Universidade Federal do Pará

Faculdade de Geologia

Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

REINALDO FONTOURA DE MELO JUNIOR

ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ROCHAS HOSPEDEIRAS DO DEPÓSITO CACHOEIRA DO PIRIÁ (PA).

BELÉM

DEZEMBRO/2014

REINALDO FONTOURA DE MELO JUNIOR

ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ROCHAS HOSPEDEIRAS DO DEPÓSITO CACHOEIRA DO PIRIÁ (PA).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro

BELÉM

DEZEMBRO/2014

REINALDO FONTOURA DE MELO JUNIOR

ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ROCHAS HOSPEDEIRAS DO DEPÓSITO CACHOEIRA DO PIRIÁ (PA).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

_____
Prof. Roberto Vizeu Lima Pinheira – Orientador
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

_____
Prof. Arnaldo de Queiroz da Silva – Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

_____
Elem Cristina Lopes da Silva – Membro
Mestre em Geologia
Universidade Federal do Pará

A meus pais: Maria Elizabeth e Reinaldo Fontoura

aos meus irmãos: Bruno Melo e Rafael Melo

e as minhas sobrinhas: Bruna, Maysa e Tiuí

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e sabedoria para chegar até aqui;

A minha família que é o meu alicerce e razão de viver, em especial a minha mãe Maria Elizabeth Monteiro de Melo por ser o meu maior exemplo de vida;

Ao meu orientador e amigo Roberto Vizeu Lima Pinheiro por ter acreditado em mim e ter me dado à oportunidade de participar e desenvolver o meu TCC no Grupo de Geologia Estrutural, além dos diversos ensinamentos que me foram direcionados;

A Geóloga Iara Maria e ao meu amigo Rômulo Pinto Amaral por terem me dado toda ajuda possível na etapa de campo e também no pós-campo;

A CPRM por ter cedido às imagens aerogeofísicas utilizadas neste trabalho;

Aos meus amigos da graduação Ailton Brito, Pabllo Henrique, Edson Louzada, Helder Thadeu, Rafael Guimarães, Bruna Karine, Ingrid Roberta, Franco Felipe, Arthur Aragão, Dayane Coelho, Vanessa Pinheiro, Paulo Aviz, Christian Ribeiro, Leonardo Negrão, Dante Álex, Patrícia Rodrigues, Rômulo Amaral, Lívia Beatriz, Adson Pinheiro, Camila Fonseca e Meireanny Gonçalves por terem estado ao meu lado nesses quase 5 anos de graduação em todos os momentos.

Ao professor Vladmir Távora pela amizade;

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a finalização deste trabalho.

“É melhor tentar e falhar,
que preocupar-se e ver a vida passar;
é melhor tentar, ainda que em vão,
que sentar-se fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar,
que em dias tristes em casa me esconder.
Prefiro ser feliz, embora louco,
que em conformidade viver ...**”**

Martin Luther King**.**

RESUMO

O Depósito Aurífero Cachoeira do Piriá faz parte da Província Estrutural Parnaíba localizada no meio norte brasileiro, na região limítrofe entre os estados do Pará e Maranhão. Nesta região afloram rochas metavulcânicas e metasedimentares de idade Proterozóica, além de rochas sedimentares de idade fanerozóica. Todas estas rochas metamórficas e magmáticas constituem parte do Cinturão Gurupi e do Cráton São Luis. O Cinturão Gurupi apresenta *trend* NNW-SSE e localiza-se na borda SSW do Cráton São Luis. Este cinturão apresenta dois domínios estruturais: o primeiro, marcado por zonas de cavalgamentos e o segundo caracterizado por zonas de cisalhamento oblíquas sinistrais. A Zona de Cisalhamento Tentugal é transcorrente-sinistral e é considerada o limite transicional entre o Cinturão Gurupi e o Craton São Luis. Esta zona de deformação está associada à formação dos principais depósitos de ouro do Cinturão, sendo um exemplo o Depósito Aurífero de Cachoeira do Piriá. As rochas hospedeiras desse depósito pertencem a Formação Chega Tudo e são compostas principalmente por metavulcânicas, além de rochas metassedimentares, ambas milonitizadas, que apresentam foliação espaçada anastomótica de direção NW-SE com ângulos de mergulho variando entre 30º-60º/SW. Há também a presença da foliação contínua grossa e da foliação cataclástica que ocorrem localmente nestas rochas e que apresentam direção concordante com a da foliação milonítica, com ângulos de mergulho subverticais. As rochas da Formação Chega Tudo mostram-se deslocadas por falhas e fraturas tardias de direção NE-SW com ângulos de mergulhos subverticais que são melhor definidos em mapas aerogeofísicos. Estas feições rúpteis são responsáveis pela rotação localizada das rochas na região de Cachoeira do Piriá, onde o *trend* do Cinturão NW-SE é desviado para a posição próxima do N-S. Essa rotação desvia as tramas da foliação em geral presente nos litotipos da Formação Chega Tudo e do Depósito Aurífero Cachoeira do Piriá. Os veios de quartzo presentes apresentam direções preferenciais NW-SE e E-W com mergulhos subverticais e estão associados com a atividade hidrotermal que afeta os litotipos da Formação Chega Tudo. Estes veios mostram-se subparalelos a trama regional e associados com o hidrotermalismo são considerados responsáveis pela concentração de ouro no Depósito Aurífero Cachoeira do Piriá.

Palavras-Chave: Depósito Cachoeira do Piriá, Cinturão Gurupi, Zona de Cisalhamento Tentugal.

ABSTRACT

The gold deposit of Cachoeira do Piriá is part of the Parnaíba Structural Province located in northern Brazil means, in the Proterozóic border region between the Pará and Maranhão states. In this region outcrop metavolcanic and metasedimentary rocks of age, and sedimentary rocks of Phanerozoic age. All these metamorphic and magmatic rocks are part of the Gurupi Belt and the São Luis Craton. The Gurupi Belt has NNW-SSE trend and is located on the edge of the SSW São Luis Craton. This Belt features structural domains: the first, marked by areas of thrust and the second characterized by oblique sinistral shear zones. The Tentugal Shear Zone is sinistral strike-slip and is considered the transitional boundary between Gurupi Belt and the São Luis Craton. This deformation zone is associated with the formation of the major gold deposits in the Belt, an example being Gold Deposit of Cachoeira do Piriá. The host rocks of the deposit belong the Chega Tudo Formation and are mainly composed of metavulcanic, metasedimentary rocks beyond, both mylonitized that feature the foliation spaced anastomotic of direction NW-SE with dip angles ranging between 30º-60º/SW. There is also continuos and cataclastic foliation that occur locally in these rocks with the same strick of mylonitic foliation, however with high dip angles. The Chega Tudo formation rocks are displaced by late faults and fractures of direction NE-SW with high dip angles that are made explicit in geophysical maps. These brittle features are responsible for the rotation of the rocks located in the Cachoeira do Piriá region, where the trend of NW-SE belt is shifted to the next position of the N-S. This rotation deflects the plots of the foliation in general present in the rocks of Chega Tudo Formation and Gold Deposit of Cachoeira do Piriá. The quartz veins have preferred directions NW-SE and E-W with high dip angles and are associated with hydrothermal activity that affects the rocks of Chega Tudo Formation. These veins are shown subparallel regional plot and associated with hydrothermal are considered responsible for the concentration of gold in the Cachoeira do Piriá Deposit.

Keywords: Cachoeira do Piriá Deposit, Gurupi Belt, Tentugal Shear Zone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo representada pelo retângulo vermelho. Encontra-se nas Folhas Castanhal (SA-23-V-C) e Turiaçu (SA-23-V-D), englobando o município de Cachoeira do Piriá, estando nas proximidades do município de Santa Luzia do Pará. **13**
Figura 2 - (A) mapa de localização de porções de exposição do Cinturão Gurupi e Craton São Luis. (B) Figura sem escala evidenciando os Crátons: Oeste Africano, São Luis, Amazônico, São Francisco, Escudo das Guianas, Bloco Parnaíba e as Faixas móveis (Klein e Moura, 2008) e (C) mapa geológico simplificado do Cinturão Gurupi. **17**
Figura 3 - Mapa geológico-estrutural da Região do Gurupi, com as unidades litoestratigráficas relacionadas ao Cráton São Luis na porção NE e ao Domínio móvel da porção SW. Destacam-se as principais estruturas regionais como a Zona de Cisalhamento Tentugal de direção NW-SE. **19**
Figura 4 - Mapa geológico da porção centro-norte do Cráton São Luis, evidenciando suas principais unidades. **28**
Figura 5 - Imagem Aerogeofísica da 1º Derivada Vertical com Amplitude do Sinal Analítico do Campo Magnético Anômalo. **30**
Figura 6 - Mapa de Domínios Magnéticos confeccionado a partir da análise da imagem aerogeofísica de 1º Derivada Vertical com Amplitude do Sinal Analítico. ... **32**
Figura 7 - Mapa de Lineamentos Magnéticos confeccionado a partir da análise da imagem aerogeofísica de 1º Derivada Vertical com Amplitude do Sinal Analítico. **33**
Figura 8 - Imagem de radar SRTM com as cidades de Cachoeira do Piriá e Santa Luzia do Pará como referência de localização para à área de trabalho. **35**
Figura 9 - Mapa de lineamentos de relevo e drenagem. As rosetas representam as variações de direções dos lineamentos obtidos na área de estudo. **37**
Figura 10 - Em A: mapa de drenagem do nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. Em B: Mapa de densidade e ordem das drenagens. Fonte: Modificado de Martins et al. 2007. ..... **38**
Figura 11 - Mapa geológico-geomorfológico da região noredeste do Pará..... **40**
Figura 12 - Mapa geológico da área do Depósito Cachoeira do Piriá e localização dos alvos Pernalonga e Barbosa. **44**
Figura 13 - Foliação milonítica presente nas rochas metavulcânicas hidrotermalizadas da Formação Chega Tudo na área de trabalho. (Coordenadas: X: 328518; Y: 9803728)..... **47**
Figura 14 - Foliação cataclástica presente nos metarenitos da Formação Chega Tudo. Observa-se que ela acompanha a orientação da foliação milonítica existente. (Coordenadas: X: 328404; Y: 9803787) **48**
Figura 15 - Xistosidade presente nas rochas metapelíticas da Formação Chega Tudo na área de trabalho. (Coordenadas: X:330072; Y:9807562) **49**

Figura 16 - Mapa da trajetória das foliações miloníticas em escala de detalhe presente nas rochas metavulcânicas pertencentes a Formação Chega tudo, nas proximidades de cachoeira do Piriá. (Coordenadas: X: 328518 Y: 9803728)..... **50**
Figura 17 - Mapa de trajetória das foliações miloníticas em escala de detalhe presente nas rochas metavulcânicas pertencentes à Formação Chega Tudo. (Coordenadas: X:328074/ Y:9804011). **50**
Figura 18 - Seção da trajetória da xistosidade e detalhe no chão nas rochas metapelíticas pertencentes à Formação Chega Tudo. Coordenadas: X:330072 Y: 9807562. ..... **51**
Figura 19 - Foliação milonítica com atitude 87/020 cortada por falha normal com direção NE-SW provocando arrastos localizados. Coordenadas: X: 328404; Y: 9803787. ..... **51**
Figura 20 - Falhas Normais presentes nas rochas metapelíticas da Formação Chega Tudo. X:308425; Y:9809562. ..... **52**
Figura 21 - Seção com falhas normais presentes nas rochas metapelíticas da Formação Chega Tudo na estrada do Japiim. Coordenadas: X:308366; 9807598. . **53**
Figura 22 - Veios presentes nas unidades mapeadas na área de trabalbo. (A) veios nas rochas metavulcânicas hidrotermalizadas da Formação Chega Tudo, coordenadas: X:328518; Y:9803728; (B) vênulas de quartzo em regiões hidrotermalizadas nas metavulcânicas da Formação Chega Tudo, coordenadas: X:328074; Y:9804011; (C) veios de quartzo nos arenitos da Formação Piriá, coordenadas: X: 325115; Y:9800043. ..... **54**
Figura 23 - Roseta evidenciando a direção preferencial, NW-SE e E-W, dos veios presentes nas rochas metavulcânicas da Formação Chega Tudo. **54**
Figura 24 - Fraturas presentes nos metarenitos da Formação Chega Tudo. Verifica-se a presença das duas famílias principais de direção N-S e NW-SE. Coordenadas: X: 328404; Y: 9803787. ..... **55**
Figura 25 - Em A: Zona hidrotermal; Em B: Xistosidade. Ambas presentes nos xistos hidrotermalizados na galeria do Garimpo Naldo. Coordenadas: X: 328225; Y:9804025..... **56**

Figura 26 - Em A: Zona de cisalhamento de direção NW-SE nos xistos hidrotermalizados e foliação milonítica; Em B: Veios de quartzo com formas amendoadas. Coordenadas: X:328275; Y:9804100. ..... **57**
Figura 27 - Evolução estrutural proposta para a área de estudo, evidenciada em quatro diferentes estágios. **59**
Figura 28 - Mapa geológico, que mostra as unidades litoestratigráficas e estruturação tectônica da região de Cachoeira do Piriá na escala de 1:250.000, compilado a partir do mapa da CPRM e comprometido com os dados de campo do autor. **61**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 APRESENTAÇÃO 12

2 MATERIAIS E MÉTODOS 14

2.1 TAREFAS INICIAIS 14

2.2 TRABALHO DE CAMPO 15

2.3 TRATAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS 15

3 GEOLOGIA REGIONAL 16

3.1 CINTURÃO GURUPI 16

3.2 CRATON SÃO LUIS 18

3.3 ESTRATIGRAFIA CINTURÃO GURUPI. 20

3.3.1 Complexo Itapeva (Complexo Maracaçumé) 20

3.3.2 Grupo Gurupi 21

3.3.3 Formação Chega Tudo 21

3.3.4 Granito Cantão 22

3.3.5 Granito Japiim 22

3.3.6 Granitos Jonasa e Ourém. 23

3.3.7 Granito Maria Suprema 23

3.3.8 Nefelina Sienito Boca Nova 23

3.3.9 Granito Ney Peixoto 24

3.3.10 Rochas Plutônicas Básica e Últrabásicas 25

3.4 ESTRATIGRAFIA CRÁTON SÃO LUIS 25

3.4.1 Grupo Aurizona 25

3.4.2 Suíte Intrusiva Tromaí 26

3.4.3 Granito Areal 26

3.4.4 Rochas Vulcânicas Félsicas e Intermediárias 27

3.4.5 Suíte Intrusiva Tracuateua 27

3.4.6 Microtonalito Caxias 27

3.5 COBERTURAS SEDIMENTARES DIVERSAS 28

4 AEROGEOFÍSICA 29

4.1 DADOS AEROGEOFÍSICOS 31

5 DADOS DE SENSORES 35

5.1 LINEAMENTOS DE RELEVO 35
5.2 LINEAMENTOS DE DRENAGEM 36
6 INFORMAÇÔES FISIOGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....38
6.1 Hidrografia.....38
6.2 Solos 39
6.3 Vegetação 39
6.4 Clima 39
6.5 Geomorfologia.....39
7 GEOLOGIA DA ÁREA DE TRABALHO 41
7.1 DEPÓSITO AURÍFERO DE CACHOEIRA DO PIRIÁ.....41
7.2 SUCESSÕES SUPRACRUSTAIS.....42
7.3 ROCHAS HOSPEDEIRAS 43
7.4 ESTRUTURAS TECTÔNICAS 45
7.4.1 Estruturas dúcteis 45
7.4.2 Estruturas rúpteis.....52
7.4.3 Geologia do Garimpo Naldo 56
7.4.4 Discussões dos dados estruturais 57
8 MAPA GEOLÓGICO.....59
9 CONCLUSÕES 62
REFERÊNCIAS.....64

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

No meio-norte brasileiro na região limítrofe entre os estados do Pará e Maranhão, conhecida como Gurupi, afloram rochas ígneas e metamórficas recobertas por sedimentação fanerozóica, ocupando parte da Província Estrutural Parnaíba (HASUI et al 1984a).

Segundo Klein (2004), O empilhamento estratigráfico e a precisão cronológica do posicionamento da maioria das unidades litoestratigráficas e litodêmicas presentes no Gurupi permanece discutíveis. Isso ocorre, em parte, pela dificuldade no estabelecimento de relações de contato ocasionada devido às peculiaridades geomorfológicas regionais (área plana, arrasada pela erosão, com moderada cobertura intempérica e grande cobertura sedimentar fanerozóica), e pela ausência de cartografia geológica de detalhe.

Este trabalho aprimora a visão cartográfica das rochas envolvidas nos eventos de deformação e reorganização estratigráfica regional, como também, explora os elementos estruturais distensivos tardios pertencentes a este cenário.

Para isso foram utilizadas imagens de sensores modernos mais adequados e dados geofísicos disponíveis em domínio público, além de dados coletados em campo. No final deste trabalho, é apresentado um mapa em escala inicial de 1:30.000 e quadros geológicos de detalhe (escala 1:100) de diversos alvos e afloramentos de antigos garimpos e áreas de mineração atual.

