriana Horbe

Elder Yokoyama

Eliza Nunes Peixoto

Federico Alberto Cuadros Jiménez

Jeremie Garnier

Luís Gustavo Ferreira Viegas

Natália Hauser

Nilson Francisquini Botelho

Suzan Waleska Pequeno Rodrigues

BRASÍLIA/DF 2018

# **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho à Mariá do Céu, que completou nosso trio nesta jornada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por essa experiência de tanto crescimento pessoal, profissional e espiritual. Agradeço a Mãe Gaia que tanto me acolheu e ensinou sobre si (e sobre mim) ao passo a geologia se fazia por entender. Agradeço à minha família pelo aporte financeiro ao longo da graduação e todo o apoio e incentivo possíveis.

Agradeço a todo corpo de professores que participaram do Projeto Monte do Carmo, e nos auxiliaram nos trabalhos de campo e no levantamento de hipóteses e discussões. Em especial a Natália Hauser, Suzan Rodrigues, Adriana Horbe, Federico Jiménez, Elder Yokoyama, Elton Dantas e nossa orientadora Eliza Peixoto. Muito obrigada pela atenção em campo, pelas conversas sobre gestação e ao longo do semestre. Agradeço aos técnicos Mendes e Péricles pela companhia e cuidados nos trabalhos de campo.

Agradeço ainda a mestres que conheci e que tanto contribuíram tanto ao longo da graduação, às professoras Catarina Toledo e Adalene Silva pelo afeto e atenção dedicados, e claro pelas referências gigantes de mulheres geocientistas. Agradeço ao Professor Nilson Botelho que por tanto tempo foi meu (des) orientador de iniciação científica, e me ensinou lições de humildade e como com um pouquinho de criatividade e curiosidade podem contrapor os problemas que surgem com equipamentos. Ainda agradeço ao Professor Zelói pela atenção às demandas estudantis e pessoais, ensinando que até no Espinhaço crescem flores bonitas.

Agradeço imensamente aos colegas de trabalho ao longo deste ano conturbado, principalmente aos que tanto de doaram realizando os capítulos integrados, entre eles, Natália Lopes, Mateus Alves, Rodrigo César, Pedrosa, Gabriel Magalhães e Moizinho.

Agradeço a todxs amigxs, pelas tantas conversas, tantos choros compartilhados, de tristeza, de medo, de preocupação, de alegria... Em especial a Ana Clara, Irene Mariel e Bárbara Oliveira. Além de tantos outrxs, Rafael Grudka, Lucas Teles, Tabosa, Gaby Patriota, Malú Nakamura, Caroline Araújo, Alissa, Vitória Flores, Randrei, Guilherme Reis, Luisa Aguiar... Foi um grande prazer dividir tantos momentos com vocês!

Agradeço a minha nova família que surgiu em meio a tudo isso, Kelvis Ribeiro e nossa Mariá do Céu. Muito obrigada por acreditarem tanto em mim e doarem tanto amor e compreensão. Amo vocês.

Agradeço a cada mulher geocientista que se firma e flui, ensina e aprende, é mãe e é filha, cada uma de vocês foi uma referência muito importante para seguir e não desistir mesmo com tantos desafios, tantos silenciamentos, tantos espaços a conquistar. Meu muito obrigada.

Agradeço a cada personalidade de luta antifacista dessa geologia, principalmente Dinalva Teixeira e Honestino Guimarães. #ELENÃO!

Com carinho, XL

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

A finalização do trabalho final de graduação traz milhares de sentimentos, principalmente gratidão. Sou grata à geologia por sempre mudar minha vida trazendo autoconhecimento através de experiências únicas. À minha família, amigos e mestres meu mais sincero obrigada.

Agradeço aos professores mais que amigos Rodson de Abreu Marques e Jenesca Florencia que acreditaram no meu potencial desde o princípio e me encorajaram a fazer parte do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Agradeço aos professores José Oswaldo de Araújo Filho, Eliza Inez Nunes Peixoto, Nathalia Hauser e Elton Dantas pelos grandes ensinamentos, gostaria de ter anotado todos.

Agradeço aos colegas de classe, que muito ajudaram na execução deste trabalho. Um obrigada especial à Gabyzinha, Danilo, Nat Tannus, Luiz Tabosa, Deusavan, Pellicano, Thiaguinho, Maria Clara, Bella, Rômulo, Fê, Lelê, Ju e Lay, por me acolherem e por todo amor que vocês me dão. Pelas análises de petrofísica volto a agradecer ao Tabosa por me ensinar pacientemente cada etapa.

Muuuuito obrigada Gi, foi muito gratificante poder trabalhar ao seu lado nesta etapa final, cada dificuldade foi mais um aprendizado de vida.

Chooselife



"Você não pode mudar a realidade,  
mas pode mudar sua perspectiva sobre ela."

Ruth Whitefeather

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### RESUMO

O relatório em questão é resultado da concretização do Projeto Monte do Carmo que teve como objetivo realizar um mapeamento de uma área de 2.395Km<sup>2</sup> em escala 1:50.000 localizada na região entre as cidades de Porto Nacional e Monte do Carmo, situadas na porção central do estado do Tocantins. A área de estudo encontra-se inserida na Província Tocantins e abrange a borda sul da Bacia do Parnaíba. As principais unidades geológicas que constituem a área XIII do Projeto Monte do Carmo são o Granito Monte do Carmo, a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada e Diques e Soleiras Máficos. A porção estudada do Granito Monte do Carmo compreende uma fase monzogranítica menos evoluída e fracionada de um magmatismo do tipo I, com assinatura geoquímica de ambiente geotectônico do tipo cordilheira, como produto da colisão entre placas oceânica e continental. São frequentemente associados com alterações como epidotização, sericitização, fluoretação. Optou-se ainda pela individualização das rochas em Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada, que outrora fora cartografada como Formação Monte do Carmo e Grupo Natividade. Os diques presentes na área foram correlacionados à Formação Sardinha.

**Palavras-chave:** Projeto Monte do Carmo, Suíte Ipueiras, Diques Máficos.



## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

### ABSTRACT

The report in question is the result of the realization of the Monte do Carmo Project, which had the objective of mapping an area of 2,395Km<sup>2</sup> in a 1:50,000 scale located in the region between the cities of Porto Nacional and Monte do Carmo, in the central portion of the state of Tocantins. The study area is located in the Tocantins Province and covers the southern border of the Parnaíba Basin. The main geological units constituting area XIII of the Monte do Carmo Project are the Monte do Carmo Granite, the Undifferentiated Metavulcanosedimentar Sequence and the Mafic Dykes and Sills. The studied portion of the Monte do Carmo Granite comprises a less evolved and fractionated monzogranitic phase of a I type magmatism with a geochemical signature of the mountain range - type geotectonic environment, as a result of the collision between the ocean and continental plates. They are often associated with changes such as epidotization, sericitisation, fluoridation. It was also chosen for the individualization of the rocks in Induced Metavulcanosedimentar Sequence, which was once mapped as Monte do Carmo Formation and Natividade Group. The dikes present in the area were correlated to the Sardinha Formation.

**Key-words:** Projeto Monte do Carmo, Ipueiras Suite, Mafic Dike.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP Agência Nacional do Petróleo.

ASA 3D Amplitude do Sinal Analítico

CGPN Complexo Granulítico Porto Nacional

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

DNPM Departamento de Produção Mineral.

DRX Difractometria de raios-x

eTh Tório equivalente

eU Urânio equivalente

Fm Formação

FM Formação Mosquito

FS Formação Sardinha

GHT Gradiente Horizontal Total

GMC Granito Monte do Carmo

IGD-UnB Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

Km Quilômetro

LANDSAT Land Remote Sensing Satellite

LTB Lineamento Transbrasiliano

M Metro

MDE Modelo digital de elevação

MG Maciço de Goiás

N-S Direção Norte Sul

PMC Projeto Monte do Carmo

PRNW Levantamentos Geofísicos da Bacia do Parnaíba

RADAM Projeto Radar da Amazônia

RGB Abreviatura de um sistema de cores aditivas em que o Vermelho (Red), o Verde (Green) e o Azul (Blue)

SRTM Shuttle Radar Topographic Mission

TDM Idade Modelo do Manto Empobrecido

TF Trabalho Final

TITL Inclinação do Sinal Analítico

TTG Thondjemitó-Tonalito-Granodiorito

UFPA Universidade Federal do Pará

UnB Universidade de Brasília

## **Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

ZCA Zona de Cisalhamento Areias

ZCC Zona de Cisalhamento Conceição

ZCCz Zona de Cisalhamento Cruz

ZCM Zona de Cisalhamento Malhadinha

ZCMC Zona de Cisalhamento Manoel do Carmo

ZCPN Zona de Cisalhamento Porto Nacional

ZCP Zona de Cisalhamento Primavera

ZCRC Zona de Cisalhamento Ribeirão do Carmo

ZCST Zona de Cisalhamento Santa Teresinha

ENd Epsilon Neodímio

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1:</b> LOCALIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO DAS ÁREAS DO PROJETO MONTE DO CARMO, NO BRASIL E NO TOCANTINS. EM VERMELHO DESTACA-SE A ÁREA XIII.....	2
<b>FIGURA 1.2:</b> MAPA DOS PRINCIPAIS DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DO PROJETO MONTE DO CARMO. NO POLÍGONO VERMELHO ESTÁ A ÁREA XIII. PREDOMINA A DEPRESSÃO DO ALTO TOCANTINS COM MANCHAS LOCAIS DA SERRA DE SANTO ANTÔNIO – JOÃO DAMIÃO, ALÉM DE PLANÍCIES E TERRAÇOS FLUVIAIS. DADOS RETIRADOS DE SEPLAN-TO, 2017.....	3
<b>FIGURA 1.3:</b> MAPA DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS CONTIDAS NO PROJETO MONTE DO CARMO. NO POLÍGONO VERMELHO ESTÁ A ÁREA XIII. PREDOMINAM LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS COM MANCHAS DE NEOSSOLO LITÓLICO E GLEISSOLO HÁPLICO. DADOS RETIRADOS DE SEPLAN-TO, 2017. ....	4
<b>FIGURA 1.4:</b> MAPA DOS DOMÍNIOS DA VEGATAÇÃO CONTIDA NO PROJETO MONTE DO CARMO. NO POLÍGONO VERMELHO ESTÁ A ÁREA XIII. PREDOMINA O CERRADO, ALÉM DE MANCHAS DE ENGRAVE E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (MATAS DE GALERIA). DADOS RETIRADOS DE SEPLAN-TO, 2017.....	5
<b>QUADRO 1:</b> CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO PRNW (MAGNETOMETRIA E GAMAESPECTOMETRIA).....	6
<b>FIGURA 1.5:</b> FLUXOGRAMA DE PROCESSAMENTO PARA OS DADOS MAGNETOMÉTRICOS UTILIZADOS NO PROJETO. ....	7
<b>QUADRO 2:</b> PRODUTOS AEROMAGNETOMÉTRICOS GERADOS.....	7
<b>FIGURA 1.6:</b> FLUXOGRAMA DE PROCESSAMENTO PARA OS DADOS AEROGAMAESPECTOMÉTRICOS UTILIZADOS NO PROJETO.....	8
<b>QUADRO 3:</b> PRODUTOS AEROGAMAESPECTOMÉTRICOS GERADOS. ....	8
<b>QUADRO 4:</b> PROTOCOLO DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E SÓLIDOS VOLÁTEIS.....	11
<b>QUADRO 5:</b> PROTOCOLO DE ABERTURA DE AMOSTRAS EM SAVILLEX@.....	11
<b>FIGURA 2.1:</b> LOCALIZAÇÃO, GEOLOGIA E DOMÍNIOS TECTÔNICOS DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DA PROVÍNCIA TOCANTINS, ÁREA DE ESTUDO DO PROJETO MONTE DO CARMO.....	15
<b>QUADRO 6:</b> UNIDADES DESCRITAS, APRESENTANDO AS IDADES E OS AUTORES.....	24
<b>FIGURA 3.1:</b> MAPA DOS LINEAMENTOS ESTRUTURAIS INTERPRETADOS DA ÁREA DO PROJETO MONTE DO CARMO. AS LINHAS AZUIS DELIMITAM OS 5 DOMÍNIOS, NOMEADOS POR ALGARISMOS ROMANOS. AS LINHAS PRETAS DESTACAM OS PRINCIPAIS LINEAMENTOS. AS LINHAS VERMELHAS SINALIZAM OS POSSÍVEIS DIQUES. À ESQUERDA DA IMAGEM PODEM SER OBSERVADAS AS ROSETAS, MOSTRANDO AS DIREÇÕES PREFERENCIAIS DOS LINEAMENTOS DE CADA DOMÍNIO.....	27
<b>FIGURA 3.2:</b> MAPA DE DOMÍNIOS MAGNÉTICOS SA3D.....	28
<b>FIGURA 3.3:</b> MAPA DE DOMÍNIOS COM AMPLITUDE DE SINAIS ANALÍTICOS.....	28
<b>QUADRO 7:</b> CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS DOMÍNIOS COM BASE NA ASSINATURA MAGNÉTICAS.....	29

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>FIGURA 3.4:</b> DOMÍNIOS GAMAESPECTROMÉTRICOS DA ÁREA DO PROJETO MONTE DO CARMO DELIMITADOS A PARTIR DA COMPOSIÇÃO TERNÁRIA RGB E MODELO DIGITAL DE ELEVACÃO (MDE) AO FUNDO.....	32
<b>QUADRO 8:</b> DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DOMÍNIOS GAMAESPECTOMÉTRICOS DO PROJETO MONTE DO CARMO.....	32
<b>FIGURA 3.5:</b> DOMÍNIOS GAMAESPECTOMÉTRICOS ADQUIRIDO A PARTIR DOS PRODUTOS RBG (A) E CMY (B).....	37
<b>FIGURA 3.6:</b> PRODUTO MAGNETOMÉTRICO TILT. DESTAQUE EM ROSA PARA OS LINEAMENTOS ADQUIRIDOS A PARTIR DO MESMO.....	37
<b>FIGURA 4.1:</b> COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS PRESENTES NA ÁREA XIII. A ESPESURA É REPRESENTATIVA.....	44
<b>FIGURA 4.2:</b> MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA XIII E UNIDADES DA ÁREA XIII NAS ÁREAS ADJACENTES.....	45
<b>FIGURA 4.3:</b> A E B: FOTOMICROGRAFIAS DE MONZOGRANITO (TF18 XIII 056) COM SERICITIZAÇÃO, MICROCLINO PERTÍTICO (K-F), PLAGIOCLÁSIO COM MACLA POLISSINTÉTICA, QUARTZO COM EXTINÇÃO ONDULANTE. DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO PARA ROCHAS GRANÍTIAS QAP (STRACKEISEN, 1972), GERADO PARA AMOSTRA TF18 XIII 056, COM O SOFTWARE GCDKIT.....	47
<b>FIGURA 4.4:</b> FOTOMICROGRAFIAS DE BIOTITA-GRANODIORITO COM AUMENTO DE 2,5X (TF18 XIII 069). A E C: BIOTITA VERDE EM MEIO A QUARTZO E PLAGIOCLÁSIO, SOB NICÓIS PARALELOS; B: QUARTZO ONDULANTE, PLAGIOCLÁSIO E BIOTITA; E D: RUTILO, MICROCLINO PERTÍTICO, QUARTZO E PLAGIOCLÁSIO.....	48
<b>FIGURA 4.5:</b> FOTOMICROGRAFIAS DE GRANODIORITO COM AUMENTO DE 2,5 X, A E C SOB NICÓIS PARALELOS E B E D SOB NICÓIS CRUZADOS. EM A E B OBSERVA-SE UMA TITANITA SUBÉDRICA MARROM AVERMELHADA, UMA MASSA DE MINERAIS INCOLORES COMPOSTA POR QUARTZO (POR VEZES COM RECRISTALIZAÇÃO DINÂMICA) E FELDSPATO POTÁSSICO (POR VEZES ARGILIZADO E SERICITIZADO), ALÉM DE UMA MASSA FINA DE COR ESCURA DE EPIDOTO, BIOTITA E MOSCOVITA. EM C E D É POSSÍVEL OBSERVAR CRISTAIS SUBÉDRICOS DE BIOTITA VERDE E COM EXTINÇÃO PICOTADA, CRISTAIS ANÉDRICOS DE ALLANITA MARROM, ALÉM DE FELDSPATOS POTÁSSICOS SERICITIZADOS E ARGILIZADOS, QUARTZO RECRISTALIZADO, MASSA DE EPIDOTO URIUNDAS DA ALTERAÇÃO DO PLAGIOCLÁSIO.....	49
<b>FIGURA 4.6:</b> AMOSTRA DE MÃO DE GRANODIORITO. E DIAGRAMA QAP GERADO A PARTIR DA GEOQUÍMICA DA AMOSTRA TF18 XIII 006.....	50
<b>FIGURA 4.7:</b> A: AMOSTRA DO XENÓLITO ALTERADA E FRIÁVEL. FOTOMICROGRAFIAS DA AMOSTRA TF-18-XIII-066 EM NICÓIS PARALELOS (C E E) E NICÓIS CRUZADOS (B E D). MATRIZ FINA COM MICA BRANCA, QUARTZO PREENCHENDO FRATURAS, BIOTITAS RODEANDO PSEUDOMORFOS CIRCULARES PREENCHIDOS POR QUARTZO INTERSTICIAL.....	51
<b>FIGURA 4.8:</b> DIFRATOGRAMA MOSTRANDO O RESULTADO DE ANÁLISE EM ROCHA TOTAL DA AMOSTRA DE XENÓLITO.....	52
<b>FIGURA 4.9:</b> RELEVO A SUDESTE DA ÁREA XIII, ACENTUADO NA UNIDADE METASSEDIMENTAR INDIFERENCIADA E PLANO NO DOMÍNIO DO GRANITO MONTE DO CARMO.....	52
<b>FIGURA 4.10:</b> MACROGRAFIA DE: A E B: METACONGLOMERADO; C: XISTO; D: MOSCOVITA-QUARTZITO; E E: AFLORAMENTO DE METACONGLOMERADO.....	53

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

- FIGURA 4.11:** FOTOMICROGRAFIAS DA AMOSTRA TF-18-XIII-074Q EM NICÓIS PARALELOS (B E C) E NICÓIS CRUZADOS (A, D, E, F, G E H). A E B: ARCABOUÇO CONSTITUÍDO POR QUARTZO E FELDSPATO, COM MATRIZ MUITO FINA; C E D: GRÃO DE FELDSPATO; E: BIOTITA EM QUARTZO; G: GRÃO DE ARENITO FINO; E H: MOSCOVITA LAMELAR EM MEIO A MATRIZ FINA DE MICA BRANCA. .... 54
- FIGURA 4.12:** FOTOMICROGRAFIA DO QUARTZO-MOSCOVITA XISTO COM AUMENTO DE 2,5X (TF18 XIII 44Q)..... 55
- FIGURA 4.13:** DIFRATOGRAMA MOSTRANDO O RESULTADO DE ANÁLISE EM ROCHA TOTAL DA AMOSTRA DE XISTO. .... 55
- FIGURA 4.14:** MACROGRAFIA DE META-MICROGABRO. A E B: AMOSTRA VERDE, MUITO FINA; C: AFLORAMENTO ORIENTADO SEGUNDO A DIREÇÃO DA FOLIAÇÃO REGIONAL, PONTO TF18 XIII 059..... 56
- FIGURA 4.15:** FOTOMICROGRAFIAS DA AMOSTRA TF-18-XIII-059 EM NICÓIS PARALELOS (A, C, E E G) E NICÓIS CRUZADOS (B, D, F E H). A E B: ACTINOLITA DEFORMADA; C E D: FENOCRISTAL RELIQUIAR DE CLINOPIROXÊNIO RODEADO POR CLORITA, PLAGIOCLÁSIO E EPIDOTO; E E F: TRAMA XISTOSA. .... 57
- FIGURA 4.16:** DIAGRAMAS GERADOS COM A QUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS PARA O META-MICROGABRO HIDROTERMALIZADO. A: DIAGRAMA DE TAS (MIDDLEMOST, 94) CLASSIFICA A ROCHA COMO DIORITO; E B: DIAGRAMA AFM (IRVINE E BARGARAR, 71) INDICA COMPOSIÇÃO CALCOALCALINA..... 58
- FIGURA 4.17:** PRODUTO MAGNETOMÉTRICO DE GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL, COM DESTAQUE PARA OS CORPOS MAPEADOS DE DIQUES NA ÁREA XIII. .... 58
- FIGURA 4.18:** A E B: BLOCOS GABRÓICOS; C: DIABÁSIO FINO COM PÓRFIROS DE PIRITA; E D: GABRO DE GRANULAÇÃO MÉDIA. .... 59
- FIGURA 4.19:** FOTOMICROGRAFIAS DA AMOSTRA TF-18-XIII-145 EM NICÓIS PARALELOS (B E D) E NICÓIS CRUZADOS (A E C). A E B: TEXTURA OFÍTICA, COM RIPAS DE PLAGIOCLÁSIO INCLUSAS EM CRISTAIS DE CLINOPIROXÊNIO; C E D: TEXTURA SUBOFÍTICA, COM RIPAS DE PLAGIOCLÁSIO PARCIALMENTE INCLUSAS EM CRISTAIS DE CLINOPIROXÊNIO. EM MARROM, NO CANTO ESQUERDO, CRISTAL DE OLIVINA QUASE TOTALMENTE ALTERADO PARA IDdingsita. MATRIZ COMPOSTA POR PRISMAS DE PLAGIOCLÁSIO (MINERAIS BRANCOS), CLINOPIROXÊNIO (CRISTAIS CASTANHOS CLAROS DE ALTO RELEVO) E OPACOS. .... 60
- FIGURA 4.20:** FOTOMICROGRAFIAS DA AMOSTRA TF-18-XIII-058 EM NICÓIS PARALELOS (B, C E D) E NICÓIS CRUZADOS (A E E). A E B: VESÍCULA PREENCHIDA POR CARBONATO E CLORITA; C, D E E: FOTOMICROGRAFIAS COM O INTUITO DE DESTACAR A MINERALOGIA PRINCIPAL DA ROCHA DESCRITA NESTE PONTO, MATRIZ DE TITANO-AUGITA, CLORITA, PLAGIOCLÁSIO, CALCITA, OLIVINA E OPACOS. .... 61
- FIGURA 4.21:** FOTOMICROGRAFIAS DAS AMOSTRAS TF-18-XIII-01 E TF-18-XIII-109 EM NICÓIS PARALELOS (A, B E E) E NICÓIS CRUZADOS (C, D E F). A E B: PORFIROCLASTO SUBSTITUÍDO POR PLAGIOCLÁSIO, QUARTZO, EPIDOTO E OPACOS; C E D: MATRIZ FINA COMPOSTA POR VIDRO, PLAGIOCLÁSIO, EPIDOTO E OPACOS; E E E F: ROCHA DE GRANULAÇÃO MÉDIA E TEXTURA SUBOFÍTICA COM RIPAS ESCURAS DE PLAGIOCLÁSIO ALTERADO PARCIALMENTE INCLUSAS EM CLINOPIROXÊNIO. .... 62
- FIGURA 4.22:** RESULTADO DE ANÁLISE DE DIFRATOMETRIA DE RAIO-X DA AMOSTRA TF18 XIII 044, REPRESENTATIVA NA ÁREA XIII. .... 63

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>FIGURA 4.23:</b> MAPA DE ELEMENTOS TECTÔNICOS REGIONAIS E DOMÍNIOS ESTRUTURAIS DO PROJETO MONTE DO CARMO. ....	65
<b>FIGURA 4.24:</b> MAPA DE ELEMENTOS TECTÔNICOS RÚPTEIS REGIONAIS DO PROJETO MONTE DO CARMO.....	68
<b>FIGURA 4.25:</b> MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DA ÁREA XIII.....	68
<b>FIGURA 4.26:</b> ESTEREOGRAMA DE FOLIAÇÃO REGIONAL DA ÁREA XIII, TODAS LOCALIZADAS NO DOMÍNIO TECTÔNICO IV. ESTEREOGRAMA GERADO COM <i>SOFTWARE</i> STEREO NET3D. ....	69
<b>FIGURA 4.27:</b> ZONA DE CISALHAMENTO CENTIMÉTRICA DE DIREÇÃO N-S, COM DESTAQUE PARA: FOLIAÇÃO S EM VERMELHO; FOLIAÇÃO C EM ROSA. ....	70
<b>FIGURA 4.28:</b> ZONA DE CISALHAMENTO DE DIREÇÃO 265-85.....	70
<b>FIGURA 4.29:</b> FOLIAÇÃO MILONÍTICA COM DIREÇÃO E-W E DESTAQUE EM AMARELO PARA OS MILONITOS, EM: A: QUARTZITO; E B E C: MONZOGRANITO. ....	71
<b>FIGURA 4.30:</b> <i>TENSION GASHES</i> PREENCHIDOS POR QUARTZO., GERADOS EM ZONA DE CISALHAMENTO SINISTRAL E-W. A E C: DEFORMAÇÃO DE <i>TENSION GASHES</i> FORMANDO SIGMÓIDES COM FORMA DE “S”; E B: DESENVOLVIMENTO INICIAL DOS <i>TENSION GASHES</i> EM CISALHAMENTO SINISTRAL. ....	72
<b>FIGURA 4.31:</b> FALHA DE REJEITO DIRECIONAL DEXTRAL COM DIREÇÃO 340-160. DESTAQUE EM PRETO PARA A FALHA E, EM VERMELHO, PARA VEIOS DE QUARTZO DESLOCADOS. ....	72
<b>FIGURA 4.32:</b> A: DIAGRAMA DE ROSETA PARA AS DIREÇÕES DE VEIOS, CRIADO COM O <i>SOFTWARE</i> STEREO NET3D; B: VEIO N-S E <i>TENSION GASHES</i> SW-NE EM MONZOGRANITO; E C: VEIO DE QUARTZO N020E.....	73
<b>FIGURA 4.33:</b> DIAGRAMA DE ROSETAS PARA AS JUNTAS DA ÁREA XIII, COM DESTAQUE PARA JUNTAS N-S, NE-SW E NW-SE EM GRANODIORITO. DIAGRAMA GERADO COM <i>SOFTWARE</i> STEREO NET3D.....	74
<b>FIGURA 4.34:</b> AFLORAMENTO DE MONZOGRANITO EM DEFORMAÇÃO RÚPTIL, ONDE A BRECHAÇÃO GEROU PROTO-CATACLASE. ....	75
<b>FIGURA 4.35:</b> A: XISTO LEPIDOBLÁSTICO, COM FOLIAÇÃO EXPLÍCITA DAS LAMELAS DE MOSCOVITA COM DESTAQUE PARA PORFIROCLASTOS DE QUARTZO (B); E C: ROCHA METABÁSICA, SOB NICÓIS PARALELOS, ONDE ACTINOLITA E HORNBLENDA ESTÃO ORGANIZADAS SEGUNDO A FOLIAÇÃO.....	75
<b>FIGURA 4.36:</b> PROTOMILONITO, COM TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, PORFIROCLASTOS DE QUARTZO E CORDÕES DE QUARTZOS RECRISTALIZADOS, SEGUNDO A FOLIAÇÃO. OS GRÃOS PRIMITIVOS DE QUARTZO ENCONTRAM-SE BORDEJADOS POR PEQUENOS GRÃOS RECRISTALIZADOS.....	76
<b>FIGURA 4.37:</b> LÂMINA DELGADA DE MONZOGRANITO SOB LUZ POLARIZADA. A AMOSTRA ENCONTRA-SE INTENSAMENTE FRATURADA, COM AS SUPERFÍCIES DAS FRATURAS PREENCHIDAS POR NOVOS CRISTAIS FINOS DE QUARTZO, , E PSEUDOTAQUILITO. ....	77
<b>FIGURA 4.38:</b> FOTOMICROGRAFIA DE METACONGLOMERADO, ONDE HÁ RECRISTALIZAÇÃO DE BORDA DO TIPO BLG, À ESQUERDA. A DIREITA DESTACA-SE O PROCESSO DE RECRISTALIZAÇÃO DE BORDA (PASSCHIER & TROUW, 1996). ....	78

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>FIGURA 4.39:</b> MUDANÇAS MINERAIS PROGRESSIVAS EM FÁCIES XISTO-VERDE A ANFIBOLITO DE METAMORFISMO PARA ROCHAS META-MÁFICAS. EM VERMELHO DESTACA-SE A PARAGÊNESE METAMÓRFICA DAS ROCHAS METABÁSICAS DA SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDIFERENCIADA. RETIRADA DE PASSCHIER & TROUW (1996). .....	<b>79</b>
<b>FIGURA 4.40:</b> FOTOMICROGRAFIAS DE MONZOGRANITOS ONDE HÁ RECRISTALIZAÇÃO DE BORDA DO TIPO BLG. A: BIOTITA DEFORMADA EM <i>KINK BANDS</i> ; E B: CRISTAIS DE QUARTZO COM EXTINÇÃO ONDULANTE E CONTATOS LOBULADOS. ....	<b>80</b>
<b>FIGURA 5.1:</b> MAPA DE SUBSTÂNCIAS REQUERIDAS À ANM NA ÁREA DO PROJETO PORTO NACIONAL. ....	<b>81</b>
<b>FIGURA 5.2:</b> OURO LIVRE ENCONTRADO EM VEIO DE QUARTZO NA ÁREA II, PROVINDO DE ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL, COM GRANULAÇÃO INFERIOR A 0,5MM. ....	<b>83</b>
<b>FIGURA 5.3:</b> A: BLOCO DE LATERITO RICO EM FE E AL B: CROSTA LATERÍTICA. ....	<b>85</b>
<b>FIGURA 5.4:</b> CAVA DE GARIMPO DE OURO LOCALIZADA NA ÁREA XIII. ....	<b>86</b>
<b>FIGURA 6.1:</b> DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS PLUTÔNICAS R1-R2 POR MEIO DE ELEMENTOS MAIORES. (DE LAROCHE, 1980). ....	<b>88</b>
<b>FIGURA 6.2:</b> CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DAS ROCHAS PLUTÔNICAS DA SUÍTE IPUEIRAS. A) DIAGRAMA AFM (NA <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O-FE <sub>2</sub> O-MGO) DE IRVINE E BARAGAR (1971). B) ÍNDICE DE SATURAÇÃO EM ALUMINA (ISA) DE SHAND (1943), ONDE $A/NK = AL_2O_3/(NA_2O+K_2O)$ E $A/CNK = AL_2O_3/(CAO+NA_2O+K_2O)$ . C) ÍNDICE I (MODIFIED ALKALI-LIME INDEX = $NA_2O+K_2O-CAO$ ) X $SiO_2$ PROPOSTO POR FROST ET AL. (2001). ....	<b>89</b>
<b>FIGURA 6.3:</b> SEÇÃO TRANSVERSAL ESQUEMÁTICA DO AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO SUGERIDO PARA A SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDIFERENCIADA. ....	<b>91</b>
<b>QUADRO 9:</b> RELAÇÃO ENTRE OS GRUPOS DE DIQUES E SOLEIRAS MÁFICAS, DEFINIDAS NESTE RELATÓRIO, E GRUPOS DA FM. SARDINHA, DEFINIDOS POR OLIVEIRA <i>ET AL.</i> (2018). ....	<b>92</b>
<b>FIGURA 6.4:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DO QUADRO TECTÔNICO DA REGIÃO DO PROJETO MONTE DO CARMO. ....	<b>93</b>
<b>FIGURA 6.5:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO ILUSTRANDO O MODELO DE EVOLUÇÃO DO ESTÁGIO I. ....	<b>94</b>
<b>FIGURA 6.6:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO ILUSTRANDO O MODELO DE EVOLUÇÃO DO ESTÁGIO II. ....	<b>95</b>
<b>FIGURA 6.7:</b> MAPAS GEOLÓGICOS DA ÁREA DO PROJETO MONTE DO CARMO PRODUZIDOS POR GORAYEB (2013), CPRM (2014) E PROJETO MONTE DO CARMO (2018). ....	<b>101</b>



# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 ASPECTOS FISOGRÁFICOS</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.1 GEOMORFOLOGIA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.4 VEGETAÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3.1 ETAPA PRÉ-CAMPO</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3.2 ETAPA DE CAMPO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3.3 ETAPA PÓS-CAMPO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3.3.1 PETROFÍSICA</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3.3.2 DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3.3.3 GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.3.3.1 PERDA AO FOGO (PF)</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.3.3.2 DIGESTÃO DAS AMOSTRAS</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.3.3.3 DETERMINAÇÃO QUÍMICA</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3.3.4 MICROSSONDA ELETRÔNICA</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
<b>2. GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 CONTEXTO TECTÔNICO E ESTRATIGRÁFICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2.1 LITOESTRATIGRAFIA E GEOCRONOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
<b>3. INTERPRETAÇÃO DE DADOS AEROGEOFÍSICOS DO PROJETO MONTE DO CARMO</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1 MAGNETOMETRIA</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1.1 DOMÍNIOS MAGNÉTICO-ESTRUTURAIS</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1.2 DOMÍNIOS MAGNÉTICO-COMPOSICIONAIS</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2 GAMAESPECTROMETRIA</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS DA ÁREA XIII</b> .....	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
<b>4. GEOLOGIA LOCAL</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2 LITOESTRATIGRAFIA DO PROJETO</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2.1 COMPLEXO PORTO NACIONAL</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2.2 FORMAÇÃO MORRO DO AQUILES</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2.3 PLUTÔNICAS SIN- A PÓS-TECTÔNICAS</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2.4 SUÍTE VULCÂNICA SANTA ROSA</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2.5 SUÍTE IPUEIRAS</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2.6 SUÍTE ALIANÇA (NP3ΓA)</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2.7 SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDEFINIDA (NP3MCA)</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2.8 INTRUSÕES MÁFICA-ULTRAMÁFICAS ACAMADADAS</b> .....	<b>42</b>
<b>4.2.9 FORMAÇÃO MONTE DO CARMO</b> .....	<b>42</b>
<b>4.2.10 SUÍTE LAJEADO (NP3Γ2MT)</b> .....	<b>42</b>
<b>4.2.11 SUÍTE GABRO-ANORTOSÍTICA CARREIRA COMPRIDA</b> .....	<b>42</b>
<b>4.2.12 BACIA DO PARNAÍBA</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2.13 DIQUES E SOLEIRAS MÁFICOS</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2.14 CROSTAS LATERÍTICAS (NQDL)</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2.15 DEPÓSITOS ALUVIONARES</b> .....	<b>44</b>
<b>4.3 UNIDADES LITOLÓGICAS PRESENTES NA ÁREA XIII</b> .....	<b>44</b>
<b>4.3.1 SUÍTE IPUEIRAS - GRANITO MONTE DO CARMO</b> .....	<b>45</b>
<b>4.3.1.1 FÁCIES MONZOGRANITO</b> .....	<b>46</b>

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

4.3.1.2	XENÓLITOS .....	50
4.3.2	SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDIFERENCIADA .....	52
4.3.2.1	ROCHAS METASSEDIMENTARES .....	53
4.3.2.2	ROCHA METABÁSICA .....	56
4.3.3	DIQUES E SOLEIRAS MÁFICAS .....	58
4.3.3.1	GRUPO 1 .....	59
4.3.3.2	GRUPO 2 .....	60
4.3.3.3	GRUPO 3 .....	61
4.3.4	COBERTURA LATERÍTICA .....	62
4.3.5	DEPÓSITOS ALUVIONARES .....	63
4.4	GEOLOGIA ESTRUTURAL DO PROJETO .....	64
4.4.1	QUADRO ESTRUTURAL REGIONAL.....	64
4.4.1.1	DOMÍNIO I.....	65
4.4.1.2	DOMÍNIO II.....	66
4.4.1.3	DOMÍNIO III.....	66
4.4.1.4	DOMÍNIO IV.....	66
4.4.1.5	DOMÍNIO V .....	67
4.5	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA ÁREA XIII.....	68
4.5.1	FOLIAÇÃO REGIONAL.....	69
4.5.2	ZONAS CISALHANTES E ELEMENTOS ASSOCIADOS.....	69
4.5.2.1	ZONA DE CISALHAMENTO CONCEIÇÃO .....	69
4.5.2.2	ZONAS DE CISALHAMENTO LOCAIS.....	70
4.5.2.3	FOLIAÇÃO MILONÍTICA .....	71
4.5.2.4	TENSION GASHES.....	71
4.5.3	FALHAS .....	72
4.5.4	VEIOS .....	73
4.5.5	FRATURAS .....	73
4.5.6	DIQUES .....	74
4.5.7	PROTO-CATACLASITOS .....	74
4.5.8	MICROESTRUTURAS.....	75
4.6	METAMORFISMO.....	78
4.6.1	SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDIFERENCIADA .....	78
4.6.2	GRANITO MONTE DO CARMO.....	79
CAPÍTULO 5 .....		81
5.	GEOLOGIA ECONÔMICA .....	81
5.1	INTRODUÇÃO .....	81
5.2	OCORRÊNCIAS E POTENCIAIS MINERAIS REGIONAIS.....	82
5.2.1	OURO .....	82
5.2.2	MINÉRIO DE FERRO .....	83
5.2.3	MANGANÊS .....	83
5.2.4	GRAFITA.....	83
5.2.5	MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS.....	84
5.2.6	ROCHAS ORNAMENTAIS E/OU DE REVESTIMENTO .....	84
5.3	OCORRÊNCIAS MINERAIS DA ÁREA XIII.....	85
5.3.1	AREIA .....	85
5.3.2	CROSTA LATERÍTICA .....	85
5.3.3	OURO .....	85
5.3.4	ROCHA ORNAMENTAL .....	86
5.4	POTENCIALIDADES MINERAIS DA ÁREA XIII .....	86
5.4.1	GRANITO MONTE DO CARMO.....	86
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
CAPÍTULO 6 .....		88
6.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....	88
6.1	GRANITO MONTE DO CARMO .....	88
6.2	SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDIFERENCIADA.....	90
6.3	DIQUES E SOLEIRAS MÁFICAS .....	91

## **Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

<b>6.4 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....</b>	<b>93</b>
<b>6.5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>99</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>102</b>

### **ANEXOS**

**Mapa Geológico da Área XIII (Folha A3)**

**Mapa de Pontos da Área XIII (Folha A3)**

**Mapa Tectono-estrutural Área XIII (Folha A3)**

**Fichas Petrográficas**

**Tabelas de dados Geoquímicos**

**Tabelas de dados de Microsonda**

**Mapa Geológico do Projeto Monte do Carmo-TO (Folha A3)**

**Banco de dados do projeto inteiro (shapefiles)**

### CAPÍTULO 1

#### 1. INTRODUÇÃO

O Projeto Monte do Carmo (Figura 1) contempla o Trabalho Final do curso de Graduação em Geologia pela Universidade de Brasília. Foi executado dentro das atividades das disciplinas “Preparação para o Mapeamento Geológico Final” e “Trabalho de Mapeamento Geológico Final” realizadas no decorrer do ano de 2018, com o apoio do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IGD-UnB). O projeto consiste em um mapeamento geológico em escala de 1:50.000 na região centro-sul do estado de Tocantins entre os municípios de Porto Nacional e Monte do Carmo, totalizaram cerca de 2303 km<sup>2</sup> mapeados, subdivididas em 19 áreas com média de 121 km<sup>2</sup> e mais duas áreas adicionais no setor Norte, as quais juntas somam 72 km<sup>2</sup>.

O projeto teve a coordenação do Professor Dr. Elton Luiz Dantas, contando com a colaboração dos professores doutores Eliza I. N. Peixoto, Suzan W. P. Rodrigues, Natália Hauser, Jeremie Garnier, Nilson Francisquini, Gustavo Viegas Adriana M. C. Horbe, Federico A. C. Jiménez e Elder Yokoyama durante todo o decorrer do trabalho. Além do apoio dos professores doutores. Henrique Roig na elaboração do banco de dados e Roberta Vidotti no processamento dos produtos de geofísica.

O relatório compreende principalmente os dados obtidos na área XIII, mapeada pelas alunas Ana Clara Legora e Gisele Gondim, juntamente com os professores que participaram da etapa de campo. A integração com as outras áreas foi de fundamental importância para a conclusão do relatório e do mapa final.

O trabalho final de geologia visou habilitar os alunos a realizarem trabalho de campo, proporcionando a integração dos conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação. Os integrantes, durante todas as etapas do projeto, geraram e interpretaram uma série de dados da região de estudo, tais como: imagens de satélite, produtos aerogeofísicos, litoestratigráficos, estruturais, petrográficos entre outros.

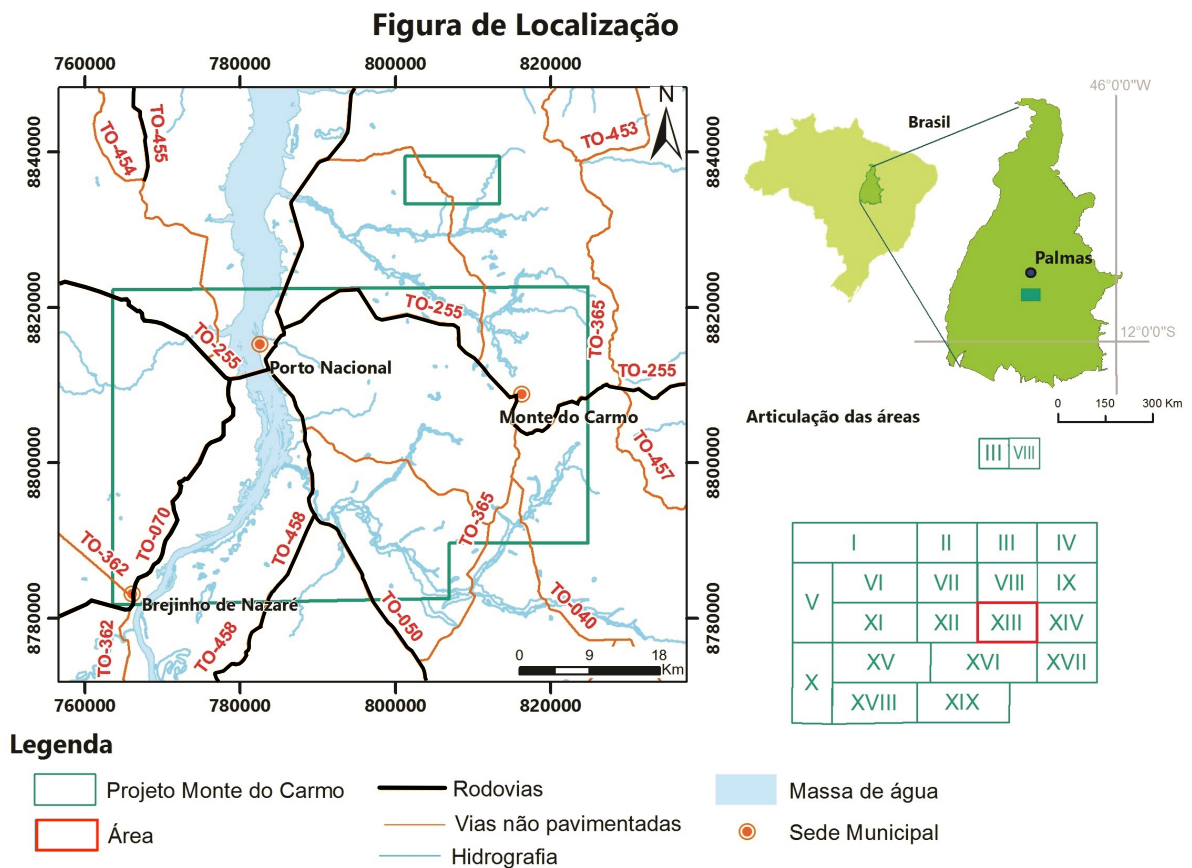
A região de Monte do Carmo - TO, é relativamente carente em estudos geológicos. Desta forma, o projeto contribuiu para a evolução do conhecimento geológico. A evolução geológica e tectônica da região ainda é pouco compreendida, principalmente quanto aos limites das Faixas Brasília e Araguaia e o papel do Lineamento do Transbrasiliano nessa área.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

### 1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de pesquisa situa-se entre os municípios de Monte do Carmo e Porto Nacional - Tocantins, a cerca de 770 km a norte de Brasília e a 60 km a sul de Palmas (Figura 1.1). A área XIII tem uma área de 90 km<sup>2</sup> e sua localização é marcado pelos vértices nordeste 812965,308 e 8806492,213 e sudoeste 800955,024 e 8798557,708.

**Figura 1.1:** Localização e disposição das áreas do Projeto Monte do Carmo, no Brasil e no Tocantins. Em vermelho destaca-se a área XIII.



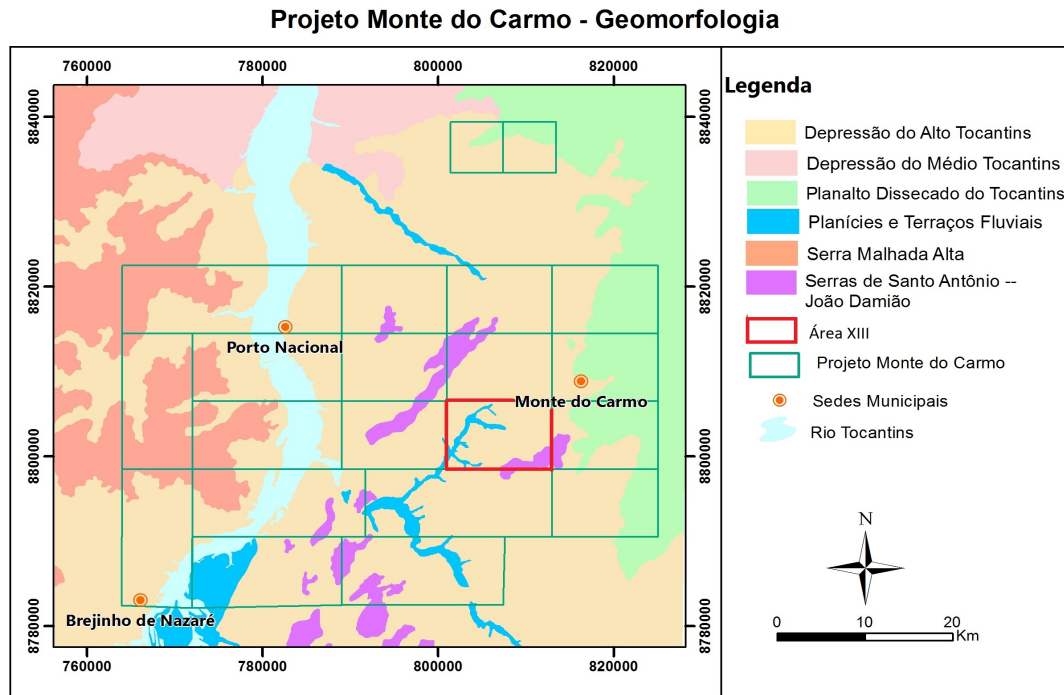
### 1.2 ASPECTOS FISOGRÁFICOS

#### 1.2.1 Geomorfologia

O Projeto Monte do Carmo abrange depressões, planaltos, planícies fluviais e serras (SEPLAN-TO, 2017). Na área XIII observa-se serra, depressão e planície fluvial (Figura 1.2).