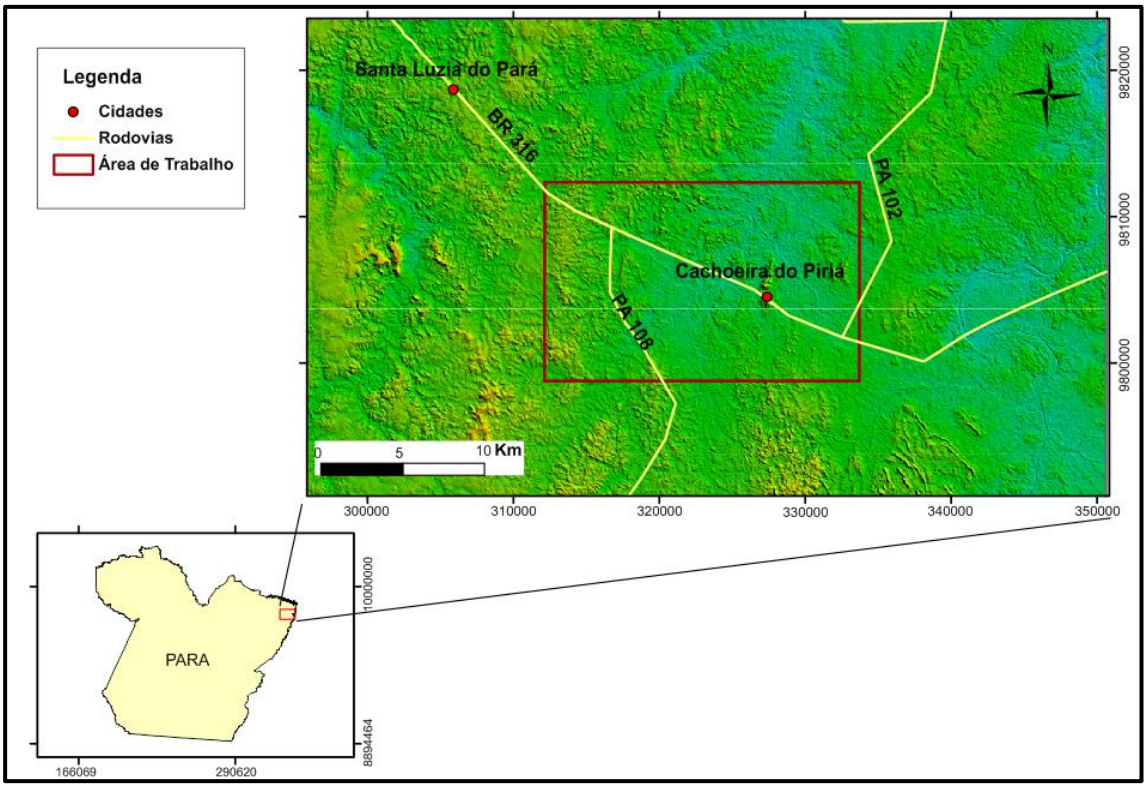
O estudo baseia-se na caracterização dos padrões deformacionais observados em metarenitos e metapelitos, e xistos hidrotermalizados presentes na área de estudo, além de suas relações geométricas e cinemáticas. Com isso, houve a análise estrutural das diferentes tramas tectônicas destes litotipos em consonância com as condições de deformação associadas aos eventos hidrotermais existentes.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo representada pelo retângulo vermelho (Figura 1) está localizada nas Folhas Castanhal (SA-23-V-C) e Turiaçu (SA-23-V-D), entre os meridianos 312000 e 334000, e paralelos 9798000 e 9814000 , no estado do Pará. Esta abrange o município de Cachoeira do Piriá e encontra-se nas proximidades do município de Santa Luzia do Pará.

O acesso rodoviário a partir da cidade Belém é feito através da BR 316 (Figura 1), até a cidade de Cachoeira do Piriá. De lá tem-se acesso aos afloramentos através da PA 108 e PA 102, além de existirem vários ramais que cortam a área de trabalho no sentido norte e sul.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo representada pelo retângulo vermelho. Encontra-se nas Folhas Castanhal (SA-23-V-C) e Turiaçu (SA-23-V-D), englobando o município de Cachoeira do Piriá, estando nas proximidades do município de Santa Luzia do Pará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os resultados desta pesquisa foram usadas ferramentas de mapeamento estrutural, com destaque para as técnicas básicas de mapeamento geológico em áreas deformadas, auxiliadas por técnicas de mapeamento digital.

Essas ferramentas serão descritas a seguir:

2.1 TAREFAS INICIAIS

a) Foi realizado levantamento bibliográfico e cartográfico referente à região. As referências consultadas foram empregadas na elaboração de sínteses sobre a geologia regional do Cinturão Gurupi e do Cráton São Luis.
b) Interpretação de imagem aerogeofísica da 1º Derivada Vertical com amplitude do sinal analítico do campo magnético anômalo, havendo elaboração dos mapas de domínios magnéticos e lineamentos magnéticos da região estudada com o auxílio do software *ArcGis 10*.

Houve a consulta de mapas temáticos para a coleta de informações a cerca da distribuição espacial das unidades litoestratigráficas expostas na região e reconhecimento do quadro tectônico regional;

c) Interpretação visual e digital de imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) na escala de 1:250.000 para a área estudada, com o auxílo dos softwares *Global Mapper 11 e ArcGis 10.*

d) Elaboração de mapas de lineamento fotogeológico, da área de trabalho, a partir da análise visual de imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) na escala de 1:250.000, e mapa de localização da região que abrange área de estudo na escala de 1:250.000 contendo as principais rodovias e vias de acesso, utilizando os softwares Google *Earth, Global Mapper e ArcGis.*

2.2 TRABALHO DE CAMPO

Foi realizada uma etapa de trabalho de campo, no período de 17 e 18 de abril de 2014. Neste período foram executadas as seguintes tarefas:

Levantamentos geológicos de campo envolvendo mapeamento estrutural voltado para a caracterização geométrica e cinemática das estruturas presentes nas rochas expostas na área de trabalho.

A coleta dos dados estruturais, como foliação, veios, falhas e fraturas. Os planos, seguiram a notação mergulho/direção do mergulho.

Estes estudos foram executados a partir de mapeamento estrutural de detalhe, com integração em escala de 1:100, a partir da elaboração de seções e “painéis de chão”. Foi dada atenção principal a orientação das foliações, assim como a orientação dos veios presentes nas encaixantes do depósito Cachoeira do Piriá.

Para a coleta, organização e tratamento desses dados formam utilizadas propostas formuladas por Twiss e Moores (1992).

2.3 TRATAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Esta etapa compreendeu o tratamento dos dados em escritório e laboratório.

Os dados de campo foram tratados em ambiente digital, iniciados com transferência dos dados estruturais e litológicos coletados e a plotagem dos pontos estudados, com o auxílo de *softwares* de editoração e desenho de imagens (Corel Draw X5).

Os dados estruturais, como medidas de foliação, atitude de veios, falhas e diques foram tratados em *softwares* de projeção estereográfica (*OpenStereo*) para posterior análise.

3 GEOLOGIA REGIONAL

3.1 CINTURÃO GURUPI

Segundo Klein (2004), o Cinturão Gurupi (Figura 2) apresenta uma extensão aflorante longitudinal de cerca de 160 Km na direção noroeste-sudeste e largura máxima de 50 Km na direção nordeste-sudoeste. Possui apenas um limite definido que é aquele que faz com o Craton São Luís a norte-nordeste (Figura 3). Todos os demais estão recobertos por sedimentação fanerozóica.

Estruturalmente o Cinturão Gurupi apresenta uma maior complexidade evolutiva do que a área cratônica, estando a maior parte dos corpos rochosos no cinturão alongados segundo a direção noroeste-sudeste (KLEIN, 2004). Estes corpos são em geral paralelos e formam alternâncias de camadas e ou lentes.

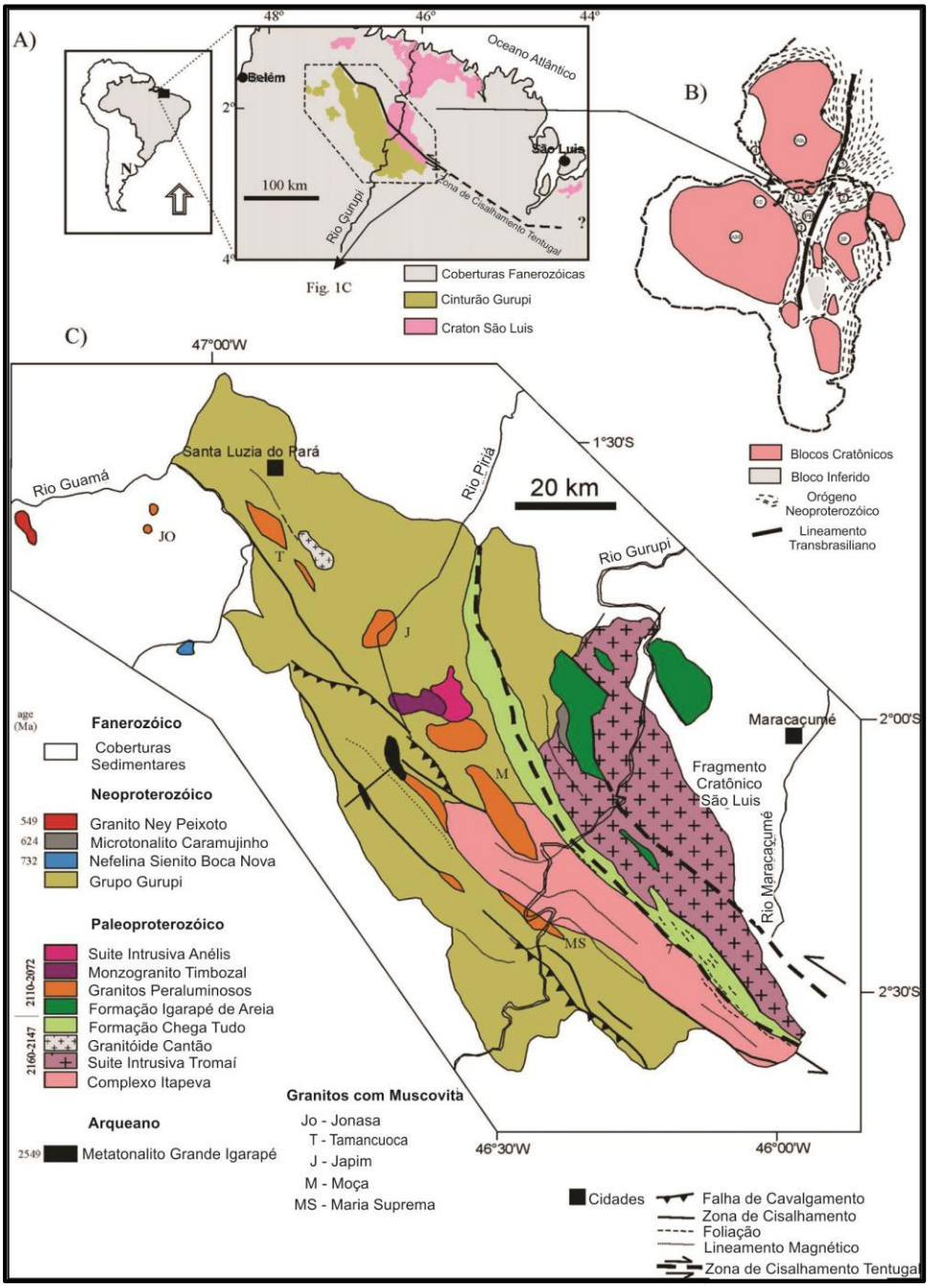
As foliações metamórficas regional e milonítica, que são os elementos estruturais mais evidentes, afetam quase todas as rochas e encontram-se também orientados dominantemente na direção noroeste-sudeste, com mergulhos variáveis, via de regra para sudoeste. Lineações de estiramento mineral apresentam orientações e caimentos também variáveis, sendo que situações de cavalgamento, transcorrência e obliquidade são registradas (COSTA et al., 1988; BORGES et al., 1994; PASTANA, 1995; COSTA, 2000; RIBEIRO, 2002).

A intensidade da deformação ao longo do Cinturão é heterogênea, sendo forte especialmente na porção central e sudeste, onde o contraste de competência foi descrito por Costa et al. (1988) e Ribeiro (2002), como um elemento importante nessa configuração estrutural final, ocasionando partição da deformação entre rochas mais silicáticas e mais pelíticas, por exemplo.

A feição estrutural regional mais importante é a faixa de Cisalhamento Tentugal, conforme definição de Hasui et al. (1984a) ou Zona de Cisalhamento Tentugal, segundo redefinição de Abreu e Lesquer (1985). Essa Zona de Cisalhamento marca a transição entre o Cinturão Gurupi e o Craton São Luis e caracteriza-se por ser uma zona de cisalhamento transcorrente sinistral com história evolutiva complexa (HASUI et al. 1984a; COSTA et al. 1988; RIBEIRO, 2002) e ainda insuficientemente

conhecida, no interior da qual as rochas encontram-se fortemente deformadas e que coincide com uma descontinuidade geofísica (LESQUER et al. 1984; ABREU e LESQUER, 1985; RIBEIRO, 2002).

Figura 2 - (A) mapa de localização do Cinturão Gurupi e Craton São Luis. (B) Figura sem escala, evidenciando os crátons Oeste Africano, São Luis, Amazônico, São Francisco e Escudo das Guianas, Bloco Parnaíba e as Faixas móveis (Klein e Moura, 2008) e (C) mapa geológico simplificado do Cinturão Gurupi.



Fonte: Modificado de Klein et al. 2004.

3.2 CRATON SÃO LUIS

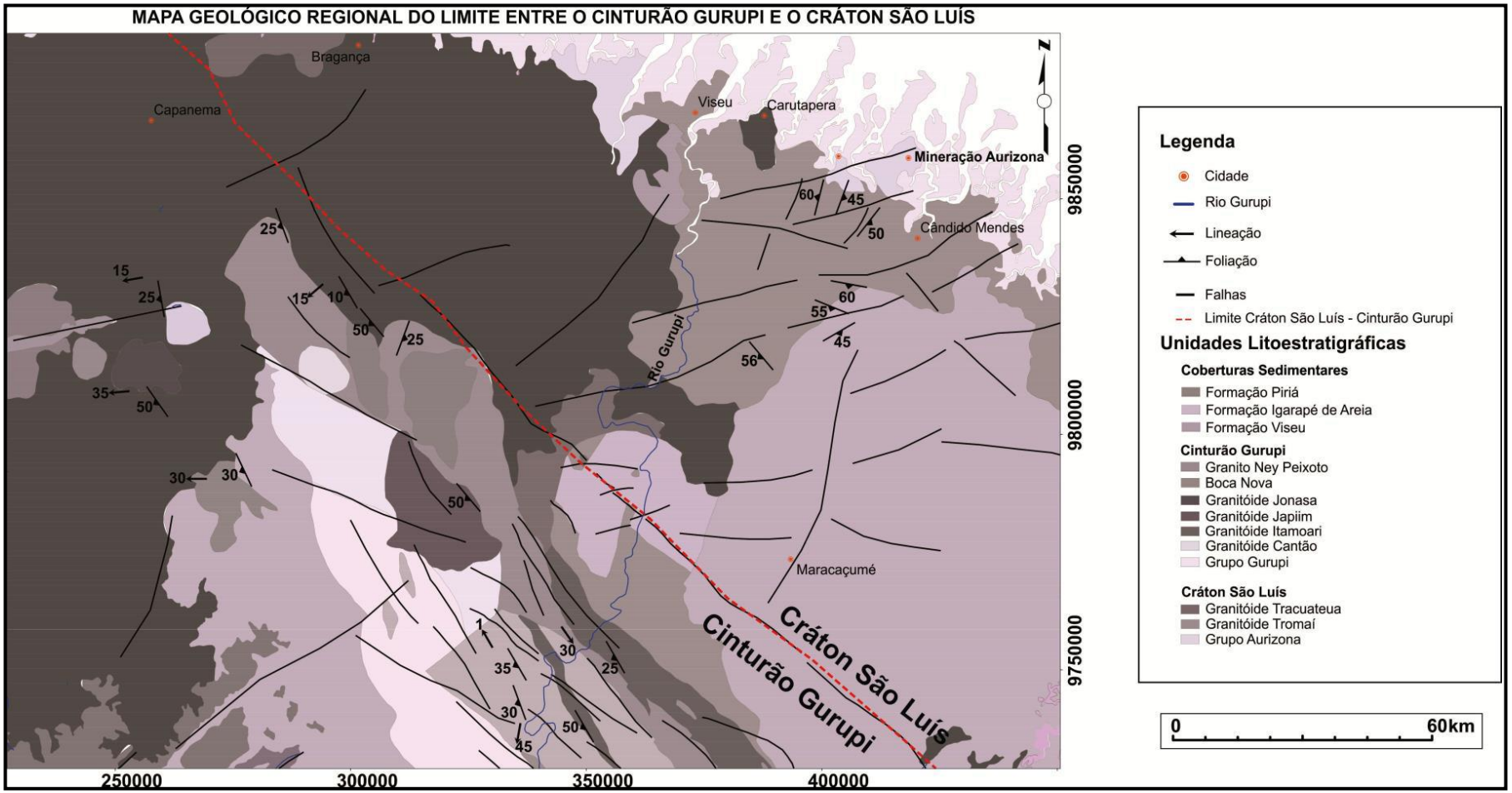
A porção aflorante do Craton São Luis (Figura 2) estende-se por pouco mais de 400 km na direção leste-oeste e por pouco mais de 100 Km na direção norte-sul, cobrindo uma pequena parte dos estados do Pará e Maranhão (KLEIN et al. 2004).