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 1.2:** Mapa dos principais domínios geomorfológicos do Projeto Monte do Carmo. No polígono vermelho está a Área XIII. Predomina a Depressão do Alto Tocantins com manchas locais da Serra de Santo Antônio – João Damião, além de Planícies e Terraços Fluviais. Dados retirados de SEPLAN-TO, 2017.



### 1.2.2 Solo

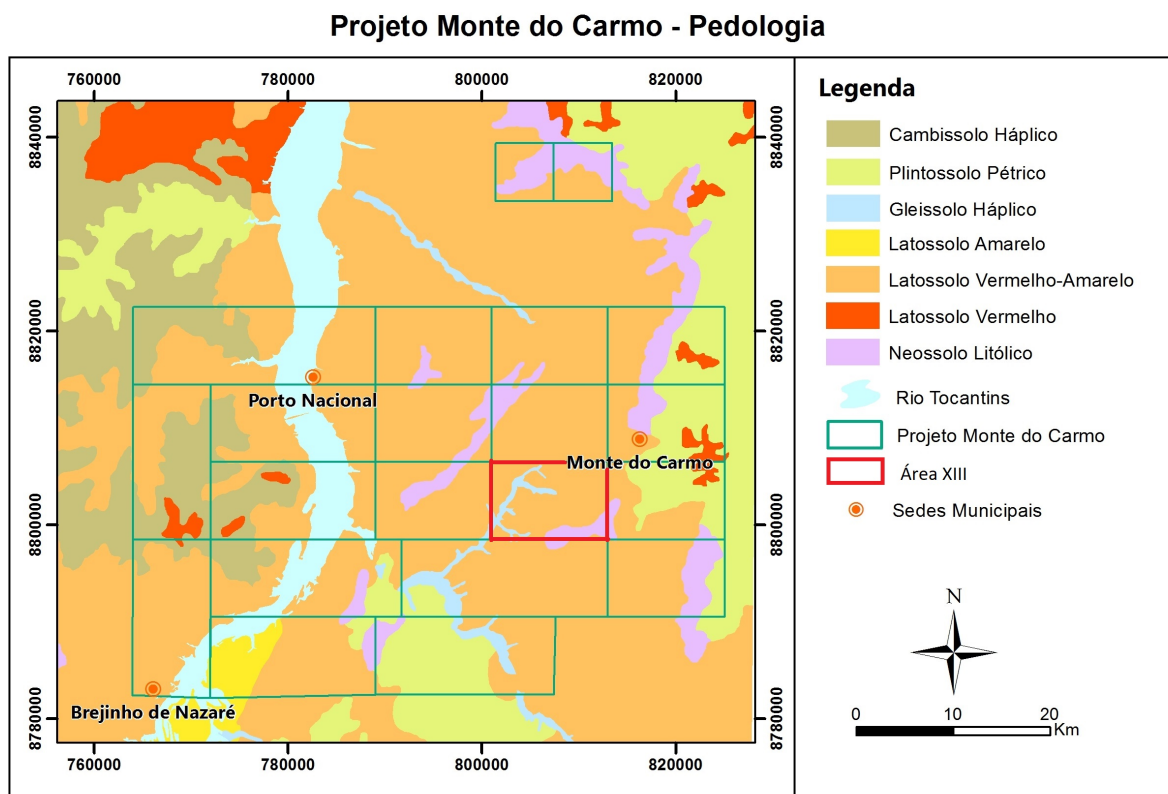
A área de estudo abrange as classes de solos: neossolo litólico, latossolos amarelo, vermelho e vermelho-amarelo, plintossolo pétrico, argissolo, cambissolo háplico e gleissolo háplico (SEPLAN-TO, 2017). Na área XIII observam-se somente latossolos vermelho-amarelos, gleissolo háplico e neossolos litólicos (Figura 1.3). Os Latossolos são solos homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecidos facilmente pela cor quase homogênea do solo com a profundidade. São solos profundos, bem drenados, com baixa capacidade de troca catiônica, textura média ou mais fina (argilosa ou muito argilosa) e com frequência são pouco férteis. Latossolos Vermelhos, Vermelho-Amarelos e Amarelos são diferenciados por suas colorações (EMBRAPA, 2013).

Gleissolos Háplicos são solos minerais e hidromórficos, que apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou entre 50 e 150 cm se estiveram imediatamente abaixo de um horizonte A, E ou hístico (que não tenha espessura suficiente para satisfazer os critérios de Organossolos ou das classes de Gleissolos Tiomórficos, Sállicos ou Melânicos). Por serem solos hidromórficos, são solos que estão permanente ou periodicamente saturados por água. São caracterizados por forte gleização devido ao ambiente redutor livre de oxigênio dissolvido (EMBRAPA, 2013).

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

Neossolos Litólicos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, que não apresentam nenhum horizonte B diagnóstico. Apresentam horizonte A ou hístico diretamente sobre rocha ou sobre horizonte C ou Cr (EMBRAPA, 2013).

**Figura 1.3:** Mapa das principais classes de solos contidas no Projeto Monte do Carmo. No polígono vermelho está a Área XIII. Predominam Latossolos Vermelho-Amarelos com manchas de Neossolo Litólico e Gleissolo Háptico. Dados retirados de SEPLAN-TO, 2017.



### 1.2.3 Clima

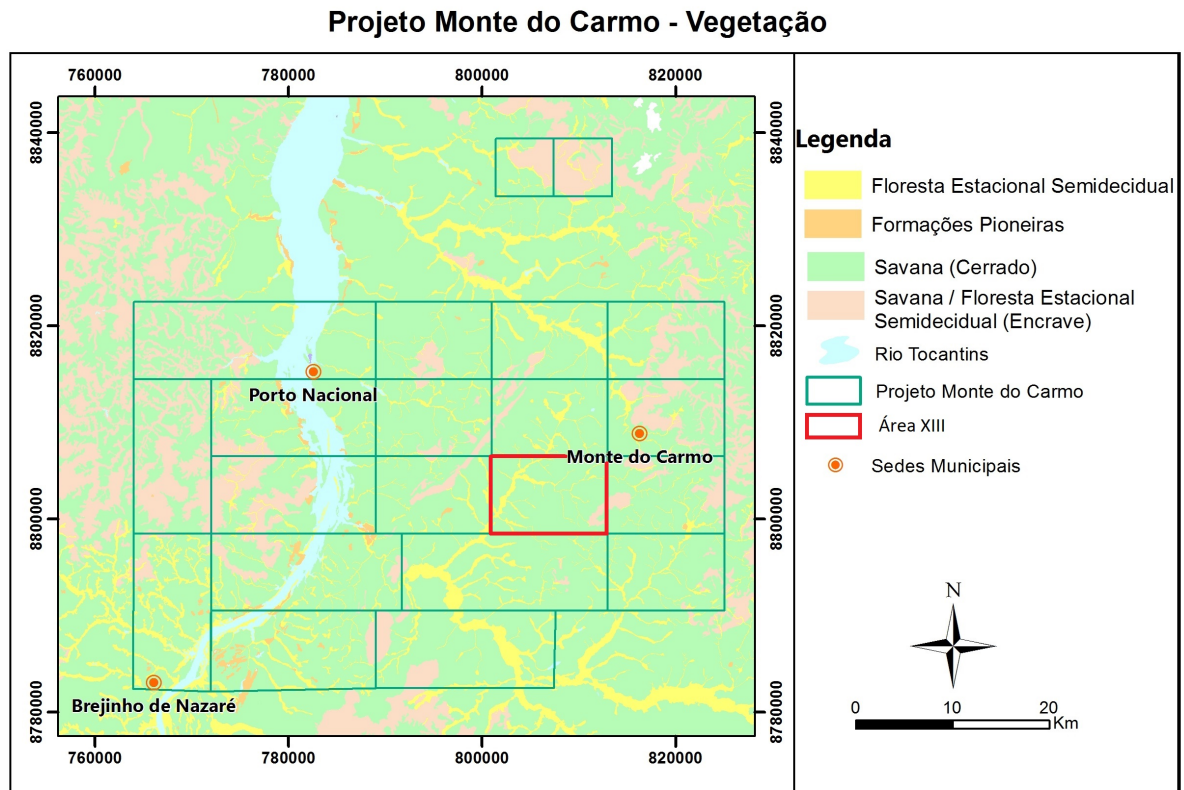
A região de Porto Nacional e Monte do Carmo – TO caracteriza-se por clima tropical úmido a semi-úmido com moderada deficiência hídrica. A precipitação anual é entre 1.600 e 2.000 mm e a temperatura anual varia de 21,9 a 33,7°C (SEPLAN-TO, 2017).

### 1.2.4 Vegetação

A vegetação predominante na região é o cerrado (Figura 1.4), cujas principais características são os grandes arbustos e as árvores esparsas, de galhos retorcidos e raízes profundas (PMAE/PN-TO, 2018).

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 1.4:** Mapa dos domínios da vegetação contida no Projeto Monte do Carmo. No polígono vermelho está a Área XIII. Predomina o cerrado, além de manchas de encrave e floresta estacional semidecidual (matas de galeria). Dados retirados de SEPLAN-TO, 2017.



### 1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho seguiu as seguintes etapas: Pré campo; Campo e Pós Campo, que serão relatadas nos subtópicos seguintes.

#### 1.3.1 Etapa Pré-Campo

Na etapa pré campo foi feito o estudo bibliográfico, além da elaboração do mapa base 1:50.000, o qual consiste na extração de informações sobre estradas, rodovias e demais vias de acesso, rede de drenagem, cidades, municípios e outras localidades, tais como garimpos e propriedades rurais. Para a confecção do mapa base foram utilizadas imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8, *Google Earth*, *Google Basemap Imagery* e a carta topográfica Folha de Porto Nacional SC.22-Z-B. As imagens utilizadas encontram-se no site <http://earthexplorer.usgs.gov/>, e pela missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), sendo essa última destinada à geração do modelo digital de elevação, utilizado na classificação das unidades geomorfológicas da região de Monte do Carmo (TO) e análise de direções regionais marcados pelo relevo. O processamento dos dados utilizados no sensoriamento remoto foi executado a partir dos *softwares* ENVI 5.3 e ArcGis 10.3.



## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Os trabalhos envolvendo geofísica constituíram no processamento e análise dos dados de levantamentos aéreos de magnetometria e gamaespectrometria, levando a confecção de uma série de mapas. Os dados geofísicos utilizados no Projeto Paraíso foram retirados do projeto “Levantamentos Geofísicos da Bacia do Parnaíba” (PRNW). O projeto PRNW (Quadro 1) teve como objetivo o levantamento de dados aerogeofísicos para criação de modelos geológico-geofísicos de bacias pouco exploradas, neste caso a Bacia do Parnaíba. Os produtos geofísicos auxiliam na definição de novos alvos para pesquisa e exploração de reservas de hidrocarbonetos e gás e, além disso, agregam valores a essas áreas nas subseqüentes rodadas de licitação. O projeto surgiu da parceria ente a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e a USP (Universidade de São Paulo) (Andrade & Konzen, 2006).

**Quadro 1:** Características gerais do Projeto PRNW (magnetometria e gamaespectrometria).

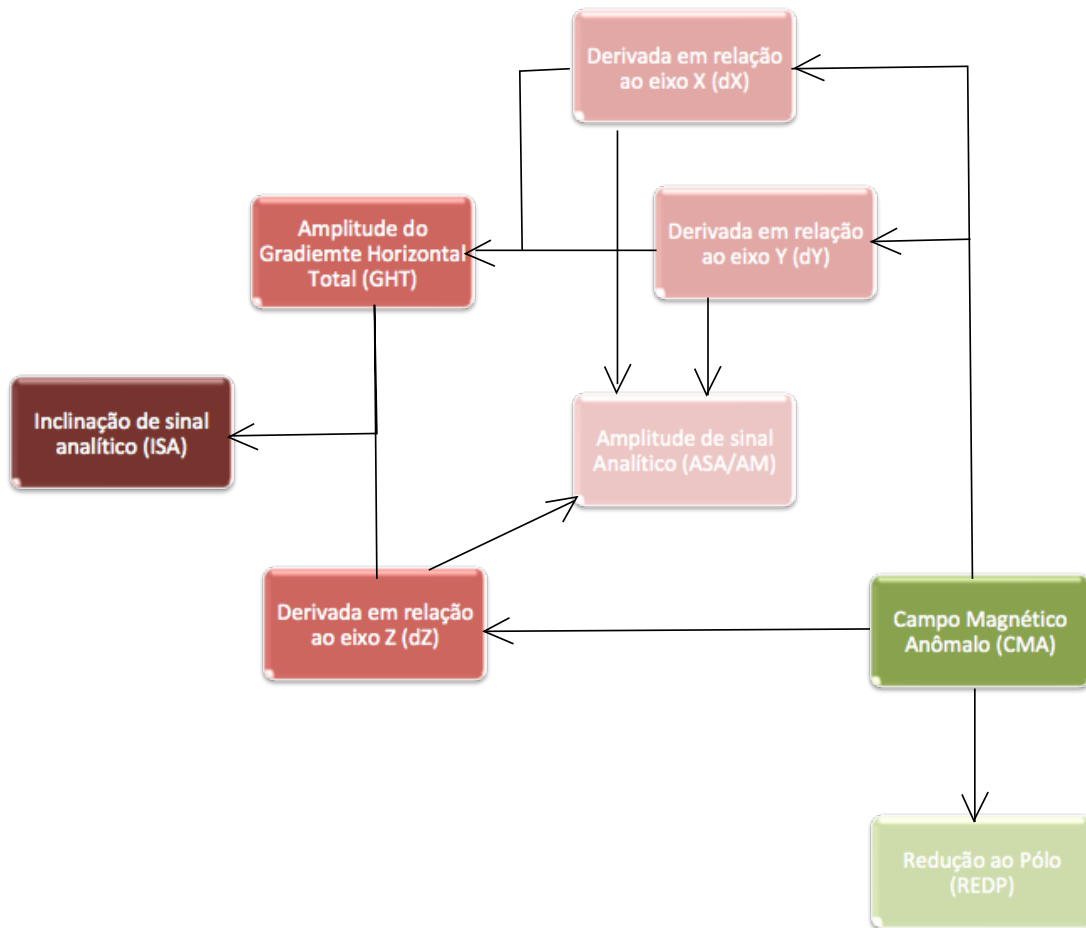
Período de Aquisição	Altura do Voo	Direção das linhas de Voo	Espaçamento das linhas de voo	Direção das linhas de controle	Espaçamento das linhas de controle	Velocidade média da Aeronave	Distância total dos perfis	Area Total
09/2004–09/2006	100m	N-S	500m	E-W	4000m	270 km/h	544.446 km	240.000 km <sup>2</sup>

O processamento dos dados, processados pela professora Dr. Roberta Vidotti, no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, envolveu a utilização da versão Oasis Montaj 7.1.5 do *software* Geosoft, utilizado para a compilação dos produtos coletados e apresentação dos resultados na forma de banco de dados, grids e mapas geofísicos,. Para a geração dos grids, foram utilizadas as ferramentas do Oasis Montaj de bi- directional line gridding (BIGRID). Nos dados radiométricos utilizou-se a mínima curvatura devido à pequena quantidade de pontos ao longo da linha de voo, já nos dados magnetométricos foi utilizada a gridagem bidirecional devido a maior quantidade de pontos. Os mapas de contorno foram elaborados a partir de grids regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 125m x 125m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de voo.

Os fluxogramas das figuras 1.5 e 1.6 exemplificam as etapas de processamento de cada produto geofísico da magnetometria e gamaespectrometria, respectivamente. equações matemáticas utilizadas em cada produto estão, resumidamente, descritas nos Quadros 2 e 3.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Figura 1.5:** Fluxograma de processamento para os dados magnetométricos utilizados no projeto.

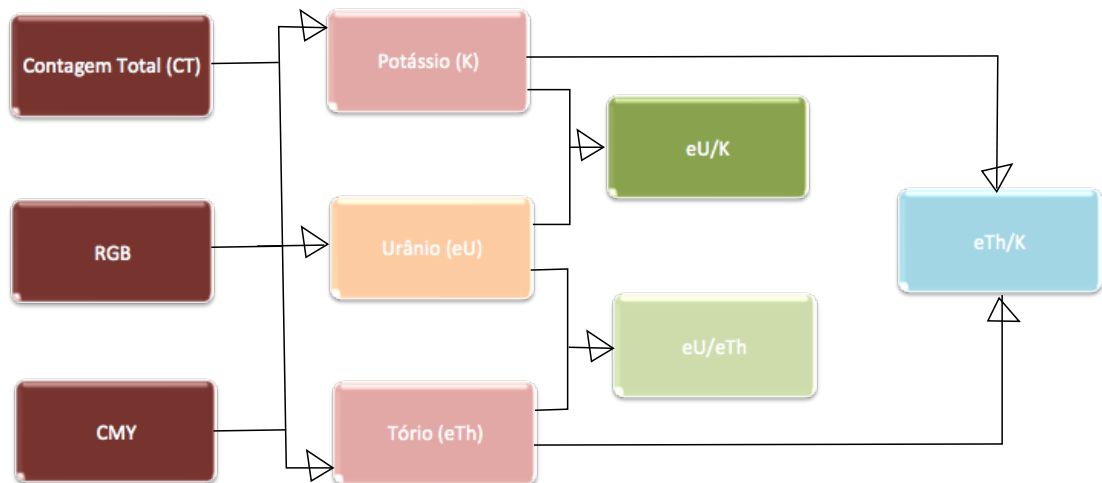


**Quadro 2:** Produtos aeromagnetométricos gerados.

Produto	Definição
CMA	Campo Magnético Anômalo. Resulta da subtração do Campo de Referência Geomagnético Total do Campo Magnético total. Representa valores magnéticos anômalos de corpos subsuperficiais.
Dx	Derivada Horizontal do Campo Magnético Anômalo na direção x. Representa o contraste de corpos em planta e estruturas na direção x.
Dy	Derivada Horizontal do Campo Magnético Anômalo na direção y. Representa o contraste de corpos em planta e estruturas na direção y.
Dz	Derivada Vertical do Campo Magnético Anômalo. Representa o contraste de corpos sub-superficiais e profundos.
AGHT	Amplitude do gradiente horizontal total. Obtida a partir do cálculo da raiz da soma dos quadrados das derivadas na direção x e y.
ISA	Inclinação do Sinal Analítico. Obtida a partir da eliminação das características dipolares dos dados. Ressalta as bordas de corpos em subsuperfície.
ASA	É obtido através da raiz quadrada da soma dos quadrados de dX, dY e dZ, e define parâmetros geométricos, como limites geológicos e profundidade dos corpos.
REDB	Processo pelo qual os efeitos de inclinação e declinação são removidos dos dados. Os dados são matematicamente transformados em medidas feitas sobre a mesma estrutura geológica, porém no pólo magnético onde o campo é vertical.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Figura 1.6:** Fluxograma de processamento para os dados aerogamaespectométricos utilizados no projeto.



**Quadro 3:** Produtos aerogamaespectométricos gerados.

Produtos	Definição e informações adicionais
CT	Contagem total, com somatório dos isótopos dos três elementos, dada em porcentagem.
RGB	Combinação ternária das imagens do K (vermelho), eTh (verde) e eU (Azul)
CMY	Combinação ternária das imagens do K (Ciano), eTh (Magenta) e eU (Amarelo)
K	Abundância total do potássio em porcentagem. O potássio é relativamente alto em rochas félsicas e ausente em rochas máficas. Os maiores hospedeiros são os feldspatos potássicos.
eU	Abundância do equivalente do U em ppm. Comparando com tório e potássio, urânio é o menos concentrado dos três. Ocorre em minerais acessórios. A uranita é o mineral mais comum contendo urânio.
eTh	Abundância do equivalente do Tório em ppm. Comparando com urânio e potássio, tório é o mais inerte. Sendo assim, é um bom marcador litológico, e normalmente aparecendo em minerais acessórios.
eU/K	Razão entre o equivalente do elemento urânio e do elemento potássio.
eU/eTh	Razão entre os equivalentes dos elementos urânio e tório.
eTh/K	Razão entre o elemento tório e equivalente do elemento potássio.

### 1.3.2 Etapa De Campo

Consistiu no mapeamento geológico da área de estudo. A etapa de campo teve duração de 21 dias e ocorreu entre os dias 01/07/2018 a 21/07/2018,. Durante esse período foi realizado o mapeamento geológico supervisionado pelos professores e coordenador, com enfoque na coleta de dados. Durante o campo foi realizada coleta de amostras representativas das unidades mapeadas para laminação e outras análises como difratometria de raio-x. Além de amostras, foram coletados dados estruturais com auxílio de bússola tipo clar para

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

confeção de banco de dados estruturais e geração de estereogramas para interpretação e análise estatística. Em campo, também foram adquiridos dados de intensidade de radiação emitida pelos elementos U, K e Th encontrados nas rochas com auxílio de um gamaespectrômetro RS-230 BGO Super Spec, fabricado pela Radiation Solutions Inc – Canadá, pertencente ao IG-UnB.

Os caminhamentos resultaram em 151 pontos de observação (Tabela de Pontos em Anexo 2), com descrição de afloramento, estruturas tectônicas, contatos litológicos, feições relevantes para o trabalho e coleta de amostras para posteriores estudos da etapa pós-campo.

Ao final do campo foi gerado um mapa geológico integrado 1:50.000 preliminar entre as áreas, com os dados coletados em campo e auxílio das imagens de radar e produtos de geofísica.

### 1.3.3 Etapa Pós-Campo

Compreendida entre os meses de agosto e dezembro, esta etapa iniciou-se no primeiro dia letivo do segundo semestre de 2018 e terminou na primeira quinzena de dezembro, com a apresentação e defesa dos relatórios. Desta forma os modelos propostos por autores que já estudaram a região anteriormente, os produtos aerogeofísicos e de sensoriamento remoto gerados na etapa pré-campo, foram verificados e complementados com os dados litológicos e estruturais coletados em campo.

Amostras coletadas em campo foram submetidas à análises petroquímicas, petrofísicas, petrológicas, química mineral em microsonda eletrônica e difratometria de Raios-x. As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências (IG-UnB). Foram descritas 15 lâminas delgadas com relevância para a compreensão da geologia estrutural e da evolução geológica da região, possibilitando um maior detalhamento das unidades litológicas mapeadas e, conseqüentemente, uma individualização mais precisa destas, aumentando a qualidade e confiança do traçado de contatos geológicos e agregando à discussão acerca da evolução da região ao longo do tempo geológico.

#### 1.3.3.1 Petrofísica

Análises petrofísicas foram realizadas para medir densidade, porosidade e susceptibilidade magnética. Foi feita a aquisição do dado da susceptibilidade magnética com susceptibilímetro modelo MPP-EM2S, pertencente ao IG-UnB. O ensaio realizado para a

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

aquisição da densidade das amostras foi feito no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, e tem como base o princípio de Arquimedes. Utilizou-se na realização do ensaio uma balança de precisão com resolução de 0,0001 g, *paperfilm*, bécker, estufa, termômetro, água destilada, fio de cobre de diâmetro 0,05mm. Em um primeiro momento colocou-se as amostras na estufa durante cerca de 24 horas à 60°C, para que todos os voláteis pudessem retirados, em seguida pesou-se a massa seca. O próximo passo foi o de envolver a amostra no *paperfilm* para que assim essa pudesse ser imersa no bécker com água sem entrar em contato com o líquido com o auxílio do fio de cobre, e assim poder ver a variação da coluna d'água indicando o volume da amostra. O próximo passo foi a retirada do *paperfilme* imergir as amostras em água por cerca de 48 horas, em uma tentativa de ocupar todos os poros com água, retirou-se as amostras d'água e pesou-se as amostras para encontrar sua massa úmida ( $m_u$ ), e repetiu-se o procedimento de imersão da amostra no bécker com o intuito de calcular a variação da coluna d'água. O experimento teve como objetivo descobrir o valor das massas e os respectivos volumes das amostras para que pudéssemos jogar na relação de densidade de um material que é definida por . Temos que o volume de um corpo pode ser definido pelo empuxo. Temos que a diferença da coluna d'água uma vez que o sólido está imerso no recipiente é igual ao volume do sólido, mediante a isso como já possuíamos a massa, o cálculo da densidade se fez possível. Como um resultado secundário deste experimento calculou-se a “porosidade total” através da variação da massa úmida pela massa seca, no entanto este valor encontrado ainda está sob supervisão.

#### 1.3.3.2 Difratomia de Raios-X (DRX)

A análise por DRX foi realizada no Laboratório de Difratomia de Raios-X IG/UnB, utilizando-se o equipamento da marca *RIGAKU* modelo *ULTMA IV*. Este aparelho opera com tubo de cobre e filtro de níquel, sob 35 kV e corrente de 15 mA com velocidade de varredura de 5°/minuto, passos de 0,05° no intervalo de  $2\theta = 2^\circ$  a  $80^\circ$  para análises de rocha total. Para a preparação utilizou-se amostras pulverizadas e compactadas a seco em lâmina de vidro.

A partir dos difratogramas gerados, os minerais foram identificados com apoio do *software* JADE 9.0 da MDI, que dispõem de rotinas de busca automática de picos e pesquisa de possíveis minerais no banco de dados PC-PDF (Powder Diffraction File – PDF para PC/ICDD).

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### 1.3.3.3 Geoquímica de Elementos Maiores e Traços

#### 1.3.3.3.1 Perda ao Fogo (PF)

A Perda ao Fogo foi quantificada pelo método gravimétrico de obtenção dos sólidos voláteis por perda ao fogo (Quadro 4).

**Quadro 4:** Protocolo determinação de matéria orgânica e sólidos voláteis.

Determinação de matéria orgânica e sólidos voláteis
1 - Pesar o cadinho de porcelana vazio ( $M_{cv}$ ) + 1,0000 ± 0,0001g de amostra ( $M_a$ );
2 - queimar por 8h em forno mufla a 500°C;
3 - esfriar em dessecador e obter o peso ( $M_f$ );
4 - calcular a porcentagem de PF pela fórmula: $[(M_{cv} + M_a) - M_f] * 100 / M_a$ ;
5 - repetir os passos de 2 a 4. Considerar a PF efetiva caso a diferença de uma queima para outra não ultrapassar 2%. Caso seja maior repetir os passos de 2 a 4.

#### 1.3.3.3.2 Digestão das Amostras

Em laboratório limpo, as amostras de rochas, assim como as crostas laterítica foram digeridas seguindo o protocolo abaixo, Quadro 5, com mistura ácida (HF, HCl, HNO<sub>3</sub>) e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em savilex® e utilização de chapa quente e capela de exaustão.

**Quadro 5:** Protocolo de abertura de amostras em SavilleX®.

Etapa	Procedimento
1	Pesa-se a amostra de forma a obter 0,1 g
2	Adição de 4 ml de HF + 1 ml de HNO <sub>3</sub> à 120 °C por 36 horas
3	Após a evaporação à 90 °C, adição de 3 ml de HCl 6 M + 1 ml de HNO <sub>3</sub> à 120 °C por 48 horas. Após esta etapa, se ainda houver matéria orgânica não dissolvida, adiciona-se 2 ml de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 2 ml de HNO <sub>3</sub> à frio por 24 horas e mais 12 horas a 120 °C. Se a dissolução total ocorrer passa-se para a etapa 4. Caso contrário, adiciona-se pequenas alíquotas de 0,5 ml de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> em chapa quente à 60 °C com cuidado e atenção para evitar o desprendimento de gases de forma vigorosa. Prossegue-se esta etapa até a completa eliminação da matéria orgânica.
4	Após evaporação à 90 °C, adição de 2 ml de HCl 6M à 120 °C por 24 horas.
5	Após evaporação à 90 °C, adição de 1 ml de HCl 6M à 120 °C por 8 horas

6	Após evaporação à 90 °C, o resíduo foi solubilizado em solução de HCl 2M e diluído até obter volume final de 25ml.
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 1.3.3.3 Determinação Química

As soluções coletadas obtidas em laboratório por digestões foram analisadas para a determinação da concentração de elementos maiores e de alguns traços por ICP\_OES (Agilent 5100 Dual-View) no Laboratório de Geoquímica da UnB.

#### 1.3.3.4 Microsonda Eletrônica

As análises foram realizadas no equipamento JEOL modelo JXA-8230, sob voltagem de 15kV e corrente de 1,5 mA; o tempo de contagem de 10 a 20 segundos conforme o elemento e o foco de aproximadamente 01 µm. Os elementos Si, Ti, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, P (ferro assumido como Fe<sup>2+</sup>) determinados sobre lâminas delgadas, polidas e metalizadas com carbono.

### CAPÍTULO 2

#### 2. GEOLOGIA REGIONAL

##### 2.1 INTRODUÇÃO

O Projeto Monte do Carmo irá retratar as principais características das diferentes formações geológicas existentes na região, a fim de se ter um entendimento a respeito do arcabouço geológico regional que se encontra a área de estudo, bem como destacar questionamentos em relação a história geológica da região. Desta forma, o presente capítulo foi desenvolvido a partir de amplas revisões bibliográficas para apresentar os principais aspectos estratigráficos, estruturais, geofísicos, geocronológicos, sedimentológicos, ígneos e metamórficos das principais unidades aflorantes na região.

As investigações pioneiras realizadas na região de Porto Nacional e Monte do Carmo remetem aos projetos Araguaia (Ramos & Barbosa, 1967), Letos (Costa *et al.*, 1976) e RADAMBRASIL (Cunha *et al.*, 1981). Com a metodologia pautada essencialmente no uso de fotografias aéreas e reconhecimento de campo, foram construídas as primeiras sínteses geológicas e propostas hipóteses do entendimento tectônico regional da Província Tocantins, cujos resultados foram publicados por Costa (1982), Costa *et al.* (1984) e Gorayeb (1996). Costa *et al.* (1984) individualizam as demais unidades litoestratigráficas, tomando como base mapeamentos geológicos realizados pela Universidade Federal do Pará - UFPA, bem como reconhecimentos de campo de Barbosa *et al.* (1966) e dados geofísicos. O até então chamado de Complexo Goiano (Cunha *et al.*, 1981) foi desmembrado em diversas outras unidades granulíticas, gnáissicas, graníticas e vulcano-sedimentares. Apoiado por algumas poucas datações radiométricas, Costa *et al.* (1984) evidenciam ainda uma evolução geológica policíclica para a região, envolvendo os eventos tectônicos Jequié, Transamazônico, Uruaçuanos e Brasiliano (Hasui *et al.*, 1980).

Interpretações aerogeofísicas realizadas por Haralyi & Hasui (1985) propiciaram o surgimento dos primeiros modelos tectônicos envolvendo colisão de blocos crustais arqueanos. Por sua vez, baseado em dados químicos, datações radiométricas e geotermobarometria, Gorayeb (1996) propõe idade Paleoproterozoica para o Complexo Porto Nacional. Recentemente, Arcanjo *et al.*, (2013), Gorayeb *et al.* (2013) e Pinheiro *et al.*, (2011) continuaram a contribuir com dados radiométricos, ampliando o conhecimento geológico da região.



### 2.2 CONTEXTO TECTÔNICO E ESTRATIGRÁFICO

A área em estudo abrange a borda sul da Bacia do Parnaíba e encontra-se inserida na Província Tocantins, entre a porção setentrional da faixa Brasília e a porção meridional da Faixa Araguaia (Figura 2.1). A leste, mas fora da área, encontram-se os limites do Cráton São Francisco, e, a oeste, encontram-se os limites do Cráton Amazonas.

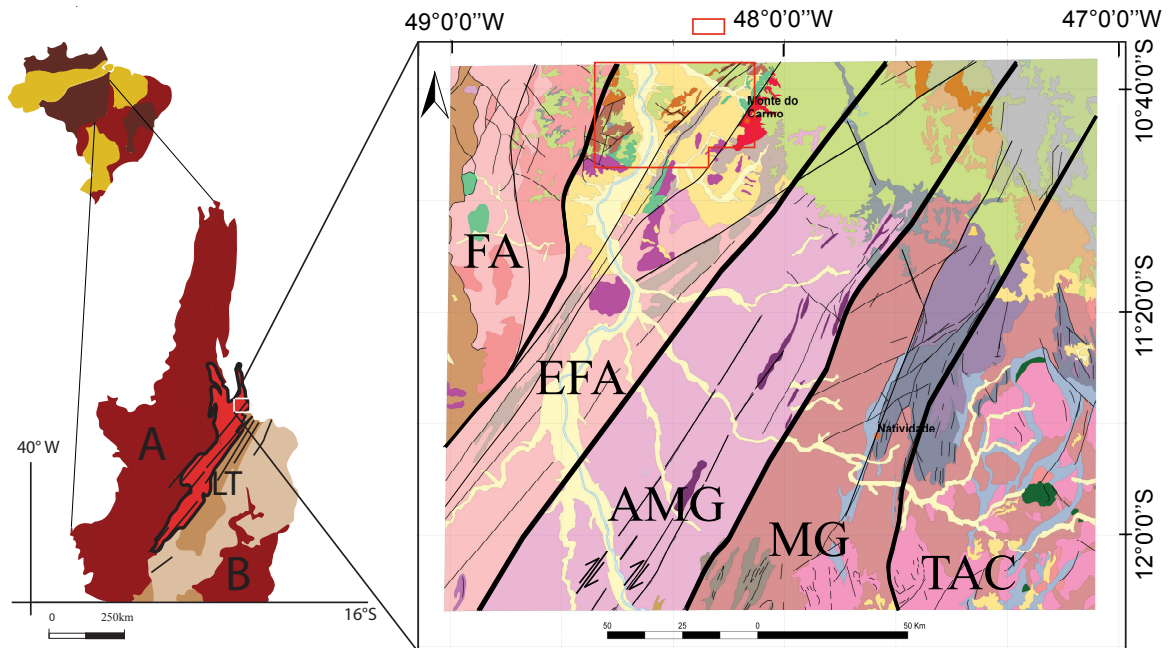
A **Província Estrutural Tocantins** está inserida na porção central do Brasil. Foi definida por Almeida *et al.*, (1977) e Hasui *et al.* (1984) como uma compartimentação geotectônica decorrente da amalgamação dos Crátons Amazonas, São Francisco e do Bloco Paranapanema, na porção oeste do supercontinente Gondwana, durante a Orogênese Brasileira ao longo do Neoproterozoico e Eocambriano. Tal colisão resultou na formação dos cinturões de dobramentos e cavalgamentos das faixas Brasília, Araguaia e Paraguai.

A **Faixa Brasília** é um sistema de dobramentos neoproterozoicos que ocupa a porção leste da Província Tocantins (Almeida *et al.*, 1981, Fuck, 1994, Costa e Angeiras, 1971; Dardenne, 1978; Marini *et al.*, 1984b; Fuck, 1994). Esta faixa estende-se nos estados do Tocantins, Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais, e se estende por cerca de 1100 km da direção N-S (Pimentel *et al.*, 1998, 2000, 2004). A **Faixa Araguaia**, localizada na porção setentrional da província, possui orientação N-S e vergência das estruturas em direção ao Cráton Amazônico (Alvarenga *et al.*, 2000).

Na região de Porto Nacional-Natividade, entre a faixa Brasília e faixa Araguaia, o Lineamento Transbrasiliano (LTB) é a principal feição estrutural observada (Schobbenhaus Filho *et al.*, 1975) e é o responsável por paralelizar as unidades presentes na área, inclusive unidades de embasamento paleoproterozoicas granito-gnáissicas, além das unidades meso-neoproterozoicas (Gorayeb *et al.*, 1988). Esse lineamento representa zonas transcorrentes dúcteis de orientação aproximada NE-SW, provavelmente de idade Paleoproterozoica, que foram posteriormente reativadas em regime rúptil-dúctil e rúptil no Neoproterozoico (Costa *et al.*, 1984, 1988 a; Hasui *et al.*, 1984; Costa, 1985; Gorayeb *et al.*, 1988). O LTB na Província Tocantins apresenta orientação N35E e é bem caracterizado por foliações, lineações de estiramento e eixos de alongamento maior de *boudins* dispostos no plano da foliação milonítica (Dantas *et al.*, 2007). Os critérios cinemáticos e elementos estruturais indicam movimentação sinistral e dextral em diferentes porções estudadas na região (Hasui e Miotto, 1988; Strieder *et al.*, 1994).

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 2.1:** Localização, geologia e domínios tectônicos da porção centro-norte da Província Tocantins, área de estudo do Projeto Monte do Carmo.



Modificado de: Geologia e recursos minerais da região de Palmas - folhas Miracema o Norte SC.22-X-D, Porto Nacional SC.22-Z-B e Santa Tereseinha SC.22-Z-A: estado do Tocantins. RIBEIRO, Pedro Sérgio Estavam; ALVES, Cleber Ladeira, 2017.

Modificado de: SABOIA, André Menezes. O vulcanismo em Monte do Carmo e litostrografia do Grupo Natividade, estado de Tocantins. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

### Legenda Províncias Brasil

- Bacias Paleozoicas Intracratônicas
- Faixas Móveis Neoproterozoicas
- Províncias Cratônicas

### Legenda Província Tocantins

- Arco Magmático de Goiás
- Faixas Móveis: A) Araguaia B) Brasília
- Maciço de Goiás
- Embasamento Paleoproterozoico

### Legenda

FA: Faixa Araguaia; EFA: Embasamento da Faixa Araguaia; AMG: Arco Magmático do Goiás; MG: Maciço de Goiás e TAC: Terreno Almas-Cavalcante

### Principais Unidades Litoestratigráficas

- | Fanerozoico                                                                   | Paleoproterozoico                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <span style="color: lightgreen;">■</span> Formação Pimenteiras, Grupo Canindé | <span style="color: magenta;">■</span> Suíte Intrusiva Ipueiras                                                               |
| <span style="color: cyan;">■</span> Suíte Gabro-Anortositica Comprida         | <span style="color: brown;">■</span> Almas Cavalcante - unidade gnássica-migmatítica                                          |
| <span style="color: orange;">■</span> Granito Matança                         | <span style="color: pink;">■</span> Almas Cavalcante - unidade ortognássica-granítica                                         |
| <span style="color: tan;">■</span> Formação Monte do Carmo                    | <span style="color: lightpink;">■</span> Complexo Rio dos Mangues                                                             |
| <span style="color: purple;">■</span> Ortognaisses do Oeste do Goiás          | <span style="color: brown;">■</span> Complexo Porto Nacional-Unidade Ortoderivada                                             |
| <span style="color: purple;">■</span> Grupo Natividade                        | <span style="color: red;">■</span> Granito do Carmo                                                                           |
|                                                                               | <span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Área do Projeto Monte do Carmo |

Fonte: Modificado de Ribeiro, 2017 e Saboia, 2009 - pelos alunos do Projeto Monte do Carmo do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (2018).

### 2.2.1 Litoestratigrafia e geocronologia

Com intuito de organizar a apresentação do trabalho, será descrita a seguir as unidades existentes na região do Projeto Monte do Carmo, a partir de critérios geocronológicos, descrevendo das unidades mais antigas para as mais recentes.

A mais importante unidade geotectônica presente na região é o **Complexo Granulítico Porto Nacional (CGPN)**, definido por Costa *et al.* (1982) e incluído no Terreno Metamórfico de Alto Grau de Porto Nacional por Gorayeb *et al.* (2000a). O complexo é

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

constituído por rochas com protólitos de idades próximas a 2.14 Ga (Gorayeb *et al.*, 2000b), possuindo orientação NE-SW e uma largura aproximada de 35 km, tendo uma parte recoberta pelas rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba (Gorayeb, 1996). Apresenta rochas metamórficas tanto ortoderivadas quanto paraderivadas, que atingiram fácies granulito, e se reequilibram posteriormente em condições metamórficas de menor grau. Os principais litotipos são granulitos máficos, enderbitos, kinzigitos e raros charnockitos e granitos peraluminosos (Gorayeb, 1996; Chaves *et al.*, 2008).

Gorayeb (1996) descreve a **Formação Morro do Aquiles**, definida primeiramente por Costa *et al.* (1982) como uma unidade do Terreno de Alto Grau Metamórfico Porto Nacional, análoga ao complexo granulítico, mas com metamorfismo em fácies anfibolito alto. Seus tipos petrográficos incluem micaxistos, quartzitos com granada, paragnaisses aluminosos, xistos grafitosos, gonditos, rochas metavulcânicas básicas e ácidas intercaladas com ortognaisses e anfibolitos (Sachett, 1996; Gorayeb *et al.*, 2013). A formação (Fm) ocorre principalmente entre as cidades de Porto Nacional e Brejinho de Nazaré, em uma faixa com direção NE-SW e, em faixas de menor extensão, junto a granulitos, anortositos e granitóides miloníticos (Gorayeb, 1996). As rochas desta formação encontram-se localmente truncadas pelos corpos da Suíte Lajeado ou limitadas por falhas, gerando contatos tectônicos com as formações mais novas do Fanerozóico.

Costa *et al.* (1983) definiu o **Complexo Rio dos Mangues** para caracterizar um grupo de rochas metassedimentares e metamáficas que afloram na região de Paraíso do Tocantins, a oeste do Rio Tocantins. Segundo Hasui *et al.* (1984), o complexo é formado por rochas cálcio-silicáticas, ortognaisses tonalíticos e granodioríticos, anfibolitos, micaxistos, quartzitos e paragnaisses aluminosos. Frasca *et al.* (2010) e Ribeiro & Alves (2017) definem a unidade como ortognaisses tonalíticos e granodioríticos, ortoquartzitos anfibolitos, micaxistos e rochas calcissilicáticas. O complexo ocorre em uma faixa em direção N-S com largura de 30 a 40 km, estendendo até a região de Gurupi (Arcanjo *et al.*, 2013; Ribeiro & Alves, 2017). O Granito Serrote se encontra nesta unidade, sendo um conjunto de corpos graníticos leucocráticos datado em 1,86 Ga e com idades modelo TDM (Idade Modelo do Manto Empobrecido) entre 2,43 e 2,50 Ga (Arcanjo *et al.*, 2013). Baseado em dados geocronológicos de Rb-Sr, Barradas (1993) propõe idade em torno de 2,1 Ga. Estudos mais recente, com base de idade entre 2,05 a 2,08 Ga (Pb-Pb), idade modelo TDM de 2,21 e 2,35 Ga com valores de  $\epsilon_{Nd}(t)$  entre -1,04 e +2,4, interpretaram a gênese do complexo como sendo influenciada predominantemente por material juvenil paleoproterozóico em ambiente tectônico envolvendo crosta oceânica com interação de núcleos siálicos mais antigos (Arcanjo & Moura, 2000;

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Arcanjo, 2002; Arcanjo, 2013; Ribeiro & Alves, 2017). Estudos geocronológicos realizados por Fuck *et al.* (2002) forneceram idades U-Pb sobre zircões entre 2,13 e 2,14 Ga e idades modelo TDM entre 2,0 e 2,3 Ga com valores positivos de  $\epsilon\text{Nd}$  de +0,86 e +2,40, que também indicam caráter juvenil.

Na região de estudo, encontram-se algumas suítes graníticas, com idades variando entre paleoproterozóica e neoproterozóica. Os eventos magmáticos granitogênicos ocorridos no paleoproterozóico, responsáveis pela formação das suítes, são interpretados como uma resposta ao fechamento de bacias de arcos vulcânicos no final do ciclo transamazônico. Dentre elas, podemos citar a **Suíte Intrusiva Ipueiras**. Esta foi primeiramente caracterizada como a composição de sete corpos graníticos e rochas vulcânicas associadas cogenéticas (Bezerra *et al.*, 1981). Posteriormente, foi reclassificada por Chaves e Gorayeb (2007) em quatro plútons graníticos paleoproterozóicos: Areias, Ipueiras, Itália e do Carmo. Segundo Chaves (2008), estes corpos têm características subalcalina e peraluminosa, com assinatura geoquímica indicativa de granitos anorogênicos e dispostos ao longo de uma faixa orientada NNE-SSW. A partir de datações em zircões pelo método Pb-Pb, Chaves e Gorayeb (2007) definiram o período de cristalização desses corpos graníticos em terrenos gnáissicos e granulíticos de idade em torno de 2,08 Ga. As idades modelo Sm-Nd com valores de TDM entre 2,19 a 2,15 e  $\epsilon\text{Nd}$  (2,08 Ga) entre +2,5 e +2,9, indicam curto tempo de residência crustal para a rocha fonte da qual derivou este magmatismo granítico. Os valores de  $\epsilon\text{Nd}$  indicam contribuição mantélica para a formação desses granitos, conferindo um caráter juvenil. Saboia (2009) fez uma correlação entre o Granito do Carmo e a Suíte Intrusiva Santa Rosa através da similaridade de idade, dos padrões de ETR e dos elementos traços. O referido autor propôs que essa associação ocorre decorrente da acreção juvenil paleoproterozóica durante a fase tardia do Evento Transamazônico.

Outra suíte de idade paleoproterozóica foi definida por Cunha *et al.* (1981) como a **Suíte Serrote**. Esta suíte é caracterizada por um batólito granítico como fácies do Complexo Goiano. O corpo é caracterizado por ter uma forma alongada segundo a direção NNE-SSW (18 km de comprimento e 14 Km de largura) e por ser alojado em gnaisses do Complexo Rio dos Mangues. Além disso, *stocks* de monzogranitos e sienogranitos compõem a Suíte, segundo Costa *et al.* (1983). Os estudos geocronológicos feitos por Moura & Souza (1996) conferiram idades de 1,8 Ga em zircão pelo método Pb-Pb. Arcanjo (2002) obteve idades modelo entre 2,5 e 2,43 Ga e valores de  $\epsilon\text{Nd}$  entre -6,01 e -5,21.

A **Suíte Vulcânica Santa Rosa** também faz parte das suítes paleoproterozóicas presentes na área. Esta suíte é caracterizada por uma sequência de rochas vulcânicas ácidas

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

(riolitos, dacitos e piroclásticas, como tufos e brechas) com baixo grau metamórfico. Os estudos geocronológicos, realizadas por Sachett *et al.* (1996), determinaram idades de 2,1 Ga por meio do método de U-Pb, enquanto Saboia *et al.* (2009) obtiveram idades semelhantes pelo método U-Pb em 2,08 Ga e TDM entre 2,11 e 2,12 Ga, além de valores positivos de  $\epsilon_{Nd}$  que define, portanto, uma fonte mantélica paleoproterozóica com forte influência continental em níveis crustais pouco profundos.

A compartimentação tectônica de Porto Nacional-Monte do Carmo relacionado ao LTB, se divide entre as classificações dos autores Gorayeb (1996) e Praxedes (2015). Gorayeb 1996 faz sua abordagem entre Porto Nacional-Monte do Carmo e Nova Rosalândia, que apresenta predominantemente terrenos granulíticos de origem orto- e paraderivada, além de terrenos gnáissicos, sendo eles os já descritos Complexo Granulítico Porto Nacional e Complexo Rio dos Mangues, e suas respectivas relações de surgimento na Zona de Cisalhamento Porto Nacional. Já Praxedes (2015), tem sua área localizada desde Dianópolis-TO até Pindorama-TO, fazendo uma abordagem de correlação através da geocronologia, da geofísica e da geologia, a fim de caracterizar o embasamento da Faixa Brasília e sua relação espacial envolvida com o LTB na porção centro sul do Tocantins.

O lineamento é uma estrutura de primeira ordem que atuou em todas as unidades pretéritas, gerando estruturas de segunda e terceira ordens, e remobilizando todo o conjunto de rochas existentes entre as faixas móveis Brasília, Paraguai e Araguaia, colocando lado-a-lado unidades que não necessariamente foram geradas naqueles locais.

Ao longo do LTB, ocorrem as rochas relacionadas ao **Arco Magmático de Goiás**, que é descrito como um terreno jovem localizado na porção oeste da Faixa Brasília, representando um expressivo episódio de acreção de crosta juvenil Neoproterozóica durante a formação do supercontinente Gondwana (Pimentel & Fuck, 1992). É composto por sequências metavulcanossedimentares associadas a ortognaisses tonalíticos a graníticos. Sua evolução começou há aproximadamente 900 Ma, como arco de ilha interoceânico (Pimentel & Fuck, 1992), com um evento magmático posterior entre 630-600 Ma durante o fechamento do Oceano Goiás-Pharusian (Cordani *et al.*, 2013). Ribeiro e Alves (2017) consideram a Formação Monte do Carmo como a extensão a nordeste do Arco Magmático de Goiás.

Existem controvérsias sobre o posicionamento do **Maçico de Goiás** (MG) no contexto tectônico da Província Tocantins. O MG é uma unidade geotectônica constituída essencialmente por: (I) terrenos arqueanos-paleoproterozoicos de complexos gnáissicos dômicos do tipo TTG (Thondjemitó-Tonalito-Granodiorito) e greenstone belts

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

metamorfizados em fácies xisto verde a anfíbolito inferior (Jost *et al.*, 2013) e (II) complexos máficos ultramáficos acamadados (Niquelândia, Barro Alto e Cana Brava) associados a sequências vulcano sedimentares (Correia *et al.*, 1997). Diversos autores propõem que o MG teria sido amalgamado na margem oeste da faixa Brasília durante a orogenia neoproterozóica (Jost *et al.*, 2013). No entanto, trabalhos recentes reinterpretem a história evolutiva do maciço, e sugerem que a acreção desse micro continente com a faixa Brasília teria ocorrido durante o paleoproterozóico (Cordeiro e Oliveira, 2017).

Segundo Soares (2005), os valores médios de velocidade da onda P (VP) e VP/VS (velocidade da onda S) da Faixa Araguaia, Arco Magmático de Goiás, do Maciço de Goiás e sob o cinturão de dobras e empurrões e oeste do Cráton do São Francisco indicam crosta de composição félsica, exceto para a camada inferior da crosta inferior do domínio da Faixa Araguaia. Os dados possibilitam separar a raiz máfica-ultramáfica dos terrenos do Arco Magmático de Goiás e apontar suturas neoproterozóicas relacionadas a subducção da placa do São Francisco para oeste e do Amazonas para leste durante a formação da Província Tocantins. Estes resultados mostraram que a anomalia gravimétrica positiva do Brasil central é gerada pela ascensão do manto neoproterozóico sob a crosta mais fina do arco Magmático de Goiás.

A **Formação Monte do Carmo** foi proposta por Costa *et al.* (1976), como uma sequência vulcanossedimentar composta por rochas vulcânicas ácidas a intermediárias e máficas, além de pacotes de arenitos, siltitos, ardósias, grauvacas, conglomerados e arcóseos. O pacote de rochas vulcânicas foi subdividido em duas sequências, conforme a compartimentação proposta por Saboia *et al.* (2009) e Braga *et al.* (2008): (I) Sequência Vulcânica Básica a Intermediária Areinha composta por basaltos, gabros e andesitos e (II) Sequência Pedra Furada, composta por riolitos, dacitos e rochas piroclásticas félsicas com tufos e brechas. As Idades modelo TDM obtidas por Saboia (2009) variam entre 1.91 e 0.86 Ga, indicando que a Formação Monte do Carmo foi derivada de fontes paleo- a neoproterozóicas. Ribeiro e Alves (2017) obtiveram idades U-Pb em brecha vulcânica e basalto andesítico de  $643 \pm 10$  Ma e  $588,8 \pm 8,6$  Ma, respectivamente. Frasca *et al.* (2010) e Saboia (2009) interpretam o ambiente de formação da sequência relacionando-o à abertura de um *rift* continental.

Uma questão que permanece em aberto é a correlação entre a Formação Monte do Carmo e o Grupo Natividade. O **Grupo Natividade** foi distinguido inicialmente por Moore (1963) e denominado Série Natividade por Hasui *et al.* (1984). Foi definido por Costa *et al.* (1976) como um grupo constituído por uma sequência metassedimentar polideformada e

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

metamorfizada em fácies xisto verde baixo. O grupo aflora de forma descontínua na região de Porto Nacional e Natividade-Almas (Saboia, 2009), sustentando serras e elevações de direção NE-SW a sudeste de Porto Nacional, na Serra Manoel do Carmo, e a sul-sudoeste de Monte do Carmo (Costa *et al.*, 1984 e Gorayeb, 1996). A unidade compreende quartzitos puros e micáceos intercalados com níveis de conglomerados polimíticos, filitos, mármore dolomíticos e ardósias, com frequentes estruturas sedimentares primárias, como marcas de onda, estratificação plano-paralela e cruzada tabular (Gorayeb, 1996). A ausência de intercalações de rochas vulcânicas não permite definir idade precisa para o Grupo Natividade, porém, Marques (2009), discute a correlação do Grupo Natividade com as fases pós-rifte da Bacia Araí, que recebeu a deposição do grupo homônimo. Pimentel *et al.* (1991) atribui idade de  $1771 \pm 2$  Ma (U-Pb) para a cristalização de riolitos que ocorrem na base da Formação Arraias, interpretando tal dado como a idade deposicional do Grupo Araí. Essas considerações colocam o Grupo Natividade como integrante dos processos de rifteamento que afetaram o Brasil Central durante o Estateriano (1,8 a 1,6 Ga).

Em relação ao magmatismo Neoproterozóico na região de Porto Nacional, Gorayeb (1996) descreveu a existência de outras suítes no final do neoproterozóico (em torno de 540 Ma) resultantes de magmatismo, gerando associação de granitos alcalinos, charnockitos, anortositos e rochas máficas associadas. Dentre elas, podemos citar a **Suíte Gabro-Anortosítica Carreira Comprida**, a qual foi definida por Gorayeb (1996) como sendo composta por um plúton alongado na direção NNE-SSW, de 25 quilômetros de comprimento e de 8 a 10 quilômetros de largura. Esta suíte se encontra inserida na Zona de Cisalhamento dúctil de Porto Nacional, encaixada em xistos da formação Morro de Aquiles. Os dados geocronológicos deram idades de 2.07 Ga em cristais de zircão pelo método de evaporação de Pb (Gorayeb e Moura, 2001). Porém, Lima *et al.* (2008) definiram que essa idade corresponde a idades de zircões herdados de um material crustal mais antigo. Eles dataram as rochas máficas pelo método U-Pb em zircão e encontraram idades de 526 Ma e 533 Ma, além de idade modelo de 2160 Ma e  $\epsilon\text{Nd}$  variando entre -7 e -12,24. A idade modelo é compatível com a contribuição de rochas pertencentes ao embasamento formado pelas rochas dos Complexos Rio dos Mangues e Porto Nacional.

A **Suíte Aliança**, também de idade neoproterozóica, foi definida por Frasca (2010) como um conjunto de granitos, granodioritos e tonalitos peraluminosos, de idade em torno de 600 Ma. A suíte é composta por dois corpos intrusivos distintos: o tonalito-granodiorito Aliança e o tonalito Serra do Tapuio (Bizzi *et al.*, 2003). Os dois apresentam-se amalgamados

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

entre os Complexos Granulíticos Rio dos Mangues e Porto Nacional, e são assim interpretados como parte do embasamento da Faixa Araguaia.

A **Suíte Santa Luzia** é outra suíte definida com idade neoproterozóica, e foi primeiramente chamada de Granito Santa Luzia. A suíte foi definida por Costa *et al.* (1983) como um conjunto de rochas graníticas, com morfologia arredondada e diques associados nas rochas metassedimentares do Grupo Estrondo. A expressão “Suíte Santa Luzia” foi empregada por Hasui *et al.* (1984) para integrar rochas de composição granítica e granodiorítica a esta unidade. Os estudos geocronológicos realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) obtiveram idades de 593 Ma em zircões segundo o método U-Pb, coincidente com a obtida por Frasca (2010).

Por fim, a última suíte neoproterozóica da região é denominada **Suíte Lajeado**. Esta foi definida inicialmente por Barbosa *et al.* (1966) para caracterizar corpos graníticos próximos à cidade de Lajeado. Tal denominação foi utilizada posteriormente por Gorayeb *et al.* (2001, 2013) para agrupar três corpos graníticos paleoproterozóicos: Palmas, Matança e Lajeado. Ribeiro & Alves (2017) mantém a designação de Gorayeb *et al.* (2013) e adicionam o Granito Aroeiras, de dimensões reduzidas comparados aos outros à unidade. Os granitos dessa unidade possuem assinatura geoquímica subalcalina e caráter metaluminoso a levemente peraluminoso (Gorayeb *et al.*, 2013). Os dados geocronológicos, pelo método de evaporação de Pb em zircão, revelam idades de cristalização entre 552 e 545 Ma. As análises isotópicas de Sm-Nd forneceram idades modelo TDM variando entre 2,1 e 1,7 Ga e valores de  $\epsilon_{Nd}$  (0,55 Ga) variando entre -10 e -13, sugerindo envolvimento da crosta Paleoproterozóicas na formação desses granitos (Gorayeb *et al.*, 2013). A Suíte representa assim, uma granitogênese do tipo A tardi-colisional, desenvolvida em regime extensional, marcando o final da evolução da Faixa Araguaia.

De idade paleozóica, a borda sul da **Bacia do Parnaíba** se encontra na região de estudo. Na literatura mais antiga, essa Bacia intracratônica do Parnaíba é identificada pelos nomes Bacia do Maranhão ou do Piauí-Maranhão. A bacia, de 665.888 km<sup>2</sup>, localiza-se entre os Crátons Amazônico e São Francisco, distribuindo-se pelos estados do Piauí, Maranhão, Pará, Tocantins, Bahia e Ceará (Vaz *et al.*, 2007). Com comprimento de aproximadamente 1.000 km e 970 km de largura, a bacia apresenta forma elíptica, contendo uma pequena espessura em comparação à sua grande extensão, o que está relacionado à subsidência termal flexural, que ocorreu lentamente durante sua evolução no Paleozóico (Figueiredo & Raja-Gabaglia, 1986). A espessura da sua coluna sedimentar atinge cerca de 3.500 metros no seu local de máxima deposição (Vaz *et al.*, 2007), com 500 metros de rochas básicas na forma de



### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

soleiras e derrames e 3.000 metros de rochas sedimentares siliciclásticos (Góes *et al.*, 1994; Vaz *et al.*, 2007). As rochas são principalmente sedimentos siliciclásticos depositados durante vários ciclos transgressivos-regressivos (Góes *et al.*, 1994; Vaz *et al.*, 2007), com ocorrência de rochas metamórficas e ígneas de várias idades. Almeida & Carneiro (2004) afirmam que o desenvolvimento da Bacia do Parnaíba ocorreu a partir do embasamento continental durante a fase de estabilização da plataforma Sul-Americana, e sua subsidência ocorreu no Ciclo Brasileiro devido a eventos térmicos pós-orogêneses. A Bacia do Parnaíba se destaca na morfologia apresentando escarpas, planaltos e planícies formando o *graben* de Porto Nacional (Gorayeb, 1996). Foi dividida estratigraficamente em cinco super sequências deposicionais: Grupo Serra Grande (Siluriano); Grupo Canindé (Mesodevoniano-Carbonífero); Grupo Balsas (Neocarbonífera-Eotriássica); Formação Pastos Bons (Jurássico) e Formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru (Cretáceo) (Vaz *et al.*, 2007).

Na região de Monte do Carmo, as coberturas sedimentares de idades paleozóicas recobrem discordantemente grande parte da área, e afloram, predominantemente, as rochas do Grupo Canindé e do Grupo Serra Grande. O **Grupo Canindé** é representado pela Formação Pimenteiras, de idade Devoniana (Góes & Feijó, 1994), e ocorre recobrando os chapadões da Serra do Lajeado, ao norte da área do projeto Monte do Carmo, além de ocupar extensas áreas em ambas as margens do Rio Tocantins. Consiste, principalmente, de folhelhos cinza-escuros a pretos esverdeados, em parte bioturbados. São radioativos, ricos em matéria orgânica e representam a ingressão marinha mais importante da bacia (Vaz *et al.*, 2007). Várias estruturas sedimentares podem ser observadas assim como a ciclicidade deposicional. Della Fávera (1990) descreveu estratificação cruzada tabular ou sigmoidal, e uma mudança de tendência transgressiva para regressiva na passagem gradacional para a Formação Cabeças, que lhe é sobreposta. Além disso, eventos de tempestades podem ser evidenciados pela presença de estruturas como *hummocky* e camadas de base plana e topo ondulado, além de corpos arenosos sigmoidais. A deposição é interpretada como de ambientes neríticos plataformais, variando desde plataforma interna, até plataforma aberta com intercalações de siltito e arenito. A sedimentação remete a um ambiente de plataforma rasa dominada por tempestades. A Formação Pimenteiras limita os depósitos da planície do Tocantins desde 30 km ao sul de Lajeado até Porto Nacional, onde cede lugar às rochas do embasamento (Góes & Feijó, 1994).

O **Grupo Serra Grande** é representado pela Formação Jaicós, de idade Siluriana (Costa 1984). Ocorre sustentando escarpas verticalizadas no topo de serras e embutido no interior de *grabens* na borda da Bacia do Parnaíba. O contato com a Formação Pimenteiras, a

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

sudeste do município de Palmas, se dá por falha normal e de forma discordante sobre o Granito Lajeado. Ocupa, ainda, áreas abatidas por falhamentos, na margem oeste do Rio Tocantins, além de aflorar na base da Serra das Cordilheiras, entre 5 e 10 km a oeste do município de Porto Nacional. A formação é caracterizada por arenitos médios conglomeráticos, localmente arcoseanos, mal selecionados e imaturos texturalmente. Ocorre presença constante de estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, acamamento plano-paralelo e canais de corte e preenchimento. O ambiente deposicional é interpretado como fluvial entrelaçado, dominado por areias com cascalhos subordinados (Góes & Feijó, 1994).

A Bacia do Parnaíba apresenta-se truncada por três principais lineamentos que foram responsáveis pelo controle das direções deposicionais até o Eocarbonífero, sendo: Pico-Santa Inês, Marajó-Parnaíba e Lineamento Transbrasiliano (Vaz *et al.*, 2007). No Estado do Piauí, algumas intrusões kimberlíticas, como as de Redondão, Gilbués e Fazenda Largo, foram encontradas na bacia. De idade cretácea, elas são interpretadas como resultando no Lineamento Transbrasiliano (Kaminsky *et al.*, 2009).

Por fim, na área de estudo, podemos destacar ocorrência de **coberturas detrito-lateríticas ferruginosas**, compostas por quartzo e argilominerais, e horizontes concessionários de óxidos e hidróxidos de ferro. Segundo Ribeiro e Alves (2017), esses depósitos recobrem parcialmente várias unidades da área de estudo. Nos domínios da Bacia do Parnaíba, as coberturas se desenvolveram quase exclusivamente sobre os siltitos argilosos e arenitos finos da base da Formação Pimenteiras. Estas coberturas encontram-se também expostas em vasta área plana no topo da Serra do Lajeado. Já as coberturas desenvolvidas sobre as rochas da Faixa Araguaia são mais restritas, descontínuas e pouco espessas. Geralmente, ocorrem como platôs lateríticos constituídos por materiais detríticos diversos, como areia, fragmento de rocha e de veios de quartzo.

Além destas, as **coberturas do quaternário**, caracterizadas por Ribeiro & Alves (2017) como pacotes arenosos com gradação para níveis de granulação mais grossa até níveis conglomeráticos mosqueados, compactados por uma matriz argilosa, ocorrem na região. Estes sedimentos inconsolidados são relacionados com a evolução do Rio Tocantins, alinhado N-S cujo fluxo de montante para jusante é direcionado da parte meridional para a parte setentrional.

Com intuito de sintetizar a evolução do conhecimento e das unidades descritas nesse capítulo, os principais supergrupos e formações individualizadas foram agrupadas no Quadro 6 a seguir, de acordo com os critérios geocronológicos. *As idades obtidas nos anortositos foram atribuídas a zircões herdados no trabalho de Lima (2008).*

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Quadro 6:** Unidades descritas, apresentando as idades e os autores.

	Unidade	Idade (Ma)	T <sub>DM</sub> (Ga)	εND <sub>0</sub>	Autores
Suíte Lajeado	Granito Arueira	571±2 Ma (Pb-Pb)	-	-	Quaresma e Kotschoubey (2001)
		-	1,4 Ga	(0,55) -4,73	Ribeiro e Alves (2017)
	Granito Lajeado	547±4 Ma (Pb-Pb)	1,71 e 1,86 Ga	(0,55 Ga) -10,5 e -9,8	Gorayeb <i>et al.</i> , (2013)
		554±5 Ma (U-Pb)	1,82 Ga	(0,55 Ga) -9,16	Ribeiro e Alves (2017)
	Granito Matança	552±4 Ma (Pb-Pb)	1,93 e 2,10 Ga	(0,55 Ga) -13,3 e -13,1	Gorayeb <i>et al.</i> , (2013)
		551±4 Ma (U-Pb)	1,58 Ga	(0,55 Ga) -10,31	Ribeiro e Alves (2017)
Granito Palmas	548±2 Ma (Pb-Pb)	1,73 e 1,81 Ga	(0,55 Ga) -10,3	Gorayeb <i>et al.</i> , (2013)	
	-	1,67 Ga	(0,55 Ga) -9,73	Ribeiro e Alves (2017)	
Formação Monte do Carmo	Máficas	-	Entre 0,86 e 1,01 Ga	(0,588 Ga) Entre +1,08 e +3,10	Saboia (2009)
	Arcóseo	-	1,67 e 1,85 Ga	(0,588 Ga) -8,96 e -11,11	Saboia (2009)
	Piroclástica félsica	Idade máxima de deposição em torno de 600 Ma (Pb-Pb)	1,54 a 1,91 Ga	(0,588 Ga) -5,32 e -10,37	Saboia (2009)
	Andesitos	588±8 Ma (U-Pb)	-	-	Ribeiro e Alves (2017)
	Brecha vulcânica	643±10 Ma (U-Pb)	-	-	Ribeiro e Alves (2017)
<b>Suíte Aliança: Granodiorito-Tonalito Aliança</b>		593±59 Ma (U-Pb)	-	-	Ribeiro e Alves (2017)
<b>Grupo Natividade</b>		Idade máxima de deposição de 1779±6 Ma	-	-	Silva <i>et al.</i> , (2005)
Complexo Gabro-Anortosítico Carreira Comprida	Intrusão Carreira Comprida	2071±4 Ma (Pb-Pb) <sup>1</sup>	-	-	Gorayeb e Moura (2001)
	Intrusão Rio Crixás	526 ± 5 ( U - Pb )	2,16 Ga	(1,68 -2,16 Ga) entre -7 e -12,24	Lima <i>et al.</i> , (2008)
Suíte Ipuéiras	Granito do Carmo	2045±34 Ma (Pb-Pb)	-	-	Sachett <i>et al.</i> , (1996)
		2048±13 Ma (U-Pb)	2,13 Ga	(2,04 Ga) +2,05	Saboia <i>et al.</i> , (2009)
		2083±21 Ma (U-Pb)	1,99 e 2,07 Ga	(2,08 Ga) +3,35 e +3,52	Maia (2016)
	Granito Areias	2086±5 Ma (Pb-Pb)	2,18 e 2,19 Ga	(2,08 Ga) +2,27 e +2,26	Chaves <i>et al.</i> , (2008)
	Granito Itália	2078±4 Ma (Pb-Pb)	-	-	Chaves <i>et al.</i> , (2008)
	Granito Ipuéiras	2073±2 Ma (Pb-Pb)	2,15 e 2,17 Ga	(2,08 Ga) +2,49 e +2,89	Chaves <i>et al.</i> , (2008)
Suíte Vulcânica Santa Rosa		2137±12 Ma (Pb-Pb)	-	-	Sachett <i>et al.</i> , (1996)
		2086±10 Ma (U-Pb)	2,11 e 2,17 Ga	(2,08 Ga) entre +2,2 e +2,9	Saboia (2009)
Complexo Rio dos Mangues	Ortoderivados	Entre 2054±4 Ma e 2086±16 Ma (Pb-Pb)	2,25; 2,21 e 2,35 Ga	(2,06 Ga) +0,86 e -1,04; (2,12 Ga) +2,40	Arcanjo (2002)
	Paraderivadas	Proveniência entre 2000 e 2250 Ma, com tendência em 2100 Ma	-	-	Ribeiro e Alves (2017)
Complexo Granulítico Porto Nacional	Ortoderivadas	-	2,40 Ga	-	Gorayeb <i>et al.</i> , (2000);
		2097±2; 2153±1 e 2125±3 Ma (Pb-Pb)	-	(2,15 Ga) +0,97 e +2,16	Gorayeb & Moura (2002)
	Paraderivadas	2072±3 a 2110±3 Ma (Pb-Pb)	2,55 Ga	(2,15 Ga) -1,56	Gorayeb <i>et al.</i> , (2000); Gorayeb & Moura (2002)

Fonte: Projeto Monte do Carmo 2018.

### CAPÍTULO 3

#### 3. INTERPRETAÇÃO DE DADOS AEROGEOFÍSICOS DO PROJETO MONTE DO CARMO

A caracterização de domínios e lineamentos magnéticos/gamaespectrométricos, associados a informações geológicas adquiridas durante o campo são importantes na compreensão e solução de problemas relacionados à tectônica da região. É importante ressaltar que nenhuma interpretação foi feita analisando apenas um produto geofísico, sendo assim, a sobreposição dos produtos a partir de overlays foi de extrema importância para obtenção de interpretações coerentes.

##### 3.1 MAGNETOMETRIA

O Método da Magnetométrico baseia-se na leitura do campo magnético em uma certa região de interesse. O campo magnético medido num levantamento aeromagnético é o resultado vetorial do Campo Magnético Externo (CME), do Campo Magnético Interno (CMI) e do Campo Magnético Crustal (CMC). No mapeamento geológico, a componente de interesse refere-se ao CMC. No mapeamento geológico, a componente do campo de interesse refere-se ao CMC, pois este reflete a variação de susceptibilidade magnética das rochas. Para isolar o sinal do CMC são feitas correções de CME e CMI, variação diurna e IGRF, respectivamente. Esse sinal tem como fonte primordial os minerais magnéticos, tais como: magnetita, pirrotita e ilmenita. Esses são encontrados em maiores concentrações em rochas máficas/ultramáficas, porém, devido aos processos intempéricos, tendem a serem remobilizados e concentrados em zonas de falhas e fraturas. Isso faz com que por meio da aplicação do método aeromagnético, seja possível investigar a estruturação de uma região em profundidade.

Os lineamentos definidos a partir dos produtos geofísicos são capazes de nos fornecer importantes informações a respeito da concentração e/ou tipo da mineralogia magnética, as feições estruturais (a partir de grandes feições lineares) e do arcabouço estrutural regional. Desta forma, este produto auxilia na identificação as principais falhas, as grandes zonas de cisalhamentos (rúpteis, rúpteis-dúcteis e dúcteis) e os grandes dobramentos e sua cinemática regional.

No Projeto Monte do Carmo (PMC) foi feita uma análise dos produtos da aeromagnetometria da seguinte forma:

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

1. Delimitação dos grandes lineamentos estruturais a partir dos produtos do TILT, 1Dz e GHT (gradiente horizontal total) com posterior divisão dos domínios estruturais marcados preferencialmente pela direção de seus lineamentos. O principal objetivo dessa análise foi auxiliar o entendimento do arcabouço estrutural e comparação com a resposta em superfície dos corpos rochosos da região.
2. Delimitação de lineamentos menores com o auxílio SA3D junto com a 1Dz, com a divisão dos domínios a partir da composição dos minerais magnéticos. O principal objetivo dessa análise foi separar os domínios baseando-se na assinatura magnética, a partir da amplitude do sinal analítico dos seus lineamentos menores, a fim de comparar com os afloramentos em superfície e com o fechamento de contatos.

### 3.1.1 Domínios Magnético-estruturais

A partir dos produtos da aeromagnetometria disponíveis para a região do Projeto Monte do Carmo (PMC), foi possível a divisão da área em seis domínios estruturais distintos com base no padrão e orientação dos lineamentos.

O domínio 1 encontra-se no setor oeste do PMC, alcançando apenas uma parte das áreas 1 e 5. Esse domínio é caracterizado por lineamentos orientados predominantemente na direção E-W, na porção sul, se que migram para NE para norte com algumas feições alíneas NW de menor expressão.

O domínio 2 intercepta a metade oeste das áreas do PMC. É limitado por duas falhas transcorrentes de cinemática sinistral, a leste e a oeste, com direção NE, formando uma grande zona de cisalhamento. Esse domínio é caracterizado por lineamentos longos e contínuos delimitando sigmoides quilométricos. Na porção sul, os lineamentos possuem uma direção predominante E-W e tendem à direção NE na parte central, retornando para E-W na porção norte. Também estão presentes alguns lineamentos de direção NW, relacionadas a falhas e fraturas antitéticas da zona de cisalhamento.

O domínio 3 abrange as áreas do extremo nordeste do PMC. Nesse domínio os lineamentos possuem uma direção predominantemente NE, como sigmoides discretos de cinemática sinistral, chegando até 10 km de comprimento.

O domínio 4 intercepta a metade leste das áreas do projeto. Nele os lineamentos ocorrem predominantemente com direção NE com outros de menor expressão NW. Nesse domínio também foi possível inferir uma falha transcorrente N-S na porção sul.

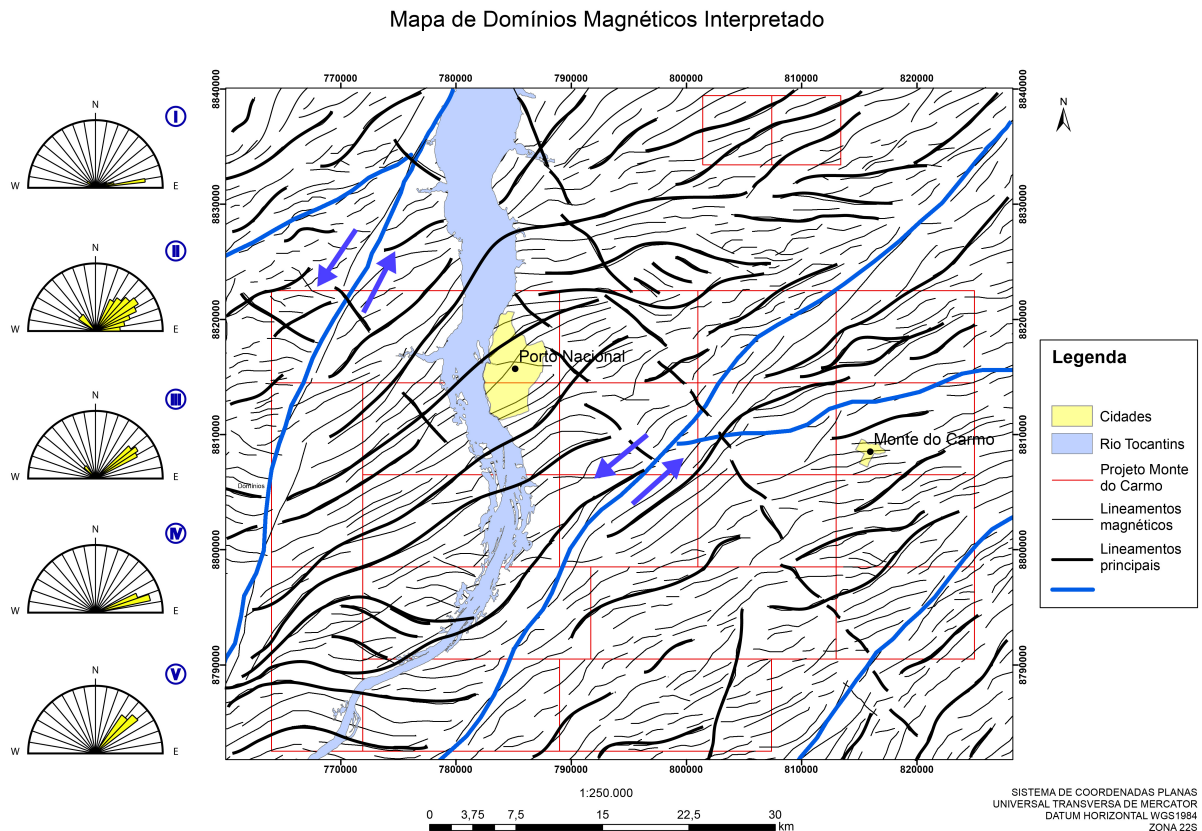
O domínio 5 compreende as áreas do extremo sudoeste do projeto e é caracterizado por lineamentos de direção NE bem delimitados.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

Portanto, de forma geral, a direção predominante de estruturação dos domínios é NE, como algumas porções E-W e N-S relacionadas às curvas dos sigmoides que exibem uma cinemática predominantemente sinistral. Na porção central da área do PMC, diques de diabásio estão encaixados nesses lineamentos NW, cortando toda a área de NW para SE.

Dessa forma, foi gerado o mapa dos lineamentos estruturais interpretadas da área do Projeto Monte do Carmo através de produtos de aeromagnetometria (TILT, 1DV e GHT) mostrado a seguir (Figura 3.1).

**Figura 3.1:** Mapa dos lineamentos estruturais interpretados da área do Projeto Monte do Carmo. As linhas azuis delimitam os 5 domínios, nomeados por algarismos romanos. As linhas pretas destacam os principais lineamentos. As linhas vermelhas sinalizam os possíveis diques. À esquerda da imagem podem ser observadas as rosetas, mostrando as direções preferenciais dos lineamentos de cada domínio.

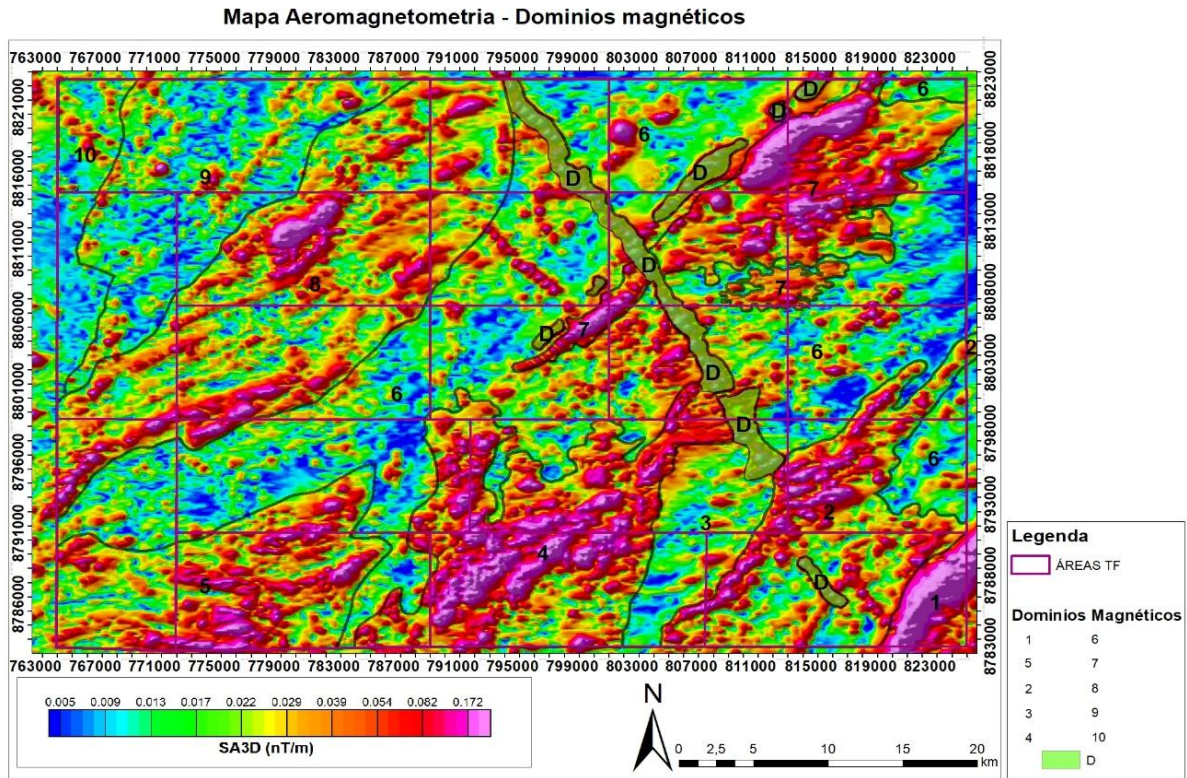


### 3.1.2 Domínios Magnético-composicionais

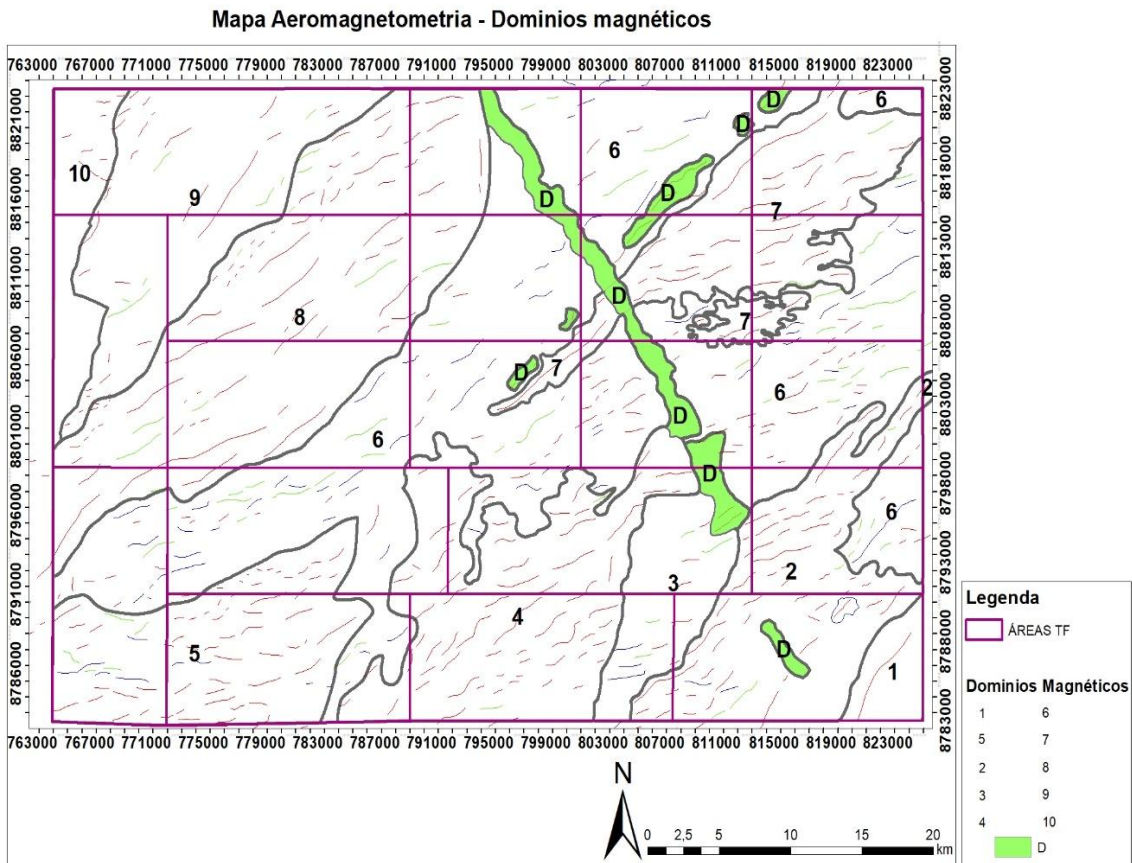
Foram gerados também, mapas com domínios magnetométricos baseado na assinatura magnéticas, a partir da interpretação dos produtos da 1Dz juntamente com o SA3D, dividido em 11 domínios magnéticos e uma tabela explicando as características principais dos domínios (Figuras 3.2 e 3.3). Segue a seguir os mapas interpretados.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 3.2:** Mapa de domínios magnéticos SA3D.



**Figura 3.3:** Mapa de domínios com amplitude de sinais analíticos.



## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Quadro 7 a seguir descreve as principais características dos 11 domínios delimitado com base na assinatura magnética.

**Quadro 7:** Características dos principais domínios com base na assinatura magnéticas.

DOMÍNIO	DESCRIÇÃO
1	Domínio marcado por uma amplitude muito alta, homogêneo, com valores de 0,172 nT/m. O alinhamento preferencial é N45E.
2	Domínio marcado por uma amplitude alta a muito alta, com valores que variam de 0,082 a 0,172 nT/m, não homogêneos, com sinal enfraquecendo na porção sudeste do domínio. O domínio também é definido por uma direção NE forte de alta amplitude com uma tendência sigmoidal.
3	Domínio com uma amplitude baixa, que varia a média em eventuais locais do domínio, apresentando uma direção NS bem marcado que divide o domínio na porção Leste. A amplitude tem sinal entre 0,005 e 0,013 nT/m. Alguns locais possuem uma amplitude alta com direção EW.
4	Anomalia magnética sigmoidal, com uma direção preferencial NE dos lineamentos de alta intensidade. Homogêneo, apresenta um sinal entre 0,082 a 0,172 nT/m.
5	Domínio magnético de intensidade alta. Padrão dos lineamentos de alta e baixa intensidade seguindo uma direção EW e curvando para NE. O sinal possui uma variação na sua intensidade que varia de Leste a Oeste. Na parte Leste, o domínio possui intensidade baixa, 0,017 a 0,022 nT/m. Na porção centro-leste, o domínio apresenta uma amplitude de 0,082 nT/m que varia até 0,172 nT/m.
6	Domínio de baixa intensidade, marcada por uma estruturação NE dos lineamentos de baixa amplitude. Eventuais corpos de intensidade estão presentes no domínio, os lineamentos se apresentam como pequenos sigmóides. A intensidade é 0,005 a 0,013 nT/m.
7	Domínio de alta intensidade (0,172 nT/m), estruturalmente marcado pela direção NE. Os lineamentos são exclusivamente de alta intensidade fortemente marcados, em domínios centrais o valor do sinal diminui para 0,082 nT/m, porém ainda é alto.
8	Domínio sigmoidal, muito bem marcado. Os lineamentos também são sigmoidais, tanto de alta quanto baixa intensidade. O sinal não é tão forte, e ele não é tão homogêneo quanto os demais. O sinal na parte mais alta é em essência 0,082 nT/m, mas possui valores de 0,039 nT/m e 0,005 nT/m.



### Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

9	Domínio de baixa intensidade, marcados por lineamentos sigmoidais de baixa amplitude. Existem eventuais lineamentos de alta intensidade. No geral o sinal é fraco de 0,005 nT/m, porém corpos alinhados são muito definidos com estruturação NE.
10	O domínio é marcado pelo aumento no sinal e por direção NW tanto dos lineamentos de alta quanto baixa intensidade. O sinal é muito fraco (0,005 nT/m).
D	São grandes corpos alinhados segundo as direções NE e NW de alta intensidade, com valores médios de 0,082 nT/m.

A partir da análise dos dados aeromagnéticos, é possível interpretar:

**I** - Há de fato uma forte estruturação com *trend* principal NE, além de diferenças na amplitude do sinal e também estruturas menores com formatos sigmoidais. As duas grandes estruturas são grandes zonas de cisalhamentos com cinemática sinistral com sigmoides incluídos, reforçando esse cisalhamento.

**II** - Existem duas gerações de diques, uma NE e outra NW, que são correlacionadas a nível de afloramento.

**III** - Existe uma forte correlação entre a estruturação extraída da magnetometria e as lineações extraídas do MDE (Modelo Digital de Elevação).

**IV** - As grandes variações da amplitude do sinal analítico estão associadas juntamente com variações litológicas. Onde a amplitude do sinal aumenta drasticamente, é possível observar corpos MUM (máficos-ultramáficos). Já quando a amplitude se apresenta com um alto a moderado, temos rochas félsicas com minerais magnéticos associados, gnaisses tonalíticos com ilmenita como mineral acessório. Quando a amplitude é muito baixa ou baixa, temos rochas com nenhum mineral magnético associado em sua assembleia, quartzitos, e rochas sedimentares da bacia, por exemplo.

**V** - Existe uma estruturação N-S que coloca rochas com alta amplitude magnética e baixa amplitude magnética lado a lado, indicando uma extensa falha.

**VI** - Os domínios magnéticos indicam um grande contraste entre rochas de composição magnéticas e outras com menos magnetismo. A partir do método da susceptibilidade magnética de sua composição mineral, porém não é o método mais adequado para traçar contatos regionais, sendo melhor indicado para o arcabouço estrutural, definindo as principais zonas de cisalhamentos e falhas.

### 3.2 GAMAESPECTROMETRIA

O Método Gamaespectrométrico é uma das ferramentas mais importantes do mapeamento geológico, pois resulta em uma informação direta a respeito das associações litológicas aflorantes. É largamente utilizada na prospecção mineral para a identificação de litologias devido à variação de minerais que possuem os elementos U, Th e K em sua estrutura química.