Suas rochas afloram como janelas erosivas e tectônicas altamente descontínuas em meio a cobertura sedimentar fanerozóica, sendo que apenas nas porções fronteiriças entre os estados do Pará e Amapá (região do Gurupi) há exposições algo contínuas por cerca de 100-120 Km. O limite oriental do Craton não se estende muito além da região de Rosário, próximo a São Luís do Maranhão (KLEIN et al. 2004). As exposições mais ocidentais são rochas granitoides aflorantes na região de Bragança no noroeste paraense. Para o norte, as rochas do Craton São Luís afloram até a borda oceânica atual, onde passam a ser cobertas pelas bacias costeiras fanerozóicas (KLEIN et al. 2004). O limite sul-sudoeste do Cráton São Luís foi proposto por Hasui et al. (1984a), como sendo a Zona de Cisalhamento Tentugal.

Estruturalmente, as rochas cratônicas encontram-se mais preservadas de deformações tectônicas quando comparadas com as rochas pertencentes ao Cinturão Gurupi, ao sul (ABREU, 1990; PASTANA, 1995).

De modo geral os corpos rochosos não se apresentam orientados e as linhas estruturais distribuem-se com orientações variadas. Os principais elementos estruturais identificados são a foliação metamórfica regional, expressa sobretudo nas rochas vulcanosedimentares e secundariamente em granitóides, zonas de cisalhamento de pequeno porte e fraturas. A foliação metamórfica apresenta direções variáveis, entre NE-SW e NW-SE, com mergulhos em geral de moderado a alto ângulo (KLEIN et al. 2004). Lineações minerais de estiramento são também observadas com atitudes variadas, de baixo a alto *rake (*COSTA, 2000; PALHETA, 2001). Zonas de cisalhamento são em geral discretas, com alguns metros a poucas dezenas de metros de espessura e poucas centenas de metros de extensão longitudinal. Apresentam caráter rúptil-dúctil a dúctil e imprimem foliações miloníticas de atitudes amplamente variáveis as rochas que cortam (KLEIN et al. 2004).

Figura 3 - Mapa geológico-estrutural da Região do Gurupi, com as unidades litoestratigráficas relacionadas ao Cráton São Luis na porção NE e ao Domínio móvel da porção SW. Destacam-se as principais estruturas regionais como a Zona de Cisalhamento Tentugal de direção NW-SE.



Fonte: Modificado de Klein e Moura, 2001a e 2001b

3.3 ESTRATIGRAFIA CINTURÃO GURUPI.

3.3.1 Complexo Itapeva (Complexo Maracaçumé)

O Complexo Itapeva (Figura 2) foi proposto inicialmente por Costa et al.(1977), como Associação Metamórfica Maracaçumé, e posteriormente substituído e renomeado por Abreu et al. (1980) por Complexo Maracaçumé, classificação adotada neste trabalho. Sua área de ocorrência inicial englobava tanto o Cráton São Luis como o Cinturão Gurupi, entretanto, mais recentemente Pastana (1995) limitou sua ocorrência a um grande maciço na porção central-sudeste do Cinturão Gurupi.

A constituição litológica do Complexo Itapeva (Maracaçumé), segundo Costa et al. (1977), Abreu et al. (1980) e Pastana (1995), é denominado por ortognáisses tonalíticos, com termos trondhjemíticos e granodioríticos subordinados. Efeitos variados de migmatização foram observados, tendo suas rochas condições metamórficas de fácies anfibolito médio a alto e sofrido retrometamorfismo em condições de fácies xisto verde A ocorrência ou não de rochas paraderivadas nesse complexo é ainda discutível. Hasui et al. (1984a) e Abreu (1990) citaram corpos de quartzito micáceo e xistos esparsa e intimamente associados ao conjunto gnáissico migmatítico.

Segundo Klein et al. (2004) os gnáisses do Complexo Itapeva (Maracaçumé) variam estruturalmente de foliados a bandados, possuem bolsões de veios de quartzo e quartzo feldspato geralmente concordantes, e são intrudidos por granitos micáceos róseos a esbranquiçados. A foliação metamórfica definida especialmente pela biotita, possui direção relativamente constante entre N40º-50ºW, com mergulhos em torno de 75º para SW (KLEIN et al. 2004). Em alguns pontos é possível observar que a foliação e os veios quartzosos foram dobrados, sendo os planos axiais das dobras abertas ligeiramente subparalelos a foliação. Em alguns casos as dobras são variáveis. Lineações têm caimentos de baixo a alto ângulo em diferentes porções dos maciços rochosos, que sugerem predominância de regime de transcorrência obliqua (KLEIN et al. 2004).

3.3.2 Grupo Gurupi

O Grupo Gurupi (Figura 2) foi definido inicialmente por Francisco et al. (1971), e referia-se aos filitos, quartizitos e xistos de idade pré-cambriana, que ocorriam tanto no Cráton São Luis como no Cinturão Gurupi.

Sua atual conceituação é devida a Pastana (1995) e a Costa et al. (1996a). Pastana (1995) restringiu sua ocorrência aos limites do Cinturão Gurupi, sendo que Costa et al. (1996a) propôs uma subdivisão estratigráfica em três formações, Rio Piritoró, Jaritequara e Vila Cristal de NE para SW, respectivamente, com grau metamórfico variando de anquimetamórfico até fácies anfibolito, também de NE para SW. Costa et al. (1996a) descreveu a Formação Rio Piritoró proximal a área cratônica e base da sequência, como composta dominantemente por filitos quartzosos e carbonosos e quartizitos sericíticos, além de termos subordinados psamo-pelíticos (arenitos, siltitos, argilitos e grauvacas) e raras rochas metaultramáficas, tudo metamorfizado em condições anquimetamórficas a fácies xisto verde baixo (isógrada da sericita/clorita). Costa (1985) interpreta essa sequencia como pelítico-carbonosa-fosfática de águas não muito rasas.

As Formações Jaritequara (mica xistos pelíticos e quartzosos) e Vila Cristal (mica xistos feldspáticos grossos e bandados, com ou sem granada e cloritóide) representariam as unidades intermediárias e de topo. Para Klein et al. (2004) essas duas formações seriam derivadas de sequências contendo pelitos, psamitos e grauvacas, com paragêneses metamórficas indicando, respectivamente, condições de fácies xisto verde alto (isógrada da biotita) e epidoto-anfibolito a anfibolito (isógrada da estaurolita). Costa et al. (1996a) interpretou o Grupo Gurupi como representante de uma bacia marinha marginal sem carbonatos de plataformas rasas, que foi invertida no Neoproterozóico.

3.3.3 Formação Chega Tudo

A Formação Chega tudo (Figura 2) foi desmembrada do Grupo Gurupi. Trata-se de uma sequência metavulcanossedimentar com rochas de fácies xisto verde a anfibolito baixo que afloram na zona limítrofe entre o Cinturão Gurupi e o Cráton São

Luis e hospeda a maioria dos depósitos auríferos conhecidos no Cinturão Gurupi. Dentre os litotipos presentes nesta Formação destacam-se: riolito, riodacito, dacito, andesito, basalto, talco xisto, tremolita xisto, e rochas vulcanoclásticas, as quais se associam a xistos diversos (pelíticos, psamíticos e carbonosos).

O vulcanismo félsico a intermediário associado a essa unidade é juvenil, com idade de 2148-2160 Ma (KLEIN e MOURA 2001), representando provável associação com o ambiente de arco de ilhas descrito para o Cráton São Luis.

3.3.4 Granito Cantão

O Granito Cantão (Figura 2) foi inicialmente descrito por Borges (1988) e incluído na Suíte Intrusiva Brasiliana por Costa (2000). Relações de contato não foram estabelecidas para esse granitoide, mas sua ocorrência aparentemente circunscrita as rochas do Grupo Gurupi e a presença de enclaves de rochas similares às daquela unidade foram tomadas como sugestivas de intrusão (Costa, 2000; Palheta 2001). Petrograficamente é um corpo constituído por biotita monzogranito de granulação grossa e sem deformação significante (BORGES, 1988; COSTA, 2000; PALHETA, 2001).

3.3.5 Granito Japiim

O Granito Japiim (Figura 2) foi individualizado por Abreu et al. (1980) e incluido por Hasui et al. (1984a) e Costa (2000) na Suíte Intrusiva Brasiliana. É um corpo de dimensões batolíticas e, segundo Costa (2000), apresenta contato tectônico (zona de cisalhamento contracional) e intrusivo com rochas do Grupo Gurupi, o que seria sugerido pela presença de diques de granito cortando rochas metasedimentares dessa unidade. De acordo com Costa (2000) e Palheta (2001), é um corpo estrutural e petrograficamente heteogêneo, com porções maciças, algumas sutilmente foliadas e outras mais deformadas. Essa deformação tectônica é em parte magmática, orienta-se segundo NW-SE, com mergulhos moderados para SW e NE. Aplitos e pegmatitos são comuns.

3.3.6 Granitos Jonasa e Ourém.

São representados por dois corpos de granitoide de ocorrência geográfica bastante próxima e que não apresentam relações de contato visíveis com suas encaixantes, encobertos pela sedimentação fanerozóica. Ambos foram incluídos na Suíte Intrusiva Brasiliana (HASUI et al. 1984 e COSTA, 2000). Ambos granitóides apresentam deformação tectônica (foliação milonítica) orientada N15º-25ºW, com mergulhos moderados para SW (PALHETA, 2001), sendo que a foliação magmática preservada é observada no granitoide Jonasa. Petrograficamente o granitoide Ourém é um monzogranítico, enquanto que o corpo Jonasa é dominantemente granodiorítico e contêm abundantes bolsões de granitos e pegmatitos.

3.3.7 Granito Maria Suprema

Unidade definida por Pastana (1995), corresponde a um único corpo alongado de muscovita granito (Figura 2). Este corpo aflora como “folhas” ou lentes descontínuas e intercaladas nas rochas do Complexo Itapeva. No campo, a separação das duas unidades e por vezes difícil, visto que encontram-se paralelizadas e misturadas devido a transposição por intenso cisalhamento transcorrente. O que permite a diferenciação, entretando é a composição leucogranítica, em geral com muscovita, e a coloração rósea do granito Maria Suprema, enquanto que o Complexo Itapeva é dominado por gnaisses tonalíticos de cor cinza. O Granito Maria Suprema encontra-se invariavelmente milonitizado, com aspecto xistoso a gnáissico e por vezes, evidencia textura porfirítica. A foliação milonítica é sempre concordante com a estruturação regional maior (NW-SE) e lineações de estiramento mostram sempre baixo ângulo (<20º) de caimento, sugerindo influência de regime transcorrente oblíquo sobre esta unidade.

3.3.8 Nefelina Sienito Boca Nova

Caracteriza-se por ser um corpo de forma irregular, totalmente recoberto por sedimentação fanerozóica, o que impede a visualização das relações de contato com as rochas encaixantes, sendo definido mais recentemente por Costa et al. (2000) como Suíte Alcalina Boca Nova (Figura 2). É uma intrusão de nefelina sienito

metamorfizada e deformada, que apresenta estrutura gnáissica e migmatização restrita. Ao microscópio mostra mineralogia dominada por nefelina, plagioclásio, albita, pertita e biotita, além dos acessórios carbonato, zircão, apatita, sodalita, mica branca, cancrinita, pirocloro e minerais opacos.

3.3.9 Granito Ney Peixoto

Constitui um único corpo subcircular coberto pela sedimentação fanerozóica (Figura 2), sem relações de contato visíveis e incluído na Suíte Intrusiva Brasiliana (HASUI et al. 1984 e COSTA, 2000). Palheta (2001) e Villas (2001) consistentemente mostram que compreende sieno e monzogranitos com duas micas, de granulação dominantemente média, podendo apresentar porções pegmatóides, e que são incipientemente foliados segundo a direção N15º-50ºW, com mergulhos acentuados para SW. Características mineralógicas e texturais ígneas encontram-se bem preservadas (VILLAS, 2001).

3.3.9.1 Suite Intrusiva Anelis

Esta suíte (Figura 2) aflora na porção central do Cinturão Gurupi, sendo composta por rochas de coloração rosa com tons acinzentados, inequegranulares, de granulação média a grossa, localmente porfirítica. A rocha apresenta-se bastante foliada, havendo enclaves de anfibolito de dimensões centimétricas. Quando presente a trama tectônica é definida pela orientação dos feldspatos e minerais máficos.

3.3.9.2 Monzogranito Timbozal

O Monzogranito Timbozal (Figura 2) aflora na porção central do Cinturão Gurupi e tem sido considerado como uma fácies granodiorítica de duas micas do Granito Japiim (COSTA 2000; PALHETA et al. 2001). Na verdade, o Monzogranito Timbozal intrudiu o Granito Japiim e sua característica distintiva é a sua textura porfirítica de granulação grossa. A rocha apresenta coloração cinza, sendo os fenocristais compostos por K-feldspato e plagioclásio apresentando distribuição aleatória, enquanto que a matriz é descontínua e foliada.

3.3.9.3 Grande Metatonalito Igarapé

Engloba duas pequenas lentes de metatonalitos granoblásticos, mais ou menos gnaissificados, anteriormente pertencentes ao Complexo Maracaçumé (Figura 2). Pouco se conhece ainda a respeito dessa unidade, mas possui idade claramente arqueana (2594 Ma, KLEIN 2004), representando parte do embasamento do orógeno desenvolvido no Neoproterozóico.

3.3.10 Rochas Plutônicas Básica e Últrabásicas

Recentemente rochas plutônicas básicas e últrabásicas foram identificadas através de sondagens em áreas mineralizadas próximo ao depósito de Chega Tudo. Conforme relatado por Ribeiro (2002), tratam-se de dioritos, gabros, wherlitos que formam corpos com espessuras de poucos até uma centena de metros. Segundo aquele autor, esses corpos encontram-se tectonicamente aleitados entre rochas do Domínio Metavulcanossedimentar do Grupo Gurupi, segundo os contatos definidos por zonas de cisalhamento. As rochas foram metamorfizadas em condições de fácies xisto verde, estão cisalhadas especialmente nos seus contatos e alteradas hidrotermalmente, mas possuem porções internas menos deformadas que preservam as texturas ígneas primárias.

3.4 ESTRATIGRAFIA CRÁTON SÃO LUIS

3.4.1 Grupo Aurizona

Esta unidade foi inicialmente definida por Pastana (1995), limitada aos domínios do Cráton São Luís e compreende parte da sequência metavulcanossedimentar anteriormente considerada como Grupo Gurupi (FRANCISCO et al. 1971). Distribui-se essencialmente na porção norte da área cratônica, próximo a região costeira. Costa et al (1977) e Pastana (1995) descreveram a sequência como composta por xistos de natureza diversas (orto e paraderivados), filitos, quartizitos, rochas metapiroclásticas, metachert, subordinadas rochas metamáficas e metaultramáficas e uma possível ocorrência de formação ferrífera, havendo segundo Pastana (1995), larga predominância de termos

paraderivados em relação aos ortoderivados. Há também a ocorrência de rochas vulcânicas, tufáceas e piroclásticas reportada essencialmente em trabalhos de prospecção de pesquisa mineral (Apud KLEIN et al. 2004).

As rochas apresentam xistosidade, em geral orientada segundo N15º-70ºW, com mergulhos fortes para NE e o metamorfismo atingiu condições de fácies xisto verde, localmente fácies anfibolito.

3.4.2 Suíte Intrusiva Tromaí

Esta unidade (Figura 2) apresenta maior extensão territorial na região. Sua definição original é devido a Costa et al. (1977) que, a um conjunto vulcano-plutônico constituído por tonalitos, trondhjemitos, granodioritos, granitos, quartzo-andesitos, riolitos e riodacitos, propuseram a denominação de Associação Anorogênica Tromaí. Pastana (1995) a redefiniu como Suíte Tromaí (Figura 4). A suíte é constituída por intrusões de dimensões batolíticas e incorpora, além das rochas da Associação Anorogênica Tromaí original, parte do que anteriormente era considerado Complexo Maracaçumé.

Os granitos da Suíte Intrusiva Tromaí são dominados composicionalmente por tonalitos, com trondhjemitos, granodioritos e monzogranitos ocorrendo de forma subordinada (PASTANA, 1995).