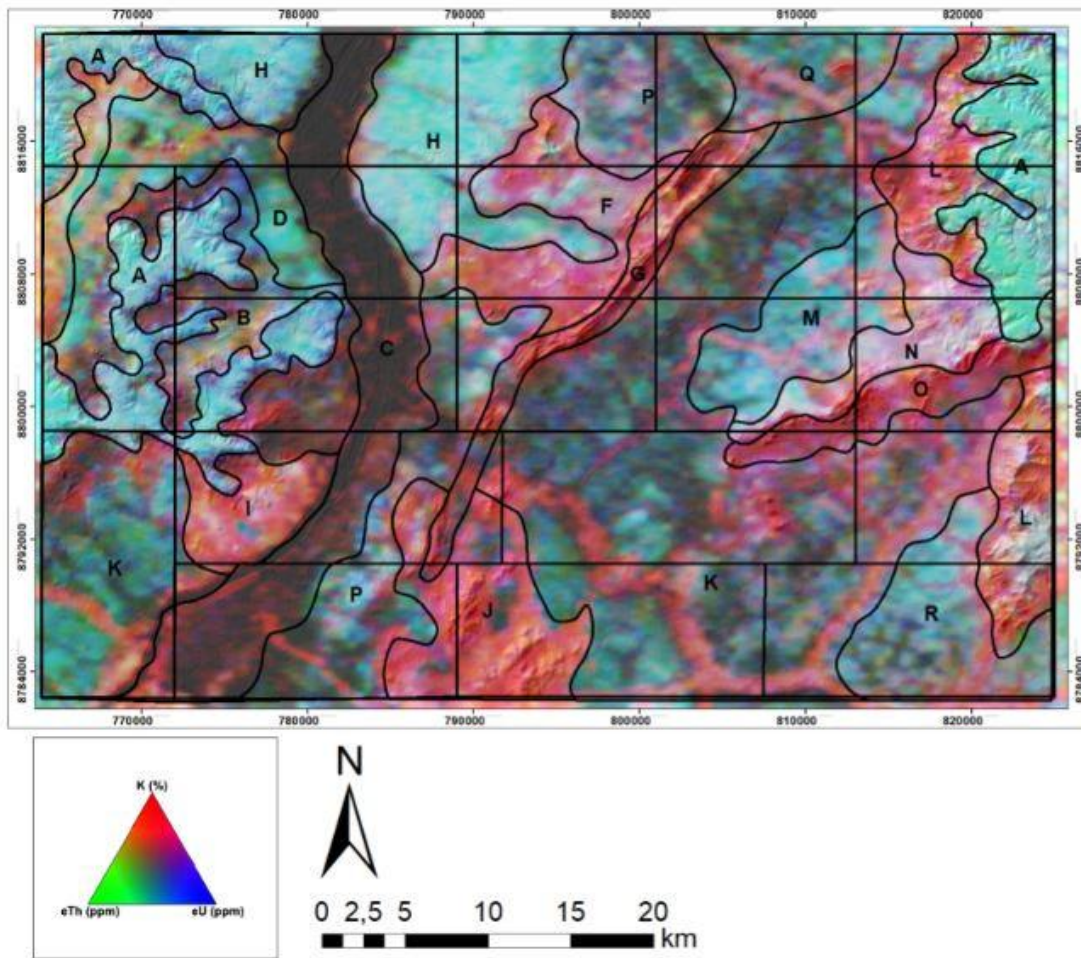
A gamaespectrometria estuda a intensidade da radiação emitida a partir do decaimento dos isótopos  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$  onde ela é medida por meio dos sensores do gamaespectômetro e, por fim, são convertidas em valores numéricos que quando processados resultam em mapas que mostram as áreas mais e menos ricas em tais elementos. Um fator limitante do método é a sua fonte, que não ultrapassa 50 cm de profundidade. Sendo assim, o método é confiável apenas para investigações rasas, não sendo possível a observação de materiais mais profundos.

Os produtos gerados no processamento foram: Potássio (K): Contagem total de potássio, dada em valor percentual (%). Tório (eTh): Contagem total de equivalente de tório em partes por milhão (ppm). Urânio (eU): Contagem total de equivalente de urânio em partes por milhão (ppm). eU/eTh: Razão entre os equivalentes dos elementos urânio e tório. eU/K: Razão entre o equivalente do elemento urânio e do elemento potássio. K/eTh: Razão entre o elemento potássio e equivalente do elemento tório. CT: Contagem total, com somatório dos isótopos dos três elementos, dada em porcentagem. RGB: Combinação ternária entre K, eTh e eU, dada nas cores vermelho, verde e azul, respectivamente. CMY: Combinação ternária entre K, eTh e eU, nas cores ciano, magenta e amarelo, respectivamente.

O produto principal utilizado para a interpretação e delimitação de domínios gamaespectrométricos foi a composição ternária RGB, resumindo-se na divisão de regiões que apresentam respostas distintas para os radio-elementos quantificados durante a aquisição do dado (Figura 3.4). As principais características dos domínios gamaespectrométricos encontram-se no Quadro 8.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 3.4:** Domínios gamaespectrométricos da área do projeto Monte do Carmo delimitados a partir da composição ternária RGB e modelo digital de elevação (MDE) ao fundo.



**Quadro 8:** Descrição das principais características dos domínios gamaespectrométricos do Projeto Monte do Carmo.

DOMÍNIO	RGB	eU	K	eTh	INTERPRETAÇÃO
A	Branco e ciano	Muito alto	Baixo	Muito alto	Domínio de relevo plano, apresentando contato anastomosado com outros domínios. A alta concentração de eTh e eU está relacionada à presença de crosta laterítica e aos sedimentos da Bacia do Parnaíba. Grande parte da ocupação do solo é destinada à atividade agrícola.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>B</b>	Preto, Azul e Vermelho	Baixo	Baixo-Moderado	Baixo	Ocorre na porção leste da área, encaixado com os sedimentos da Bacia do Parnaíba. O relevo é plano a suavemente ondulado e a resposta gamaespectométrica é relativamente baixa em todos os canais, com pequeno destaque para o K.
<b>C</b>	Preto	Baixo	Baixo	Baixo	Esse domínio representa o Rio Tocantins. Possui como característica baixa concentração nos três canais e coloração preta no produto RGB.
<b>D</b>	Verde Azulado	Baixo	Baixo	Moderado	Apresenta relevo plano e resposta verde azulada no produto RGB. O canal de eTh se destaca em relação aos eU e K.
<b>E</b>	Vermelho Amarelado	Baixo-Moderado	Muito alto	Alto	Bordeado pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba e pelo domínio D, essa região destaca-se das suas redondezas por apresentar alto K, eTh e moderado a baixo eU. O relevo é plano e sua resposta no RGB apresenta tons de vermelho amarelado.
<b>F</b>	Vermelho Rosado	Moderado	Alto	Baixo	Relevo suave a ondulado, formando corpos levemente circulares e alongados. Esse domínio apresenta alta concentração em K.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>G</b>	Vermelho	Baixo	Moderado- Alto	Muito Baixo	Esse domínio é caracterizado por uma serra de relevo acentuado e direção NE. Representa a sequência vulcanossedimentar Monte do Carmo.
<b>H</b>	Ciano	Muito alto	Baixo	Muito alto	Domínio próximo ao Rio Tocantins, de relevo plano e caracterizado por forte cor de ciano na composição RGB. Os valores de eU e eTh são expressivamente mais altos que o de K. Provavelmente trata-se de uma área onde predominam os processos intempericos e com ausência de afloramentos.
<b>I</b>	Vermelho e Branco	Baixo	Muito alto	Baixo	Relevo plano a suave ondulado, com formato circular. Esse domínio apresenta alta concentração de K em relação aos outros canais e provavelmente representa os granitos da unidade Aroeiras
<b>J</b>	Vermelho	Baixo	Muito alto	Baixo	Esse domínio, de relevo suave a forte ondulado e formato circular, está relacionado à presença da intrusão granítica pertencente a Suíte Ipueiras. O alto K está ligado à composição dos granitos, que apresentam feldspato potássico

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>K</b>	Verde Musgo	Baixo	Moderado- Baixo	Baixo	Extenso domínio de relevo plano, ele é caracterizado pelo tom de verde musgo na composição RGB e pelos valores baixos nos três canais.
<b>L</b>	Vermelho	Moderado	Muito alto	Moderado	Relevo forte ondulado, a resposta alta no canal do potássio provem da acumulação na rede de drenagem devido a sua mobilidade. Apresenta como fonte argilominerais provenientes do intemperismo de folhelhos da Formação Pimenteiras da Bacia do Parnaíba.
<b>M</b>	Ciano	Alta	Baixo	Alto	Domínio de relevo plano e contato anastomosado com os outros domínios. A cor ciano (valores altos de eU e eTh e baixo K) reflete ausência de afloramentos.
<b>N</b>	Branco e Vermelho	Moderado- Alto	Moderado- Alto	Alto	Apresenta contato anastomosado com os outros domínios e orientação NE. Relevo ondulado. Se destaca pela cor branco-avermelhada e valores altos de Eu, K e ETh. Pode estar relacionado aos granitos da Suíte Ipueiras.
<b>O</b>	Vermelho	Baixo	Alto	Moderado- Baixo	Faz contato com o domínio N e segue a mesma orientação NE. O relevo é ondulado. Os valores de K ressaltam em relação aos outros elementos. Pode estar relacionado aos quartzitos da Formação Monte do Carmo.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

<b>P</b>	Ciano - Preto	Moderado	Baixo	Moderado	Domínio de relevo plano, apresentando tons de ciano e contato com a planície de inundação do Rio Tocantins e domínio delimitado pelo granito da Suíte Ipueiras. Esse domínio está provavelmente associado à ausência de afloramentos e/ou presença de laterito.
<b>Q</b>	Verde	Moderado	Baixo	Moderado	Relevo plano e baixo valor de K e moderado de eU e eTh. Pode estar associado a ausência de afloramento e/ou presença de laterito.
<b>R</b>	Ciano	Moderado	Baixo	Moderado	Domínio apresenta relevo plano e baixo K em relação ao eU e eTh. Pode estar associado a ausência de afloramento e/ou presença de laterito.

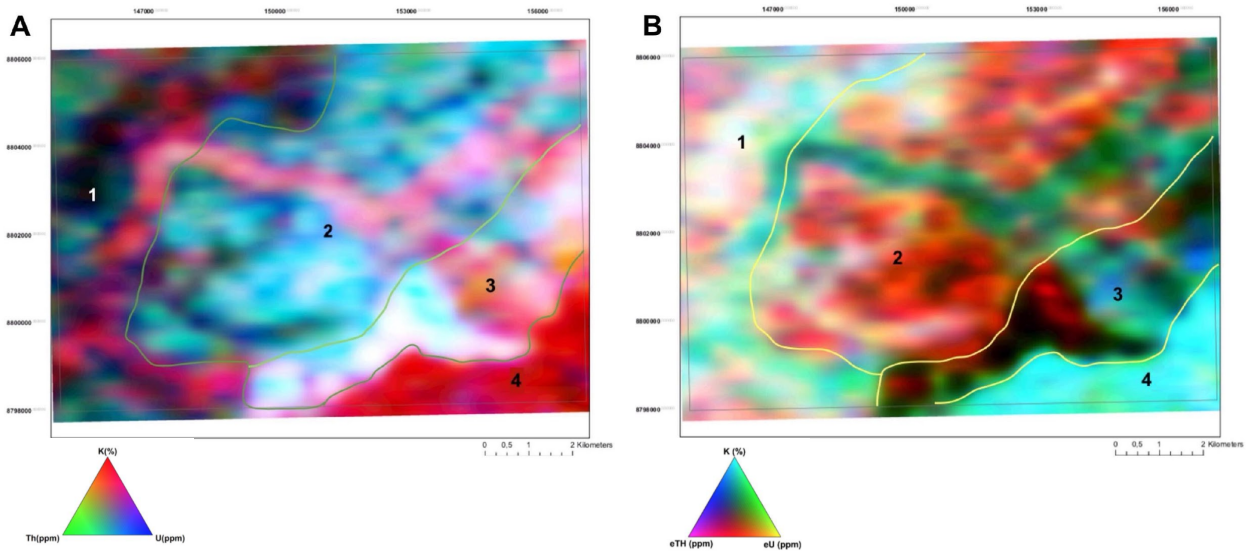
### 3.3 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS DA ÁREA XIII

Os produtos resultantes dos processamentos de levantamento magnetométrico e gamaespectrométrico, desempenharam papéis importantes como ferramentas para o mapeamento geológico. A partir dos mapas geofísicos foram delimitados domínios gamaespectrométricos e lineamentos magnetométricos referentes apenas a área XIII (Figuras 3.5 e 3.6). Durante a etapa de campo, auxiliaram na delimitação de unidades geológicas e definição de lineamentos estruturais. Na etapa pós-campo foram interpretados fazendo correlação com as informações adquiridas durante o mapeamento geológico.

Em específico para a área XIII, foram delimitados quatro domínios gamaespectrométricos, utilizando principalmente como referência os produtos CMY e RGB e lineamentos estruturais com referência no produto magnetométrico TILT. Os critérios utilizados para caracterizar os limites foram os mesmos empregados na criação dos mapas magnetométricos e domínios gamaespectrométricos do Projeto Monte do Carmo.

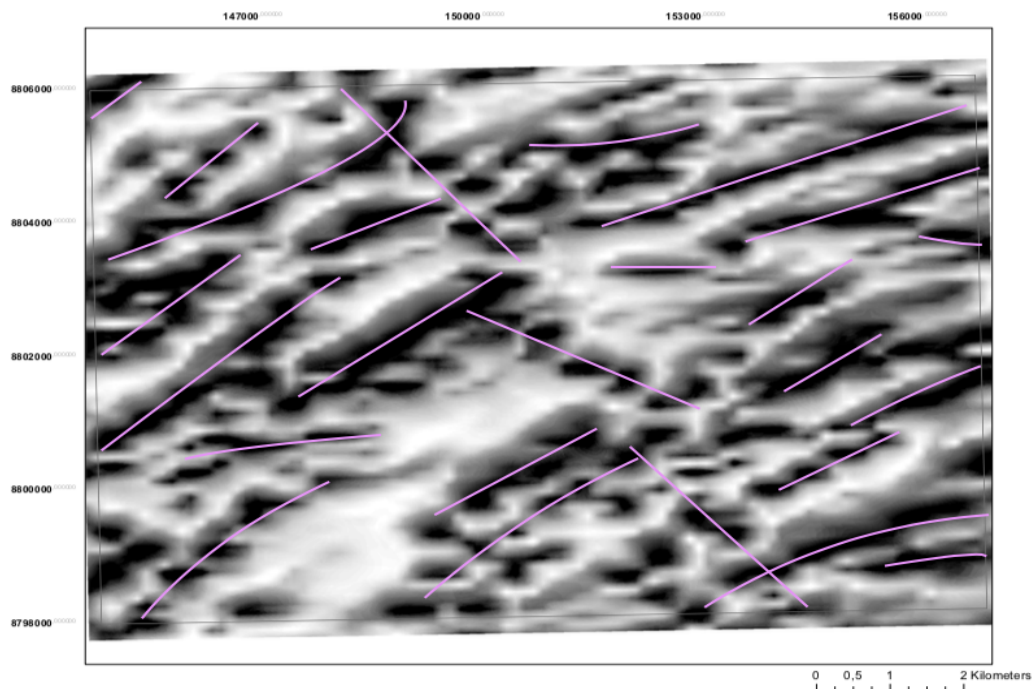
## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Figura 3.5: Domínios gamaespectrométricos adquiridos a partir dos produtos RBG (A) e CMY (B).



Em relação às propriedades gamaespectrométricas, o domínio 1 é caracterizado pelos baixo valor no canal de eU e moderado-baixo para eTh e K. Caracteriza-se por relevos planos de crosta laterítica e planície fluvial. O segundo domínio apresenta valores altos nos canais de tório e urânio e baixo para potássio. Coincide com regiões de afloramentos de granitos. O terceiro domínio é caracterizado por uma resposta alta em todos os canais, com algumas regiões que apresentam deficiência em potássio e outras em urânio. O domínio quarto possui resposta muito alta para potássio, deficiência em tório e resposta baixa a média em urânio.

Figura 3.6: Produto magnetométrico TILT. Destaque em rosa para os lineamentos adquiridos a partir do mesmo.





### **Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII**

A partir da compilação dos produtos TILT e 1Dz (primeira derivada) notam-se um padrões de lineamentos estruturais de direções N45E, N45W e E-W, sendo o primeiro o mais expressivo.

### CAPÍTULO 4

#### 4. GEOLOGIA LOCAL

##### 4.1 INTRODUÇÃO

As unidades litoestratigráficas da área de estudo ocorrem de maneira geral em uma direção preferencial NE-SW, são elas o Granito Monte do Carmo, Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada e Diques e Soleiras Máficos.

Os afloramentos são escassos, devido às condições climáticas e geomorfologia da região. Eles ocorrem principalmente como lajedos, blocos (rolados, basculados, *in situ*) e matacões. As melhores exposições desses afloramentos são geralmente leitos de drenagens, morrotes e ao longo de cortes de estrada.

A seguir será feita uma descrição das unidades mapeadas no Projeto Monte do Carmo.

##### 4.2 LITOESTRATIGRAFIA DO PROJETO

###### 4.2.1 Complexo Porto Nacional

O Complexo Porto Nacional está localizado a oeste da área do projeto Monte do Carmo, disposto em faixas anastomosadas com direção que varia de E-W a NE-SW e é composto por rochas paraderivadas e ortoderivadas. Ocorre principalmente nas subáreas I, III, V, VI, VIII, X e XI. As rochas pertencentes a essa unidade estão associadas a um baixo topográfico, onde os melhores afloramentos ocorrem próximos às rochas dos grupos Serra Grande e Canindé.

A unidade ortoderivada (PP2 $\gamma$ pn(o)) compreende granada-hornblenda gnaisses tonalíticos, clinopiroxênio-ortopiroxênio-biotita gnaisses tonalíticos, olivina-plagioclásio-piroxênio gnaisses, cianita-plagioclásio-hornblenda gnaisses, anfíbolitos, granulitos máficos, clorita-talco-tremolita xistos, enderbitos e metamáficas.

A unidade paraderivada (PP2pn(p)) compreende gnaisses feldspáticos, estaurolita-silimanita-granada gnaisses, biotita-hornblenda-grafita gnaisses, silimanita-granada-biotita gnaisses, cianita-silimanita-granada gnaisses, gonditos, granitos peraluminosos e xistos grafitosos. Os gonditos ocorrem como blocos isolados, sem um padrão associado aos pontos de ocorrência do mesmo; os xistos grafitosos ocorrem como lentes dentro dos paragnaisses.

Os corpos das rochas paraderivadas ocorrem na forma de lentes, intercalados dentro da unidade ortoderivada, em geral alongados e paralelos à estruturação regional. As rochas do

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

complexo Porto Nacional estão metamorfizadas em fácies xisto verde alto/ anfíbolito baixo a fácies granulito, onde o grau metamórfico aumenta de leste para oeste nesse complexo.

### 4.2.2 Formação Morro do Aquiles

A Formação Morro do Aquiles está localizada na parte centro norte e sudoeste do projeto Monte do Carmo e é definida por contatos tectônicos e cortada por zonas de cisalhamento transcorrentes NW-SE. Ocorre principalmente nas subáreas II, VI, VII e XII.

Ela compreende granada-moscovita xistos, granada-hornblenda gnaisses, moscovita-biotita gnaisses, moscovita-biotita migmatitos, andaluzita xistos, metabásicas, metaultrabásicas, gonditos e xistos grafitosos. Os xistos grafitosos ocorrem de forma restrita nessa unidade e os gondito ocorrem sem um padrão, de forma isolada em meio a paragneisses e outros xistos.

### 4.2.3 Plutônicas sin- a pós-tectônicas

As rochas plutônicas localizam-se no centro norte do Projeto Monte do Carmo, principalmente na área VII, e são representadas por três corpos graníticos intrusivos nos xistos da Formação Morro do Aquiles. Elas correspondem aos granitos Torre, Santana e à Suíte Granítica Manduca, com cerca de 2 km, 1 km e 3 km de diâmetro, respectivamente.

O granito Santana está associado à vegetação de mata densa e relevo movimentado. A Suíte Manduca aflora próximo ao Córrego Manduca, intercalado com os xistos da Formação Morro do Aquiles, em uma estrutura do tipo “*roof pendant*”.

O Granito Torre localiza-se na divisa das subáreas VII e II e corresponde a um moscovita-biotita-granito de composição granítica a tonalítica, em que prevalece fácies de granito médio, de textura inequigranular.

O Granito Santana localiza-se na divisa com a subárea VI e corresponde a um biotita granito de granulação grossa, milonitizado.

A Suíte Granítica Manduca localiza-se nas subáreas XII e VII e corresponde a dois corpos graníticos de granulação fina a média, variando em composição de granito a granodiorito, prevalecendo a fácies moscovita-biotita-granito médio.

### 4.2.4 Suíte vulcânica Santa Rosa

A Suíte Vulcânica Santa Rosa encontra-se na porção leste da área do Projeto. Está restrita às Subáreas IV, IX, XVI, XVIII e XIX. Sua melhor exposição está localizada a norte

## **Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

da cidade de Monte do Carmo, constituída por blocos e lajedos ao longo do Córrego Santa Rosa. Está associada ao Granito do Carmo e é composta por riolitos, dacitos, ignimbritos e tufos.

### **4.2.5 Suíte Ipueiras**

A Suíte Ipueiras aflora nas porções centro-sul e leste da área do Projeto. Seus corpos estão alongados e apresentam dimensões batolíticas, sendo que o maior deles apresenta cerca de 24 km de comprimento e o menor, 14 km. Suas melhores exposições encontram-se próximas ao município de Monte do Carmo e em fazendas nos arredores (Subáreas IX, XIII, XIV e XVIII).

Esta unidade é representada por biotita-sienogranitos, hornblenda-biotita-monzogranitos, sienogranitos, monzogranitos, leucomonzogranitos, calcita-clorita-metagranitos e granodioritos.

### **4.2.6 Suíte Aliança (NP3 $\gamma$ a)**

A Suíte Aliança é um corpo de forma alongada que ocorre na porção oeste da área do Projeto Monte do Carmo, aproximadamente paralela às rochas da Suíte Gabro Anortosítica Carreira Comprida, fazendo contato tectônico com as rochas do Complexo Porto Nacional (por meio da Falha Brasil Escola), e com o Granito Matança (por meio da Zona de Cisalhamento Porto Nacional). Em algumas porções, essas rochas aparecem encobertas pelos sedimentos dos Grupos Serra Grande e Canindé. Ocorre nas subáreas I, V e X.

Essa unidade é representada por hornblenda-biotita-granodioritos, biotita-monzogranitos, tonalitos, granito gnaises, hornblenda-biotita-diorito, biotita ganisse tonalítico e metatexitos.

### **4.2.7 Sequência Metavulcanossedimentar Indefinida (NP3mca)**

Aflora na porção central da área, na Serra Manoel do Carmo, limitada a leste pela Zona de Cisalhamento Primavera e a oeste pela Zona de Cisalhamento Manoel do Carmo, apresentando aproximadamente 38 km de comprimento. Também se encontra presente na porção sudeste como um corpo expressivo de 22 km de extensão, e no nordeste da área com exposições restritas em drenagens. É constituída predominantemente por quartzitos puros, mas também por rochas metabásicas, metavulcanoclásticas, metassiltitos, ardósias e metaconglomerados polimíticos.

## **Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

### **4.2.8 Intrusões Máfica-Ultramáficas Acamadadas**

Correspondem a corpos intrusivos localizados a leste da Serra Manoel do Carmo, aflorando desde o extremo nordeste da área do Projeto até o sul. Apesar de apresentar poucos afloramentos, são rochas com elevada resposta magnética. Desta forma, a delimitação de seus corpos foi feita com o auxílio de produtos de aeromagnetometria.

Os corpos aflorantes na área em estudo são o Monte do Carmo e VE3, com maiores expressões nas Subáreas IV, IX e XIV. Esta unidade é composta por Ti-hematita-clorita-quartzo xisto, quartzo-clorita xisto, epidoto-clorita anfíbolito, talco-tremolita xisto, gabros, actinolita-epidoto xisto, epidoto-clorita xisto e hornblenda-piroxenito.

### **4.2.9 Formação Monte do Carmo**

A Formação Monte do Carmo está localizada no extremo sudeste da área do Projeto. Suas melhores exposições encontram-se no caminho para a Fazenda da Escadinha, na Subárea XVII. É constituída pelas Sequências Sedimentar (NP3mca), Vulcânica Ácida e Vulcânica Básica a Intermediária (NP3bmca). Os litotipos presentes na área de estudo são conglomerados polimíticos, grauvasas líticas, grauvasas, arcóseos, rochas piroclásticas, riolitos, andesitos, actinolita-clorita xistos e basaltos.

### **4.2.10 Suíte Lajeado (NP3γ2mt)**

A Suíte Lajeado é composta por dois corpos graníticos e ocorre na porção oeste da área do Projeto Monte do Carmo, fazendo contato tectônico com as rochas da Suíte Aliança (por meio da Zona de Cisalhamento Porto Nacional) e intrudindo as rochas da Formação Morro do Aquiles e da Suíte Gabro Anortosítica Carreira Comprida. Em algumas porções, essas rochas aparecem encobertas pelos sedimentos dos Grupos Serra Grande e Canindé. Ocorre nas subáreas I, V, X e XV.

Sua exposição ocorre predominantemente na forma de blocos métricos in situ e na forma de lajedos. Essa unidade é representada pelos hornblenda-biotita sienogranitos que caracterizam o Granito Matança, e pelos granitos peraluminosos que caracterizam o Granito Aroeira.

### **4.2.11 Suíte Gabro-Anortosítica Carreira Comprida**

A Suíte Gabro Anortosítica Carreira Comprida ocorre na porção oeste da área do Projeto Monte do Carmo, aproximadamente paralela às rochas do Complexo Porto Nacional,

## **Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

em contato tectônico com as rochas da Formação Morro do Aquiles (por meio de uma zona de cisalhamento), em contato abrupto intrusivo respectivo ao Granito Aroeira (Suíte Lajeado) e, em algumas porções, essas rochas aparecem encobertas pelos sedimentos dos Grupos Serra Grande e Canindé. Ocorre nas subáreas V, X, XI, XII e XV. Essa unidade é representada por meta-anortositos e hornblenda gabros das intrusões Carreira Comprida (e1δcc) e Morro da Mata (e1δmm), respectivamente.

### **4.2.12 Bacia do Parnaíba**

As rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Parnaíba recobrem variadas unidades litológicas e estão presentes nos extremos leste e oeste da área do Projeto. Constituem as porções mais elevadas de serras escarpadas que bordejam a região e alguns perfis podem ser visualizados em cortes de estradas. Afloram a Formação Jaicós (pertencente ao Grupo Serra Grande) (Ssgj), estando sobreposta em discordância erosiva sobre as unidades proterozóicas do embasamento, e a Formação Pimenteiras (pertencente ao Grupo Canindé) (D23p). O contato entre essas duas formações é transicional, dado pela Formação Itaim.

A Formação Jaicós é composta por quartzo-arenitos, arenitos grossos, siltitos, paraconglomerados e ortoconglomerados, predominando os litotipos mais grossos. A Formação Itaim é constituída por intercalações entre níveis de silito com estratos de arenitos finos e médios. Já a Formação Pimenteiras, é formada por siltitos de coloração marrom claro a acinzentada e por arenitos ferruginosos.

### **4.2.13 Diques e Soleiras Máficos**

Afloram predominantemente na porção leste da área do Projeto (predominantemente nas Subáreas XIII, XIV e XVI). Eles apresentam um padrão característico nos produtos geofísicos de magnetometria. Estão direcionados segundo as direções E-W, NE-SW e SW-NE e são constituídos por gabros e diabásios.

### **4.2.14 Crostas Lateríticas (Nqdl)**

As crostas lateríticas ocorrem em todas as subáreas do Projeto Monte do Carmo, com variação na sua extensão em cada uma delas. Ocorrem em áreas de relevo aplainado, e também no topo de muitos morros, sempre recobrendo unidades mais antigas. Foram encontradas, na área do projeto, crostas lateríticas vermiformes e conglomeráticas, ambas com matriz hematítica e presença de caulinita e goethita.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### 4.2.15 Depósitos Aluvionares

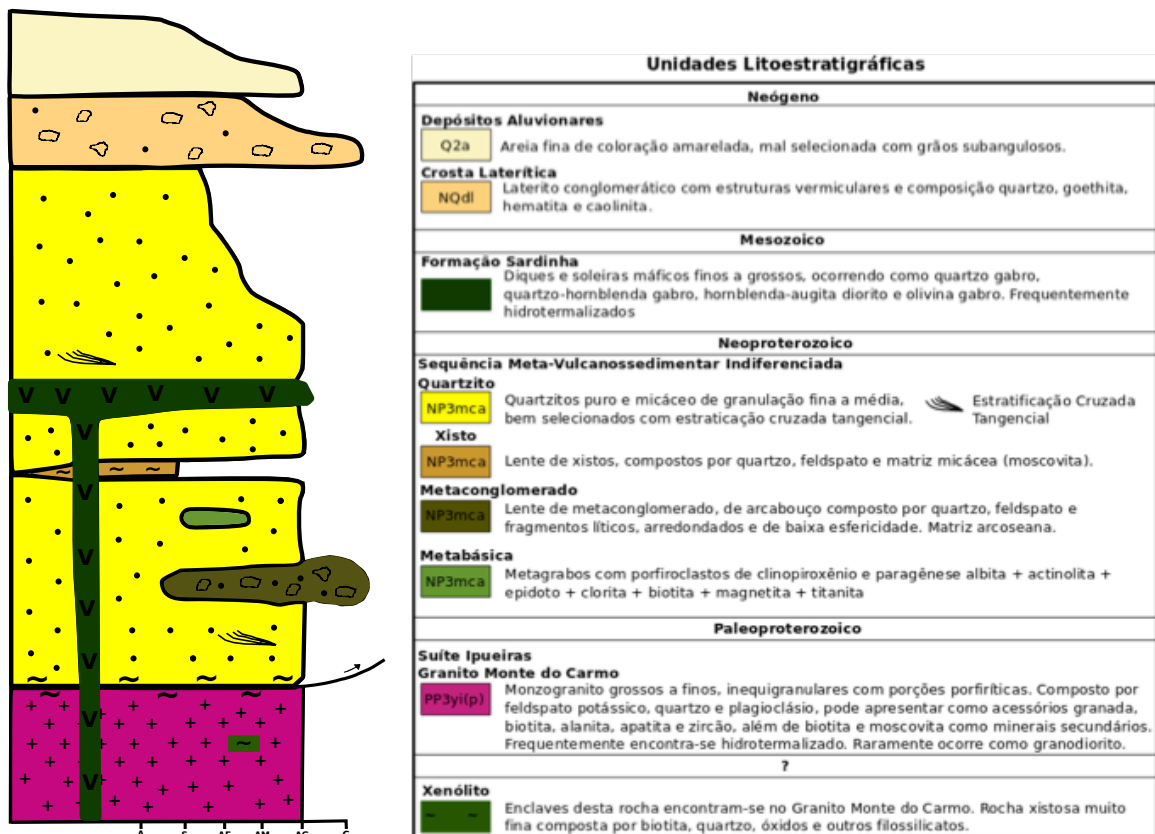
Os depósitos aluvionares ocorrem em um pouco mais de 70% das áreas do Projeto Monte do Carmo. São caracterizados como sedimentos inconsolidados associados a drenagens e áreas alagadas, tendo uma fração cascalhenta a arenosa predominante, e sedimentos finos com matéria orgânica.

As áreas mais expressivas desses depósitos ocorrem associadas ao Rio Tocantins, havendo ocorrências menores associadas a drenagens de menor porte. Ocorrem nas áreas I, II, III, IIII, VI, VIII, X, XI, XII, XIII, XV, XVI, XVIII e XIX.

### 4.3 UNIDADES LITOLÓGICAS PRESENTES NA ÁREA XIII

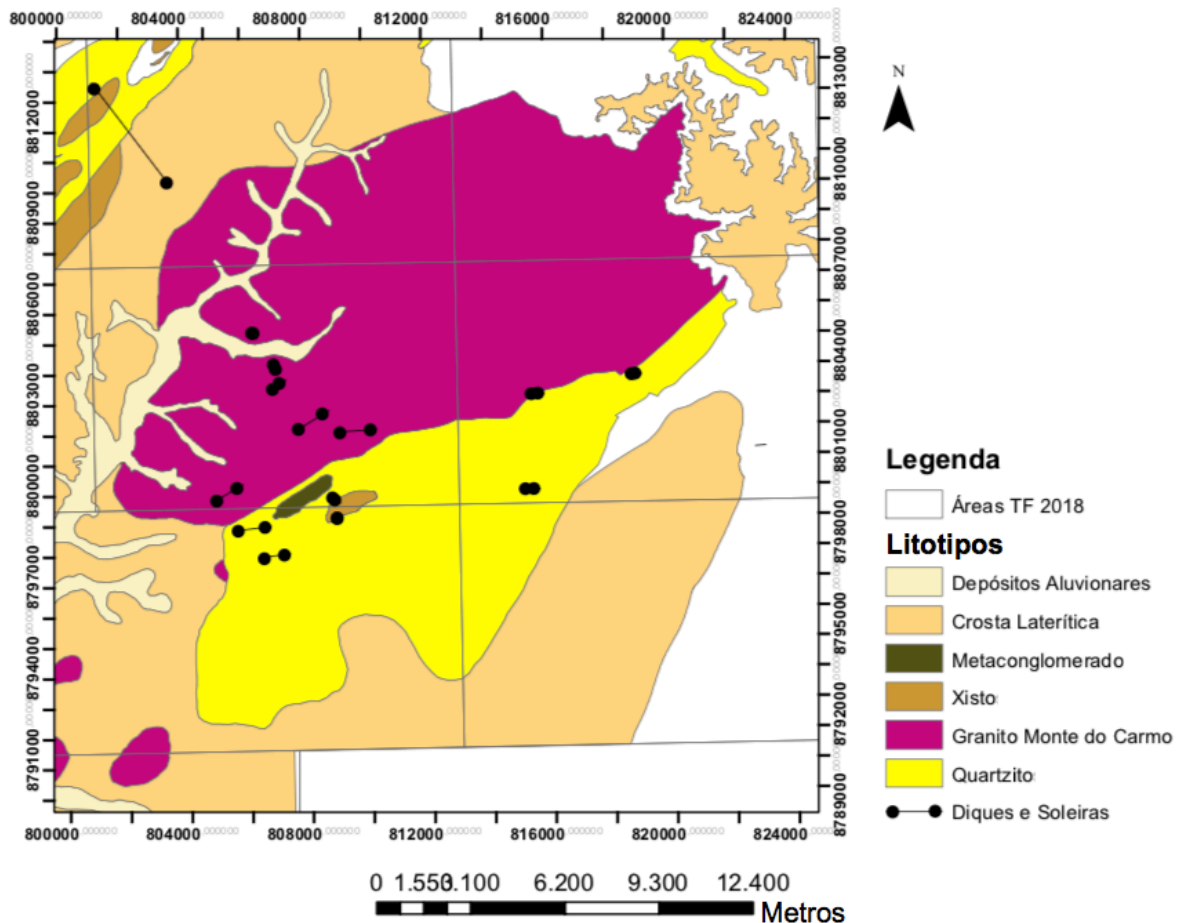
A geologia da área XIII foi subdividida em 4 unidades litoestratigráficas: Granito Monte do Carmo, pertencente à Suíte Intrusiva Ipueiras, Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada, Diques e Soleiras Máficas, Crosta Laterítica e Depósitos Aluvionares (Figura 3.1). A Figura 4.2 mostra a distribuição das litologias presente na área XIII, ao longo da porção oeste do Projeto Monte do Carmo.

**Figura 4.1:** Coluna litoestratigráfica esquemática das unidades geológicas presentes na área XIII. A espessura é representativa.



## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

Figura 4.2: Mapa geológico da Área XIII e unidades da Área XIII nas áreas adjacentes.



### 4.3.1 Suíte Ipueiras - Granito Monte do Carmo

A unidade de maior expressividade da área XIII é o Granito Monte do Carmo da Suíte Ipueiras, ocupando 52% da extensão. Encontra-se dos domínios da compartimentação geomorfológica Depressão do Alto Tocantins, com relevos aplainados a suave ondulados. Os solos de maior abrangência são os latossolos vermelho-amarelo frequentemente. Localmente, nas proximidades de lajedos graníticos, há perfis de solos pouco desenvolvidos, principalmente neossolos litólicos. A vegetação predominante na unidade litológica é o cerrado *sensu stricto* além de mata ciliar.

O Granito Monte do Carmo aflora na área XIII como corpos graníticos isotrópicos com declividades baixas a altas, além de blocos soltos (Figura 3.2). Quando fresca a rocha possui coloração rósea, havendo também variedades acinzentadas, caracterizada como maciça, fanerítica, holocristalina, leucocrática e relativamente homogênea. Texturalmente a rocha é predominantemente inequigranular, frequentemente porfirítica, com granulação grossa a fina e trama hipidiomórfica. Como mineralogia primária principal é composta por feldspato potássico, plagioclásio e quartzo, com variações modais respectivamente entre os intervalos de 7-33%, 20-30% e 10-35%, sendo classificada monzogranito e granodiorito, por



### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

vezes biotita e hornblenda podem ocorrer como mineral essencial ou acessório, além de zircão, óxidos, apatita, titanita como minerais acessórios. Frequentemente encontram-se com diferentes alterações hidrotermais, principalmente epidotização, podendo ocorrer também saussuritização, sericitização e argilização e localmente carbonatação e fluoretação. Já em escala de maior detalhe localmente ocorrem proto-cataclasitos com pseudotaquilito.

Os resultados das análises petrofísicas indicam baixa porosidade, baixa susceptibilidade ( $0,04 \times 10^{-3}$  Kol) e densidade de  $2,2 \text{ g/cm}^3$  para os granitos, exceto aqueles que passaram por hidrotermalismo, estes apresentam valores maiores de porosidade, susceptibilidade (até  $0,71 \times 10^{-3}$  Kol) e densidade (até  $2,78 \text{ g/cm}^3$ ).

#### 4.3.1.1 Fácies Monzogranito

Predominante na área XIII, o GMC é classificado como monzogranito e ocorre como uma rocha de coloração clara predominantemente rósea com porções esverdeadas e acinzentadas, maciça, fanerítica, leucocrática, inequigranular com granulação média a grossa (1mm – 2,5 cm). Frequentemente porfírica com porções megaporfírica com fenocristais de feldspato potássico chegando a 2,5 cm inseridos em uma matriz de granulação média a grossa predominantemente composta por quartzo (0,1 mm – 6,0 mm) e plagioclásio (1,0 mm - 9,0 mm) granular, anédrico cinza claro quando granular e cinza esverdeado em porções alteradas. Por vezes, biotita pode ser observada em amostras de mão subédrica a anédrica, nos interstícios da trama da rocha.

Observa-se texturas inequigranular, porfírica, megaporfírica, pertítica e anti-pertítica. Feldspato potássico (30-50%), plagioclásio (20-25%) e quartzo (20-35%) compõem a mineralogia principal. Biotita pode ocorrer como mineral acessório ou mesmo como mineral essencial em proporção modal de 5-15%. Rutilo, zircão, allanita, granada, apatita, fluorita, pirita e magnetita como minerais acessórios. Alterações da mineralogia principal resulta em moscovita, epidoto, sericita, clorita, clinozoisita/zoisita e biotitas, acumulados em vênulos ou sobre feldspatos.

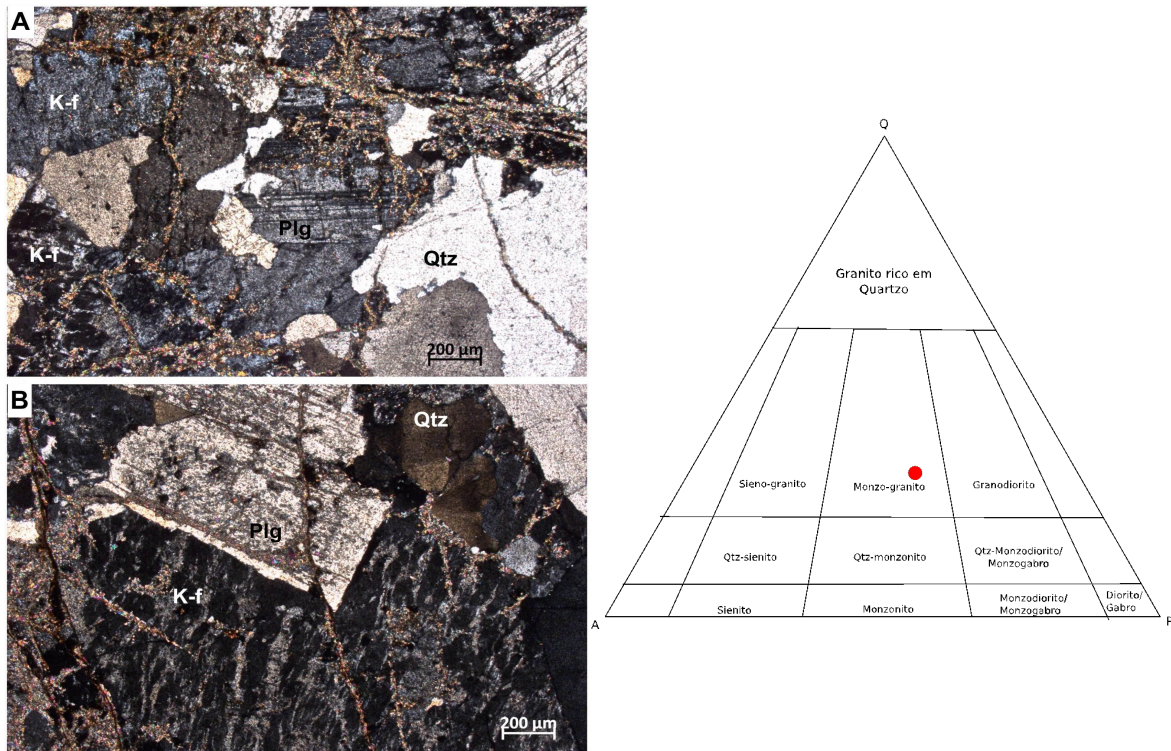
Cristais de feldspato potássico apresentam-se subédricos a euédricos, são incolores em lâmina delgada frequentemente é observado intercrescimento pertítico e por vezes encontra-se com microfraturas preenchidas por quartzo e localmente muscovita. Cristais de plagioclásio apresentam-se subédricos a anédricos, são incolores em lâmina delgada frequentemente com alterações como epidotização, sericitização, saussuritização, em algumas seções encontram-se zonados com seus centros mais alterados que as bordas são incolores em lâmina delgada e raramente as geminações polissintéticas estão preservadas. O quartzo incolor apresenta

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

frequentemente extinção ondulante nos cristais maiores e recristalização de subgrãos com contatos irregulares suturados. Cristais de biotita primária são subédricos a anédrico, apresentam crescimento geralmente intersticial e pleocroísmo de amarelo pálido a verde musgo, pode ocorrer como secundária em fraturas intergranulares nos feldspatos associadas a percolação de fluidos avermelhados sugerindo uma composição ferro-magnésiana, pode ser classificada como mineral acessório ou essencial. Como minerais acessórios ocorrem zircão, titanita, allanita, titano-augita, hornblenda, óxidos e sulfetos, além de granada, geralmente com capa de óxido e intercrescimento de biotita. Como minerais secundários podem ser encontrados epidoto, biotita, clorita, hornblenda, moscovita, sericita, clinzoisita-zoisita, fluorita. Todavia as massas de epidoto e sericita estão presentes de 5 a 14% nos monzogranitos.

Dentro desta unidade podem ser classificados além da generalidade monzogranito, biotita-monzogranito e leucomonzogranito sericitizado (Figura 4.3).

**Figura 4.3:** A e B: Fotomicrografias de monzogranito (TF18\_XIII\_056) com sericitização, microclino pertítico (k-f), plagioclásio com macla polissintética, quartzo com extinção ondulante. Diagrama de classificação para rochas graníticas QAP (Strackeisen, 1972), gerado para amostra TF18\_XIII\_056, com o *software* GCDKIT.

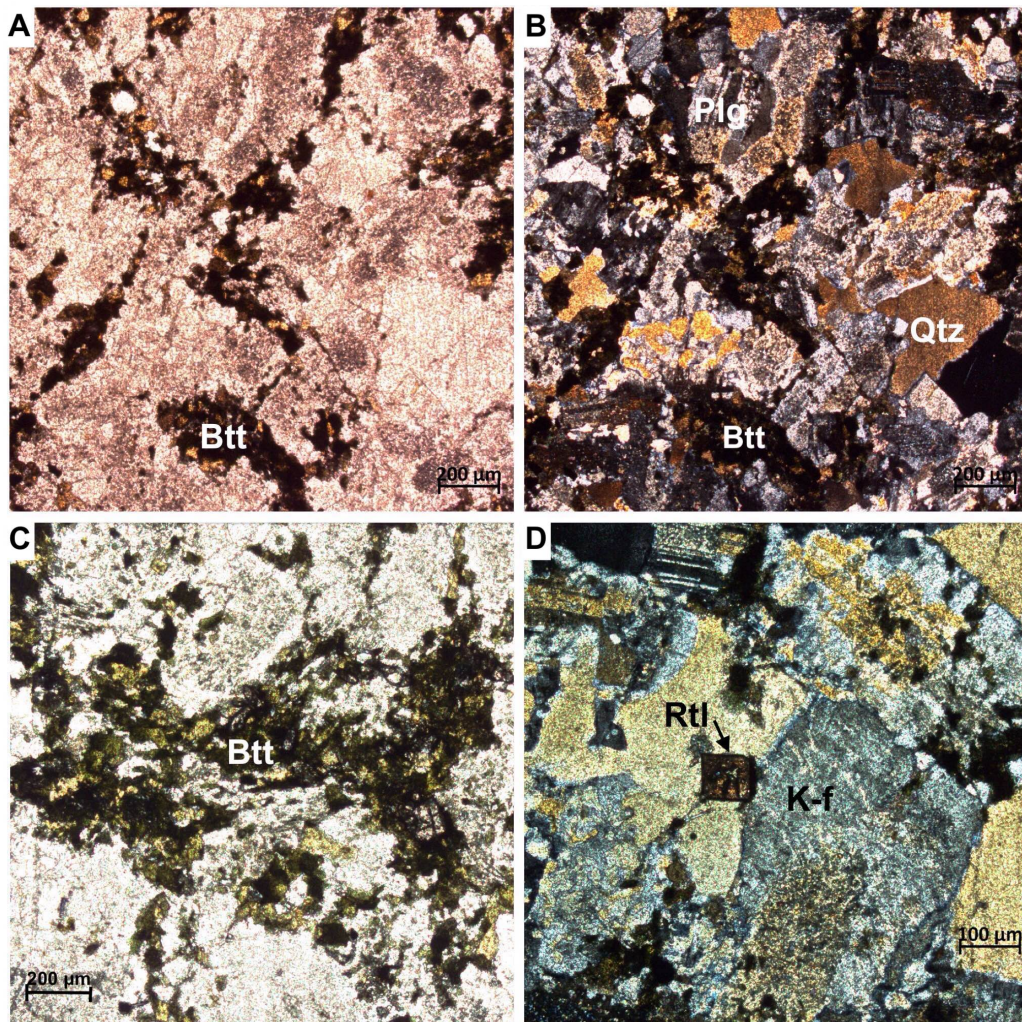


Localmente, também observadas como autólitos (Figura 4.4) em meio ao monzogranito descrito anteriormente, há porções cumuláticas finas deste pulso magmático com maior quantidade de minerais máficos. Quartzo (30%), plagioclásio (35%), biotita verde

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

(20%), k-feldspato (10%), zircão (1%) e rutilo (1%), além de uma massa de epidoto associada a alteração do plagioclásio, são integrante desta composição menos evoluída. Textura de engolfamento e reabsorção parcial no quartzo, além de textura gráfica, simplectítica, pertita e antipertita e zoneamento composicional em plagioclásios. Classificada como biotita-granodiorito.

**Figura 4.4:** Fotomicrografias de biotita-granodiorito com aumento de 2,5X (TF18\_XIII\_069). A e C: Biotita verde em meio a quartzo e plagioclásio, sob nicóis paralelos; B: Quartzo ondulante, plagioclásio e biotita; e D: Rutilo, microclínio pertítico, quartzo e plagioclásio.

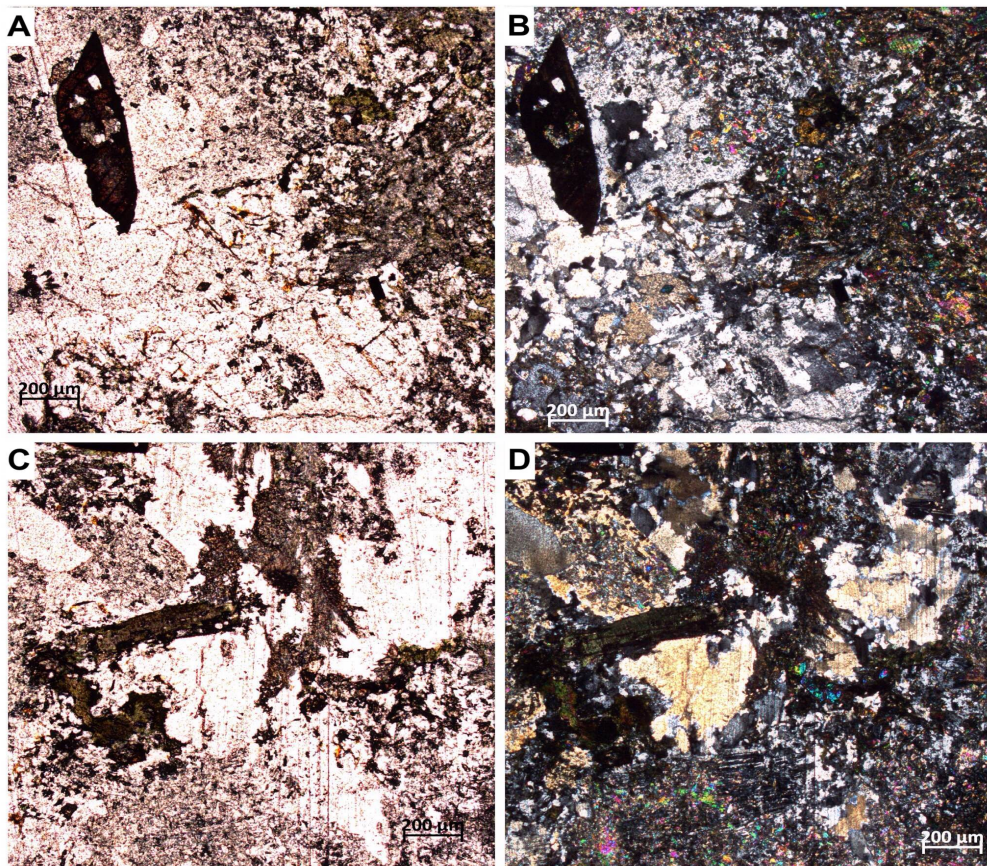


Ainda de modo bastante restrito há variação composicional do GMC com porções da rocha mais cálcicas, classificada como granodiorito. O litotipo granodiorito foi encontrado em apenas um afloramento (TF18-XIII-006) com cerca de 20 m<sup>2</sup> nas margens de um córrego, alongado segundo uma direção norte-sul e com deformação rúptil relativamente intensa. A rocha possui coloração cinza com porções verdes, é maciça, fanerítica de granulação média a grossa, leucocrática, trama hipidiomórfica, texturalmente inequigranular localmente com

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

porções equigranulares. Como mineralogia primária principal estima-se cerca de 50% de plagioclásio, 15% de quartzo, 10% de feldspato potássico, 12% de biotita (Figura 4.5). Os minerais acessórios presentes em ordem decrescente de maior proporção modal na rocha são titanita, apatita, allanita, anfibólio, zircão, magnetita, pirita. Há como minerais secundários uma massa de epidoto como alteração intensa do plagioclásio, clorita como alteração principalmente da biotita e argilominerais como alteração do feldspato potássico por processos de epidotização, cloritização e argilização respectivamente. Análises petrográficas em lâmina delgada mostram que o quartzo frequentemente encontra-se recristalizado e com extinção ondulante.

**Figura 4.5:** Fotomicrografias de granodiorito com aumento de 2,5 X, A e C sob nicóis paralelos e B e D sob nicóis cruzados. Em A e B observa-se uma titanita subédrica marrom avermelhada, uma massa de minerais incolores composta por quartzo (por vezes com recristalização dinâmica) e feldspato potássico (por vezes argilizado e sericitizado), além de uma massa fina de cor escura de epidoto, biotita e moscovita. Em C e D é possível observar cristais subédricos de biotita verde e com extinção picotada, cristais anédricos de allanita marrom, além de feldspatos potássicos sericitizados e argilizados, quartzo recristalizado, massa de epidoto oriundas da alteração do plagioclásio.

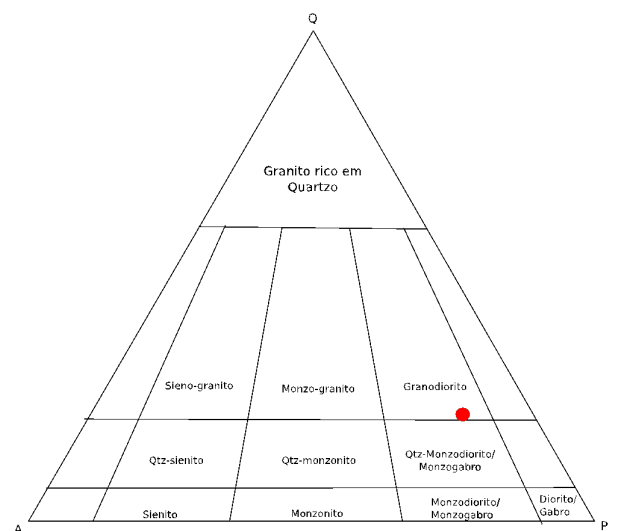


## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Análises realizadas em microsonda eletrônica revelam que a biotita possui teores em porcentagem de TiO<sub>2</sub> de 1,24 a 1,63 o que corrobora para que seja interpretada como primária. Também revelam que a pirita possui uma borda de alteração para óxido de ferro.

Apesar de hidrotermalizado, foi realizada análise de geoquímica (Anexo 5) utilizando o software GCDkit 5.0, foi gerado um diagrama QAP - Streckeisen (Figura 4.6) e classificado como um granodiorito, condizente com a petrografia.

**Figura 4.6:** Amostra de mão de granodiorito. E diagrama QAP gerado a partir da geoquímica da amostra TF18\_XIII\_006.

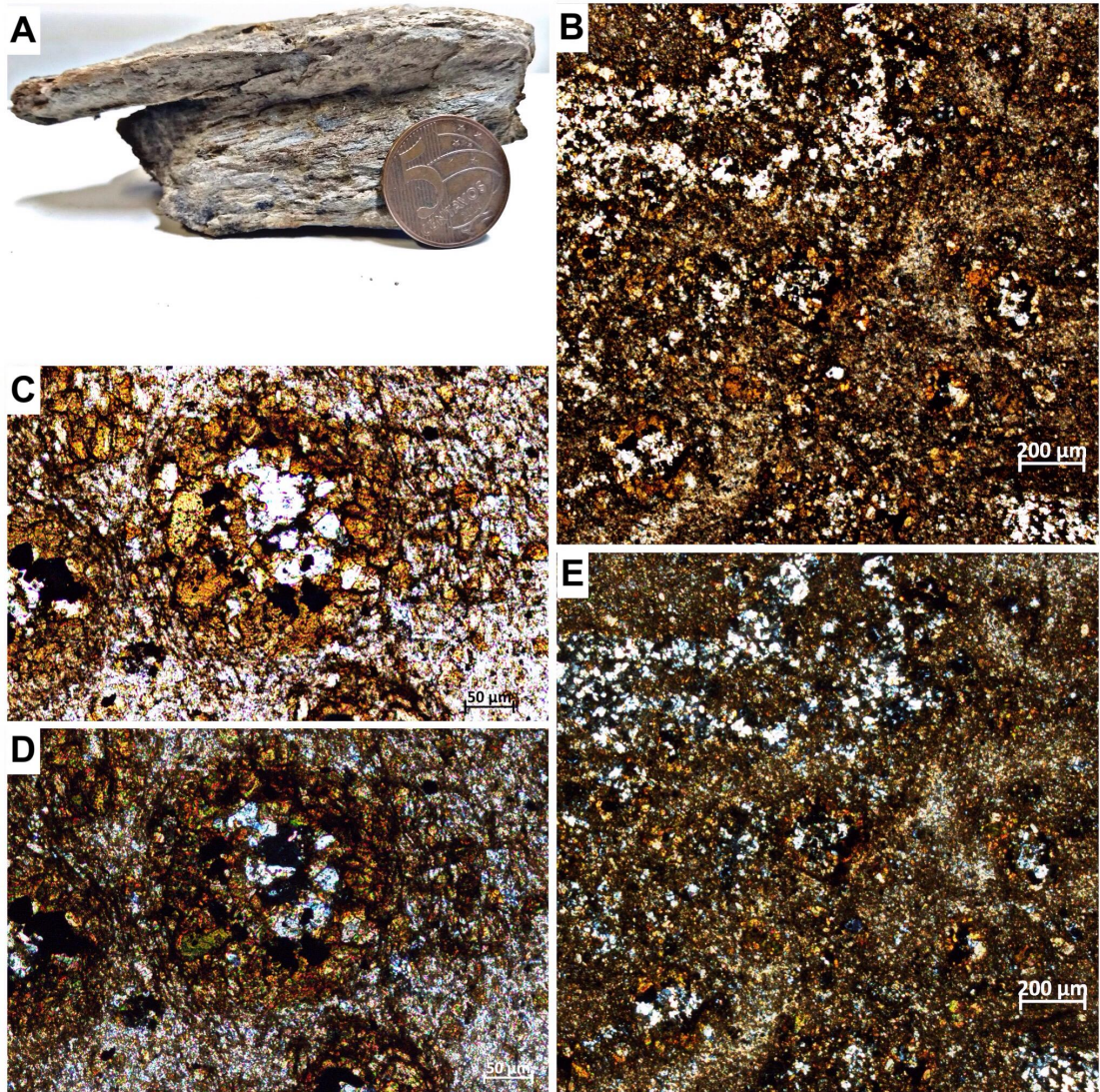


### 4.3.1.2 Xenólitos

O Granito Monte do Carmo possui ocorrências de xenólitos de coloração verde e matriz xistosa muito fina (Figura 4.7). Em lâmina delgada é possível identificar apenas uma matriz marrom fina composta por biotita, quartzo, óxidos, opacos e outros filossilicatos. A biotita é marrom e ocorre em escamas e em forma de seções basais, e o quartzo preenche interstícios e fraturas.

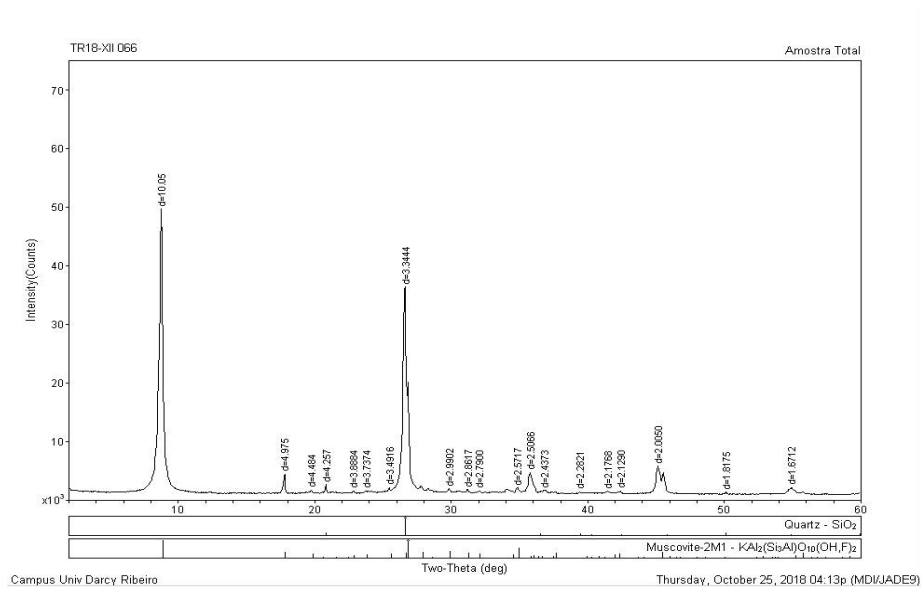
## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 4.7:** A: Amostra do xenólito alterada e friável. Fotomicrografias da Amostra TF-18-XIII-066 em nicóis paralelos (C e E) e nicóis cruzados (B e D). Matriz fina com mica branca, quartzo preenchendo fraturas, biotitas rodeando pseudomorfos circulares preenchidos por quartzo intersticial.



A amostra foi submetida a análises pontuais qualitativas em microsonda e difratometria de raio-x. O primeiro método revelou a presença de quartzo, biotita, monazita, holandita (óxido de bário e manganês) e rutilo, e que há inclusão de biotita nos óxidos de Fe euédrais. A difratometria de raio-x (Figura 4.8) indica os minerais que estão presentes em pelo menos 3% da amostra, indicando que os minerais que prevalecem são quartzo e moscovita. A rocha foi classificada como quartzito xisto.

Figura 4.8: Difratograma mostrando o resultado de análise em rocha total da amostra de xenólito.

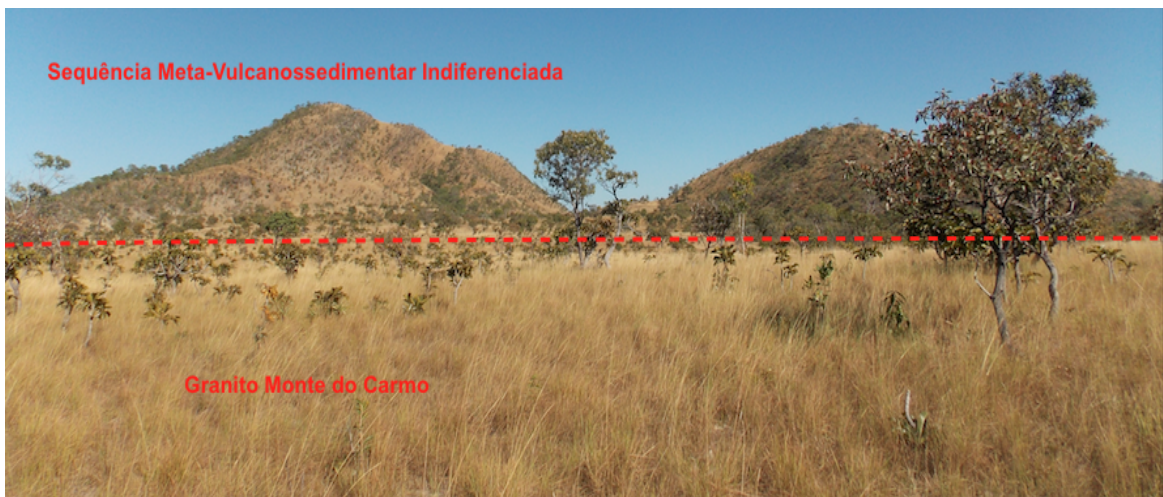


### 4.3.2 Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada

A Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada corresponde somente a 15% da extensão total mapeada. Nessas áreas desenvolve-se predominantemente cerrado rupestre sobre um relevo fortemente ondulado com declividade pouco íngreme a íngreme. Geram colinas dissecadas em um sistema de relevo de morros com vertentes suaves (Figura 4.9). O solo predominante nessa região é neossolo litólico.

As rochas observadas nessa unidade são quartzitos com lentes de metaconglomerado, xisto e meta-microgabro.

Figura 4.9: Relevo a sudeste da área XIII, acentuado na Unidade Metassedimentar Indiferenciada e plano no domínio do Granito Monte do Carmo.



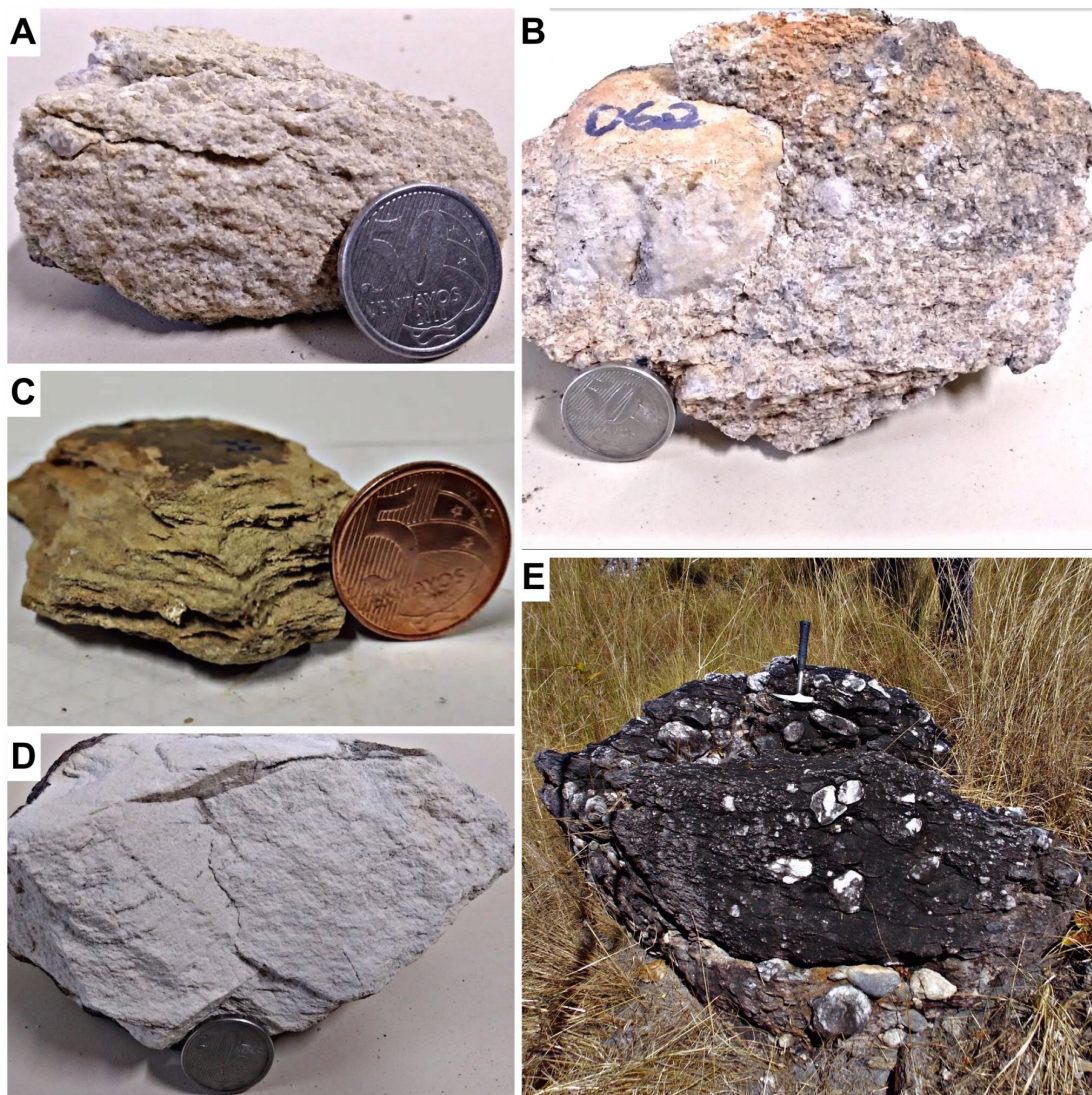
4.3.2.1 Rochas Metassedimentares

As rochas metassedimentares que compõem a Sequência Indiferenciada são quartzito, metaconglomerado e quartzo-moscovita xisto.

O quartzito pode apresentar estratificação cruzada tangencial e ocorre como quartzito puro e como moscovita-quartzito.

O metaconglomerado é polimítico, apresenta clastos arredondados e pouco esféricos de quartzito, feldspato e arenito fino, que variam de 2 mm a 10 cm (Figura 4.10).

**Figura 4.10:** Macrografia de: A e B: Metaconglomerado; C: Xisto; D: Moscovita-Quartzito; e E: Afloramento de metaconglomerado.



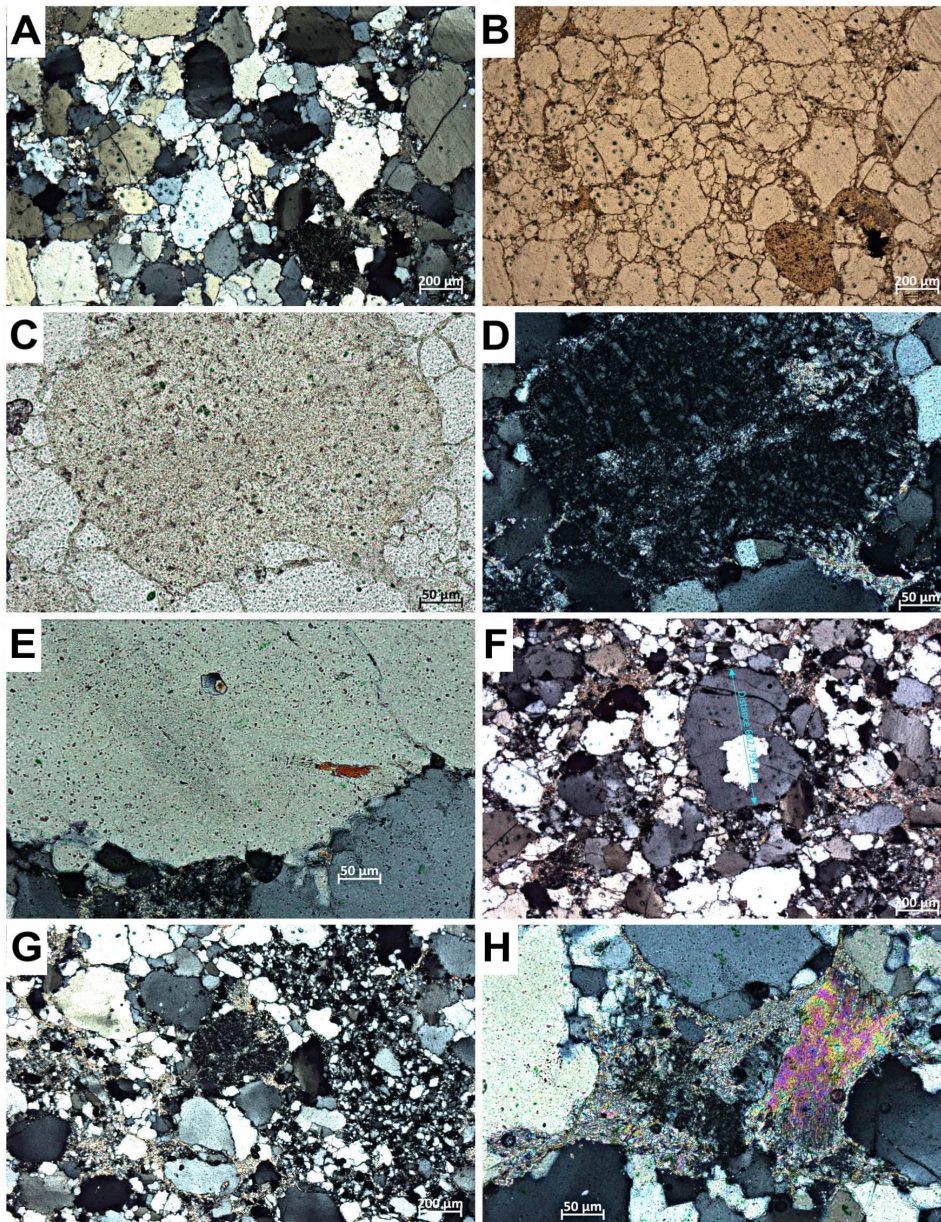
Identifica-se 90% de arcabouço (Figura 4.11), composto por quartzo monocristalino e policristalino, com extinção ondulante, feldspatos, fragmentos líticos de arenito fino, zircão e biotita. Fraturas nos grãos de quartzo aparecem preenchidas por óxidos de Fe. Apresenta



### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

comum poligonização e poucas migrações de borda de grão com rara formação de subgrãos. Os contatos são planares a lobulados, alguns com junção tríplice e, por vezes, côncavo-convexo. 9% correspondem à matriz arcoseana composta por quartzo, mica branca muito fina e moscovita. Observa-se, também, a geração de 1% de pseudomatriz de mica branca fina entre grãos de quartzo.

**Figura 4.11:** Fotomicrografias da Amostra TF-18-XIII-074q em nicóis paralelos (B e C) e nicóis cruzados (A, D, E, F, G e H). A e B: Arcabouço constituído por quartzo e feldspato, com matriz muito fina; C e D: Grão de feldspato; E: Biotita em quartzo; G: Grão de arenito fino; e H: Moscovita lamelar em meio a matriz fina de mica branca.

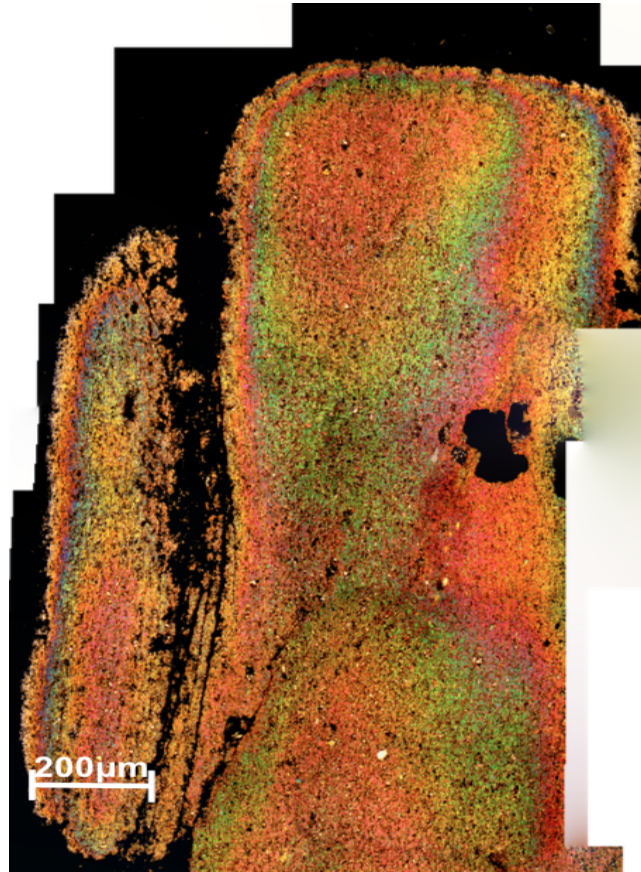


Os xistos desta unidade são classificados como quartzo-moscovita xisto, com predominância de textura lepidoblástica, com porfiroclastos de quartzo, seguindo a foliação

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

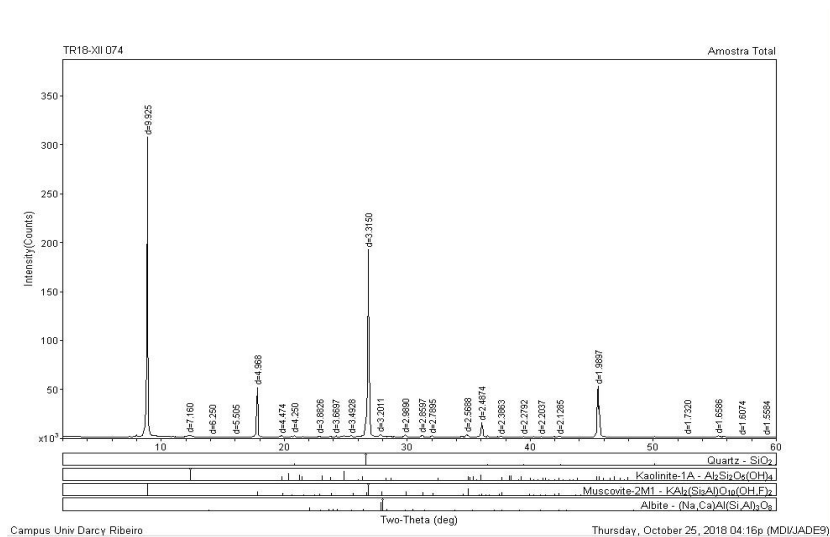
(Figura 4.12). São compostos por 80% moscovita, 15% quartzo, 3% de feldspato e 2% opacos. Os grãos de quartzo são subédricos a euédricos com tamanho médio de 0,7 mm.

**Figura 4.12:** Fotomicrografia do quartzo-moscovita xisto com aumento de 2,5X (TF18\_XIII\_44q).



Foram realizadas análises de difração de raio-x (Figura 4.13) para complementar a mineralogia em uma amostra de xisto e os resultados indicam presença de no mínimo 3% de quartzo, moscovita, albita e caolinita proveniente da alteração da albita.

**Figura 4.13:** Difratoograma mostrando o resultado de análise em rocha total da amostra de xisto.



### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Os resultados de análises laboratoriais indicam baixa porosidade, baixa susceptibilidade ( $0,11 \times 10^{-3}$  Kol) e densidade de  $2,23 \text{ g/cm}^3$  para os metaconglomerados e  $2,27 \text{ g/cm}^3$  para os xistos.

#### 4.3.2.2 Rocha Metabásica

A rocha metabásica tem ocorrência restrita na área XIII, localizada próximo à Zona de Cisalhamento Conceição e exposta em um único afloramento alongado por aproximadamente 5 metros, orientado paralelamente à direção da foliação regional NE (Figura 4.14). Esta rocha é caracterizada por granulação fina a média com xistosidade expressiva, possui coloração verde e é composta essencialmente por plagioclásio, hornblenda, actinolita, epidoto, clorita, magnetita, titanita.

**Figura 4.14:** Macrografia de meta-microgabro. A e B: Amostra verde, muito fina; C: Afloramento orientado segundo a direção da foliação regional, ponto TF18\_XIII\_059.

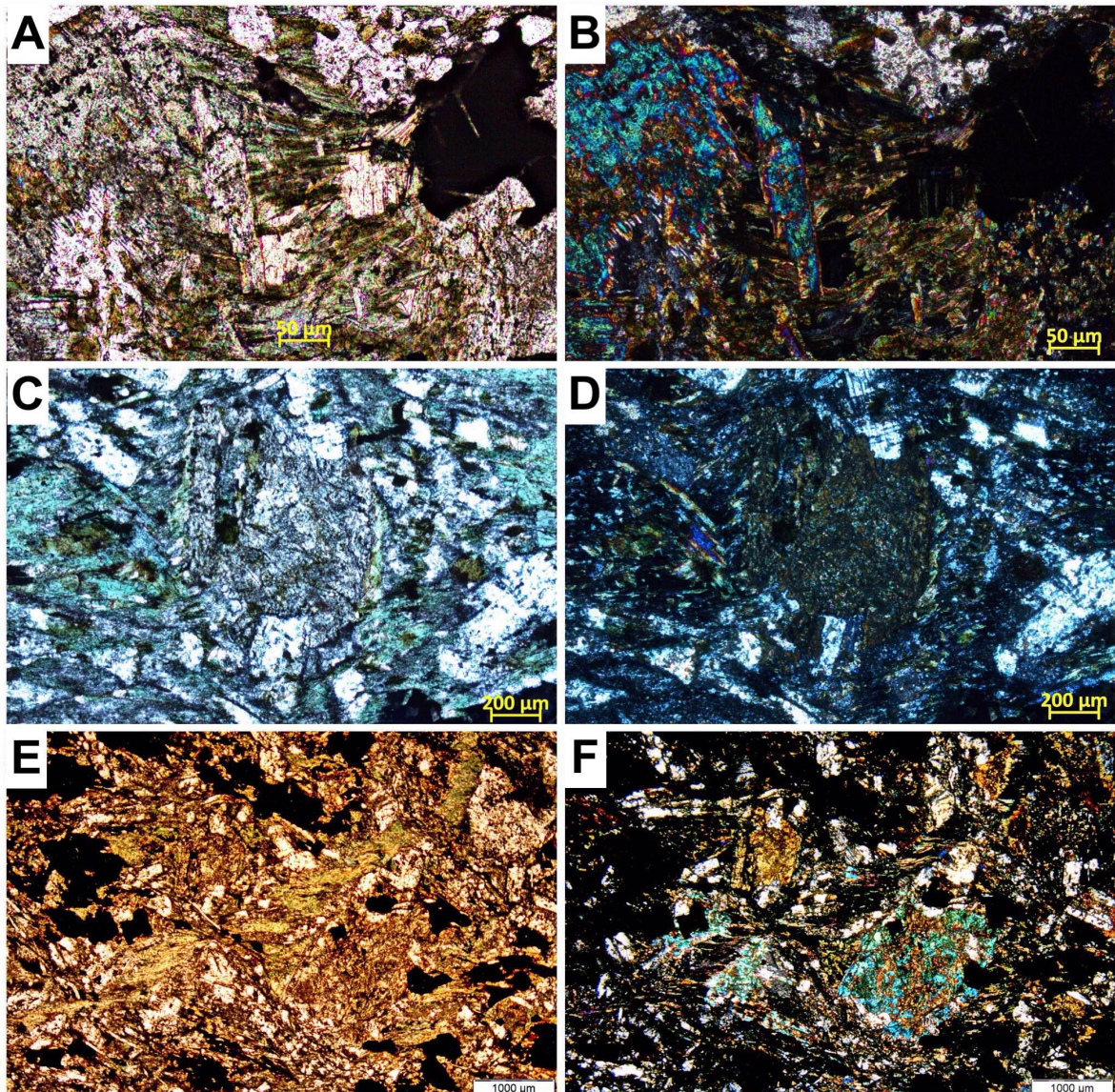


A rocha mantém sua textura ígnea subofítica (Figura 4.15). Os minerais presentes são plagioclásio (25%), clinopiroxênio (20%), actinolita (15%), biotita (12%), epidoto (11%), hornblenda (10%), quartzo (3%), magnetita (2%), ilmenita (2%), titanita (1%) e clorita (3%). O clinopiroxênio ocorre em fenocristais reliquiais, apresenta pleocroísmo amarelo-verde a

### Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

marrom e varia entre 0,06 a 0,12 mm. O plagioclásio aparece em ripas, que por vezes acompanham a foliação da rocha. A titanita ocorre com hábito losangular prismático e como alteração da ilmenita (mineral opaco alterando para marrom). A actinolita possui pleocroísmo verde pálido a verde azulado e hábito fibroso a tabular, assim como a hornblenda. A hornblenda também ocorre granular. A biotita é verde-marrom. O quartzo ocorre em forma de *blebs*, associados a hornblenda.

**Figura 4.15:** Fotomicrografias da Amostra TF-18-XIII-059 em nicóis paralelos (A, C, E e G) e nicóis cruzados (B, D, F e H). A e B: Actinolita deformada; C e D: Fenocristal reliquiar de clinopiroxênio rodeado por clorita, plagioclásio e epidoto; E e F: Trama xistosa.

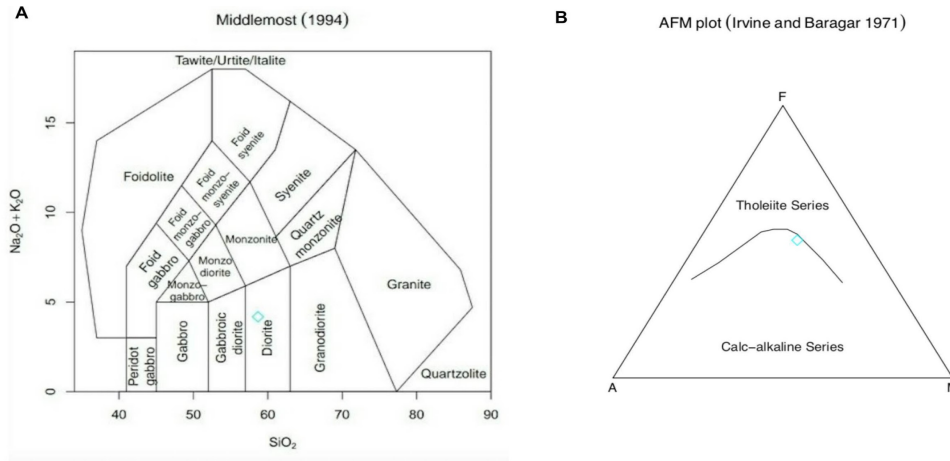


A rocha é uma calcoalcalina, metaluminosa classificada como um meta-microgabro, apesar de sua composição total ser compatível com dioritos, não há quantidade suficiente de quartzo para classificá-la como tal (Figura 4.16). Os resultados de petrofísica indicaram para essa unidade baixa densidade ( $1,32 \text{ g/cm}^3$ ) e alta porosidade. O valor de susceptibilidade desta

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

rocha é  $56,8 \times 10^{-3}$  Kol, devido à composição rica em Fe como a hornblenda, actinolita, biotita e magnetita.

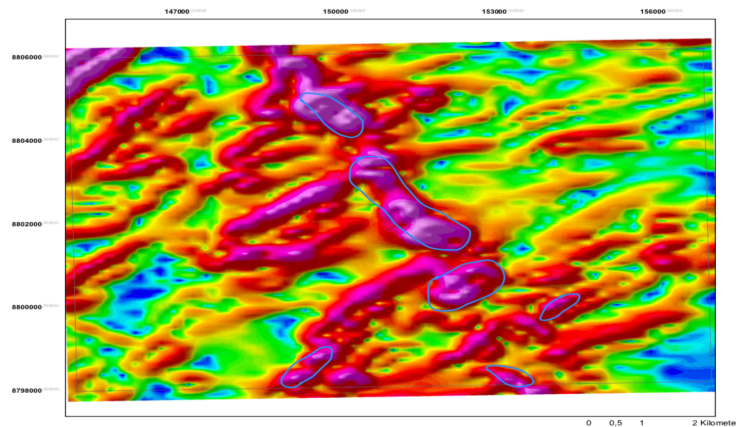
**Figura 4.16:** Diagramas gerados com a química de elementos maiores e traços para o meta-microgabro hidrotermalizado. A: Diagrama de TAS (Middlemost, 94) classifica a rocha como diorito; e B: Diagrama AFM (Irvine e Bargarar, 71) indica composição calcoalcalina.



### 4.3.3 Diques e Soleiras Máficas

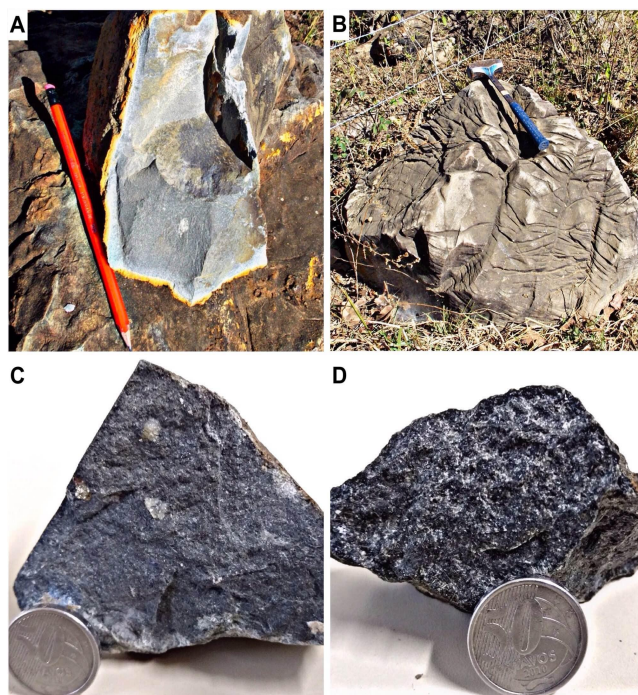
Diques e soleiras cobrem 3% da área e variam em granulação de finos a médios, alterando em poucos minerais sua composição química. Em campo foram recolhidas 13 amostras de mão, das quais foram feitas 4 lâminas delgadas (TF18\_XII\_01, TF18\_XII\_58, TF18\_XII\_109 e TF18\_XII\_145). Esta unidade ocorre em blocos rolados (Figura 4.18), alinhados às anomalias magnéticas do produto geofísico de gradiente horizontal total (GHT), onde respondem predominantemente como um alto magnetométrico, podendo também aparecer baixo (Figura 4.17). O padrão de relevo não se altera com a ocorrência dos diques, mantendo o padrão da rocha encaixante.

**Figura 4.17:** Produto magnetométrico de gradiente horizontal total, com destaque para os corpos mapeados de diques na área XIII.



## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Figura 4.18: A e B: Blocos gabróicos; C: Diabásio fino com pórfiros de pirita; e D: Gabro de granulação média.



Junto à petrografia, a análise de elementos maiores e traços e a petrofísica auxiliaram na divisão de três grupos de diques sendo o grupo 1 representada pelas amostra TF18\_XII\_145, o grupo 2 pela TF18\_XII\_58 e o 3 pelas amostras TF18\_XII\_109 e TF18\_XII\_01.

### 4.3.3.1 Grupo 1

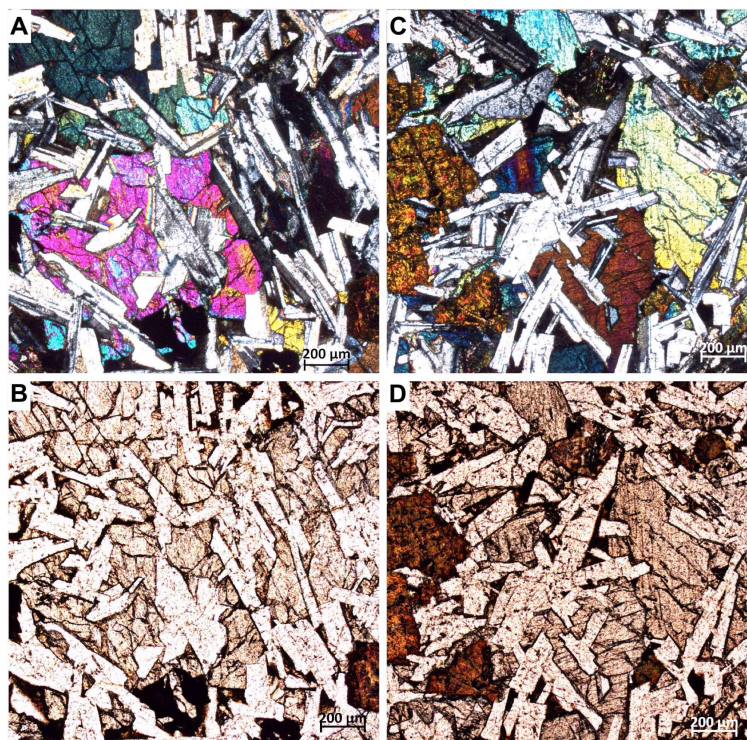
Representada por rochas de granulação média, mesocráticas, compostas predominantemente por olivina, clinopiroxênio e plagioclásio, alinhadas com anomalias E-W. Em lâmina delgada observa-se texturas intersetal, ofítica e subofítica, nas quais olivina (30%) e augita (18%) envolvem, parcial a completamente, ripas de labradorita  $An_{55}$  (30%) (3.16). A mineralogia acessória é constituída de minerais opacos médios (7%) e cristais de apatita curtos a alongados (1%) (Figura 4.19).

As alterações podem resultar em biotita (9%) sobre piroxênio e epidoto (5%) sobre os plagioclásio. Os cristais de plagioclásio ocorrem como ripas grossas bem formadas. A alteração da olivina forma a iddingsita, um agregado policristalino composto de esmectitas, clorita e goethita/hematita. Sua aparência é marrom avermelhada e ocorre sobre a olivina. A rocha é classificada como olivina-gabro.

Este grupo tem densidade aproximada em  $2,73 \text{ g/cm}^3$  e porosidade baixa. Os valores de susceptibilidade são altos, em  $30,7 \times 10^{-3} \text{ Kol}$ , isso ocorre por conta da composição rica em pirita e augita.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Figura 4.19:** Fotomicrografias da Amostra TF-18-XIII-145 em nicóis paralelos (B e D) e nicóis cruzados (A e C). A e B: Textura ofítica, com ripas de plagioclásio inclusas em cristais de clinopiroxênio; C e D: Textura subofítica, com ripas de plagioclásio parcialmente inclusas em cristais de clinopiroxênio. Em marrom, no canto esquerdo, cristal de olivina quase totalmente alterado para iddingsita. Matriz composta por prismas de plagioclásio (minerais brancos), clinopiroxênio (cristais castanhos claros de alto relevo) e opacos.