3.4.3 Granito Areal

O Granito Areal (Figura 4) foi definido por Pastana (1995) como parte integrante da Suíte Intrusiva Tromaí, porém pode ser considerado uma unidade autônoma. Corresponde segundo Pastana (1995), a um único *stock* composto por sienogranitos e monzogranitos, localizados na porção centro-norte do Cráton. Segundo Klein et al. (2004) os granitoides são porfiríticos grossos equigranulares finos, não são foliados, exceto quando cortados por discretas zonas de cisalhamento, e são por vezes fortemente alterados hidrotermalmente. Enclaves de rochas metavulcanossedimentares semelhantes aquelas integrantes do Grupo Aurizona são comuns nestes granitoides.

3.4.4 Rochas Vulcânicas Félsicas e Intermediárias

Rochas vulcânicas (e subvulcânicas) félsicas a intermediárias têm sido historicamente descritas na região como equivalentes extrusivos da Suíte Intrusiva Tromaí (COSTA et al. 1977; PASTANA, 1995), mas nunca foram individualizadas cartograficamente.

Em trabalhos de mapeamento realizados por companhias de mineração, rochas vulcânicas (riolito, riodacito, dacito, andesito), tufáceas e subvulcânicas foram amplamente descritas em toda extensão da área cratônica.

3.4.5 Suíte Intrusiva Tracuateua

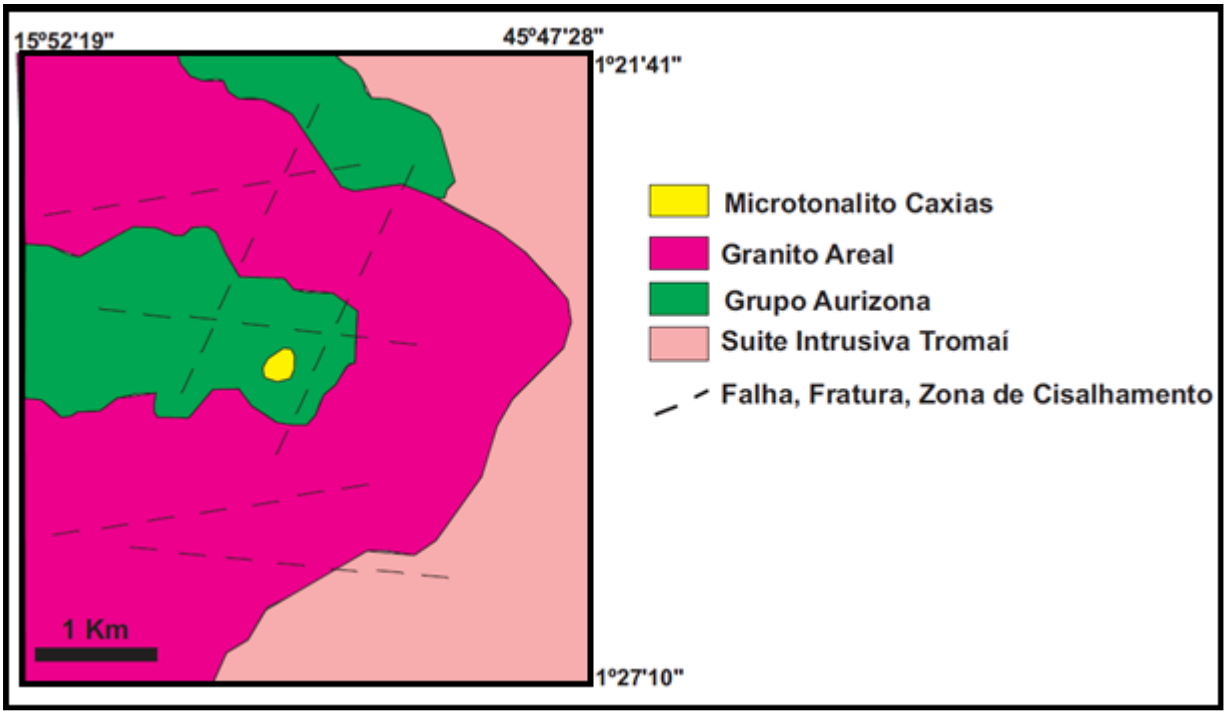
Costa (2000) reuniu nesta unidade os corpos de granitoides aflorantes nas localidades de Tracuateua e Mirasselvas, nas proximidades do município de Bragança, no noroeste do Pará, sendo os mesmos totalmente recobertos por sedimentação fanerozóica. Os granitoides apresentam enclaves de xistos, gnáisses e migmatitos e são cortados por pegmatitos e aplitos de composição mineralógica variada.

Segundo Costa (2000) e Palheta (2001), os plútons são compostos por sieno e monzogranitos de granulação variada e seriada, maciços a foliados quando cortados por zonas de cisalhamento. São constituídos por quartzo, microclínio, plagioclásio, muscovita e biotita em ordem de abundância, tendo minerais opacos, zircão, apatita, rutilo e granada como fases acessórias.

3.4.6 Microtonalito Caxias

Klein et al. (2002) caracterizou este corpo como o hospedeiro da mineralização aurífera do Depósito Caxias. Sua forma e dimensões não são conhecidas, podendo representar um grande dique que corta xistos do Grupo Aurizona. O Microtonalito Caxias (Figura 4) é uma rocha equigranular, maciça a orientada nas proximidades de zonas de cisalhamento, mostrando sinais de hidrotermalismo em larga escala, devido ao processo mineralizante.

Figura 4 - Mapa geológico da porção centro-norte do Cráton São Luis, com suas principais unidades.



Fonte: Modificado de Klein et al. (2002).

3.5 COBERTURAS SEDIMENTARES DIVERSAS

Representam as Formações Igarapé de Areia, Vizeu e Piriá, conforme proposta de Abreu et al. (1980), as mesmas foram depositadas em pequenos grabens desenvolvidos sobre rochas do Cráton São Luis e do Cinturão Gurupi. As três formações representam preenchimento sedimentar muito similar em composição, mas variável em proporções, constituído por conglomerados com seixos de quartzo, arenitos arcoseanos, grauvacas e pelitos (siltitos laminados). Os pacotes sedimentares encontram-se levemente dobrados, fracamente foliados e localmente anquimetamorfizados (ABREU et al. 1980; PASTANA, 1995).

Na Formação Vizeu a xistosidade incipiente é paralela aos planos axiais das grandes dobras abertas, com atitude média N15º-20ºW/50º-70ºSW. A Formação Igarapé de Areia está mais próxima do Cinturão Gurupi em relação a Formação Vizeu e apresenta xistosidade e acamamento sedimentar com direções paralelas a estruturação desse Cinturão (aproximadamente N30W), mas diferindo nos

mergulhos, sendo que o acamamento mergulha com ângulos inferiores a 40º para NE ou SW e a foliação mergulha com ângulos maiores também para os dois quadrantes (ABREU, 1990; PASTANA, 1995). Na Formação Piriá os poucos dados existentes mostram xistosidade com orientação muito variável, em geral paralela ao acamamento sedimentar, com mergulhos também variáveis, de baixo a alto ângulo (COSTA, 2000).

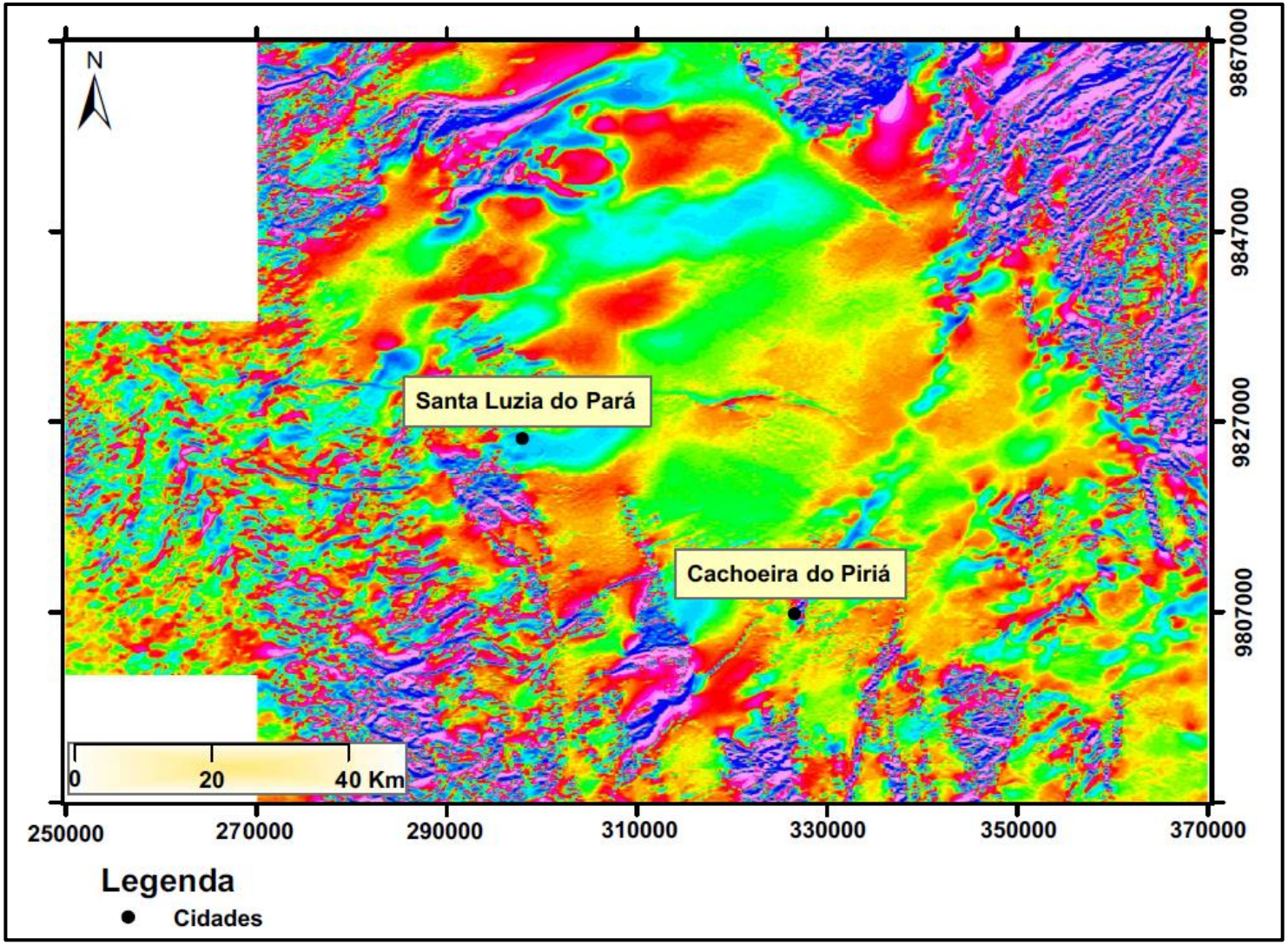
4 AEROGEOFÍSICA

Os dados geofísicos são oriundos de aerolevantamento realizado pela CPRM, pertencentes ao Projeto Gurupi, a partir do qual foi gerada a imagem de 1º derivada vertical (Figura 5) com amplitude do sinal analítico do campo magnético anômalo, utilizada neste trabalho.

Os dados de IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) foram subtraídos dos dados de campo magnético total adquiridos, resultando no campo magnético anômalo.

A análise desta imagem permitiu a confecção dos mapas de domínios e lineamentos magnéticos (Figura 6 e Figura 7), gerando um incremento de conhecimento no mapa geológico e auxiliando na cartografia geológica regional.

Figura 5 - Imagem Aerogeofísica da 1º Derivada Vertical com Amplitude do Sinal Analítico do Campo Magnético Anômalo.



Fonte: CPRM

4.1 DADOS AEROGEOFÍSICOS

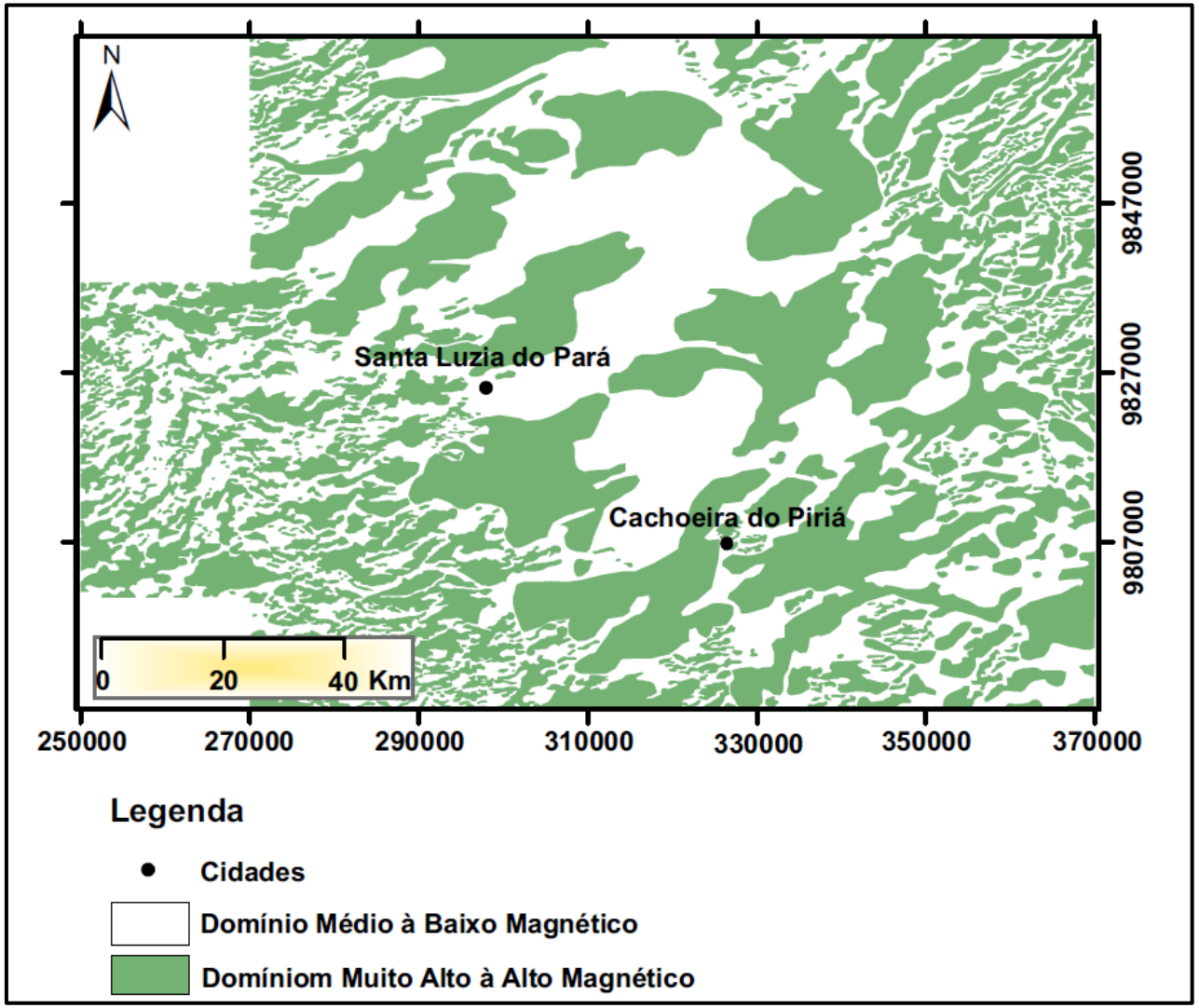
Para a elaboração do mapa de domínios magnéticos verificou-se perfis do campo magnético anômalo e analisou-se possíveis inconsistências, como anomalias altas e valores muito baixos magneticamente. A partir da diferença nos tons de cores foi possível demarcar a intensidade da polarização magnética, podendo ser esta muito alta (tons rosados e avermelhados), alta (tons alaranjados e amarelados), intermediária (tons esverdeados) e baixa (tons azulados). Com isso conseguiu-se elaborar polígonos que demonstram domínios altamente magnéticos e domínios pouco magnéticos, em resposta as rochas presentes na área mapeada. (JAQUES et al.1997).

Os domínios magnéticos definidos permitiram a delimitação de áreas preferenciais no mapa, sendo que a região central e sudeste daquele apresentam regiões menos magnéticas, o que possivelmente é devido as rochas sedimentares e metassedimentares da região, sendo estas representadas pela Formação Barreiras, Formação Piriá, Formação Chega Tudo, entre outras. Já a área delimitada pelas regiões nordeste, noroeste e sudoeste apresentam-se com potenciais magnéticos mais elevados, o que é representado pelas rochas do embasamento.

Na elaboração do mapa de lineamentos magnéticos, os dados magnéticos foram capazes de mapear possíveis estruturas, tais como zonas de cisalhamento e falhas desenvolvidas ao longo de contatos geológicos entre unidades com contraste de competências. Este contraste é estabelecido pelo contato entre a polarização magnética positiva e negativa. A partir do contato entre polarizações magnéticas distintas foi possível traçar lineamentos que podem ser possíveis estruturas. (JAQUES et al. 1997).

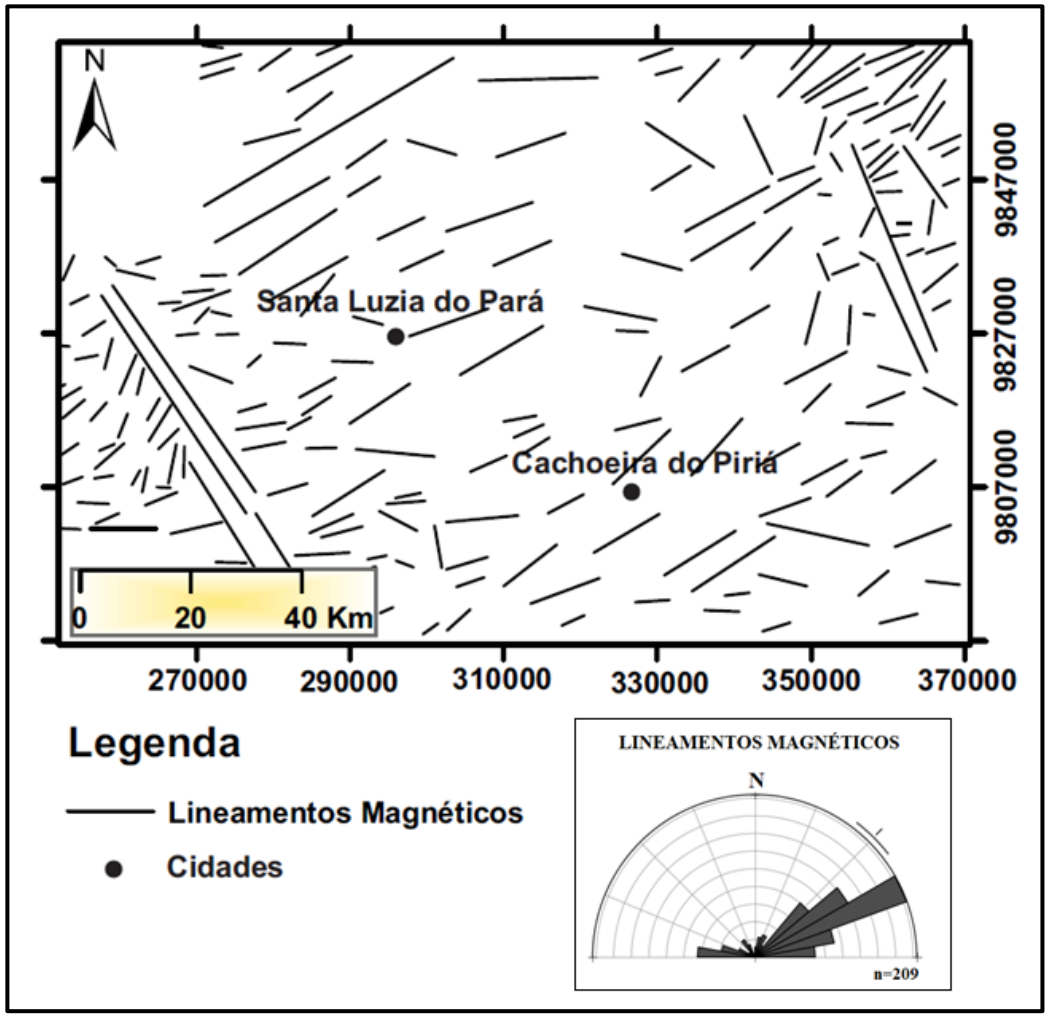
Os lineamentos magnéticos demostraram uma orientação preferencial NE-SW em toda a área. Contudo, na porção central do mapa há lineamentos com dimensões acima de 10 Km, chegando a medir até 70 Km em uma região predominantemente magnética negativa correspondente a bacias sedimentares. Estes lineamentos então representam possíveis falhas normais que compartimentam essas bacias.

Figura 6 - Mapa de Domínios Magnéticos confeccionado a partir da análise da imagem aerogeofísica de 1º Derivada Vertical com Amplitude do Sinal Analítico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 - Mapa de Lineamentos Magnéticos confeccionado a partir da análise da imagem aerogeofísica de 1º Derivada Vertical com Amplitude do Sinal Analítico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas regiões nordeste e sudoeste do mapa tais lineamentos apresentam dimensões menores, em geral de até 9 Km, com predominância de áreas magneticamente positivas correspondente ao embasamento.

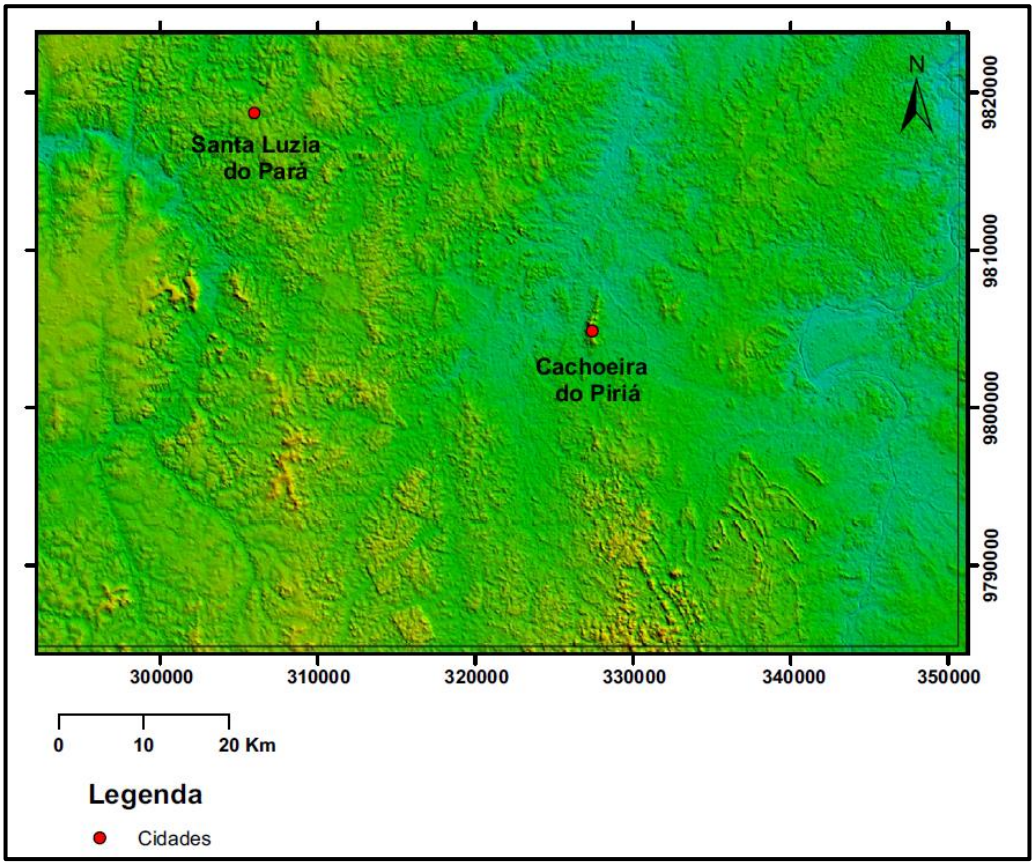
Há lineamentos com orientação NW-SE de dimensões de até 50 Km que separam os domínios magneticamente positivos dos negativos correspondentes as bacias sedimentares e ao embasamento.

Tanto os domínios magnéticos, quanto os lineamentos magnéticos corroboram para uma interpretação geofísica-geológica de áreas com potencial magnético baixo, que demarcam o limite de possíveis bacias sedimentares e áreas com potencial magnético alto, que delimitam as áreas correspondentes a rochas do embasamento.

5 DADOS DE SENSORES

Os lineamentos estruturais foram obtidos através da interpretação visual de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission)* na escala de 1:250.000 (Figura 8). Com base nos dados obtidos foi possível a elaboração de um mapa de lineamentos estruturais, sendo estes organizados como de relevo.

Figura 8 - Imagem de radar SRTM com as cidades de Cachoeira do Piriá e Santa Luzia do Pará como referência de localização para à área de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1 LINEAMENTOS DE RELEVO

Os alinhamentos de relevo (em preto na Figura 9) mostram distribuição homogênea na área do mapa, com maior concentração na porção NW. São em sua maioria retilíneos. Seus comprimentos variam de 1 a 55 Km na escala de 1:250.000.

Estes alinhamentos de relevo, em mapa, mostram-se preferencialmente orientados na direção NW-SE e subordinadamente encontram-se orientados nas direções E-W, NE-SW e N-S.

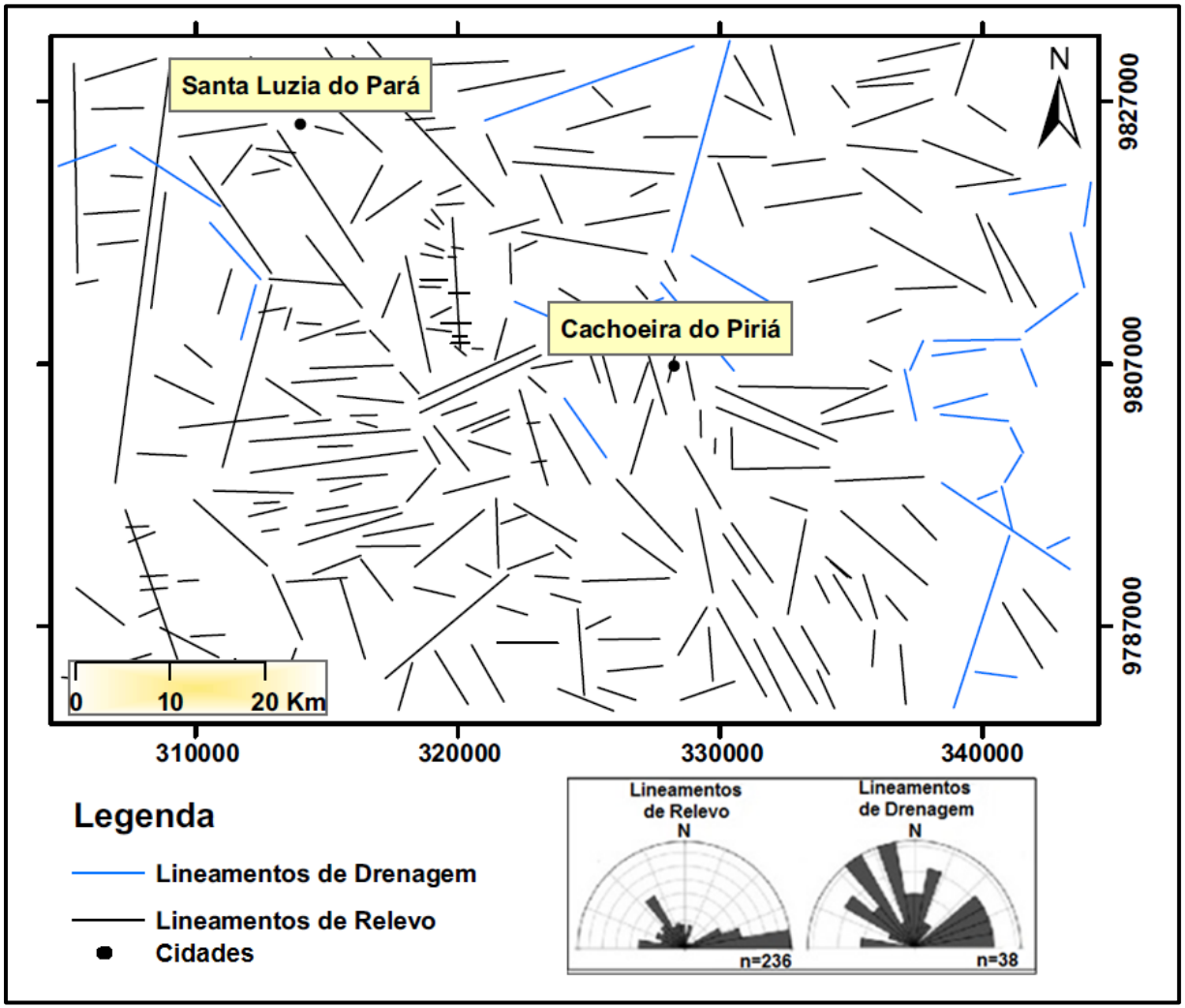
Observa-se que os traços regionalmente mais longos, com comprimento maior que 50 km, e provavelmente mais novos, têm direção predominante NE-SW, ou seja, estão subordinados em relação a grande maioria dos lineamentos, sendo estes representantes de grandes estruturas.

5.2 LINEAMENTOS DE DRENAGEM

Os alinhamentos de drenagem (em azul na Figura 9) mostram distribuição relativamente homogênea na área do mapa. Estes traços são em geral retilíneos e possuem comprimentos que variam de 1 à 25 km na escala de 1:250.000, estando estes em menor quantidade em relação aos alinhamentos de relevo.

Os alinhamentos de drenagem possuem orientações preferenciais E-W e NW-SE, estando subordinadas as famílias com direções NE-SW e N-S.

Figura 9 - Mapa de lineamentos de relevo e drenagem. As rosetas representam as variações de direções dos lineamentos obtidos na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

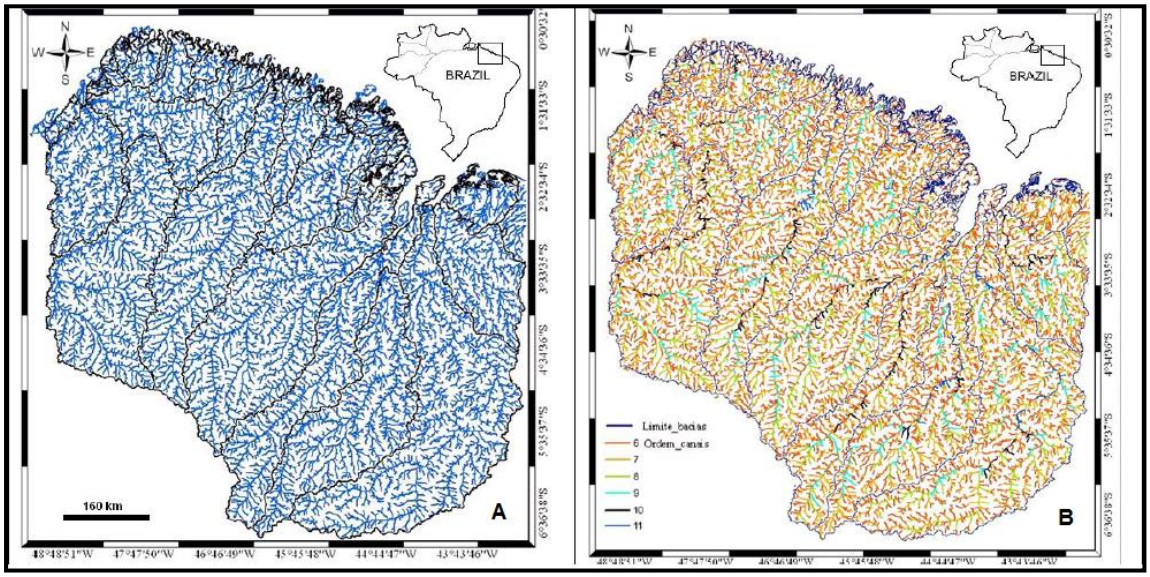
6 INFORMAÇÔES FISIOGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO

6.1 HIDROGRAFIA

Segundo Cristofoletti (1980) a região nordeste do estado do Pará e noroeste do estado do Maranhão apresenta um padrão de drenagem (Figura 10A) pedrominantemente dendrítico, localmente (porção nordeste do Maranhão) com um padrão retangular e anomalias em cotovelo. A densidade com base em Lima (2002) foi classificada como de média densidade, tropia multidirecional, sinuosidade predominantemente curva, angularidade média e assimetria predominantemente fraca (Figura 10B).

Costa et al. (1996) afirmam que a rede de drenagem da área em questão apresenta um forte controle estrutural, e discute que este controle é devido os rios que formam o sistema hidrográfico da região amazônica terem seus traços controlados pelas estruturas geradas e reativadas no Mesozóico.

Figura 10 - Em A: mapa de drenagem do nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. Em B: Mapa de densidade e ordem das drenagens. Fonte: Modificado de Martins et al. 2007.



Fonte: Modificado de Martins et al. 2007.

6.2 SOLOS

Segundo o projeto RADAMBRASIL (1973) os solos dominantes na área de estudo pertencem ao grupo Latossolo amarelo textura média, sendo ainda observado, associação desses com solos de fases pedregosas. Ocorrem também em menor proporção, Podzol Hidromórfico, Areias Quartzosas Hidromórficas, Solos Aluviais Hidromórficos e solos meio orgânicos.