### 4.3.3.2

#### Grupo 2

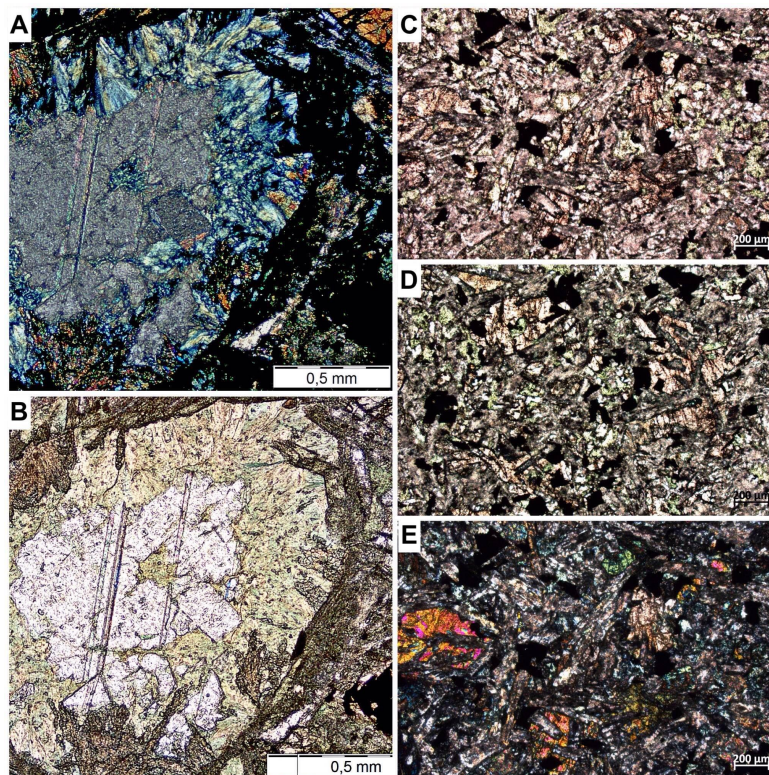
Rocha cinza, fina, porfírica com cristais médios de pirita e finos de plagioclásio, piroxênio e anfibólio, alinhadas com anomalias NW-SE. Em lâmina delgada observa-se texturas intersetal, coronítica e subofítica, a mineralogia é composta por andesina An<sub>30</sub> (30%), titanogaugita (20%), hornblenda (8%), apatita fina (2%) e opacos médios (5%). Os minerais secundários incluem clorita (15%), calcita (15%) e epidoto (10%). A clorita ocorre com pleocroísmo em tons verdes, é anédrica e apresenta birrefringência anômala cinza azulada a anil. A calcita ocorre como cristais finos a grossos, anédricos a subédricos, por vezes preenchendo vesículas (Figura 4.20). O plagioclásio aparece em ripas carbonatadas com bordas cloritizadas, além de ocorrer epidotizados. Os cristais de apatita aparecem prismáticos e em seção basal, pequenos, de relevo médio e apresentam cores de interferência cinza.

Este grupo tem densidade aproximada em 2,73 g/cm<sup>3</sup> e porosidade baixa. Os valores de susceptibilidade são altos, entre 20,7x10<sup>-3</sup> e 30x10<sup>-3</sup> Kol, isso ocorre por conta da

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

composição rica em pirita e titanogaugita. Com auxílio da geoquímica de elementos maiores e traços, a rocha é classificada como hornblenda-augita-diorito.

**Figura 4.20:** Fotomicrografias da Amostra TF-18-XIII-058 em nicóis paralelos (B, C e D) e nicóis cruzados (A e E). A e B: Vesícula preenchida por carbonato e clorita; C, D e E: Fotomicrografias com o intuito de destacar a mineralogia principal da rocha descrita neste ponto, matriz de titano-augita, clorita, plagioclásio, calcita, olivina e opacos.



### 4.3.3.3 Grupo 3

Caracteriza-se por rocha fina a média, por vezes porfirítica, de coloração cinza, alinhadas com anomalias NE-SW. Em lâmina delgada apresenta texturas hipidiomórfica, subofítica, intergranular e intersertal (Figura 3.18), é composta por plagioclásio (40%), clinopiroxênio (18%), hornblenda (5%), opacos (5%), vidro (5%), biotita (2%), titanita (2%) e apatita (1%), além dos secundários epidoto (15%), biotita (5%) e clorita (2%) (Figura 4.21). A alteração dos minerais e a granulação fina dificultam classificação do plagioclásio e do clinopiroxênio. Este grupo é representada por quartzo-gabro e quartzo-hornblenda-gabro hidrotermalizados.

Os cristais de plagioclásio variam de 0,2-0,8 mm quando tabulares e ocorrem, também, em forma de micrólitos. O mineral opaco varia de 0,1 a 0,6 mm e é magnetita, com preenchimento de hidróxido de Fe em suas fraturas. Os clinopiroxênios ocorrem granulares

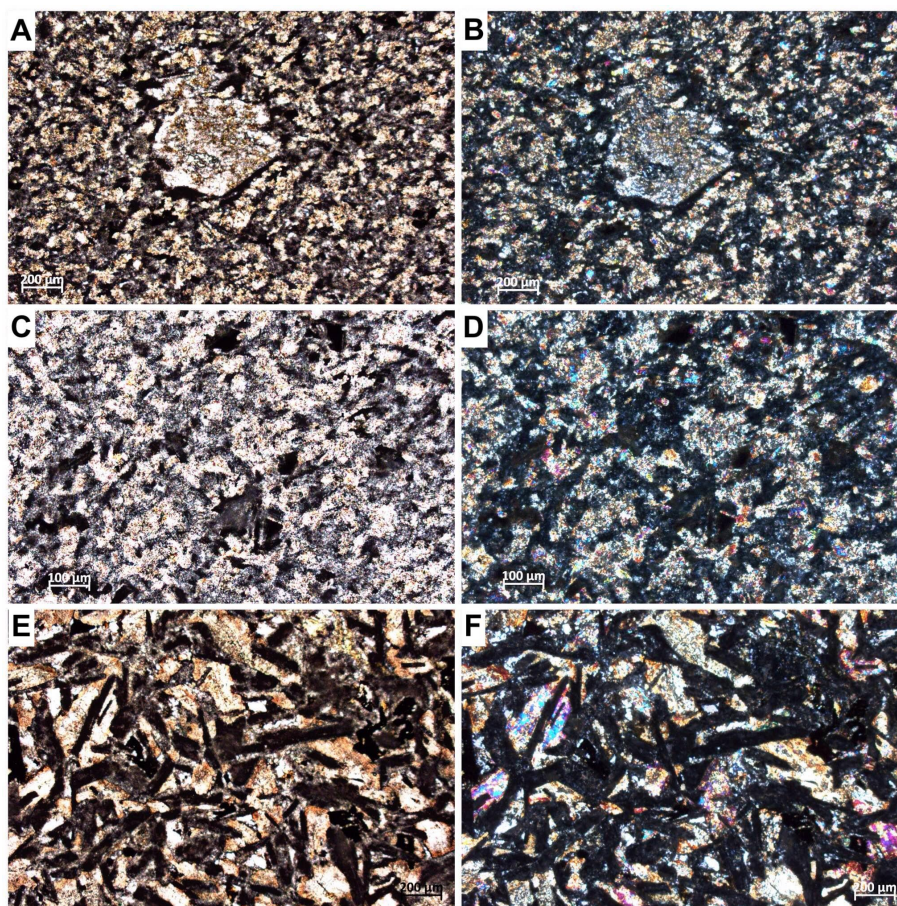


## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

subédrico, a apatita é prismática curta a longa. Aproximadamente 25% dos plagioclásios são secundários e intersticiais.

O grupo 3 apresenta densidade média em  $2,8 \text{ g/cm}^3$  e porosidade baixa, com baixa susceptibilidade (0,66 Kol) devido a mineralogia silicática. A baixa susceptibilidade magnética este grupo corresponde à baixos magnetométricos no produto GHT.

**Figura 4.21:** Fotomicrografias das Amostras TF-18-XIII-01 e TF-18-XIII-109 em nicóis paralelos (A, B e E) e nicóis cruzados (C, D e F). A e B: Porfiroclasto substituído por plagioclásio, quartzo, epidoto e opacos; C e D: Matriz fina composta por vidro, plagioclásio, epidoto e opacos; e E e F: Rocha de granulação média e textura subofítica com ripas escuras de plagioclásio alterado parcialmente inclusas em clinopiroxênio.



### 4.3.4 Cobertura Laterítica

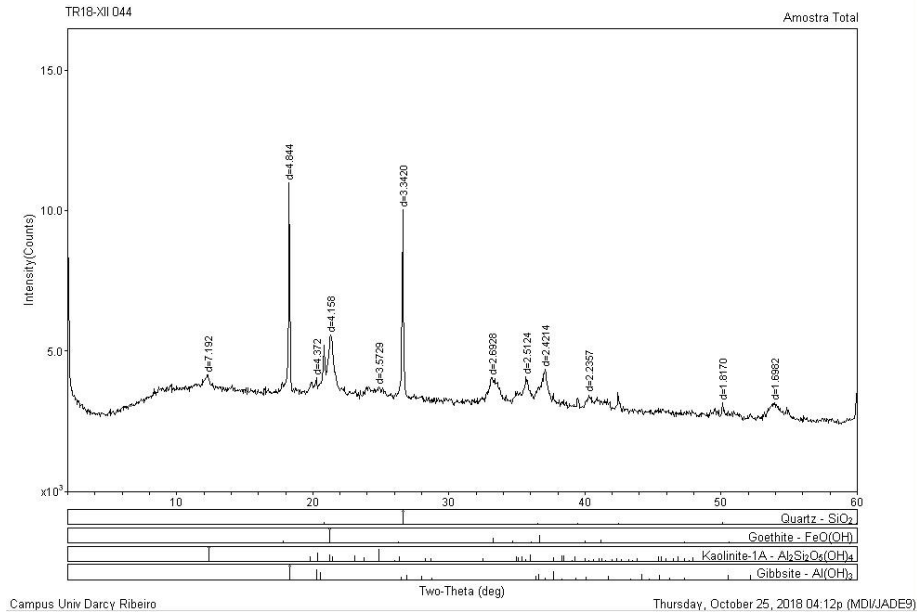
Cerca de 17% da área XIII é recoberta por crostas lateríticas e lateritos em blocos rolados. Encontram-se nas baixadas da área, onde o relevo é plano com declividade plana.

Os lateritos variam em tons de negro, amarelo bruno a ocre, branco e vermelho, apresentam texturas vermicular e psolítica. Os fragmentos de quartzo são angulosos (0,5-10 cm) e os de hematita esféricos (0,3-1 cm). Ensaios de difratometria de raio-x foram realizados para 3 amostras de laterito (TF18\_XIII\_044; TF18\_XIII\_039; e TF18\_XIII\_091), cujas

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

composição principal resume-se em gibbsita, caolinita, goethita e quartzo (Figura 4.22).

**Figura 4.22:** Resultado de análise de difratometria de raio-x da amostra TF18\_XIII\_044, representativa na área XIII.



### 4.3.5 Depósitos Aluvionares

Os depósitos aluvionares recobrem aproximadamente 13% da área XIII. São caracterizados como sedimentos inconsolidados associados a drenagens e áreas alagadas, tendo uma fração cascalhenta a arenosa predominante, e sedimentos finos com matéria orgânica.

### 4.4 GEOLOGIA ESTRUTURAL DO PROJETO

A região do Projeto Monte do Carmo é caracterizada por uma trama anastomosada de direção NNE-SSW, onde os contatos entre as unidades litoestruturais são representados por traços associados a zonas de cisalhamento. Apresenta-se muitas vezes cortada por falhas normais de direção NW-SE, segmentando unidades litoestruturais em diferentes níveis.

O mapeamento dessas zonas, assim como a definição dos domínios estruturais, utilizou da integração de dados de aeromagnetometria, imagens de satélite e dados de campo. Nas imagens de aeromagnetometria as zonas de cisalhamento são expressas na forma de estruturas de primeira ordem com forte contraste em relação às estruturas de segunda e terceira. Em imagens de satélite, apresentam forte controle sobre feições superficiais como serras, rios e drenagens, e em campo apresentam tramas miloníticas e outras estruturas indicativas de regime dúctil.

#### 4.4.1 Quadro estrutural regional

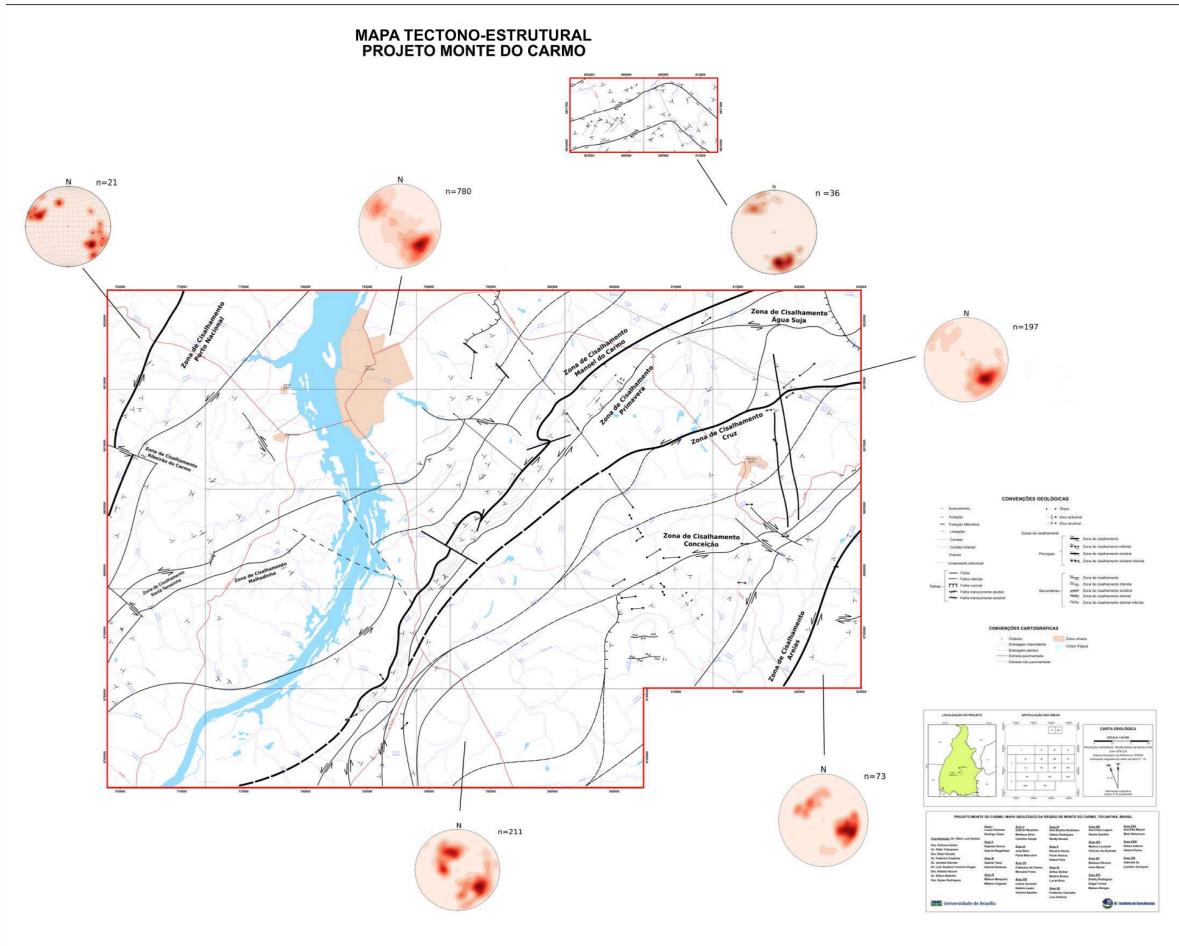
Foram individualizados 5 domínios tectônicos segmentado por 4 zonas de cisalhamento principais, denominadas de: Zona de Cisalhamento Porto Nacional (ZCPN), Zona de Cisalhamento Manoel do Carmo (ZCMC), Zona de Cisalhamento Cruz (ZCCz) e Zona de Cisalhamento Areias (ZCA) (Figura 4.23 e Anexo 9). Os domínios foram subdivididos através de variação de deformação e graus de metamorfismo.

A **ZCPN** está situada na parte oeste da área mapeada, apresenta traço sinuoso de direção NNE-SSW ao norte e N-S na porção sul. Possui aproximadamente 1,5km de espessura e extensão que extrapola a área mapeada. É caracterizada por cisalhamento de alto ângulo com cinemática sinistral.

A **ZCMC** é localizada na parte central do projeto e sua expressão em superfície é bem marcada pela serra homônima. Apresenta direção NE-SW nas porções norte e centro da área mapeada, e inflexiona próximo a extremidade sul, mudando a direção para N-S. É caracterizada por cisalhamento de médio a alto ângulo com cinemática sinistral.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

Figura 4.23: Mapa de elementos tectônicos regionais e domínios estruturais do Projeto Monte do Carmo.



A **ZCCz** compreende uma estrutura de aproximadamente 30 km, situada na porção centro-oeste da área. Apresenta direção NE-SW e cinemática sinistral e é caracterizada por um cisalhamento de médio a alto ângulo.

A **ZCA** é observada no extremo sudeste da área, com extensão de aproximadamente 10 km e direção NE-SW.

### 4.4.1.1 Domínio I

Localizado no extremo oeste do Projeto Monte do Carmo este domínio é delimitado a oeste da **ZCPN**. É constituído exclusivamente pelas rochas do Granito Matança, com fraca anisotropia na porção centro sul, a não ser por bandas de cisalhamento centimétricas, a intensamente milonitizado na porção norte. Essa fábrica tectônica penetrativa é restrita às bordas do corpo, apresenta alto ângulo (70° a 90°) e com direção predominante NNE-SSW.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### 4.4.1.2 Domínio II

Este domínio tectônico compreende uma extensa faixa de aproximadamente 30 km de largura e orientação NNE-SSW, sendo delimitado a oeste pela **ZCPN** e a leste pela **ZCMC**. Este setor tem como principal característica a foliação regional de médio a alto ângulo (55° a 90°) anastomosada com direção NE-SW a E-W o que acaba configurando uma geometria sigmoidal de cinemática sinistral. As zonas de cisalhamento Santa Teresinha (**ZCST**) e Malhadinha (**ZCM**) acompanham essa geometria sigmoidal. Um sistema de cisalhamento sinistral de direção NW-SE denominado de Zona de Cisalhamento Ribeirão do Carmo (**ZCRC**) é observado na porção central desse domínio. Estas estruturas deslocam as demais zonas de cisalhamento observadas.

As regiões nas zonas de cisalhamento apresentam trama milonítica de alto ângulo (70° a 80°) e lineações de estiramento mineral de baixo ângulo (15° a 20°). Essa fábrica tectônica é observada tanto nas bordas quanto nas porções centrais das rochas cristalinas do Complexo Granulítico Porto Nacional, Formação Morro do Aquiles, Suíte Aliança, Suíte Gabbro-Anortosítica Carreira Comprida e Suíte Lajeado.

### 4.4.1.3 Domínio III

Este domínio está localizado na porção nordeste da área do projeto. Compreende uma faixa de direção NE-SW de aproximadamente 26 km de comprimento e 15 km de largura. É delimitado a oeste pela **ZCMC** e a sul pela **ZCCz**. Engloba as unidades litoestratigráficas Intrusivas Máfica-Ultramáficas e a Sequência Metavulcanossedimentar Indefinida. Apresenta trama levemente anastomosada. Uma das principais características deste domínio são as dobras sinformes, fechadas, inclinadas, com caimento suave para NE. Esta faixa de dobramentos ocorre entre as **ZCMC** e a Zona de Cisalhamento Primavera (**ZCP**). As foliações regionais neste domínio são de mergulho moderado a alto, variando de 50 a 85 graus em direção NE-SW.

### 4.4.1.4 Domínio IV

O domínio IV localiza-se no centro-leste da área e compreende uma faixa de 30 km de largura por 50 km de comprimento que engloba a Sequência Metavulcanossedimentar Indefinida e a Suíte Plutono-Vulcânica Ipueiras, orientados predominantemente a NE-SW. É limitado pela **ZCMC**, a oeste, e pela **ZCA**, a leste.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Neste compartimento há o predomínio de foliação regional em rochas metassedimentares e diversas zonas de cisalhamento. Na extremidade oeste do domínio a foliação regional apresenta mergulho para WNW e a leste a foliação regional possui mergulho para ESE, constituindo uma estrutura regional.

Na porção central ocorre uma rotação na direção da foliação regional, observada tanto em campo quanto nos produtos geofísicos: as direções mudam gradativamente de N-S na extremidade sul da área para NE-SW à medida que se aproxima do centro da área do projeto, observada na Zonas de Cisalhamento Conceição. São impressas duas foliações superpostas, na forma de dobras com eixos NE-SW marcadas em imagens de satélite.

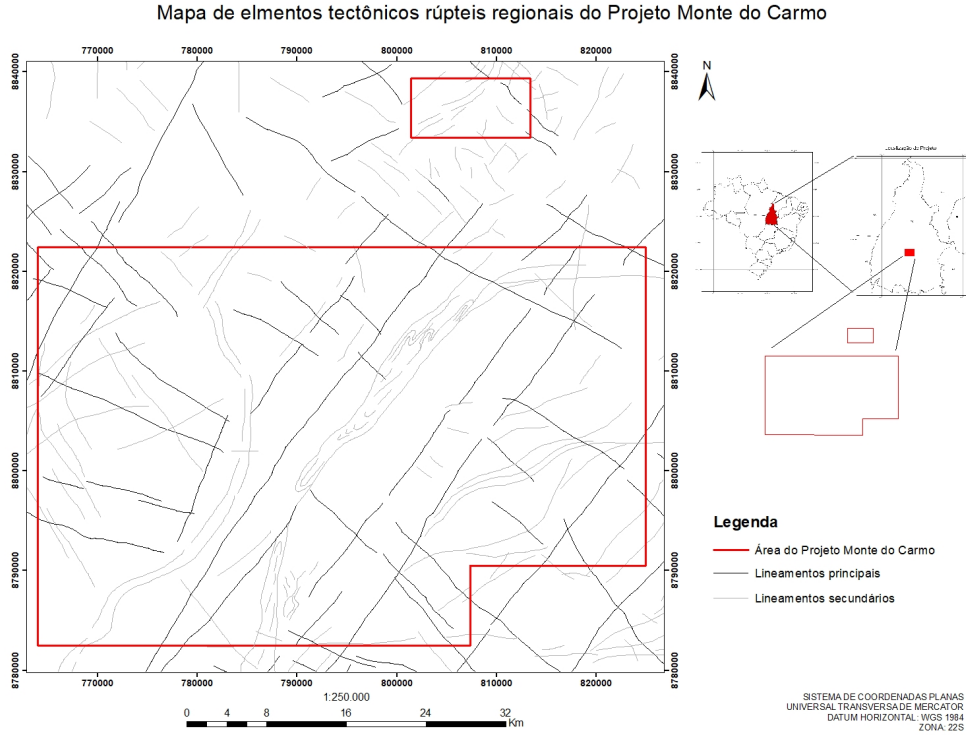
#### 4.4.1.5 Domínio V

Localizado na extrema posição sudeste da área mapeada este domínio é delimitado a oeste pela **ZCA**. Compreende uma faixa de aproximadamente 10km de largura e 10 km de comprimento que engloba a sequência vulcanossedimentar da Formação Monte do Carmo. Esse domínio é definido pela presença de falhas transcorrentes que cortam toda a área e zonas de cisalhamento de direção NE-SW nas rochas vulcânicas máficas, onde ocorrem baixos topográficos. As falhas transcorrentes são observadas na área em zonas de localização da deformação, por meio do adensamento de fraturas que acompanham a direção regional NE-SW. Observa-se também falhas, juntas e fraturas perpendiculares às estruturas principais.

Estruturas de regime rúptil-dúctil e rúptil são observadas ao longo de todos os domínios descritos. Estas estruturas consistem em duas famílias principais, uma de direção NE-SW e outra NW-SE (Figura 4.24). A interação entre essas duas famílias resulta em um recorte escalonado das unidades lito-tectônicas, marcada por um forte controle sobre as serras que circundam a área de estudo. Tais feições são observadas principalmente entre as cidades de Porto Nacional.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

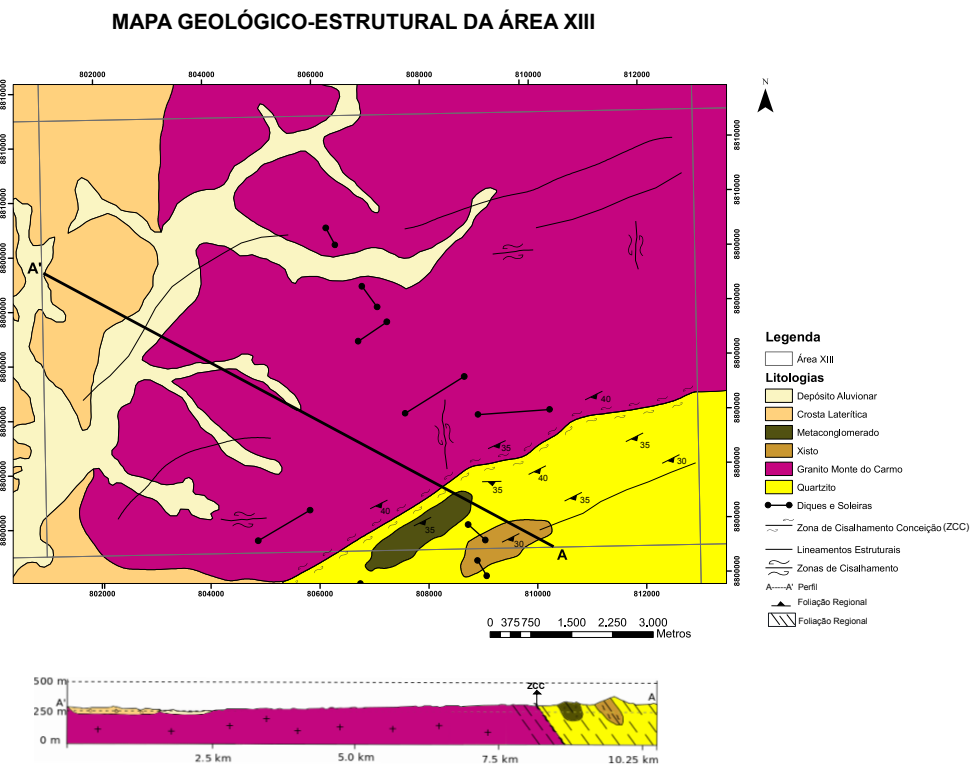
**Figura 4.24:** Mapa de elementos tectônicos rúpteis regionais do Projeto Monte do Carmo.



### 4.5 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA ÁREA XIII

A área XIII insere-se inteiramente no domínio tectônico IV (Figura 4.25 e Anexo 3).

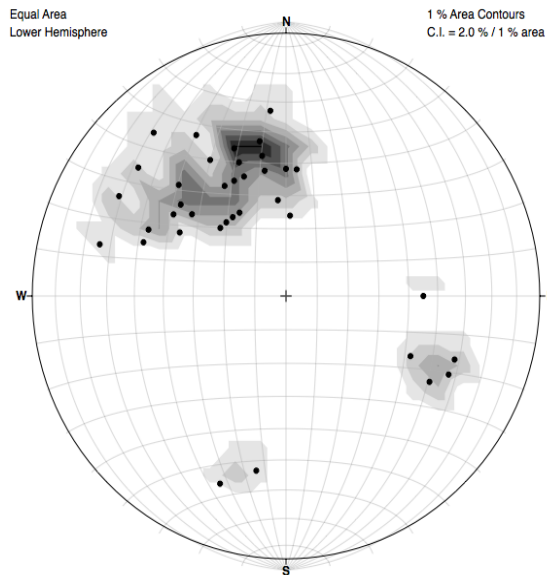
**Figura 4.25:** Mapa Geológico-Estrutural da Área XIII.



### 4.5.1 Foliação Regional

Estrutura planar de trama dúctil, pouco penetrativa na área XIII, cuja direção que varia de SW-NE a E-W com mergulho para sudeste em baixo a médio ângulo (Figura 4.26), representativas na porção sudeste da área. A medida de atitude principal é 170/40, variando mergulho e direção de acordo com a Zona de Cisalhamento Conceição.

**Figura 4.26:** Estereograma de foliação regional da área XIII, todas localizadas no domínio tectônico IV. Estereograma gerado com *software* Stereonet3D.



### 4.5.2 Zonas cisalhantes e elementos associados

Classificadas como feições das fases deformacionais dúctil-rúptil a rúptil-dúctil as zonas de cisalhamento são encontradas na área XIII no Granito Monte do Carmo e ao longo do contato com a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada.

#### 4.5.2.1 Zona de Cisalhamento Conceição

A principal zona de cisalhamento está na porção sudeste da área XIII e define o contato tectônico entre o Granito Monte do Carmo e a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada. Apresenta orientação WSW-ENE a WNW-ESE e cinemática transcorrente sinistral. Caracteriza-se pela geração de *tension gashes* e, também, pela presença de foliação S-C, com direções respectivas em 115-295 e 085-265, aproximadamente.

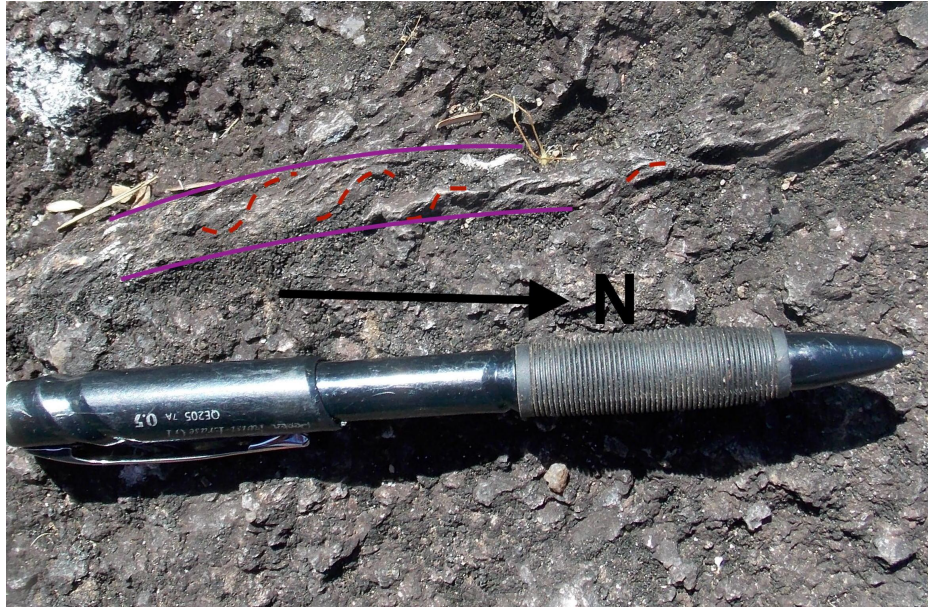


## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

### 4.5.2.2 Zonas de Cisalhamento locais

Zonas de cisalhamento pouco penetrativas ocorrem com direcionamentos N-S e E-W. Elas expõem foliação S-C (Figura 4.27), com direções em 140-320 e 170-350, respectivamente. As Zonas de Cisalhamento são centimétricas a métricas, não ultrapassando 2 metros de extensão (Figura 4.28).

**Figura 4.27:** Zona de Cisalhamento centimétrica de direção N-S, com destaque para: foliação S em vermelho; foliação C em rosa.



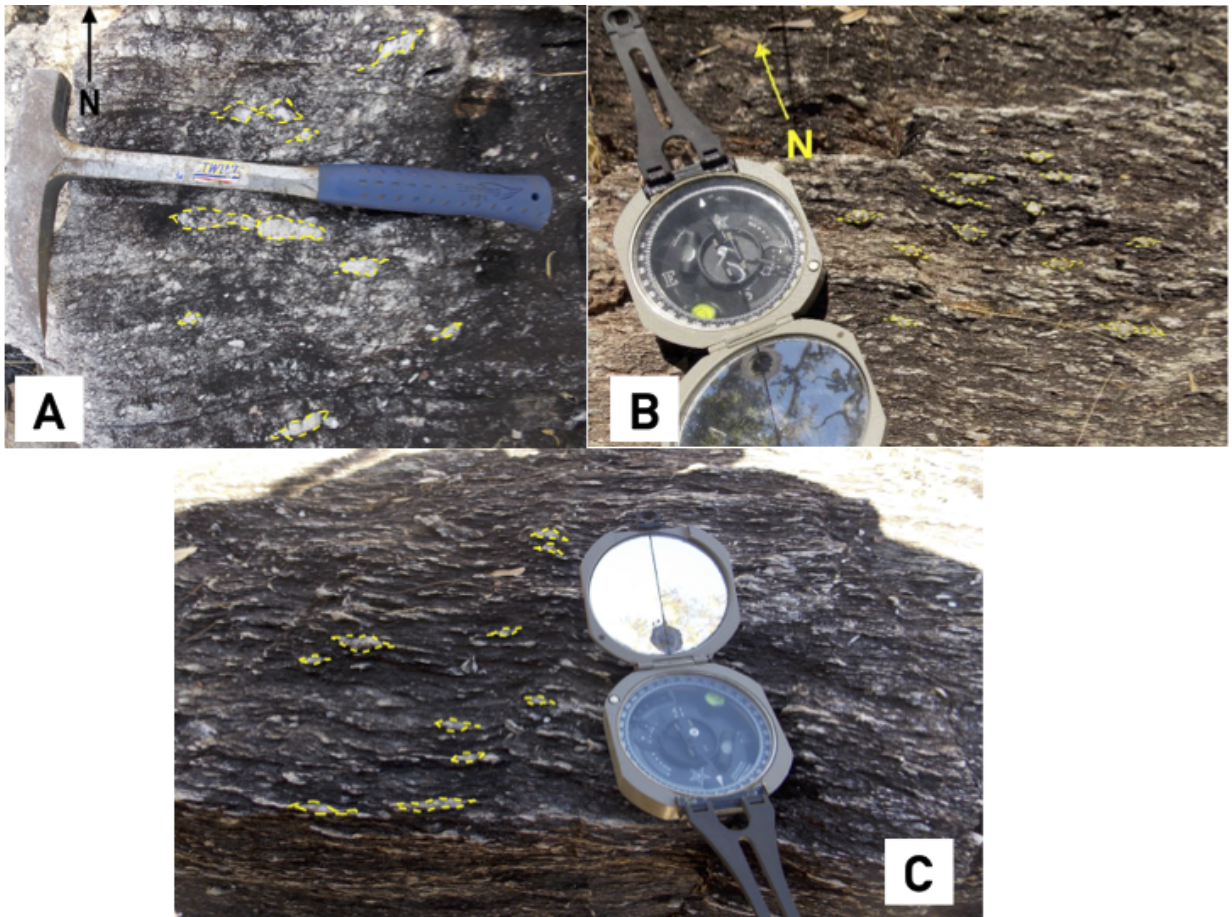
**Figura 4.28:** Zona de cisalhamento de direção 265-85.



4.5.2.3 Foliação Milonítica

Foliação proto-milonítica pode ser observada nas unidades granítica e quartzítica. É pouco penetrativa na área e caracteriza-se por aproximadamente 40% de matriz micácea orientada e cristais alongados, milimétricos a centimétricos, de quartzo e feldspato (Figura 4.29). A direção preferencial desta foliação é E-W.

**Figura 4.29:** Foliação Milonítica com direção E-W e destaque em amarelo para os milonitos, em: A: Quartzito; e B e C: Monzogranito.

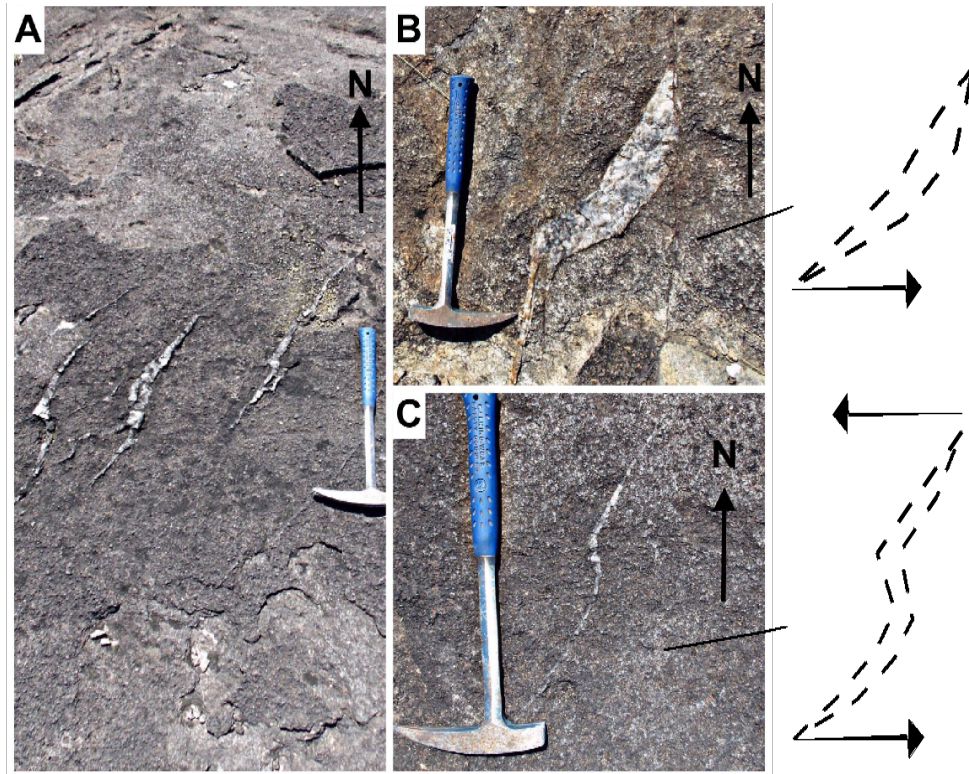


4.5.2.4 Tension Gashes

Nas adjacências da zona de cisalhamento Conceição, são observados *tension gashes*, gerados na fase rúptil-dúctil de zonas de cisalhamentos. Essas estruturas apresentam formato sigmoidal, por vezes, com dilatação volumétrica e bordas coincidentes com o plano de cisalhamento (Figura 4.30). As estruturas são aproximadamente N-S e associam-se à Zona de Cisalhamento Conceição (E-W).

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

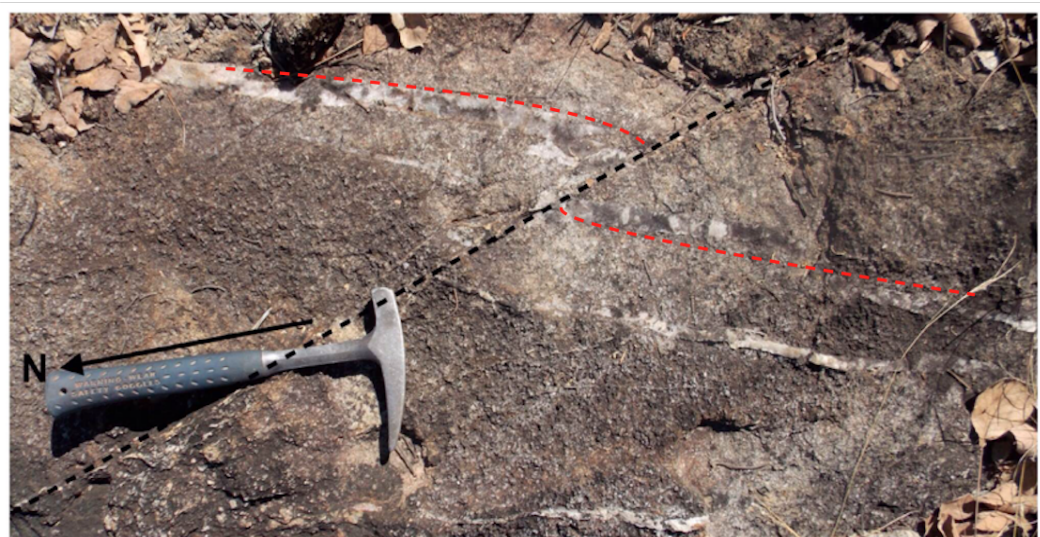
**Figura 4.30:** *Tension gashes* preenchidos por quartzo., gerados em zona de cisalhamento sinistral E-W. A e C: Deformação de *tension gashes* formando sigmóides com forma de “S”; e B: Desenvolvimento inicial dos *tension gashes* em cisalhamento sinistral.



#### 4.5.3 Falhas

As falhas possuem rejeito centimétrico observado no deslocamento de veios de quartzo. São de direção aproximadamente N-S e classificadas como falhas de rejeito direcional dextrais (Figura 4.31).

**Figura 4.31:** Falha de rejeito direcional dextral com direção 340-160. Destaque em preto para a falha e, em vermelho, para veios de quartzo deslocados.

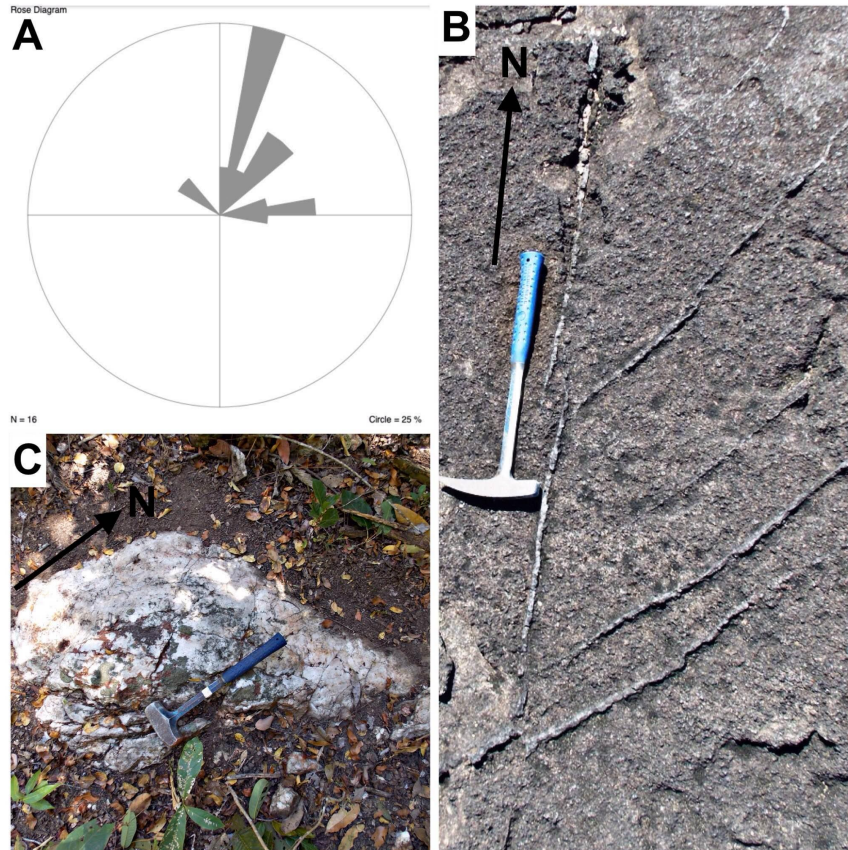


## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### 4.5.4 Veios

Ao longo de toda área estudada ocorrem veios quartzosos (centimétricos a métricos de espessura centimétrica) como na Figura 4.32. Estatisticamente os veios apresentam direção preferencial N010E.

**Figura 4.32:** A: Diagrama de roseta para as direções de veios, criado com o *software* Stereonet3D; B: Veio N-S e *tension gashes* SW-NE em monzogranito; e C: Veio de quartzo N020E.



### 4.5.5 Fraturas

As fraturas da área XIII foram agrupadas em 3 famílias de fraturas subverticais, sendo elas as famílias N-S, NW-SE e NE-SW. A família mais frequente é a N-S, seguida pelo par conjugado NW-SE e NE-SW (Figura 4.33).

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Figura 4.33:** Diagrama de rosetas para as juntas da área XIII, com destaque para juntas N-S, NE-SW e NW-SE em granodiorito. Diagrama gerado com *software* Stereonet3D.



### 4.5.6 Diques

Os diques de composição gabróicas estão alinhados às grandes estruturas regionais observadas em produtos da magnetometria como a imagem GHT. Cortam as foliações desenvolvidas na encaixante e preenchem fraturas desenvolvidas na fase rúptil da deformação. As direções dos diques são N45E, N45W e E-W.

### 4.5.7 Proto-cataclasitos

Proto-cataclasitos são observados em granitos. Essas estruturas são caracterizadas por aproximadamente 20% de matriz muito fina da rocha, composta por pseudotaquilitos preenchendo as fraturas (Figura 4.34). A principal direção de rompimento é N-S, seguida por NE-SW e NW-SE.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

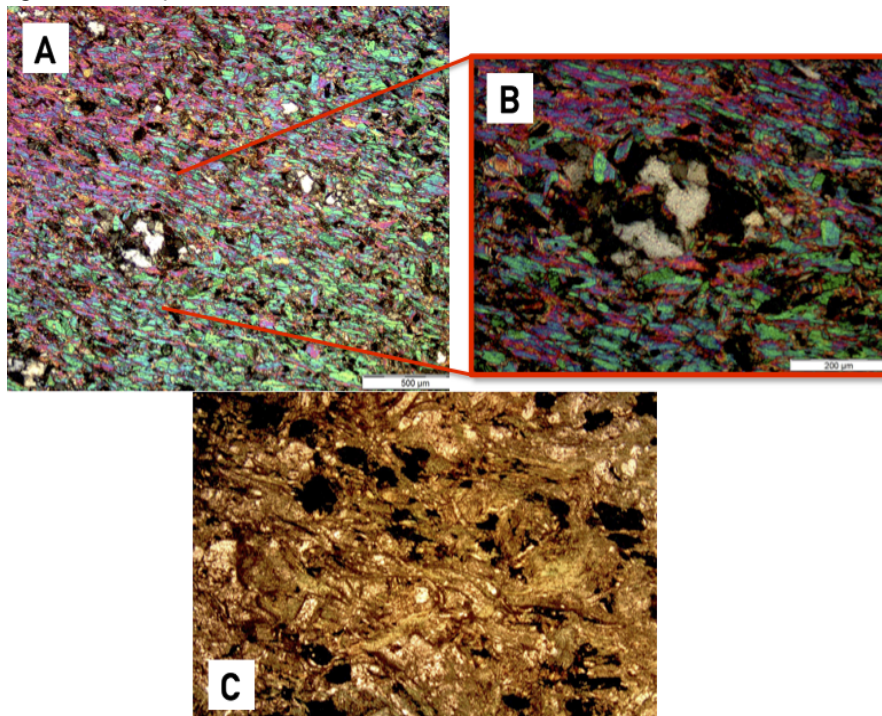
**Figura 4.34:** Afloramento de monzogranito em deformação rúptil, onde a brechação gerou proto-cataclase.



### 4.5.8 Microestruturas

Observa-se xistosidade (Figura 4.35) em xisto e rocha metabásica. Nos xistos as moscovitas estão orientadas segundo a foliação, enquanto na rocha metabásica há orientação de anfibólios e plagioclásios. O granito da área possui biotitas deformadas em *kink bands* e cristais de quartzo com extinção ondulante, por vezes recristalizados e/ou com desenvolvimento de subgrãos.

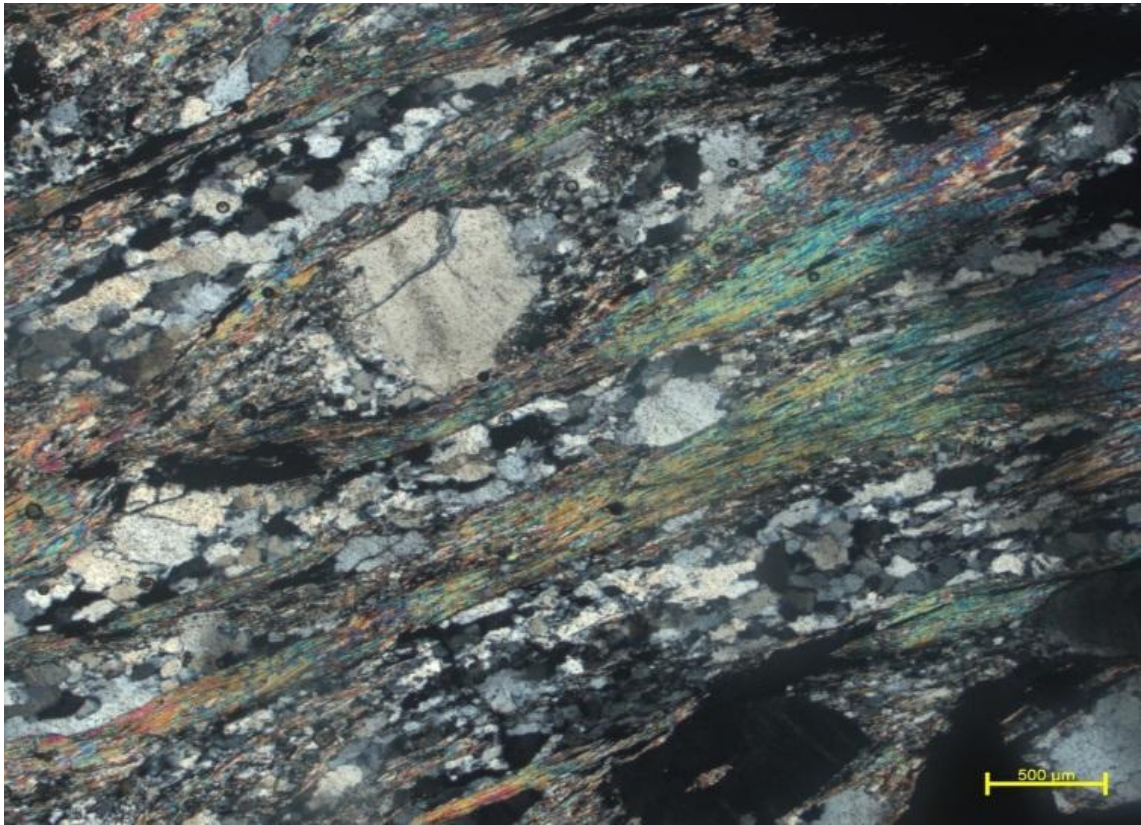
**Figura 4.35:** A: Xisto lepidoblástico, com foliação explícita das lamelas de moscovita com destaque para porfiroclastos de quartzo (B); e C: Rocha metabásica, sob nicóis paralelos, onde actinolita e hornblenda estão organizadas segundo a foliação.



### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Em rochas proto-miloníticas de protólito granítico, estão presentes microestruturas miloníticas caracterizadas por aproximadamente 40% de matriz de moscovita. Apresentam sigmóides abertos e fechados delimitados pelas moscovitas e preenchidos por *ribbons* de quartzos. Ocorrem cordões centimétricos de quartzo. Apresentam rara extinção ondulante e contatos lobulados, comum poligonização e poucas migrações de borda de grão com rara formação de subgrãos (Figura 4.36).

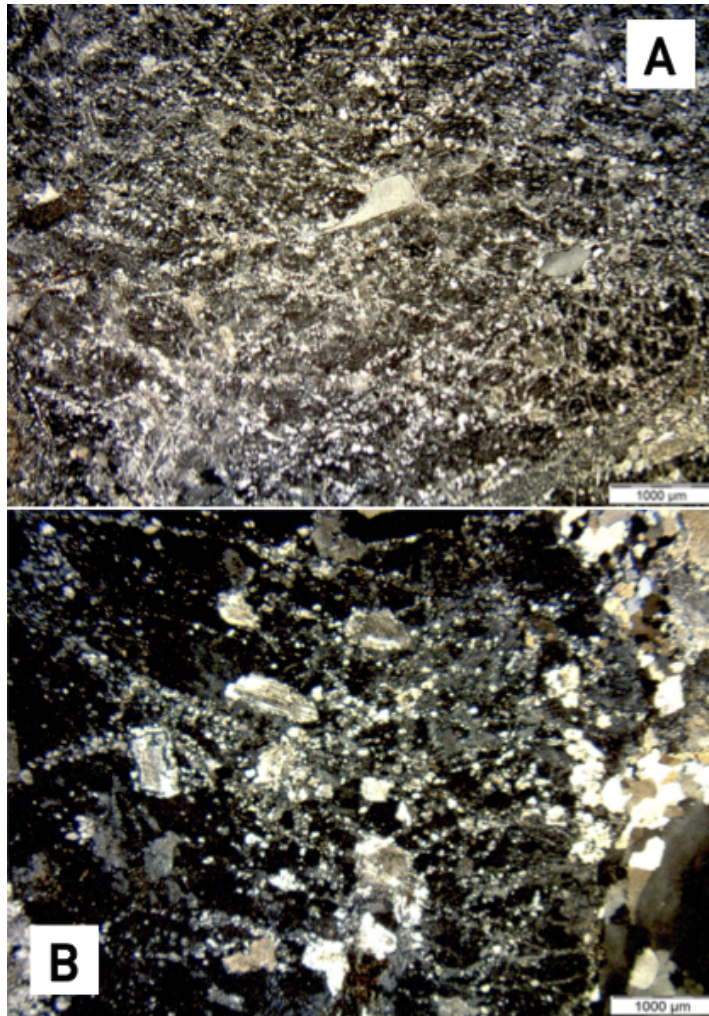
**Figura 4.36:** Protomilonito, com textura lepidoblástica, porfiroclastos de quartzo e cordões de quartzos recristalizados, segundo a foliação. Os grãos primitivos de quartzo encontram-se bordejados por pequenos grãos recristalizados.



Nas microestruturas relacionadas à deformação rúptil, destaca-se intenso fraturamento e o preenchimento das fraturas (30-35%) por grãos finos quartzo-feldspáticos e um porção pseudotaquilitica, caracterizando proto-cataclasitos (Figura 4.37).

### Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 4.37:** Lâmina delgada de monzogranito sob luz polarizada. A amostra encontra-se intensamente fraturada, com as superfícies das fraturas preenchidas por novos cristais finos de quartzo, , e pseudotaquilito.





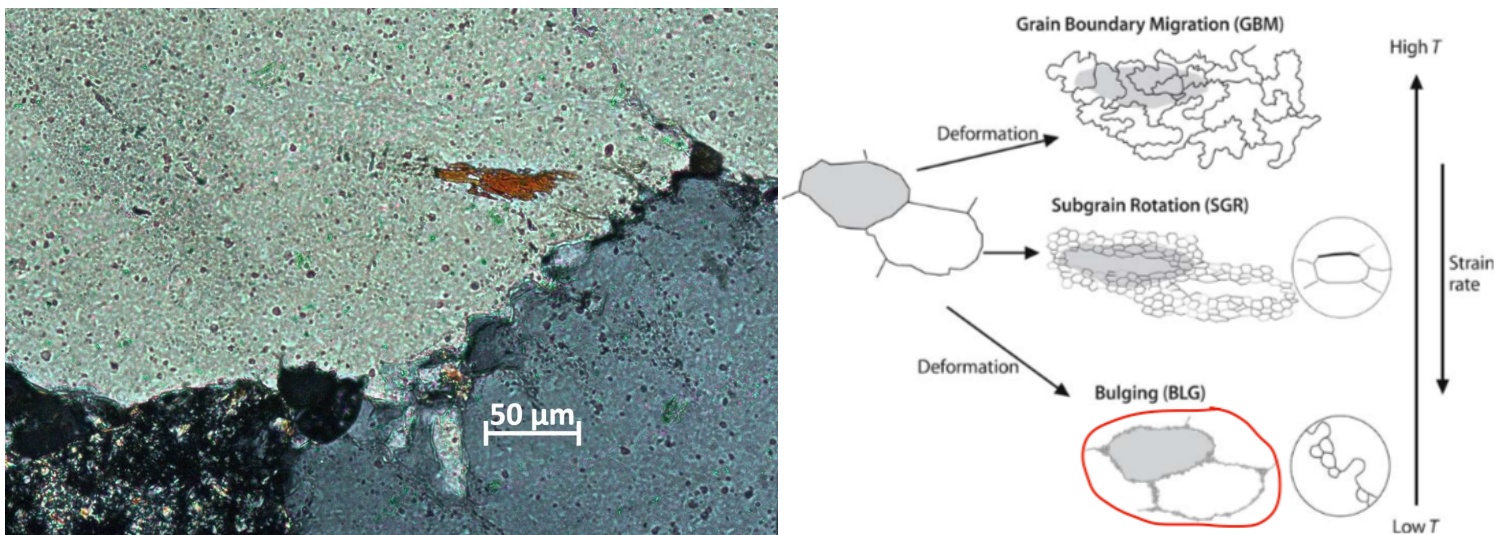
## 4.6 METAMORFISMO

Na área XIII a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada e a Suíte Ipueiras encontram-se metamorfizadas em fácies xisto-verde. Destaca-se que, para a área XIII, as unidades apresentam alteração hidrotermal, logo, assume-se um sistema com percolação significativa de fluidos hidrotermais externos.

### 4.6.1 Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada

Metamorfizadas em fácies xisto-verde baixo, as rochas metassedimentares (compreendem 99% da Sequência Metavulcanossedimentar) apresentam uma paragênese metamórfica composta por quartzo, moscovita e albita. O nível de migração de borda dos cristais de quartzo é classificado como BLG (migração de limite de grão de baixa temperatura ou recristalização), que segundo Passchier & Trouw (1996) caracteriza condições baixas de metamorfismo (Figura 4.38).

**Figura 4.38:** Fotomicrografia de metaconglomerado, onde há recristalização de borda do tipo BLG, à esquerda. A direita destaca-se o processo de recristalização de borda (Passchier & Trouw, 1996).



Nas rochas metabásicas a hornblenda primária foi parcialmente substituída por actinolita, biotita e clorita, enquanto no plagioclásio crescem minerais do grupo do epidoto. Outras feições metamórficas correspondem a substituição da ilmenita por titanita, e a formação de *blebs* de quartzo associados a hornblenda.

O metamorfismo das rochas metabásicas em fácies xisto-verde baixo é identificado pela paragênese albita + actinolita + epidoto + clorita + biotita + magnetita + titanita, representada pela tabela de mudanças minerais progressivas em fácies xisto-verde a anfíbrito

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

de metamorfismo para rochas meta-máficas (Figura 4.39). Esta paragênese indica um intervalo de temperatura entre 300° C e 450° C e de pressão de 0,2 a 0,4 GPa, em fácies xisto verde baixo (Bucher & Grapes, 2010).

**Figura 4.39:** Mudanças minerais progressivas em fácies xisto-verde a anfibolito de metamorfismo para rochas meta-máficas. Em vermelho destaca-se a paragênese metamórfica das rochas metabásicas da Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada. Retirada de Passchier & Trouw (1996).

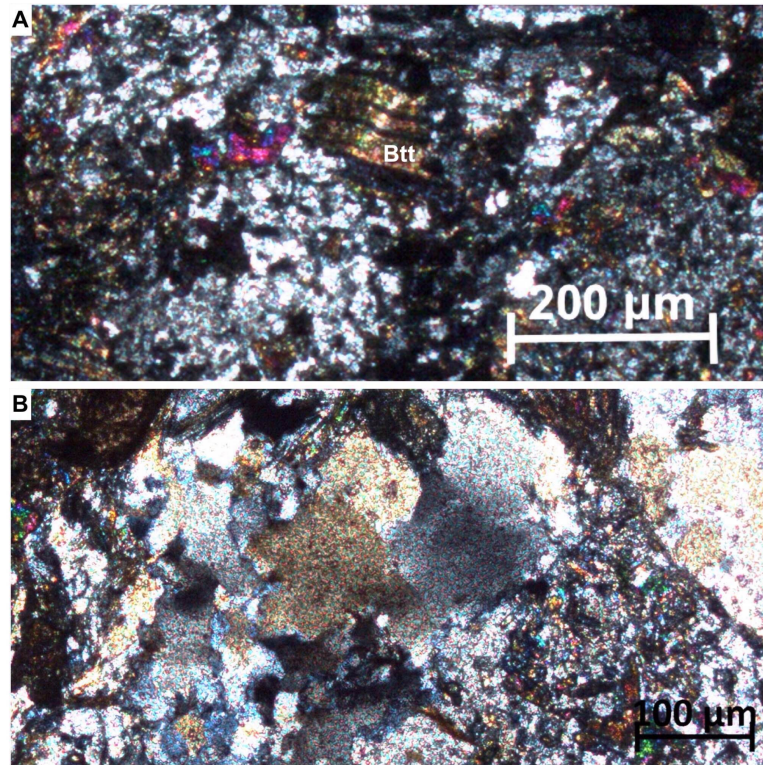
Metamorphic facies	Greenschist		Amphibolite		
Mineral zoning	Chlorite	Biotite	Garnet	Staurolite	Sillimanite
<b>Metamafites</b>					
Albite	—————	-----			
Albite-oligoclase		-----	—————		
Oligoclase-andesine				—————	
Andesine					—————
Epidote	—————	—————	—————		
Actinolite	—————	-----		green	green and brown
Hornblende		blue-green			
Chlorite	—————	-----			
Calcite	-----	green-brown		brown	
Biotite		—————	—————		-----
Muscovite	-----				-----
Quartz	-----				-----

### 4.6.2 Granito Monte do Carmo

Em função de sua mineralogia primária corresponder na maioria a fases minerais desidratadas (quartzo e feldspatos), não há geração de fases minerais em fácies metamórficas de baixo grau, mas deve-se levar em consideração a alta temperatura de cristalização destes corpos, isto é, sua mineralogia é originalmente estável sob condições de mais alta temperatura e pressão. Contudo, os cristais de quartzo de tais rochas apresentam extinção ondulante, contatos engrenados a lobulados e formação de subgrãos, além de deformação em *kink bands* (Figura 4.40), caracterizando recristalização do tipo BLG, na fácies xisto-verde baixo (Passchier & Trouw, 1996) em temperaturas médias entre 300° C e 450° C e pressão 0,2 a 0,4 GPa.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Figura 4.40:** Fotomicrografias de monzogranitos onde há recristalização de borda do tipo BLG. A: Biotita deformada em *kink bands*; e B: Cristais de quartzo com extinção ondulante e contatos lobulados.



No processo de alteração hidrotermal o plágioclasio altera para epidoto, sericita e caolinita, a granada para biotita, biotita para clorita e feldspato potássico para argilominerais e sericita.

CAPÍTULO 5

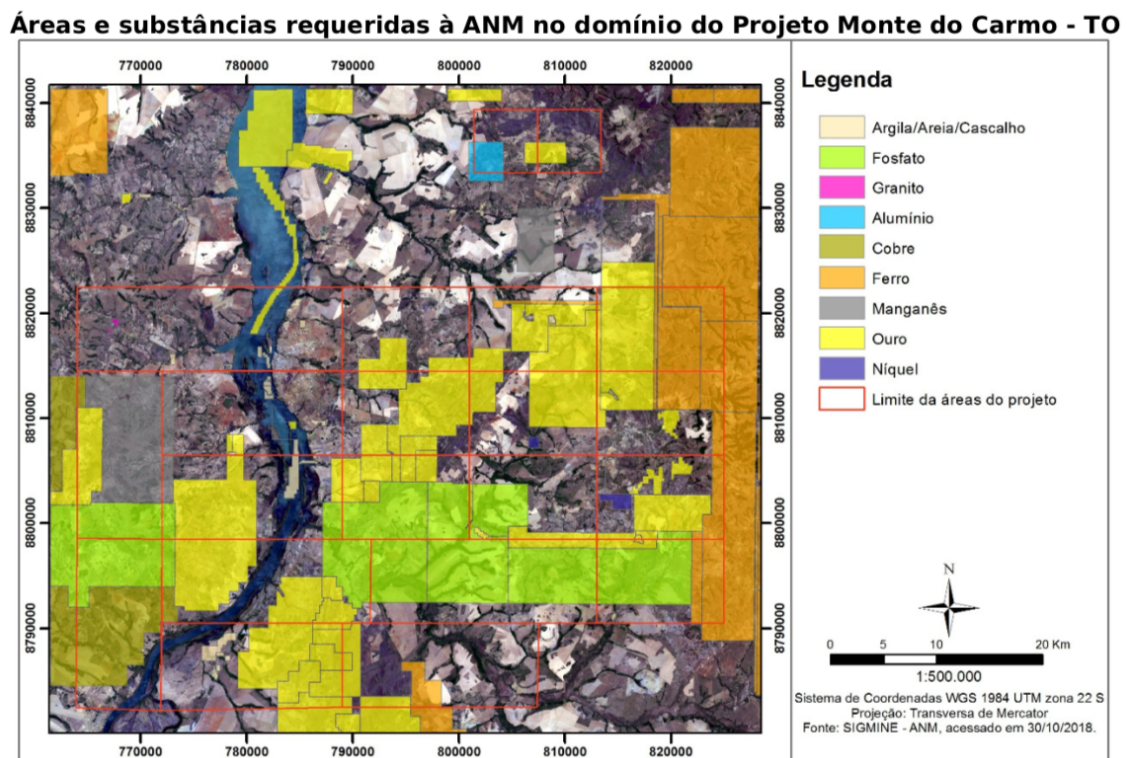
5. GEOLOGIA ECONÔMICA

5.1 INTRODUÇÃO

A região de Monte do Carmo e Porto Nacional é historicamente conhecida por suas inúmeras ocorrências de mineralizações de ouro em distintos contextos geológicos, o que faz da região um distrito aurífero. São conhecidas mineralizações em rochas máficas, ultramáficas e graníticas, sempre associadas a fortes controles estruturais. As atividades de exploração de ouro na região remontam ao século XVIII, quando bandeirantes começaram a extração na região, e durante muito tempo a produção de ouro limitou-se a atividades garimpeiras. Devido ao elevado potencial aurífero, programas de exploração mineral para ouro foram iniciados em meados dos anos 70, com campanhas minerais de diferentes mineradoras, como a Rio Novo, Kinross Gold Corporation, Mineração Taboca, Paranapanema Mining, Monte Sinai LTDA e Cerrado Gold Inc.

A região também apresenta outras ocorrências minerais diversas (Figura 5.1). Os ambientes e processos metalogenéticos observados e estudados durante o trabalho de mapeamento são variados e apresentam potenciais econômicos distintos, sob a perspectiva de exploração de diferentes recursos. Mesmo sendo uma área com um grande potencial, não há uma exploração expressiva.

Figura 5.1: Mapa de substâncias requeridas à ANM na área do Projeto Porto Nacional.



### 5.2 OCORRÊNCIAS E POTENCIAIS MINERAIS REGIONAIS

#### 5.2.1 Ouro

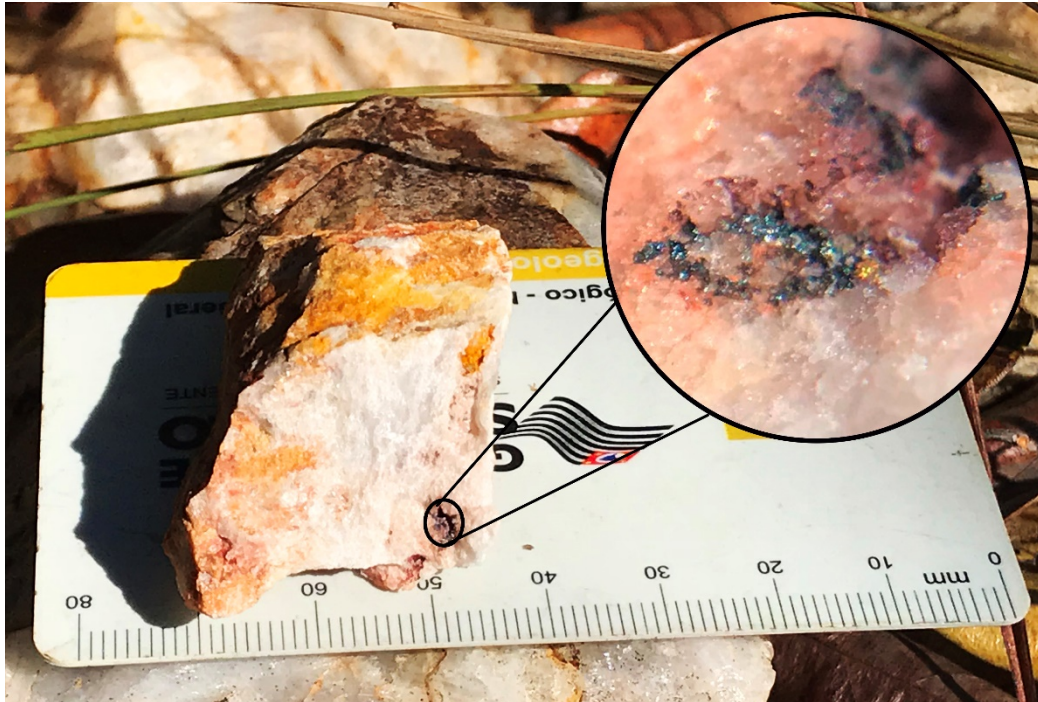
Garimpos, cavas e pequenas empresas de mineração evidenciam o potencial econômico na exploração de ouro do distrito de Monte do Carmo. Na literatura são descritas inúmeras ocorrências auríferas hospedadas em veios de quartzo em corpos graníticos, xistos, paragneisses e milonitos. O Granito Montedo Carmo possui um depósito em fase de pesquisa mineral, denominado de Depósito Serra Alta, operado pela empresa Cerrado Gold Inc, localizado na área IX. A mineralização se caracteriza como do tipo *intrusion related*, formada por dois sistemas de veios e vênulas que se interconectados em duas direções principais, NE-SW e NW-SE, desenvolvidos na cúpula do granito e associado a zonas de alteração hidrotermal, com presença de ouro associada à pirita, galena, esfalerita e calcopirita (Maia, 2016).

Outro depósito existente na região estudada é o Depósito Manduca, na área XII. A mineralização está relacionada a fraturas e zonas de cisalhamento associadas às fases fluidas hidrotermais ricas em sílica, que remobilizaram o minério. As rochas encaixantes da mineralização são sericita xistos e xistos grafitosos, esse último atuando como um bom vetor de prospecção do minério.

Na porção norte da área VII, na altura do morro Lajeado, foi estudada a ocorrência de mineralizações auríferas associadas aos veios de quartzo (Henrile Meireles, 1995) e inseridos em zonas de cisalhamento com foliações NE-SW e NW-SE, onde a mineralização se concentra nas bordas das venulações (Figura 5.2). A ocorrência se encontra no limite das áreas II e VII, que está encaixada no Granito Torre e rochas da Sequência Metassedimentar Formação Morro do Aquiles.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 5.2:** Ouro livre encontrado em veio de quartzo na área II, provindo de alteração hidrotermal, com granulação inferior a 0,5mm.



### 5.2.2 Minério de Ferro

As ocorrências de minério de ferro estão associadas aos arenitos ferruginosos da Bacia do Parnaíba, que possuem estratos maciços de hematita, sendo necessária a análise de teor real do minério para determinar sua potencialidade econômica.

### 5.2.3 Manganês

As ocorrências de formações manganésíferas se dão de forma pontual, na forma de gonditos ou como minério amorfo, seguindo estruturação regional com atitude N30-N40E. A gênese da ocorrência é interpretada como enriquecimento supergênico de protominério causado por percolação de fluidos, e facilitada pela flutuação do nível freático (CPRM, 2017). A mineralização relacionada aos gonditos estão presentes nas áreas I, III, V, VI, VIII, X, XI e XV, com gênese está relacionada à sedimentação química de minerais ricos em manganês, em ambiente vulcanogênico.

### 5.2.4 Grafita

As ocorrências de grafita na região são relatadas nas áreas V, VI, VIII e XI, em xistos grafitosos e grafita gnaisses, pertencentes a Unidade Paraderivada do Complexo Porto Nacional. O minério tem sua gênese associada ao metamorfismo regional, que chega a fácies granulito, de protólitos sedimentares ricos em matéria orgânica. Na área V, afloramentos

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

expressivos foram observados, nas trincheiras do garimpo de ouro, onde a grafita se concentra em camadas, o que o confere um caráter estratiforme. Análises para identificar o grau de cristalinidade da grafita, principal fator que agrega valor a este tipo de minério, devem ser desempenhadas para a garantia de potencial econômico do recurso.

### 5.2.5 Minerais e rochas industriais

#### Feldspatos

No Projeto Monte do Carmo, tem-se abundância de meta-sienogranitos, de granulação média, com grande proporção de feldspato potássico (~40%) nos corpos da Suíte Ipueiras e Suíte Lajeado. Esses metagranitos podem atuar como uma fonte alternativa economicamente viável para esse mineral.

#### Agregados

Materiais relacionados ao mercado da construção civil são abundantes na área e são utilizados para a produção de asfalto, estradas, calçamento e cimento. Os grandes depósitos aluvionares presentes na área do Projeto Monte do Carmo, os quartzitos da Sequência Metassedimentar Indiferenciada e a extensa cobertura laterítica são insumos propícios para a exploração de areias e agregados. A areia encontrada de forma geral na cobertura aluvionar varia de média a grossa, composta por quartzo e minerais micáceos. Empresas que já fazem a exploração desse recurso, na Área XVIII, usam o método de dragagem para a extração de areia lavada. O quartzito pode ser considerado um potencial viável na extração de areia para fabricação de vidros, refratários e cimento.

O laterito, encontrado comumente em relevos planos, estão dispostos na forma de grandes blocos, que por vezes podem apresentar dimensões métricas. Através da britagem, usa-se esse insumo para agregado de asfalto e, como exemplo típico, para agregados de cimento, como visto na Catedral de Nossa Senhora das Mercês, em Porto Nacional.

### 5.2.6 Rochas ornamentais e/ou de revestimento

Ainda é crescente a busca por rochas ornamentais, o que torna viável a exploração de rochas de diversos contextos geológicos. Os destaques para essa utilização são os corpos intrusivos isotrópicos, como o Granito Matança, que ocorre nas áreas I e V; e os granitos da Suíte Ipueiras, expostos nas áreas IV, IX, XIII, XIV, XV, XVI, XVIII e XIX. Os metagranitos possuem granulação média a grossa e textura porfírica gerada pela presença de fenocristais de feldspato potássico.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### 5.3 OCORRÊNCIAS MINERAIS DA ÁREA XIII

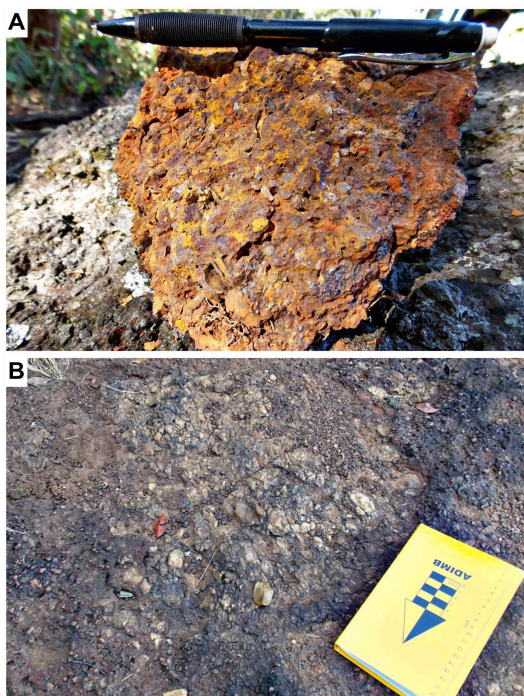
#### 5.3.1 Areia

Na porção sudeste da área XIII, a Fm. Monte do Carmo está presente com potencial na extração de areia para fabricação de vidros, refratários e cimento. Os quartzitos são friáveis, característica que facilitaria o processo de exploração. O corpo encontra-se amplamente fraturado, o que favorece o processo de desmonte e acelera a britagem.

#### 5.3.2 Crosta Laterítica

O domínio oeste da área é coberto por crosta laterítica horizontalizada e espessa e blocos rolados de lateritos (Figura 5.3). Seu uso resume-se a construção civil podendo servir como matéria prima para a confecção de cerâmicas, telhas e tijolos e britagem para obtenção de cascalho largamente empregado na construção de rodovias. Na cidade de Porto Nacional-TO, foi utilizada para a confecção dos tijolos da igreja católica local.

**Figura 5.3:** A: Bloco de laterito rico em Fe e Al B: Crosta Laterítica.



#### 5.3.3 Ouro

Na área XIII existe um antigo garimpo (Figura 5.4) de onde o ouro era retirado no início do século XVIII. Atualmente o antigo garimpo é utilizado como lixão a céu aberto pelos fazendeiros da região. No entanto, os resultados deste trabalho não indicam nenhum tipo de mineralização de ouro passível de exploração na área XIII.



## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

**Figura 5.4:** Cava de garimpo de Ouro localizada na área XIII.



### 5.3.4 Rocha Ornamental

As rochas do Granito Monte do Carmo ocorrem em afloramentos extensos e predominam em texturas porfiríticas variando até granulação fina. Elas encontram-se bem preservadas, com poucas fraturas e destacam-se por sua exuberância causada pela variedade mineralógica. Suas características as tornam interessantes como rochas ornamentais.

Caso essas rochas não apresentem padrão de qualidade para serem exploradas como rochas ornamentais, ainda será viável um estudo de exploração para britagem.

## 5.4 POTENCIALIDADES MINERAIS DA ÁREA XIII

### 5.4.1 Granito Monte do Carmo

O corpo desta unidade localizado na área XIII possui histórico de mineralização aurífera. Durante o estudo indentificou-se uma série de processos de alteração hidrotermal que inclui saussuritização, cloritização, epidotização, carbonatação, fluoritização e biotitização. A distribuição das alterações hidrotermais é ao longo de todo o corpo, sem associação com estruturas maiores. Estas alterações costumam estar associadas a

### **Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII**

mineralizações. Os valores mais altos de densidade e porosidade para os granitos hidrotermalizados podem ocorrer por associação com mineralizações.

#### **5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A avaliação da viabilidade técnica e econômica destes recursos naturais requer estudos mais aprofundados. Todavia a área está localizada próxima a centros consumidores, tais como: Porto Nacional e Palmas. Este aspecto facilita a exploração dos recursos minerais. Além disso, ainda deve ser considerado o atual crescimento econômico e de população do estado do Tocantins, que aumenta a demanda de materiais para construção civil e desenvolvimento de indústrias.

CAPÍTULO 6

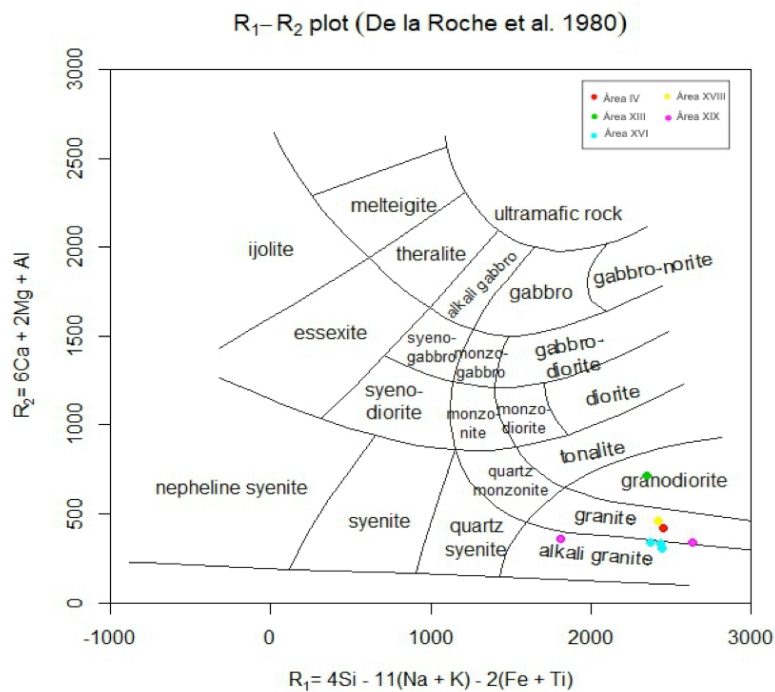
6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

6.1 GRANITO MONTE DO CARMO

O Granito Monte do Carmo presente nas áreas IX, XIII, XIV e XVIII é representado por sienogranitos, monzogranitos, calcita-clorita-metagranitos e granodioritos. No produto de gamaespectrometria os domínios 2 e 3 (Figura 3.5) foram separados devido a respostas diferentes, sugerindo que o Domínio 3 possui valores mais elevados em todos os canais, esperava-se, assim, uma zonacao na composição do granito ou mesmo em resposta a processos hidrotermais, porém essa hipótese não foi observável em campo.

Os resultados de análises químicas de elementos maiores em rocha total para 8 amostras representativas das rochas graníticas da Suítes Ipueiras plotados no diagrama de mineralogia modal normativa (De La Roche *et al.*, 1980) revelam que as amostras analisadas caem predominantemente sobre o campo de classificação do granito e alcáli-granito, com uma amostra no campo do granodiorito (Figura 6.1).

**Figura 6.1:** Diagrama de classificação de rochas plutônicas R1-R2 por meio de elementos maiores. (De LaRoche, 1980).

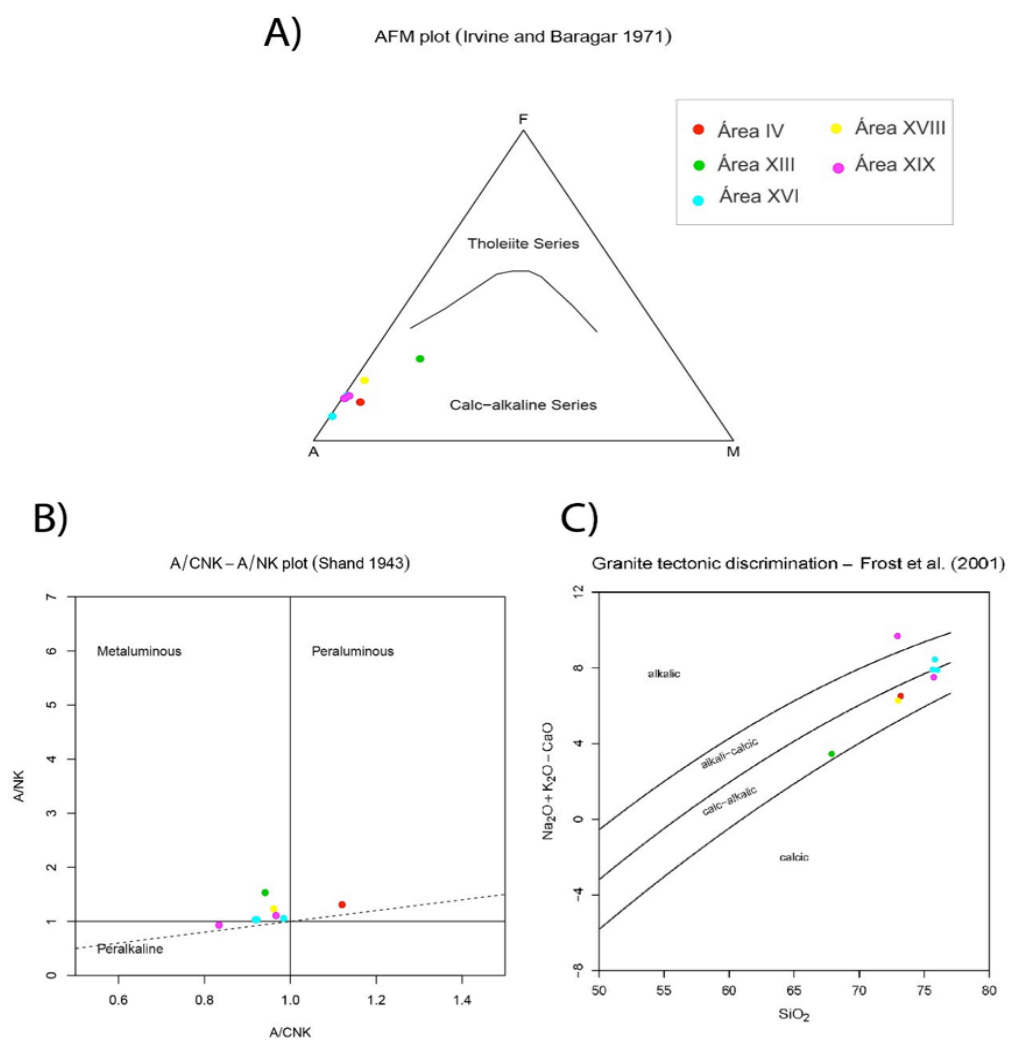


De acordo com o diagrama AFM (Fig. XA) de Irvine e Baragar (1971), as amostras estudadas fazem parte da série calcialcalina. A Figura 6.2 mostra o caráter metaluminoso

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

dessas rochas, o que é de acordo com as análises petrográficas realizadas. As razões A/CNK dessas amostras variam entre 0,81 a 0,98, com apenas uma amostra discrepante apresentando valor de 1,12, no campo de composição peraluminosa, valor que pode ser explicado devido a possível alteração hidrotermal sofrida pela rocha. Sobre o diagrama de correlação  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - \text{CaO}$  (Fig. XC), as amostras mostram afinidade predominantemente calcialcalina a alcalina-cálcica.

**Figura 6.2:** Características geoquímicas das rochas plutônicas da Suíte Ipueiras. A) Diagrama AFM ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{FeO} - \text{MgO}$ ) de Irvine e Baragar (1971). B) Índice de saturação em alumina (ISA) de Shand (1943), onde  $A/NK = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  e  $A/CNK = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ . C) Índice I (modified alkali-lime index =  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ ) x  $\text{SiO}_2$  proposto por Frost et al. (2001).



Trabalhos recentes, em especial Maia, 2006, trazem um acervo considerável de dados os quais são complementares às discussões. O qual interpreta o GMC sendo uma fase mais evoluída e fracionada de um magmatismo sienogranítico do tipo I, com assinatura geoquímica de ambiente colisional entre placas oceânica e continental.

Os resultados das análises de microsonda mostram que em meio às porções de alteração mais intensa e maior percolação de elementos variados, estão associados epidoto,

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

sericita, quartzo, moscovita, biotita, fluorita, sulfetos e óxidos. Os dados petrofísicas mostram que os maiores valores para densidade, porosidade e suscetibilidade estão associados principalmente às rochas graníticas associadas a processos hidrotermais mais intensos, o que pode estar associado a mineralizações.

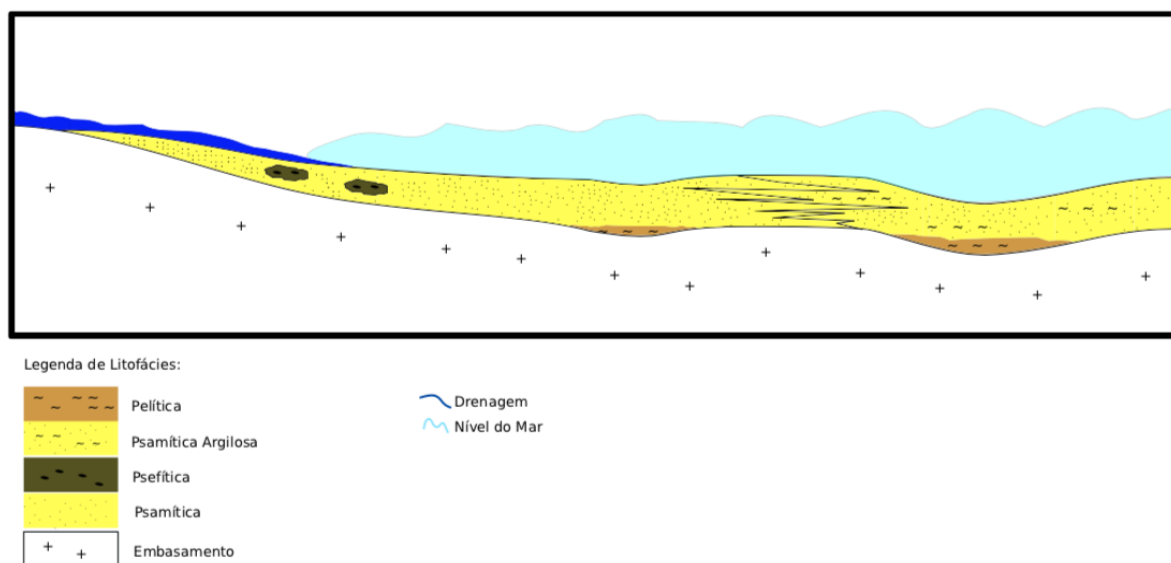
Os corpos batolíticos seguem a estruturação regional e possuem alongamento segundo as direções NE-SW e N-S. Por quase todo o domínio granítico ocorrem proto-cataclastos, interpretados como oriundos de faturamento hidráulico associado a percolação de fluidos magmáticos (Maia, 2016) e espacialização dos halos de alteração. Na área XIII seriam porções mais distais da cúpula devido ao baixo fracionamento das alterações encontradas, enquanto que nas áreas mais a leste estão as mais diferenciadas e associadas a fases mais evoluídas.

Segundo a Jéssica ele é do tipo I, pelas datações durante craton Paramirim com amazônico (segundo gorayeb), depois teve a extencao (estateriano) e nova colisão 800-600 ma (brasiliano) depois vem transbrasiliano (600-500 ma) Provavelmente o granito foi formado a partir das rochas do arco que estava entre Paramirim e amazônico.

### 6.2 SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR INDIFERENCIADA

A Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada presente nas áreas XIII, XIV, XVI e XVII descrita neste projeto é dividida em quatro litofácies: metapsamítica, metapelítica, metapsefítica e metapasmítica argilosa. Estas litofácies apresentam estratificação plano-paralela, cruzada tabular, cruzada tangencial e truncamento do acamamento. A litofácies metapsamítica é composta por quartzitos feldspáticos com 15 a 18% de feldspatos, em fração areia, esta ocorre interdigitada com a litofácies metapsamítica argilosa (compreendida por quartzitos micáceos). Em costas de baixa energia de ondas, as areias depositadas são essencialmente produtos de processos fluviais, em geral pobremente selecionadas e ricas em argila e mica. A litofácies metapelítica é composta por filitos e xistos e ocorre em lentes, depositadas em depressões do tipo baxio de maré. Composta por metaconglomerados, por vezes com matriz arcoseana, a litofácies metapsefítica foi depositada em canyons gerados por canais de rio que desembocam no oceano (leques e/ou deltas). A associação das litofácies classifica o ambiente de deposição como uma plataforma marinha rasa (Figura 6.3), a qual foi relacionada por intrusões básicas. A rocha metabásica da Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada apresenta características de rocha hipoabissal.

**Figura 6.3:** Seção transversal esquemática do ambiente de deposição sugerido para a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada.



A serra na qual se encontra a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada foi descrita por Costa *et al.* (1982), Gorayeb (1996) e Saboia (2009) como Grupo Natividade e por Frasca (2010) e Ribeiro & Silva (2017) como Fm. Monte do Carmo. A partir dos trabalhos de campo e pós-campo do Projeto Monte do Carmo nota-se que as rochas que compreendem a sequência não se encaixam nem como Formação Monte do Carmo, nem como Grupo Natividade. A ausência de carbonatos, magmatismo bimodal e quartzitos puros diverge tal unidade do Grupo Natividade. Neste projeto a Sequência foi diferida da Fm. Monte do Carmo por estar metamorfizada em fácies xisto verde e por seus conglomerados que apresentam apenas fragmentos de feldspato, arenito e quartzo. A Fm. Monte do Carmo diferencia-se por seus conglomerados, que apresentam fragmentos de rochas vulcânicas como riolito, andesito, basalto e de rochas sedimentares, além da Formação não ser observada com metamorfismo.

### 6.3 DIQUES E SOLEIRAS MÁFICAS

Afloram nas áreas áreas II, III, IV, VIII, IX, XIII, XIV, XVI e XVII do projeto. Estão alinhados segundo as direções E-W, NE-SW e SW-NE e são constituídos por composições andesíticas a basálticas. Para amostras desta unidade foram confeccionadas 12 lâminas delgadas, 10 amostras foram submetidas a análises petrofísicas e 5 para análise geoquímica. Devido à alteração das rochas, os resultados para análises geoquímicas não foram muito precisos.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Oliveira *et al.* (2018) fez uma discriminação de formações basálticas da Bacia do Parnaíba (Formações Sardinha e Mosquito) a partir de aspectos geoquímicos e petrográficos e os correlacionou com as províncias magmáticas. Por suas características, as formações basálticas da Bacia do Parnaíba foram relacionadas a derrames de basaltos continentais, ou, pela denominação CFBs (*Continental Flood Basalts*). As características geoquímicas e petrográficas dos diques e soleiras máficos presentes na área do Projeto Monte do Carmo permitem que sejam relacionados à Formações Sardinha e Mosquito. As amostras analisadas da área XIII encaixam-se na Formação Sardinha, formação associada à Província Mágica Paraná-Etendeka (PEMP) (Baksi *et al.*, 1997; Góes e Feijó, 1994; Mizusaki *et al.*, 2002), relacionada ao rifteamento do Supercontinente Pangea (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai; Bellieni *et al.*, 1984; Peate *et al.*, 1990, 1992; Rämö *et al.*, 2016).