6.3 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal é formada em geral por matas de terra firme, onde as espécies mais abundantes são a palmeira, a samambaia, a seringueira, podendo haver também matas de várzea e igapó, sendo estes restritos as margens dos principais rios e igarapés (WATRIN, 1996).

6.4 CLIMA

Segundo Valente et al. (2010) as condições climáticas prevalecentes caracterizam um clima quente e úmido, com precipitação pluviométrica elevada e em torno de 2.500mm durante o ano. O período mais seco ocorre entre os meses de agosto e dezembro, com temperatura oscilando entre 26 e 28 graus centígrados e, umidade relativa do ar com média anula de 84%.

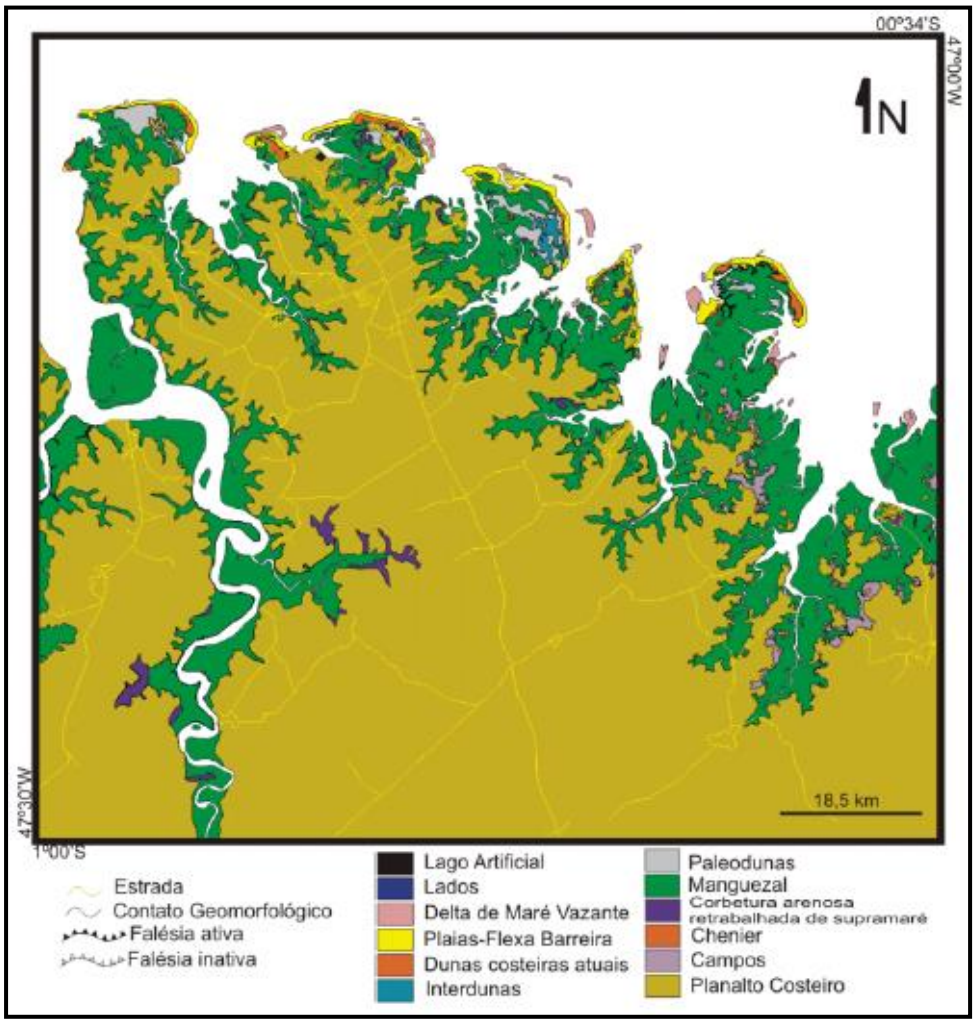
6.5 GEOMORFOLOGIA

Segundo Boulhosa e Souza Filho é possível reconhecer três feições morfológicas principais na região de estudo evidenciadas em um mapa geológico geomorfológico (Figura 11), sendo estas: (1) Planalto Costeiro que corresponde ao embasamento dos depósitos holocênicos, ocorre em altitudes médias de 30m podendo chegar a 50m; (2) Planície de maré, subdividida em cobertura retrabalhada de supramaré (5 a 15m), manguezal (0 a 5m), cheniers (10 a 20m), e pântanos salinos ou Campos; e (3) Planície litorânea, representada pelas subunidades Praias flecha Barreira (0 a 5m), Paleodunas (5 a 20m), interdunas (5 a 10m), dunas

costeiras atuais (parabólicas piramidais e longitudinais) chegam a até 25m, sistema de lagos e deltas de maré vazante.

Para Lima (2010) há um extenso compartimento embutido entre a Chapada de Paragominas e o Planalto Dissecado do Gurupi-Grajaú que se abre para nordeste, em direção às Colinas e Cristas do Gurupi. Elaborado sobre sedimentos argilo-arenosos de idade cretácea (Formação Itapecuru), configura uma superfície plana a suavemente dissecada, onde ocorrem sobretudo Latossolos Amarelos e Argisolos Amarelos em vegetação de floresta parcialmente antropizada. Corresponde à parte da unidade denominada por Barbosa et al. (1974) como Planalto Rebaixado da Amazônia (da Zona Bragantina) e ao que o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil denominou de Depressão do Meio Norte.

Figura 11 - Mapa geológico-geomorfológico da região nordeste do Pará.



Fonte: Boulhosa e Souza Filho, (2005).

7 GEOLOGIA DA ÁREA DE TRABALHO

7.1 DEPÓSITO AURÍFERO DE CACHOEIRA DO PIRIÁ

Segundo Klein et al. (2005) o depósito Cachoeira do Piriá é hospedado por rochas pertencentes ao Cinturão Gurupí. Este caracteriza-se por ser um cinturão plutônico-metamórfico alongado que faz fronteira com a margem sudoeste do Cráton São Luis.

O limite entre o Cinturão Gurupi e o Craton São Luis é gradativo e defininido pela zona de cisalhamento Tentugal (HASUI et al. 1984), que compreende um corredor longo de aproximadamente 120 Km de extensão e 15-30 Km de largura. Esta zona de cisalhamento é transcorrente-sinistral e caracteriza-se por ser um importante recurso metalogenético, uma vez que todos os depósitos de ouro conhecidos e demais ocorrências no Cinturão Gurupí estão localizados dentro desta zona de deformação (KLEIN et al. 2005).

O Cinturão Gurupi apresenta *trends* NNW-SSW de sequências supracrustais, que são tectonicamente intercaladas com gnáisses de fácies anfibolito intrudidos por diferentes gerações de rochas plutônicas (KLEIN, et al. 2008).

O depósito de ouro Cachoeira do Piriá compreende uma série de jazidas que estão confinadas à rochas relacionadas a zonas de cisalhamento, que apresentam cerca de 50 m de comprimento e 150 m de largura, desenvolvidas ao longo de rochas vulcanossedimentares da Formação Chega Tudo, na zona de contato entre esta Formação e tonalitos da Suite Intrusiva Tromaí (KLEIN et al. 2008).

Este conjunto de jazidas estende-se por mais de 2000 m de comprimento e pelo menos 200 m de profundidade. Os corpos de minério são amplamente concordantes à foliação milonítica subvertical (RIBEIRO, 2002). A mineralização de ouro ocorre em dois domínios paralelos, em rochas metavulcânicas e metassedimentares, que mostram algumas diferenças em suas características estruturais. No domínio metassedimentar a mineralização está hospedada em xistos compostos por quartzo, sericita e camadas de magnetita com espessura milimétrica, além de subordinadamente haver sericita-clorita xistos com carbonato (RIBEIRO,

2002). A zona mineralizada é bastante restrita e descontínua e consiste em pequenos veios de quartzo com calcita e pirita preenchendo fraturas que são concordantes a foliação.

O domínio metavulcânico é representado por tufos associados com rochas vulcânicas félsicas e intermediárias. Estas rochas apresentam vênulas de quartzo rodeadas por mica branca, onde o ouro é encontrado associado à essas vênulas como agregados irregulares, não se observando qualquer associação clara desta mineralização com concentrações de sulfetos (RIBEIRO, 2002).

7.2 SUCESSÕES SUPRACRUSTAIS

As sequências supracrustais podem ser divididas em pelo menos três sucessões. A Formação Chega (1) Tudo consiste em uma alternância de rochas vulcânicas félsicas e máficas, além de rochas sedimentares clásticas que foram submetidas a metamorfismo de fácies xisto verde à anfibolito baixo. A maioria das rochas apresentam xistosidade e/ou foliação milonítica bem desenvolvida, com mergulhos em geral para SW com ângulos moderados à altos, sendo que as rochas desta formação apresentam-se dobradas localmente, especialmente dentro da zona de cisalhamento tentugal (KLEIN et al. 2005). Foram obtidas idades de duas rochas metavulcânicas félsicas pelo método de evaporação em Pb em zircão de 2148 Ma e 2160 Ma (KLEIN e MOURA 2001) interpretada como idade de cristalização dos protólitos vulcânicos.

O Grupo Gurupi (2) compreende rochas metassedimentares em condições metamórficas de sub-xisto verde à anfibolito, estando provisoriamente posicionado no Paleoproterozóico com base em relações de intrusão com granitoides de 2085-2159 Ma (COSTA 2000, PALHETA, 2001).

A terceira sequência supracrustal, Formação Marajupema (3), é constituída por xistos de granulação grossa e quartzitos aluminosos de fácies anfibolito, com idade de sedimentação máxima de cerca de 1100 Ma (KLEIN, 2004).

Ortognáisses de facies anfibolito médio à alto anfibolito com migmatização localizada, pertencentes ao Complexo Itapeva, estão em contato tectônico com as susseções supracrustais. (KLEIN et al. 2005)

7.3 ROCHAS HOSPEDEIRAS

As rochas hospedeiras consistem de uma sequência metavulcanossedimentar, Alvo Barbosa (Figura 12) atribuída à Formação Chega Tudo, dominado por rochas máficas, félsicas e metaígneas, além de uma unidade metassedimentar tendo-se o Alvo Pernalonga (Grupo Gurupi ou Formação Chega Tudo). Estas sequências ocorrem subparalelas com tendências N-S, sendo corpos alongados com algumas dezenas de metros de espessura (Figura 12). As rochas são variavelmente foliadas, exibindo um *trend* N-S, xistosidade subvertical e trama milonítica (KLEIN et al. 2005).

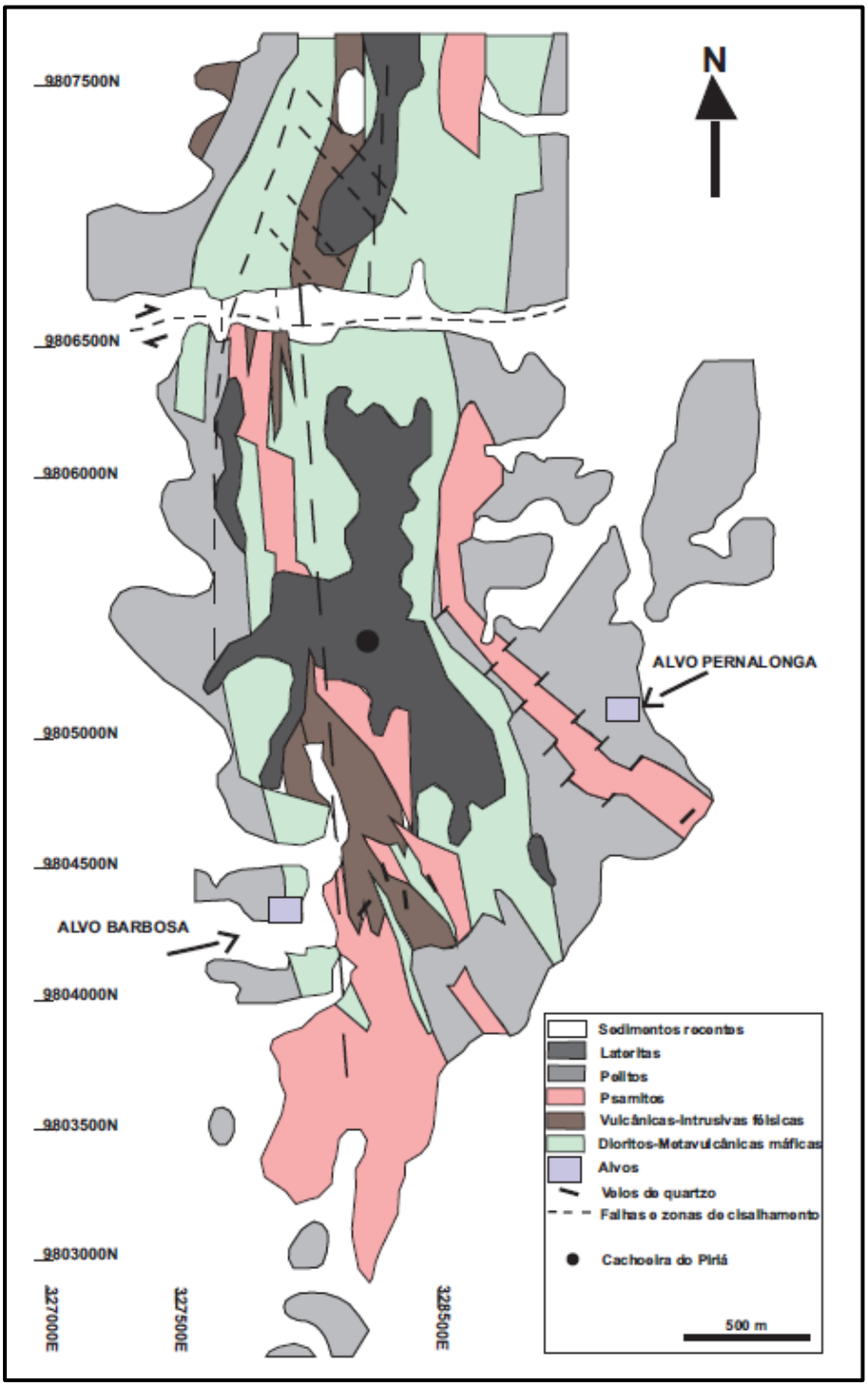
As rochas máficas e intermediárias compõem-se de tufos, basaltos, andesitos, xistos com clorita, além de haver intercalação com rochas ultramáficas e dioritos. Filitos com grafite são muitas vezes intercalados nesta sequência (KLEIN et al. 2005). Os tufos são rochas marrom e geralmente xistosas. Os basaltos e andesitos são fortemente foliados e apresentam cor cinza-escura naturalmente e esverdeado quando alterados hidrotermalmente. Clorita xistos intercalados com tufos são rochas de coloração verde escura e são provavelmente derivados de tufos e rochas vulcânicas de granulação fina. Dacitos e riolitos compõem a unidade félsica (KLEIN et al. 2005).

A sequência sedimentar compõe-se de uma unidade psamítica (Figura 12) composta por arcósios, grauvacas e tufos, além de uma unidade pelítica com siltitos intercalados e filitos carbonosos. O arcósio mostra uma cor amarelo esbranquiçada e cores rosadas, com granulometria média a grosseira e níveis conglomeráticos cortados por bandas de magnetita, evidenciando estratificação cruzada preservada (KLEIN et al. 2005).

A mineralização mais efetiva economicamente encontra-se nos tufos máficos e dioritos de granulação fina. As rochas vulcânicas félsicas e máficas, xistos sericíticos e filitos carbonosos são mineralizados subordinadamente. Já grauvacas e

arcóseos são pouco mineralizados. Todos esses estudos estão concentrados na mineralização metavulcanossedimentar do Alvo Barbosa (KLEIN et al. 2005).

Figura 12 - Mapa geológico da área do Depósito Cachoeira do Piriá e localização dos alvos Pernalonga e Barbosa.



Fonte: Modificado de Klein et al. 2005.

7.4 ESTRUTURAS TECTÔNICAS

Importantes estruturas tectônicas estão presentes nas rochas encaixantes do depósito Cachoeira do Piriá aflorantes na área de estudo.

As estruturas dúcteis identificadas em campo compreendem as foliações milonítica (em geral), xistosidade e foliação cataclástica. As estruturas rúpteis são representadas principalmente por falhas, havendo também juntas e veios, estando esses últimos associados a atividade hidrotermal.

As disposição da foliação e dos veios são mostradas em mapas de trajetória da foliação, além de roseta evidenciando à direção dos veios, que serão explicados posteriormente (Figura 16 e Figura 23).

7.4.1 Estruturas dúcteis

7.4.1.1 Foliação

Foliação é um termo geral que descreve diferentes tipos de estruturas planares e penetrativas presentes nas rochas (PASSCHIER e TROUW, 1996). São classificadas morfologicamente de acordo com as características de seus domínios (espaçado ou contínuo), pelo modo como os minerais planares se arranjam mutuamente ou por sua composição, conforme a classificação de Twiss e Moores (1992), adotada neste trabalho e apresentada abaixo (Tabela 1).