A Formação Sardinha é separada em 5 grupos a partir da composição mineralógica e das proporções de SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>. Na área XIII foram distinguidos 3 grupos a partir de dados petrofísicos, geoquímicos e composição mineralógica, relacionados com os grupos da Fm. Sardinha no Quadro 9.

**Quadro 9:** Relação entre os grupos de diques e soleiras máficas, definidas neste relatório, e grupos da Fm. Sardinha, definidos por Oliveira *et al.* (2018).

<b>Diques e Soleiras Máficas da área XIII</b>	<b>Grupos definidos por assembleia mineralógica e textura da Fm. Sardinha</b>	<b>Grupos definidos por teores de SiO<sub>2</sub> e TiO<sub>2</sub> (%) em amostras da Fm. Sardinha</b>
Grupo 1	4 - microgabro com diopsídio poiquilítico incluindo olivina, plagioclásio e óxidos em matriz de grão médio.	Baixo Ti com olivina
Grupo 2	1 - basalto subofítico com vidro desvitrificado, caracterizado por bordas de cloro-piroxênio e amígdalas cheias de calcita em uma matriz de grão fino.	Alto Ti
Grupo 3	2 - diabásio com augita euédrica zoneada.	Baixo Ti com quartzo

O Grupo 1 compõe soleira caracterizada por teores de TiO<sub>2</sub> menores que 1,5% e maiores que 48% para sílica, além da presença de olivinas. As olivinas do Grupo 1 revelam

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

alteração hidrotermal acompanhada por oxidação de Fe<sup>2+</sup>, a iddingsita.

A presença de minerais finos a médios, amígdalas e vidro vulcânico nos Grupos 2 e 3 caracterizam cristalização a alta temperatura, seguida de rápido resfriamento. O Grupo 2 apresenta indícios de hidrotermalismo por alteração da hornblenda para clorita. A fonte do CO<sub>2</sub> adicionado às rochas do Grupo 3 de diques é relacionada a processos hidrotermais ou deutéricos.

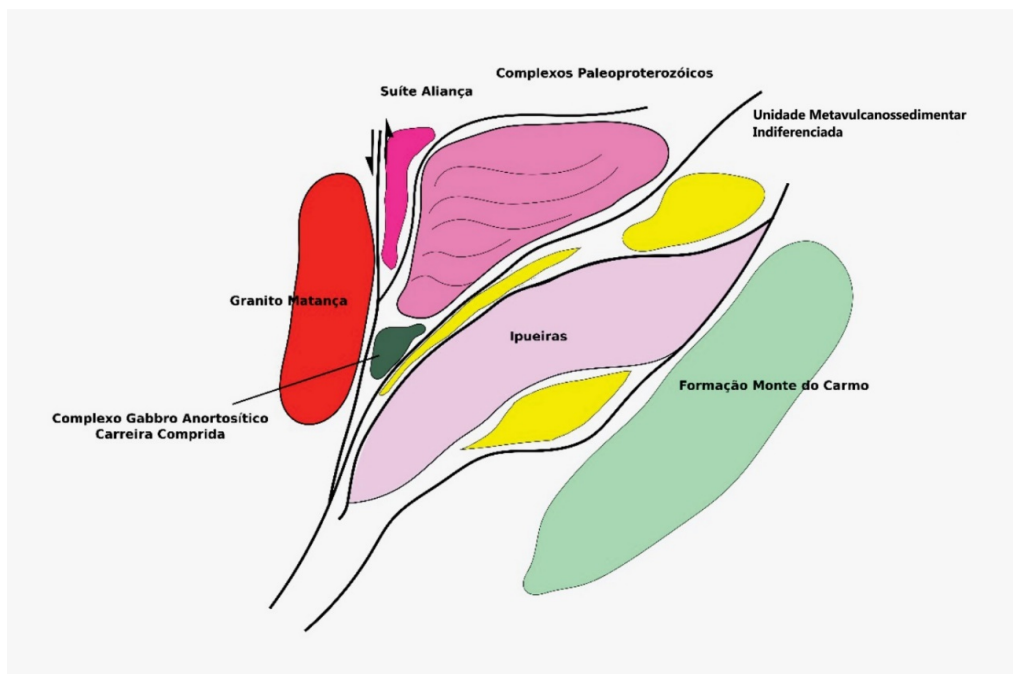
### 6.4 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

O quadro tectônico do Projeto Monte do Carmo consiste na justaposição de distintas e complexas unidades litoestratigráficas cuja gênese está relacionada a diversos processos e eventos geológicos de diferentes idades, como magmatismo, metamorfismo e orogêneses (Figura 6.4).

Dentre estes eventos, dois ciclos orogênicos têm elevada relevância para a evolução tectônica da região: Ciclo Riacciano (2.3-2.05 Ga) e Ciclo Brasileiro (0.84–0.40 Ga) (Brito Neves *et al.*, 2014).

O grande gradiente metamórfico na área do projeto ocorre em função de dois eventos orogênicos espacialmente justapostos. O Ciclo Riacciano envolve os estágios I, II e III e é responsável pelo metamorfismo em fácies anfibolito a granulito nas rochas do Complexo Porto Nacional e Formação Morro do Aquiles. O Ciclo Brasileiro envolve o estágio IV e é responsável pelo metamorfismo em fácies xisto verde a anfibolito das demais unidades geológicas de idade proterozoica.

**Figura 6.4:** Desenho esquemático do quadro tectônico da região do Projeto Monte do Carmo.





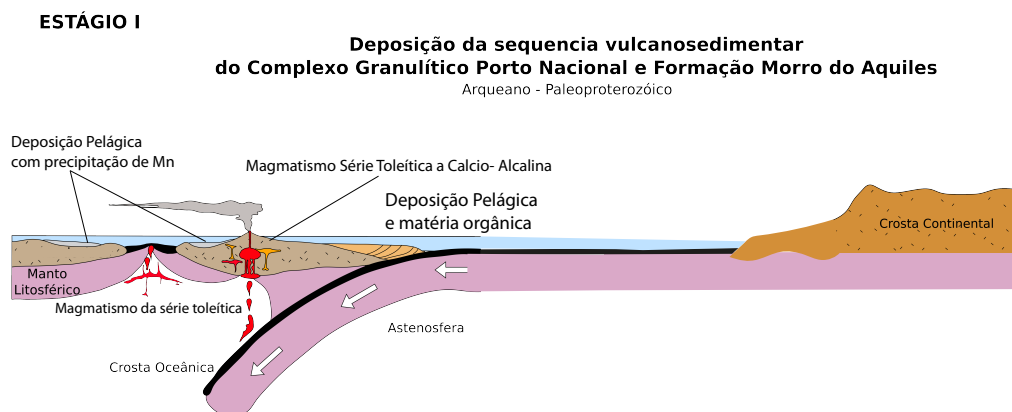
## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### Estágio I – Deposição do Complexo Porto Nacional e Fm. Morro do Aquiles - 2.20 a 2.12 Ga

No paleoproterozoico, entre 2.20 e 2.12 Ga (Gorayeb *et al.*, 2000), houve a formação das sequências vulcanossedimentares que atualmente são nomeadas como Complexo Porto Nacional e Formação Morro do Aquiles, formadas em ambiente de arco de ilha (Figura 6.5), visto que os protólitos da unidade ortoderivada do Complexo Porto Nacional compõem uma série magmática contínua de basaltos a dacitos (Gorayeb, 1996).

A formação das rochas paraderivadas ocorreu em bacias orogênicas associadas ao arco. O aporte sedimentar da bacia possivelmente consistiu de terrenos TTG paleoproterozoicos e de vulcanismo concomitante a deposição na bacia, com idade máxima de deposição variando entre 2050 e 2150 Ma (Gorayeb, 1996; Riberio e Alves, 2017). A Presença de Mn e Ba nas rochas do Complexo Porto Nacional sugere bacia de plataforma rasa oxínica (condição necessária para a deposição do Mn), cuja fonte pode ter sido através de duas hipóteses: I) fumarolas associadas a vulcanismo e II) paleocontinentes (Slack *et al.*, 2000 apud Dreher, 2009).

**Figura 6.5:** Desenho esquemático ilustrando o modelo de evolução do estágio I.



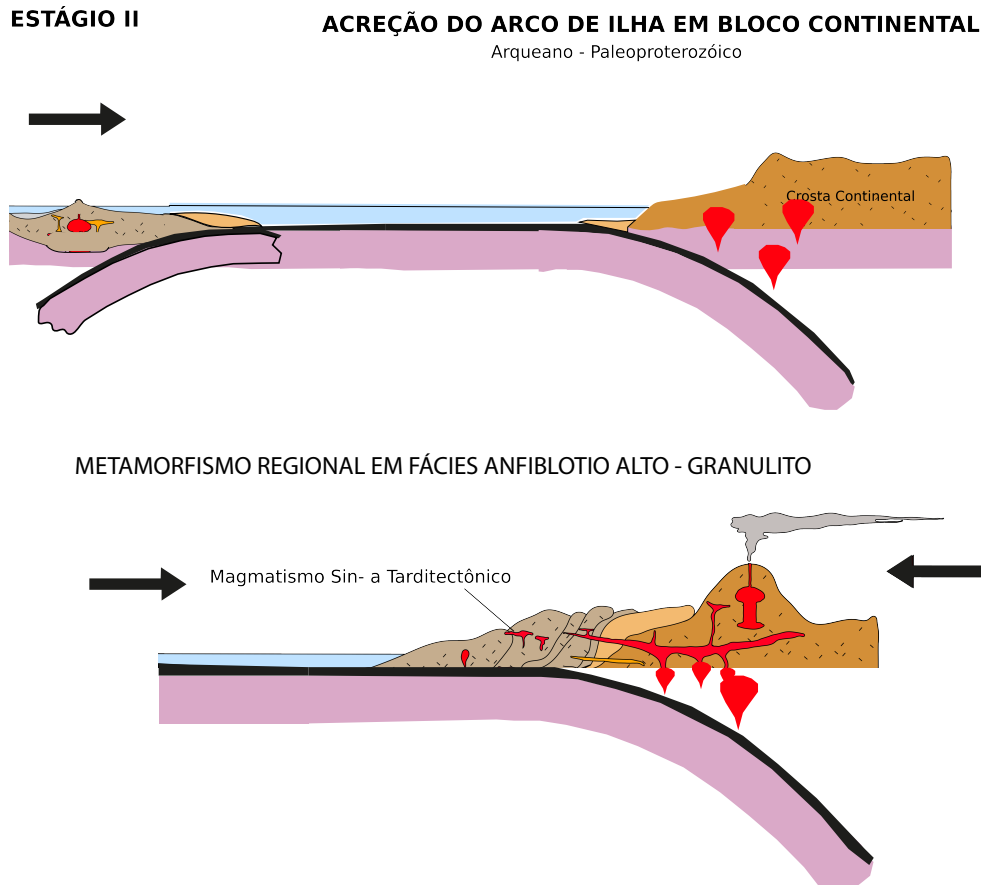
### Estágio II – Orogênese Riaciana - 2.10 a 2.05 Ga

A manutenção do campo de tensões compressivas do estágio I resultou na gênese de um orógeno acrecionário envolvendo a colisão do arco de ilha com um paleocontinente (Figura 6.6). O amalgamento resultou em metamorfismo em fácies anfibolito a granulito do Complexo Porto Nacional e Formação Morro do Aquiles em 2.1 Ga (Gorayeb *et al.*, 2000). Os granitos Torre, Manduca e Santana, sin- a tardi-orogênicos, foram gerados durante a colisão; o caráter peraluminoso, a fácies metamórfica anfibolito e a deformação imposta evidenciam o ambiente tectônico e a cronologia da formação destes corpos.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

Após a colisão iniciou-se o desenvolvimento de um arco continental. O magmatismo tipo I tardi-orogênico resultou na gênese das Suítes Santa Rosa e Ipueiras, entre 2.08 e 2.05 Ga (Fuck *et al.*, 2002; Chaves *et al.*, 2008; Saboia *et al.*, 2009). Atribui-se a influência de dois pulsos magmáticos em um mesmo evento tectono-térmico para a geração das suítes.

**Figura 6.6:** Desenho esquemático ilustrando o modelo de evolução do estágio II.



### Estágio III – Deposição da Unidade Metassedimentar Indiferenciada

Para o terceiro estágio, o qual corresponde a deposição da Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada, os dados coletados em campo e as análises feitas posteriormente permitiram que a sequência fosse interpretada como integrante de uma dentre duas possibilidades já descritas na literatura: Grupo Natividade (1.8-1.56 Ga) ou Formação Monte do Carmo (0.54 Ga), ambas interpretadas como ambientes sedimentares, mais especificamente plataformas marinhas rasas.

O fato de terem sido mapeados conglomerados nessa Unidade no PMC sustenta a possibilidade de ela estar relacionada ao Grupo Natividade, porém diferenças como não terem sido mapeados carbonatos, nenhum indício de magmatismo bimodal ou quartzitos puros como os descritos para o GN na literatura, nos fizeram questionar a correlação destas duas unidades metassedimentares.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

As similaridades com a Formação Monte do Carmo são um pouco mais numerosas, como a presença de quartzitos impuros com ocorrência de moscovita e plagioclásio, e vulcanismo associado; contudo também foram observadas diferenças como a presença de conglomerados polimíticos mapeados no PMC associados a Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada.

A interpretação do ambiente de deposição associado às rochas metabásicas sugere um sistema de rifte abortado.

### **Estágio IV – Ciclo Brasileiro – 800 a 500Ma**

A colagem orogênica Brasileira foi dividida em quatro pulsos distintos: a) eocriogeniana (840–750 Ma); b) tardicriogeniana-eoediacarana (650–590 Ma); c) eo-médio ediacarana (590–560 Ma) e d) orogênese cambriana (530–490 Ma) (Brito Neves *et al.*, 2014). De modo que, para o contexto do Projeto, cabe citar as influências do terceiro pulso, eo-médio ediacarano (590-560 Ma) associado a um possível arco continental, que envolveriam as unidades neoproterozóicas reportadas neste trabalho, com idades mais jovens que 600 Ma e as influências do quarto pulso, orogenia cambriana (530-490 Ma), cuja relação se estabelece com as intrusões MUM.

A deformação ocorrida durante o neoproterozoico foi responsável pela deformação das rochas pertencentes a todo o conjunto mapeado neste projeto, e foi responsável pela reorientação e sobreposição de estruturas previamente deformadas durante o Ciclo Riachão. Essa deformação possui caráter progressivo e estaria associada a grandes falhas de rejeito direcional relacionadas ao LTB.

O Ciclo Brasileiro foi responsável pelas feições de retrometamorfismo nas rochas paleoproterozóicas, e metamorfismo nas unidades mais jovens para fácies anfíbolito, relacionadas com a exumação destas para níveis crustais mais rasos, assim como também metamorfismo em fácies xisto verde de rochas formadas no neoproterozoico. Durante o final deste ciclo se desenvolveram grandes falhas transcorrentes, que regionalmente são dextrais, mas na área total do projeto apresenta cinemática sinistral. Tais transcorrências estão alinhadas na direção NE/SW conforme o sentido do Lineamento Transbrasileiro.

A leste do Rio Tocantins ocorre uma maior diversificação dos terrenos associadas as suítes vulcânicas de diferentes idades. Nele estão inseridas as de idade paleoproterozóicas já discutidas no estágio II desta evolução além de também contarem com suítes de idade neoproterozóica as quais incluem a Formação Monte do Carmo e também intrusões máfica ultramáfica.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

As unidades neoproterozóicas no contexto do Projeto Monte do Carmo compreendem rochas das Suítes Lajeado, Matança e Gabroanortosítica Carreira Comprida, cujas intrusões poderiam estar relacionadas ao alívio de tensão ao longo das zonas de cisalhamento dúcteis extensionais (Hutton *et al.*, 1990).

A Formação Monte do Carmo é uma sequência vulcanossedimentar bastante controversa na literatura, com Costa *et al.* (1984) e Gorayeb *et al.* (2000) a colocaram como paleoproterozoica ou mesoproterozoica; enquanto Saboia *et al.* (2009) atribuíram à esta Formação idade Brasileira.

Ainda assim, a partir dos dados de campo e da literatura, pode-se inferir um ambiente tectônico continental com vulcanismo associado a um rifteamento pós-tectônico ao final do Ciclo Brasileiro. A sucessão sedimentar em granocrescência ascendente com conglomerados polimíticos no topo e a falta de estruturas sedimentares sugerem um ambiente fluvial, associado a leques aluviais para a deposição dos sedimentos da Formação Monte do Carmo, com vulcanismo correlato e intercalado com a sedimentação.

Em relação às intrusões MUM, além das descritas por Lima (2008), foi individualizada na área XIV uma ocorrência de um outro corpo, denominada Intrusão Máfica-Ultramáfica Marimbondo, com características muito semelhantes aos corpos anteriormente descritos, mas com maior recristalização devida à grande influência da percolação de fluidos na zona de cisalhamento Areias.

Lima (2008) afirma, também, que tanto a Formação Monte do Carmo quanto as Intrusões Máficas-Ultramáficas compreendem rochas mais novas que 600 Ma, porém, sem idades de cristalização ou deposição prontamente definidas para todas as unidades. Ademais, ocorrência do corpo Marimbondo indica uma forte influência do LTB.

### **Estágio V – Bacia do Parnaíba**

Posterior aos estágios descritos, já num momento de estabilização da plataforma sul-americana, a subsidência da bacia remete aos eventos sin- e pós-tectônicos do Ciclo Brasileiro, responsável pela formação de grábens que se distribuem por toda a bacia, com eixos orientados de nordeste a norte (Almeida & Carneiro, 2004).

A porção da Bacia do Parnaíba englobada pelo Projeto Monte do Carmo corresponde ao registro sedimentar do intervalo Siluriano-Devoniano e a interpretação genética dos processos responsáveis por sua deposição é discutida a seguir.

A Formação Jaicós (Grupo Serra Grande) compõe a porção basal da Bacia do Parnaíba na região do Projeto Monte do Carmo e a partir das associações de fácies descritas foram identificados dois ambientes deposicionais distintos para a Formação Jaicós: (I) leques

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

aluviais e (II) fluvial entrelaçado; ambientes que caracterizam um sistema continental. A análise da sucessão vertical dessa unidade revela um caráter episódico para a deposição das diferentes fácies, com variações no nível do aporte sedimentar, marcado pela intercalação entre níveis conglomeráticos, areníticos e pelíticos.

Em contato gradacional com a Formação Jaicós, encontra-se a Formação Itaim (Grupo Canindé). Esta unidade litoestratigráfica é caracterizada como a zona transicional entre as formações Jaicós e Pimenteiras. Devido as exposições sub-verticais na Bacia do Parnaíba e sua pouco expressiva espessura (aproximadamente 40 metros), diversos autores (Vaz *et al.*, 2007; Ribeiro & Alves; 2017) optam por incluir esta unidade, cartograficamente, na base da Formação Pimenteiras.

A associação de fácies para a Formação Itaim revela um ambiente de *shoreface* médio/inferior caracterizado pela ação de fluxos oscilatórios que imprimem estruturas do tipo *swaley* e *hummocky cross stratification*. Características de um sistema plataformar marinho raso dominados por ondas de tempestade.

Como mencionado anteriormente, a Formação Pimenteiras (Grupo Canindé) marca a primeira grande incursão marinha na Bacia do Parnaíba. As rochas desta unidade definem um relevo na forma de frentes escarpadas contínuas e aplainadas, o que dificulta o estudo em detalhe das fácies desta unidade na região. Desta forma, não se pode relacionar com precisão a relação estratigráfica destas fácies, apenas que elas ocorrem intercaladas ao longo da área.

A formação apresenta como principal característica a presença de sedimentos ricos em ferro, denominados de *Ironstones*. A origem e a forma de transporte deste ferro que se manifesta através das fases minerais goethita e hematita que cimentam as fácies desta unidade ainda é controversa. De forma geral, existem duas hipóteses sobre a origem do ferro na Bacia do Parnaíba:

1. Grande concentração de ferro através de processos de lateritização e condições favoráveis para remobilização de Fe até a bacia.
2. Crostas ferruginosas geradas devido a clima temperado e condições podzolizantes. Fragmentos destas crostas teriam sido transportados junto a sedimentos de rios. Porém, para que isso acontecesse, haveria de ocorrer a mudança brusca de um clima frio para tropical húmido (Amaro *et al.* 2012).

Em ambas, o transporte de Fe seria favorecido por complexos húmicos e flúvicos. Podendo assim, supor a presença de ecossistemas lagunares redutores (Krachler *et al.*, 2010). Amaro (2012) sugere que na formação dos *Ironstones* houve tanto contribuição detrítica como química, significando que, além da precipitação marinha, foram aportados para a bacia produtos de erosão continental. Ao chegar ao oceano, o Fe em solução teria sido oxidado e

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

precipitado, formando lâminas ferruginosas que substituiu ou se misturou com o material pelítico do substrato.

### Estágio VI – Diques Máficos

Os diques NW-SE, E-W e NE-SW ocorrentes na área do Projeto Monte do Carmo foram relacionados às formações Mosquito (FM) e Sardinha (FS). Oliveira (2017) descreve a FM e a FS como ocorrências basálticas correlacionadas principalmente às rochas originadas a partir do rifteamento do supercontinente Pangea e abertura do Oceano Atlântico no período Jurássico/Triássico e Cretáceo, respectivamente.

## 6.5 CONCLUSÕES

O mapeamento realizado em escala de 1:50.000 no âmbito do Projeto Monte do Carmo (PMC) engloba terrenos de alto grau granito-gnaissícos paleoproterozóicos representados pelo Complexo Granulítico Porto Nacional, Formação Morro do Aquiles, Suíte Plutônica Ipueiras, Suíte Vulcânica Santa Rosa e plutônicas sin a tardi-tectônicas. O Neoproterozoico é representado pelas sequências metavulcanossedimentares Formação Monte do Carmo e Unidade Metavulcanossedimentar Indiferenciada, intrusões máfico-ultramáficas e granitogênese da Suíte Lajeado e Suíte Aliança. Recobrando essas unidades ocorrem os sedimentos da Bacia do Parnaíba, além de depósitos lateríticos e aluvionares recentes.

O Granito Monte do Carmo, unidade plutônica, pertence à Suíte Ipueiras. É representado predominantemente por sienogranitos e monzogranitos, raros granodioritos, leucocráticos com cor rósea ou cinza claro, com granulação média a grossa, mineralogia principal composta por feldspato potássico micropertítico, plagioclásio, quartzo,  $\pm$  biotita,  $\pm$  anfibólio, tendo como minerais acessórios alanita, zircão, apatita, fluorita, magnetita, granada, titanita. Possui características de rochas alcalino-cálcicas a calci-alcálicas de alto potássio e peraluminosas. São relativamente isotrópicos apesar do fraturamento hidráulico em toda sua expressão e as zonas de cisalhamento associadas. Com porções locais milonitizadas. Ainda, são frequentemente associados a alterações hidrotermais.

A presença dos diferentes tipos de fluidos em um mesmo domínio descrita por Maia, 2016, juntamente com amplo espectro de salinidade e densidade, indicam que o processo hidrotermal tardi a pós-magmático do depósito envolveu a interação de sistemas de fluidos imiscíveis de naturezas magmáticas e meteóricas durante o processo de formação e preenchimento dos veios do sistema NE-SE mineralizado, sob condições epi a mesozonais.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

Sistemas de fraturas e veios com direções N-S, NW-SE e NE-SW estão frequentemente associados a alteração hidrotermal. A fase hidrotermal pode ter sido impulsionada para a cúpula do granito, provavelmente ajudada pelos voláteis, com aporte de metais como ouro e ferro. A tensão gerada nessa porção pode ter proporcionado uma ruptura na cúpula gerando fraturas de extensão que facilitaram a percolação de fluidos, as quais formaram subsequentemente esses sistemas.

A porção estudada do Granito Monte do Carmo compreende uma fase monzogranítica menos evoluída e fracionada de um magmatismo do tipo I, com assinatura geoquímica de ambiente geotectônico do tipo cordilheira, como produto da colisão entre placas oceânica e continental. Encontra-se inclusive na Área XIII autólitos (biotita granodiorito), interpretados como uma porção cumulática do GMC.

Para maior entendimento à respeito da área de estudo é necessário que haja estudos mais específicos quantos aos processos hidrotermais registrados na região.

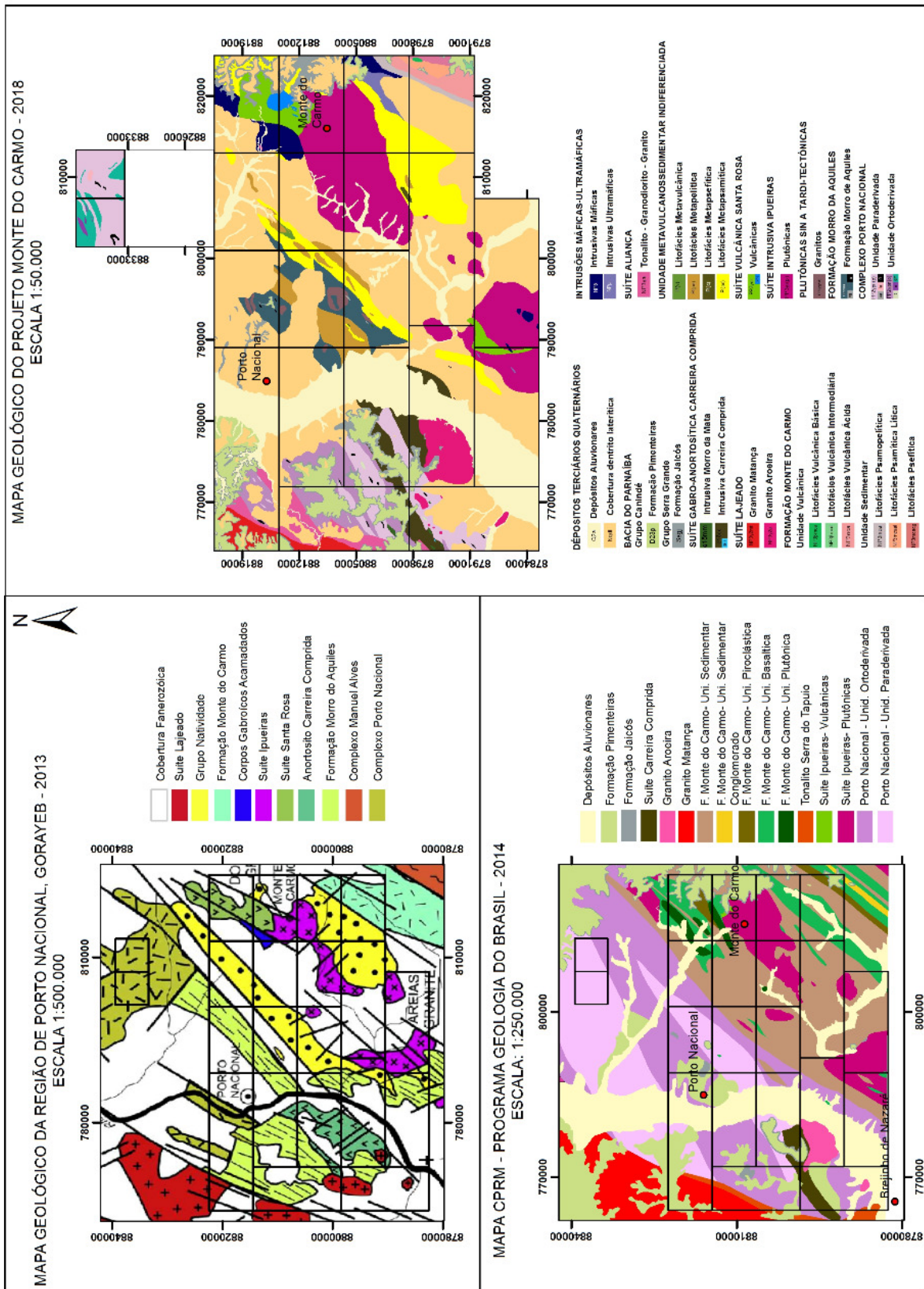
Foram comparados os mapas geológicos da Área do Projeto Monte do Carmo produzido por Gorayeb (2013) em escala 1:500000 e o mapa produzido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) – Programa Geologia do Brasil (2014) em escala 1:250.000 com o mapa da Área XIII do Projeto Monte do Carmo (Figura e Anexo 8). Verificam-se como característica em comum a expressividade de corpos graníticos da Suíte Ipueiras. Porém nota-se distinções principalmente em relação à Sequência Metavulcanossedimentar Indiferenciada.

No mapa do CPRM (Figura e Anexo 8) a Unidade Plutônica pertencente à Suíte Ipueiras foi representada com menor extensão de área. A Unidade Plutônica da Formação Monte do Carmo foi abordada no mapa na região da Área XIII como Granito Monte do Carmo pertencente à Suíte Ipueiras e, portanto, também de idade Paleoproterozoica. Essa interpretação se deu devido aos estilos deformacionais e metamórficos semelhantes, a ações hidrotermais de composição também equivalente, além da própria petrografia e aspectos texturais condizentes, sendo, portanto, interpretada como um litotipo granodiorito do GMC.

A Unidade Metavulcanossedimentar Indiferenciada é interpretada como Grupo Natividade e Formação Monte do Carmo, pertencente ao Arco Magmático de Goiás, nos mapas de Gorayeb (2013) e CPRM (2014), respectivamente.

## Projeto Monte do Carmo - Tocantins - Área XIII

**Figura 6.7:** Mapas geológicos da área do Projeto Monte do Carmo produzidos por Gorayeb (2013), CPRM (2014) e Projeto Monte do Carmo (2018).





## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. Províncias Estruturais Brasileiras. In: **Simpósio de Geologia do Nordeste**, 8., 1977, Campina Grande. Campina Grande: SBG. P.363-391. 1977.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.. 2004.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian Structural Provinces: **An Introduction. Earth Sci. Rev.**, n.17, p.1-29, 1981.
- ARCANJO, S.H.S. Evolução Geológica das seqüências do Embasamento na porção sul do Cinturão Araguaia–Região de Paraíso do Tocantins. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 181 p. 2002.
- ARCANJO, S.H.S. & Moura C.A.V. Geocronologia das rochas do embasamento do setor meridional do Cinturão Araguaia. Região de Paraíso do Tocantins (TO). **Revista Brasileira de Geociências**, 30(4):665-670. 2000.
- ARCANJO, S. H. S.; Abreu, F. A. M.; Moura, C. A. V. Evolução Geológica das Sequências do Embasamento do Cinturão Araguaia na Região de Paraíso do Tocantins (TO), Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.43, n.3, p.501-514, 2013.
- ALVARENGA C.J.S., MOURA C.A.V., GORAYEB P.S.S., ABREU F.A.M. Paraguay and Araguaia Belts. In: Cordani et al. Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, SBG. p. 183-194. Dardenne, m. a. The Brasília fold belt. 2000.
- BARBOSA, O.; RAMOS, J. R. A.; GOMES, F. A., HELMBOLD, R. Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia. Rio de Janeiro: DNPM, 1966.
- BARRADAS, J. A. S. Geocronologia das rochas ígneas e mineralizações auríferas associadas da porção centro-sul do Estado do Tocantins (região de Porto Nacional-Monte do Carmo). Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 85p. 1993.
- BEZERRA, Pedro Edson Leal et al. Associação plutono-vulcânica de Ipueiras. **Simpósio de Geologia do Centro Oeste**, v. 1, p. 363-375, 1981.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

- BIZZI, L. A. *et al.* Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Brasília: CPRM, p.227-334. ISBN 8523007903, 2003.
- BRAGA L. M. V., DARDENNE, M. A., JUNQUEIRA-BROD, T. C., SABOIA, A. M., PAULINO, F., PEREIRA, G. S. P., OLIVEIRA, A. A. 2008. Geologia da Região da Pedra Furada, Monte do Carmo, TO. In: IV Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, IV, Foz do Iguaçu - PR. Anais - CD-ROM.
- BUCHER, K. & GRAPES, R. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer. 428 p. 8th ed. 2011.
- CHAVES C. L., Gorayeb, P.S.S., Moura, C.A.V. Geologia, geocronologia e litoquímica dos granitos paleoproterozóicos do tipo A no setor setentrional da Província Tocantins. **Revista Brasileira de Geociências** 38, 366-378. 2007.
- CORDANI U.G., PIMENTEL M.M., ARAÚJO C.E.G, Basei M.A.S, Fuck R.A., Girardi V.A.V. 2013a. Was there an Ediacaran Clymene Ocean in central Brazil. **American Journal of Sciences**, 313:517-539.
- CORDEIRO P. F. O., Oliveira C. G. O. The Goiás Massif: Implications for a pre-Columbia 2.2-2.0 Ga continent-wide amalgamation cycle in central Brazil. **Precambrian Research**, 298: 403-420. 2017.
- CORREIA C.T., Girardi V.A.V., Tassinari, C.C.G.; Jost H. 1997. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of the Cana Brava layered mafic-ultramafic intrusion, Brazil, and considerations regarding its tectonic evolution. **Revista Brasileira de Geociências**, p. 163-168, 1997.
- COSTA, JBS. Aspectos lito-estruturais e evolução crustal da região centro-norte de Goiás, Belém, 210p. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, CG-UFPA. 1985.
- COSTA, J. B. S. Geologia da Região de Porto Nacional, GO. **Revista Brasileira De Geociências**, São Paulo: SBG, V.14, N.1, P.3-11, Il. 1984.
- COSTA, J.B.S. *et al.* Projeto Paraíso do Norte. Belém: MEC/UFPA/CVRD, p. 125, 1983
- COSTA, J. B. S. Projeto Porto Nacional: Relatório Final. UFBA. Belém. p.104. 1982.
- COSTA J.B.S., LEMOS R.L., MARTINS J.P.A., BELTRÃO L.F., GÓES A.M., HASUI Y. Geologia da região de Porto Nacional. *Rev. Bras. Geoc.*, 14:3-11, 1984.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

COSTA, L.A.M.; PORTELA, A.C.P.; NILSON, A.A.; VALE, C.R.O.; MARCHETTO, C.L.M.; SANTOS, E.L. dos; Meneghesso, G.; Inda, H.A.V.; Sterna, L.H.; Marchetto, M.; Baptista, M.B.; Fratin, O.; Mossmann, R.; Oliveira, T.F. de; Silva, W.G. da - Projeto Leste do Tocantins-Oeste do São Francisco. PROSPEC/DNPM, Rel. Final. 1976.

CUNHA, B.C., POTIGUAR, L.A.T., IANHEZ, A.C., BEZERRA, P.E.L., PITTHAN, J.M.L., SOUZA Jr., J.J., MONTALVÃO, R.M.G., SOUZA, A.M.S., Hildred, T.R., Tassinari, C.C.C., Projeto RADAMBRASIL, Folha SC.22-Tocantins. Geologia 1, 21-196. 1981.

DANTAS, E. L., Araújo Filho, J. O., Oliveira C. G., Chiarini M. F. N., Fuck R. A., de Sordi D. A. Geologia da Folha Porangatu SD.22-X-D-I. **Nota Explicativa**. Brasília, CPRM/UnB, 98 p., 1 mapa. 2007.

DARDENNE, M.A. Zonação Tectônica na borda ocidental do Cráton São Francisco. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 30. Anais. Recife, p.299-308, 1978.

DELLA FÁVERA J. C. Tempestitos da Bacia do Parnaíba: um ensaio holístico. Tese de Doutorado, Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS. 1990.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 3ª ed. **Rev. Ampl. Brasília**, DF. 315 p. 2013.

FIGUEIREDO, A.M.; RAJA-GABAGLIA, G.P. Sistema classificatório aplicado às bacias sedimentares brasileira. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 16(4): 350-369, 1986.

FRASCA, Antônio Augusto Soares (org.) *et al.* Geologia e Recursos Minerais da Folha Gurupi: SC.22- Z-D, estado de Tocantins. Goiânia: CPRM. 180 p. il. color. Escala 1:250.000. Cartografia da Amazônia. Levantamentos Geológicos Básicos. Programa de Geologia do Brasil - PGB. Projeto Sudeste do Tocantins. ISBN 9788574990873. 2010.

FUCK, R.A. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica da Província Tocantins. In: SBG, **Simpósio de Geologia do Centro-Oeste**, 4, Atas, p. 184-187, 1994

FUCK, R. A., Dantas, E. L., Pimentel, M. M., Botelho, N. F., Junges, S. L., Hollanda, M. H. B. M., ... & Armstrong, R. (2002). Crosta continental paleoproterozoica no embasamento da porção norte da Faixa Brasília: novos dados Sm-Nd e U-Pb. **SBG, Congresso Brasileiro de Geologia**, 41, 308.

GÓES, A.M. de O. & Feijó, F.J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 8:57-67. 1994.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

GORAYEB, P. S. S., CHAVES, C. L., MOURA, C. A. V., & DA SILVA LOBO, L. R. Neoproterozoic granites of the Lajeado intrusive suite, north-center Brazil: A late Ediacaran remelting of a Paleoproterozoic crust. **Journal of South American Earth Sciences**, 45, p. 278-292. 2013.

GORAYEB, P.S.S. Petrologia e evolução crustal das rochas de alto grau de Porto Nacional-TO. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, p. 262, 1996.

GORAYEB P. S. S., CHAVES, C. L., MOURA, C. A. V., LOBO, L, R, S., Neoproterozoic granites of the Lajeado intrusive suite, north-center Brazil: A late Ediacaran remelting of a Paleoproterozoic crust. **Journal of South American Earth Sciences**, 45, p. 278-292.

GORAYEB, P.S.S., COSTA, J.B.S., LEMOS, R.L., GAMA Jr. T., BEMERGUY, R.L., HASUI, Y., 1988. O Pré- Cambriano da Região de Natividade, GO. **Revista Brasileira de Geociências**, 18: 391-397. 2013.

GORAYEB P. S. S., MOURA, C. A. V., BARROS, G. R. Pb-Pb zircon ages of the Porto Nacional High-Grade Metamorphic Terrain, Northern portion of the Goiás Massif, Central-Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, 30, p.215-224. 2000.

HARALYI, N.L.E., HASUI, Y. Interpretation of gravity and magnetic data, Central and Eastern Brasil. In: HINZE, W.J. ed. The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, EUA, p. 124-131. 1985.

HASUI Y., COSTA J.B.S., GORAYEB P.S.S., LEMOS R.L., GAMA JR. T., BEMERGUY, R.L. Geologia da região de Paraíso do Norte de Goiás. In: SBG, **Congresso Brasileiro de Geologia**, 33, RJ, Anais, p. 2220-2230, 1984.

HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; ABREU, F. A. M. Província Tocantins - Setor setentrional. In: Almeida, Fernando Flávio Marques de; Hasui, Yociteru (Coord.). O pré-cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blucher Ltda p.187- 204, 1984.

HASUI, Yociteru *et al.* Datações Rb-Sr e K-Ar do Centro Norte do Brasil e seu significado geológicogeotectônico. In: SBG, **Congresso Brasileiro de Geologia**. p. 2.659-2.667. 1980.

JOST H., Chemale Jr. F., Fuck R. A., Dussin I. A. Uvá complex, the oldest orthogneisses of the Archean-Paleoproterozoic terrane of central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 47, p. 201-212. 2013.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

KAMINSKY, F. V.; Sablukov, S. M.; Sablukova, L. I.; Zakharchenko, O. D. The Fazenda Largo off-craton kimberlites of Piauí State, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 28: 288-303. 2009.

LIMA, H.A.F., FERREIRA FILHO, C.F., PIMENTEL, M.M., DANTAS, E.L., ARAÚJO, S.M. Geology, petrology and geochronology of the layered mafic-ultramafic intrusions in the Porto Nacional area, central Brazil. **Journal of South American Earth Science**, 26: 300 e 317. 2008.

MAIA, J. G de A. Caracterização da mineralização aurífera no Granito do Carmo, Depósito Serra Alta, município de Monte do Carmo (TO). 87p. Tese de Mestrado – UnB, Brasília-DF, 2016.

MARINI, O.J., FUCK, R.A., DANNI, J.C., DARDENNE, M.A., LOGUERCIO, S.O., RAMALHO, R. As faixas de dobramento Brasília, Uruaçu e Paraguai- Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. In: Schobbenhaus, C., Diógenes, A.C., Derge, G.R., Asmos, M.G. (Coord.). Geologia do Brasil. Brasília. DNPM. p. 251-303, 1984b. 1984.

MARQUES, G.C. Geologia dos grupos Araí e Serra da Mesa e seu embasamento no sul do Tocantins. Brasília, 122p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências - Universidade de Brasília. MOORE, B. 1963. Geological Reconnaissance of the southwest corner of the Maranhão Basin. Rio de Janeiro, Petrobrás-DEPEX, Relatório nº 1854. 2009.

MOORE, B. 1963. Geological Reconnaissance of the southwest corner of the Maranhão Basin. Rio de Janeiro. Petrobrás-DEPEX, Relatório nº 1854.

MOURA, C. A. V.; SOUZA, S. H. P. Síntese dos dados geocronológicos das rochas do embasamento do Cinturão Araguaia e suas implicações estratigráficas. In: SBG, **Congresso Brasileiro De Geologia**, 39., Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1996. v.6, p.31-34, 1996.

PAEM/PN-TO, 2018. Plano municipal de água e esgoto de Porto Nacional, TO.

PASSCHIER, C.W. & TROUW, R.A.J. *Microtectonics*. Springer. 366 p. 2nd ed. 2005.

PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology*, 20:375-379

PIMENTEL M.M., HEAMAN L., FUCK R.A., MARINI O.J. 1991. U-Pb zircon geochronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in central Brazil. *Precambrian Research*, 52:321-335. 1991.

## Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., GIOIA, S. M. C. L. Novos dados Sm-Nd e o limite leste do Arco Magmático no Sudoeste de Goiás. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 40, Belo Horizonte. Anais SBG, p.39. 1998.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; GIOIA, S. M. C. L. The neoproterozoic Goiás Magmatic Arc, Central Brazil: a review and new Sm–Nd isotopic data. **Revista Brasileira de Geociências**, n.30, p.35-39, 2000.

PIMENTEL, M. M.; JOST, H.; FUCK, R. A. O embasamento da Faixa Brasília e o arco Magmático de Goiás. In: Mantesso-Neto, V. *et al.* Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques. São Paulo: Beca, p.355-370. 2004.

PINHEIRO, B.L.S.; MOURA, C.A.V.; GORAYEB, P.S.S. Proveniência das rochas metassedimentares do Cinturão Araguaia com base em datações Pb-Pb em zircão e idades-modelo Sm-Nd. **Revista Brasileira de Geociências** 41, 304-318. 2011.

PRAXEDES, Igor Fernandes. Lineamento transbrasiliano, contribuição aerogeofísica, tectônica e geocronológica no setor nordeste da faixa Brasília. 2015. xviii, 104 f., il. Dissertação de Mestrado em Geociências - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

RAMOS, J.R. de A. & BARBOSA, R.A. - Geologia e petrografia da região de Porto Nacional e Miracema do Norte, Rio Tocantins. In: **SIMP. SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA**, 1, Belém, 1967. Atas... Belém, CNPq, p. 387-401. 1967.

RIBEIRO, P. S. E., ALVES, C. L. Geologia e recursos minerais da região de Palmas - Folhas Miracema do Norte SC.22-X-D, Porto Nacional SC.22-Z-B e Santa Teresinha SC.22-Z-A, escala 1:250.000. 484p. Programa Geologia do Brasil (PGB). Goiânia: CPRM, 2017.

SABOIA, A.M. O vulcanismo em Monte do Carmo e litoestratigrafia do grupo Natividade, estado de Tocantins. Dissertação de Mestrado em Geociências – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 71, 2009.

SACHETT C.R. Geologia, geoquímica isotópica e aspectos metalogenéticos das rochas ígneas e mineralizações auríferas associadas, Região de Monte do Carmo-TO. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, p. 92, 1996.

SACHETT C. R., LAFON, J. M., KOTSCHOUBEY, B. Geocronologia Pb-Pb e Rb-Sr das rochas ígneas e dos veios auríferos da Região de Monte do Carmo (TO): Novos Resultados. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 39, Anais, Salvador, p. 264-267. 1996.

### Projeto Monte do Carmo – Tocantins – Área XIII

SCHOBENHAUS Filho, C. Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Folha Tocantins (SC.22). DNPM, Brasília, p. 56. 1975.

SEPLAN. Geomorfologia. Base de Dados Geográficos do Estado do Tocantins, atualizada em 2012 pela Secretaria de Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins (SEPLAN).

SEPLAN. Pedologia. Base de Dados Geográficos do Estado do Tocantins, atualizada em 2012 pela Secretaria de Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins (SEPLAN).

SOARES, J. E. P. Estudos de refração sísmica profunda, função do receptor e gravimetria na Província Tocantins, Brasil central. 2005.

STRIEDER, A.J., Gottardo, E., Cunha, F.S.S., Binotto, R.B., Mesquita, M.J.M. O Significado Tectônico dos Lineamentos Transbrasilianos no Processo Colisional Neoproterozóico da Província Estrutural do Tocantins. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 38, Resumo. Balneário Camboriú, SC, Brasil. v. 1. p. 267-269. 1994.

VAZ, P. T. *et al.* Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.253-263, 2007.