A foliação é a feição planar mais expressiva nas rochas encaixantes expostas nas rochas encaixantes do depósito. Esta estrutura marca importantes estágios de deformação.

Nessas rochas existem três tipos de foliação: (1) Foliação espaçada, disjuntiva suave (foliação milonítica) em geral, (2) Foliação espaçada anastomótica (foliação cataclástica) e (3) Foliação contínua grossa (xistosidade).

Tabela 1: Classificação morfológica de Twiss e Moores (1992) para tipos de foliação.

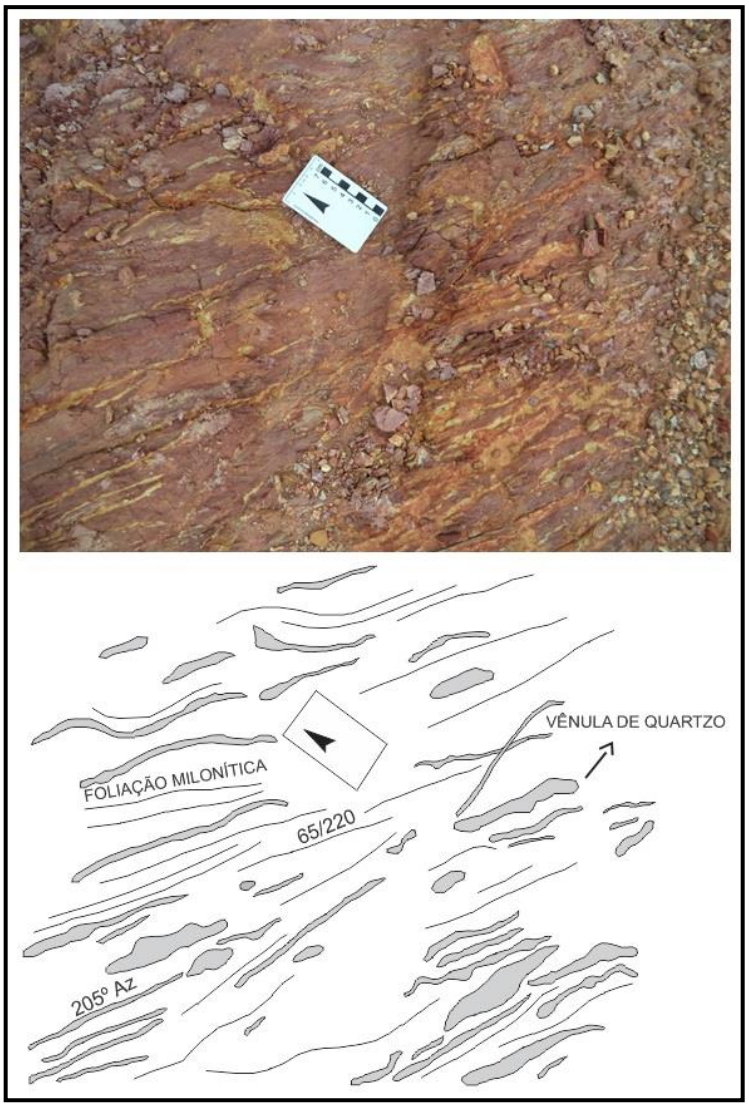
Foliação e Clivagem	Espaçada	Composicional	**Difusa (Foliação de Transposição)**
			Bandada (Bandamento Gnáissico)
		Disjuntiva	Estilolítica
			Anastomótica Grossa e/ou Suave (Foliação milonítica)
		Crenulação	Zonal
			Discreta
		Fina	Clivagem Ardosiana
	Contínua	Grossa	**Xistosidade**

Fonte: Twiss e Moores (1992).

(1) Foliação Milonítica

É a feição planar resultante do fluxo plástico lamelar de *strain* elevado, que ocorre normalmente em zonas de cisalhamento dúctil (TWISS e MOORES, 1992). Este foliação está presente nas rochas metavulcânicas hidrotermalizadas (Figura 13). É classificada como espaçada, disjuntiva, milonítica suave e mostra direção preferencial NW-SE com mergulhos variando de moderados à altos.

Figura 13 - Foliação milonítica presente nas rochas metavulcânicas hidrotermalizadas da Formação Chega Tudo. (Coordenadas: X: 328518; Y: 9803728).

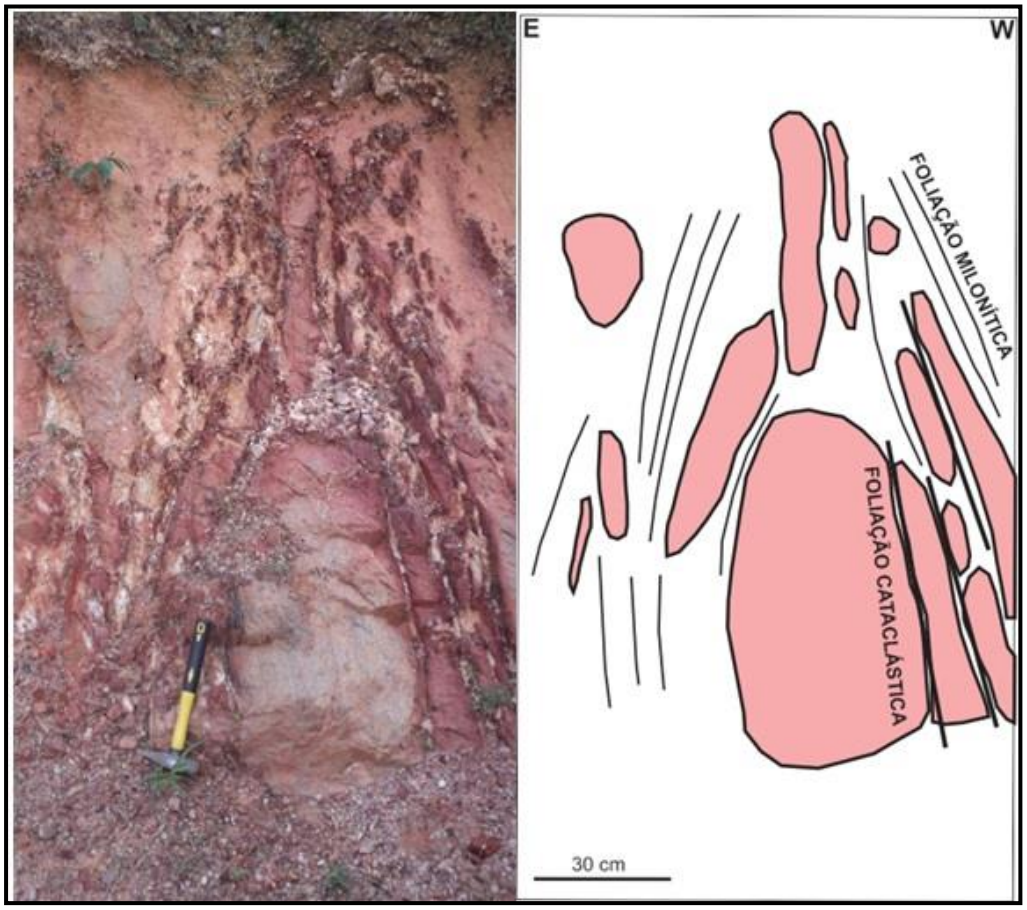


Fonte: Elaborado pelo autor.

(2) Foliação Cataclástica

É o termo utilizado para descrever fraturas pouco espaçadas, anastomóticas e geralmente são formadas em nível crustal raso (FOSSEN, 2012). Este tipo de foliação está presente nas rochas metareníticas (Figura 14). É classificada como espaçada, composicional, difusa e mostra direções NNE-SSW com mergulhos subverticais que variam entre 87º-90° para os quadrantes NW e SE.

Figura 14 - Foliação cataclástica presente em metarenitos da Formação Chega Tudo. Observa-se que ela acompanha a orientação da foliação milonítica existente. (Coordenadas: X: 328404; Y: 9803787).

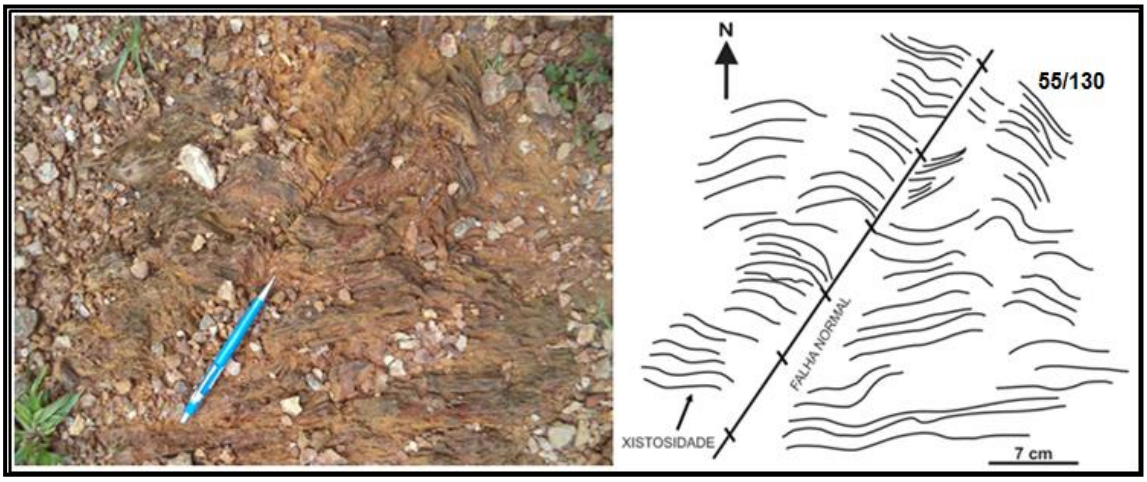


Fonte: Elaborado pelo autor.

(3) Xistosidade

É o termo utilizado para descrever a reorientação de minerais pré-existentes e/ou cristalização orientada de novos minerais, especialmente os micáceos. Caracteriza-se por uma intensa anisotropia planar (FOSSEN, 2012). Este tipo de foliação está presente nas rochas metapelíticas presentes na área de trabalho. É classificada como contínua grossa e evidencia direções NW-SE com mergulhos variando de moderados à altos para SW.

Figura 15 - Xistosidade presente nas rochas metapelíticas da Formação Chega Tudo na área de trabalho. (Coordenadas: X:330072; Y:9807562)



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.4.1.2 Trajetória da Foliação

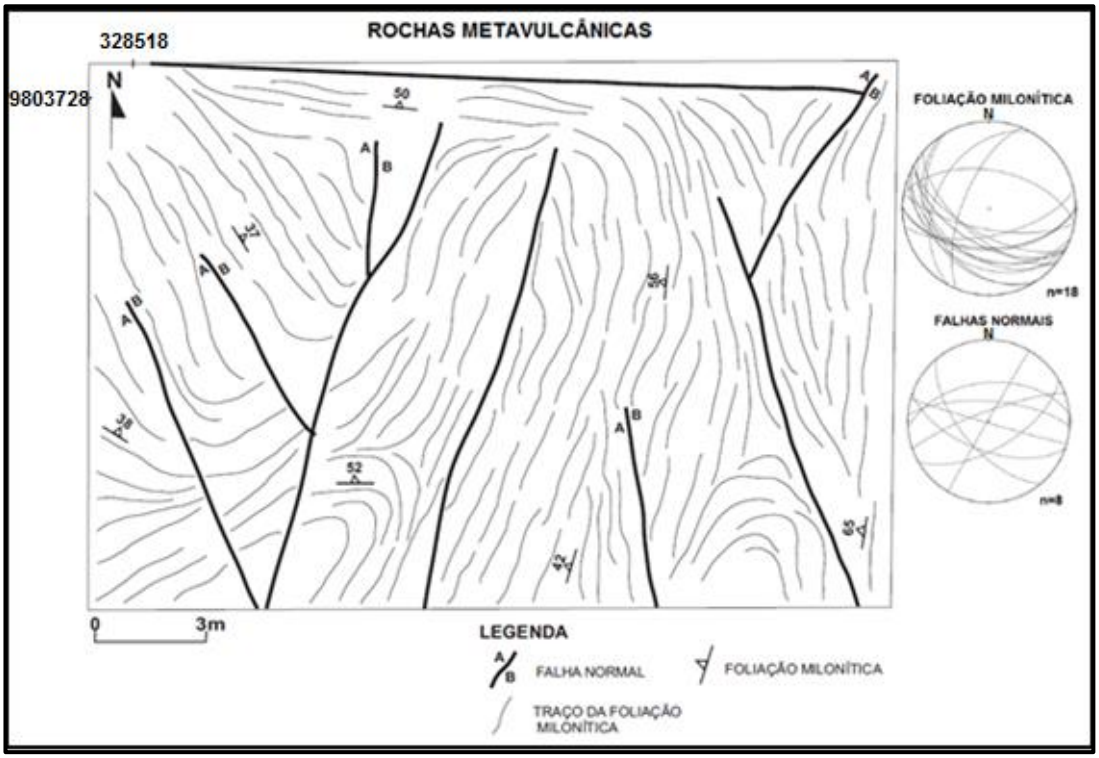
Os mapas de trajetória da foliação foram elaborados a partir da distribuição da direção das foliações observadas nas rochas encaixantes expostas na área de trabalho.

O arranjo geométrico das trajetórias da foliação milonítica observado nas rochas da Formação Chega Tudo tem orientação preferencial NW-SE, com ângulos de mergulho variando de 30º-65º, sendo esta predominante na área de trabalho. Em escala de detalhe observa-se que a trajetória da foliação é deslocada por falhas normais (Figura 14 e Figura 15). Estas falhas apresentam direção preferencial NE-SW e apresentam ângulos de mergulho subverticais.

A orientação da xistosidade concorda com a orientação da foliação milonítica NW-SE e ângulos de mergulho variando de 30°-60°, na maioria das rochas analisadas o que pode ser verificado na Figura 16.

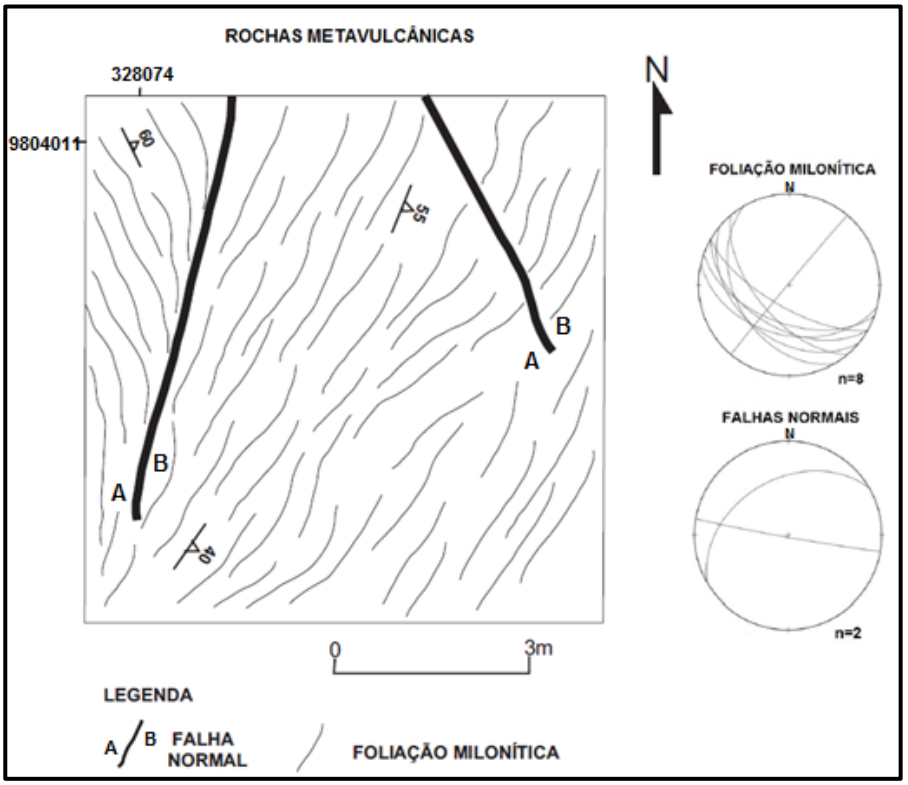
Quanto à foliação cataclástica (Figura 17), está encontra-se localmente nos metarenitos presentes, apresentando orientação NNW-ESE e ângulos de mergulho subverticais.

Figura 16 - Mapa da trajetória das foliações miloníticas em escala de detalhe presente nas rochas metavulcânicas pertencentes a Formação Chega Tudo, nas proximidades de Cachoeira do Piriá. (Coordenadas: X: 328518 Y: 9803728).



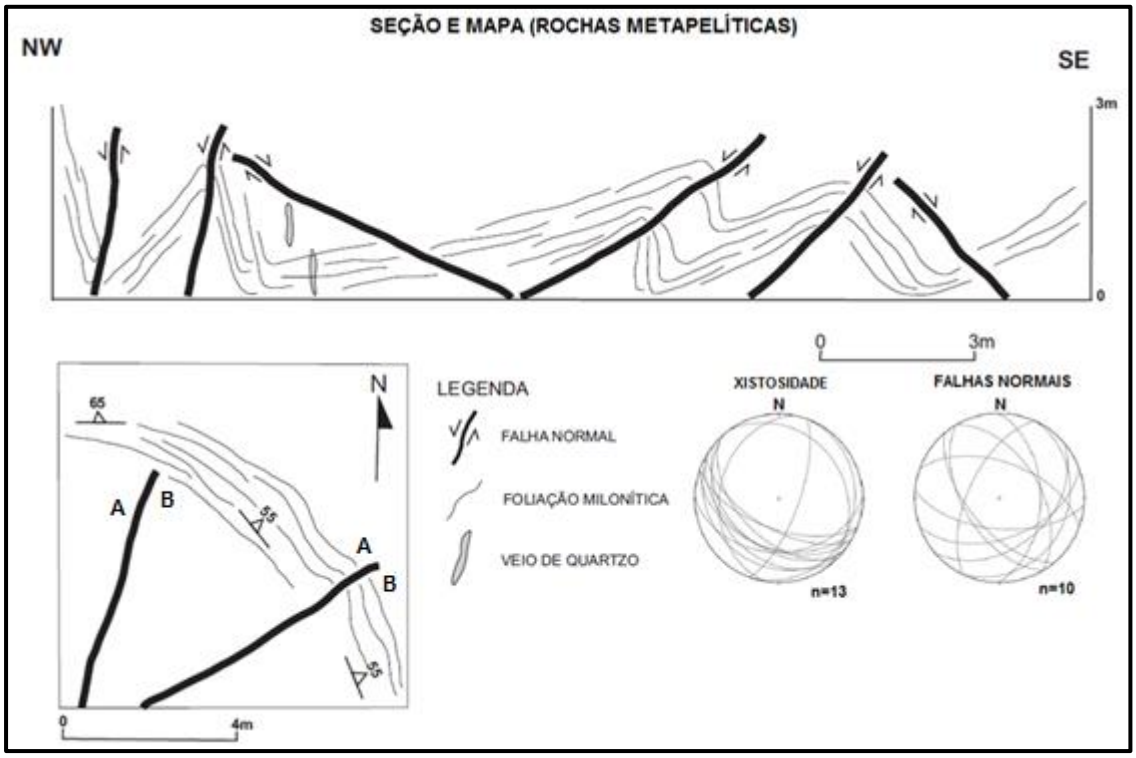
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 - Mapa de trajetória das foliações miloníticas em escala de detalhe presente nas rochas metavulcânicas pertencentes à Formação Chega Tudo. (Coordenadas: X:328074/ Y:9804011).



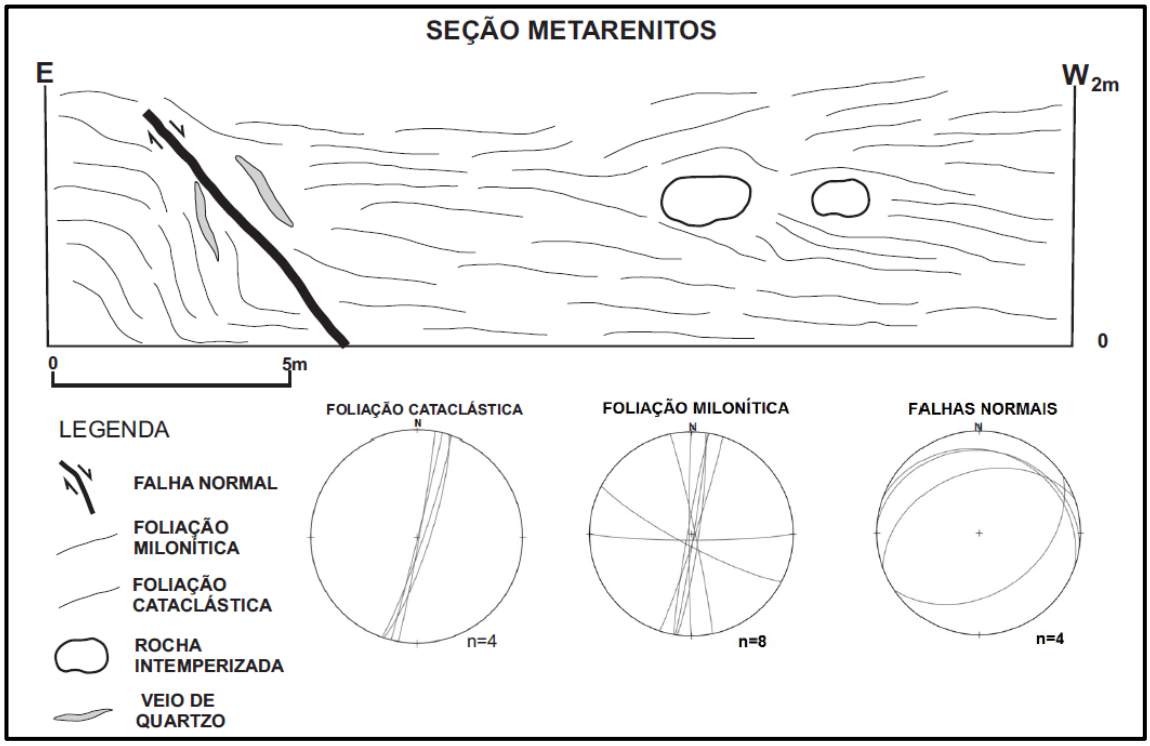
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Seção da trajetória da xistosidade e detalhe no chão nas rochas metapelíticas pertencentes à Formação Chega Tudo. Coordenadas: X:330072 Y: 9807562.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Foliação milonítica com atitude 87/020 cortada por falha normal com direção NE-SW provocando arrastos localizados. Coordenadas: X: 328404; Y: 9803787.



Fonte: Elaborado pelo autor.

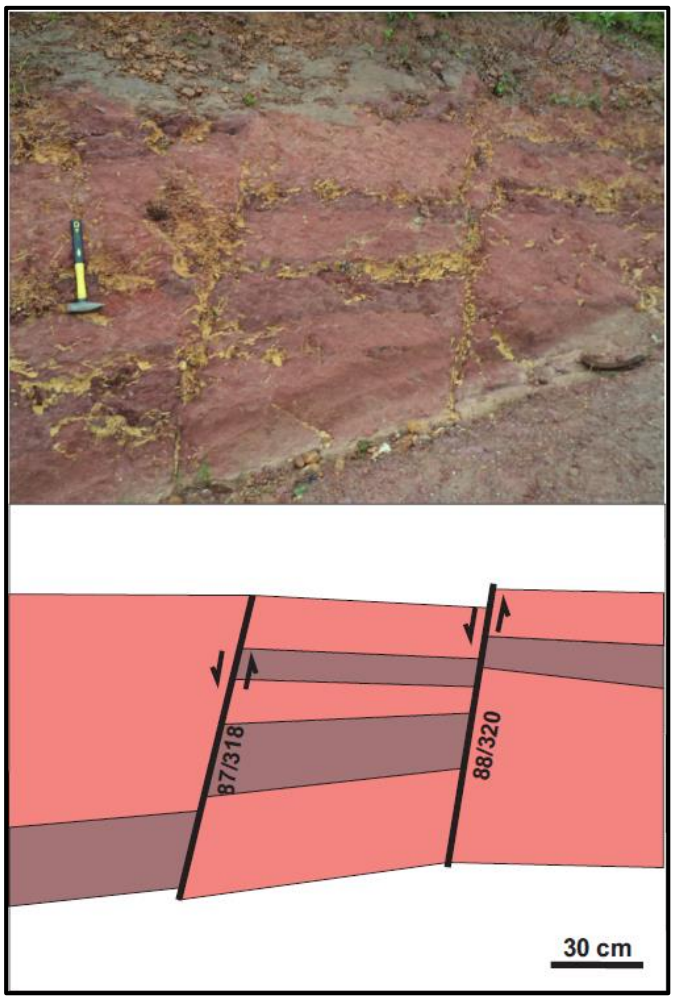
7.4.2 Estruturas rúpteis

7.4.2.1 Falhas

São descontinuidades mecânicas em um corpo rochoso, onde há deslocamento relativo entre blocos. Sob este aspecto as falhas podem ser classificadas em: falhas normais, falhas inversas, falhas transcorrentes (direcionais) e falhas oblíquas (TWISS e MOORES, 1992).

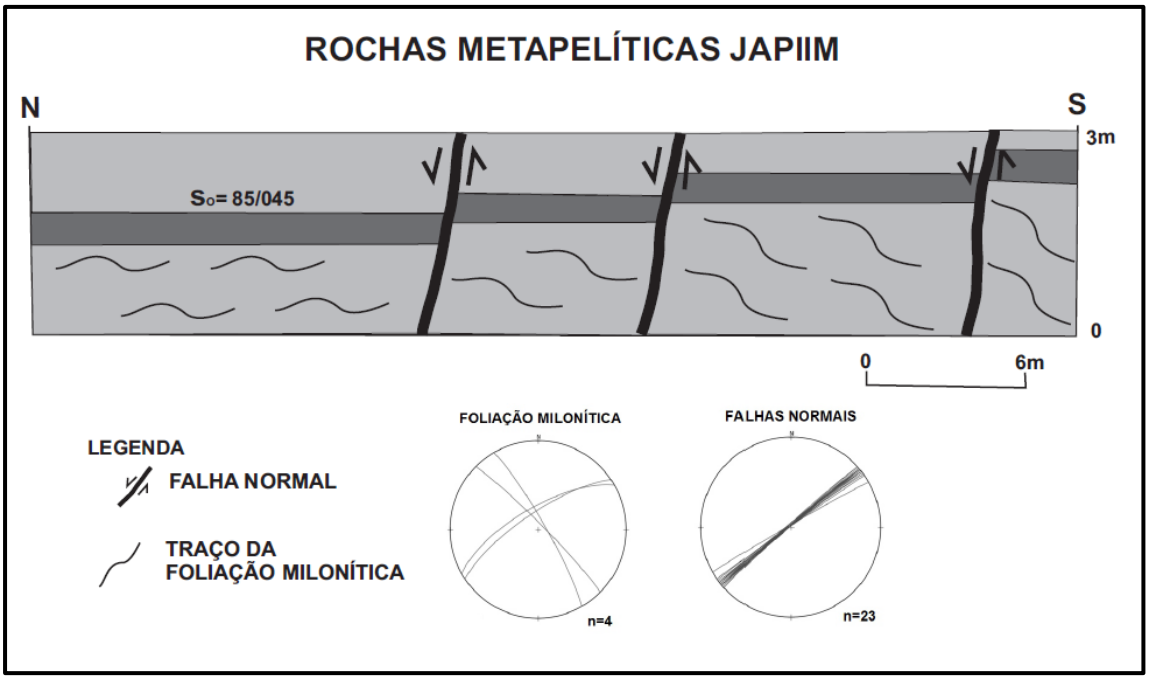
As falhas estudadas mostram direções preferenciais NE-SW (Figura 20 e 21) e mergulhos variando de moderadas a subverticais para os quadrantes NW e SE. Verifica-se que nas falhas normais há a existência de blocos altos e blocos baixos topograficamente (Figura 16).

Figura 20 - Falhas Normais presentes nas rochas metapelíticas da Formação Chega Tudo. X:308425; Y:9809562.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 - Seção com falhas normais presentes nas rochas metapelíticas da Formação Chega Tudo na estrada do Japiim. Coordenadas: X:308366; 9807598.



Fonte: Elaborado pelo autor.

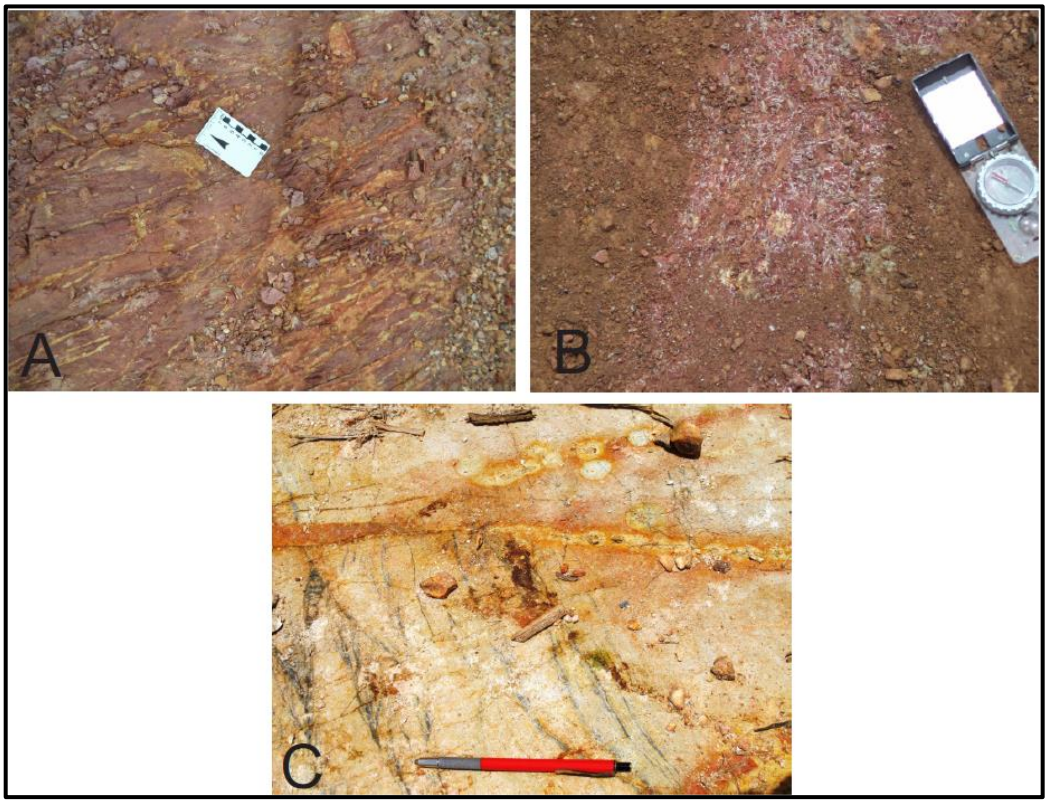
7.4.2.2 Veios

Os veios presentes nas encaixantes apresentam composição quartzosa (Figura 22), formas tabulares e irregulares e estão associados com atividade hidrotermal.

Quando associados com atividade hidrotermal, estes apresentam-se como vênulas de largura 1-4 cm e comprimentos de até 10 cm, sendo desta maneira melhor evidenciados nas rochas metavulcânicas (Figura 22A e Figura 22B) da Formação Chega Tudo.

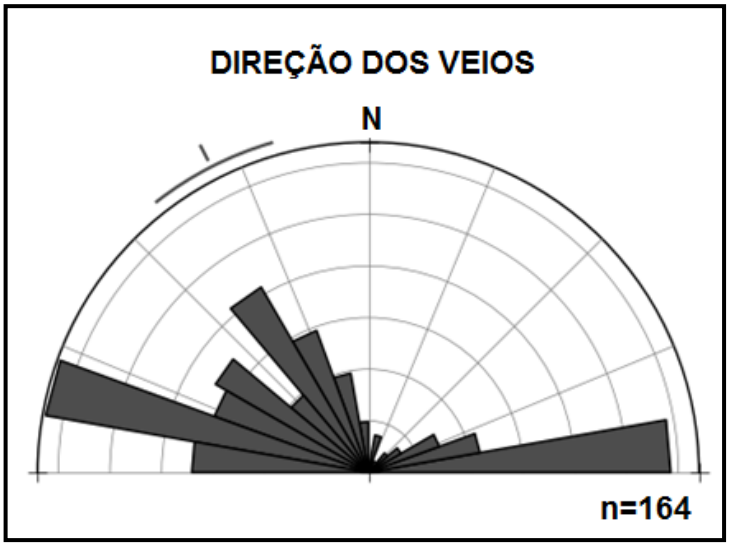
No mais, apresentam formas tabulares que chegam até 30 cm de comprimento e largura que varia de 5-10 cm. Estes foram observados em todos os litotipos mapeados da Formação Chega Tudo e em alguns afloramentos da Formação Piriá (Figura 22C). Estes veios apresentam direções preferenciais NW-SE e E-W com mergulhos subverticais (Figura 23).

Figura 22 - Veios presentes nas unidades mapeadas na área de trabalho. (A) veios nas rochas metavulcânicas hidrotermalizadas da Formação Chega Tudo, coordenadas: X:328518; Y:9803728; (B) vênulas de quartzo em regiões hidrotermalizadas nas metavulcânicas da Formação Chega Tudo, coordenadas: X:328074; Y:9804011; (C) veios de quartzo nos arenitos da Formação Piriá, coordenadas: X: 325115; Y:9800043.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 - Roseta evidenciando a direção preferencial, NW-SE e E-W, dos veios presentes nas rochas metavulcânicas da Formação Chega Tudo. Porcentagem máxima 15,85%.



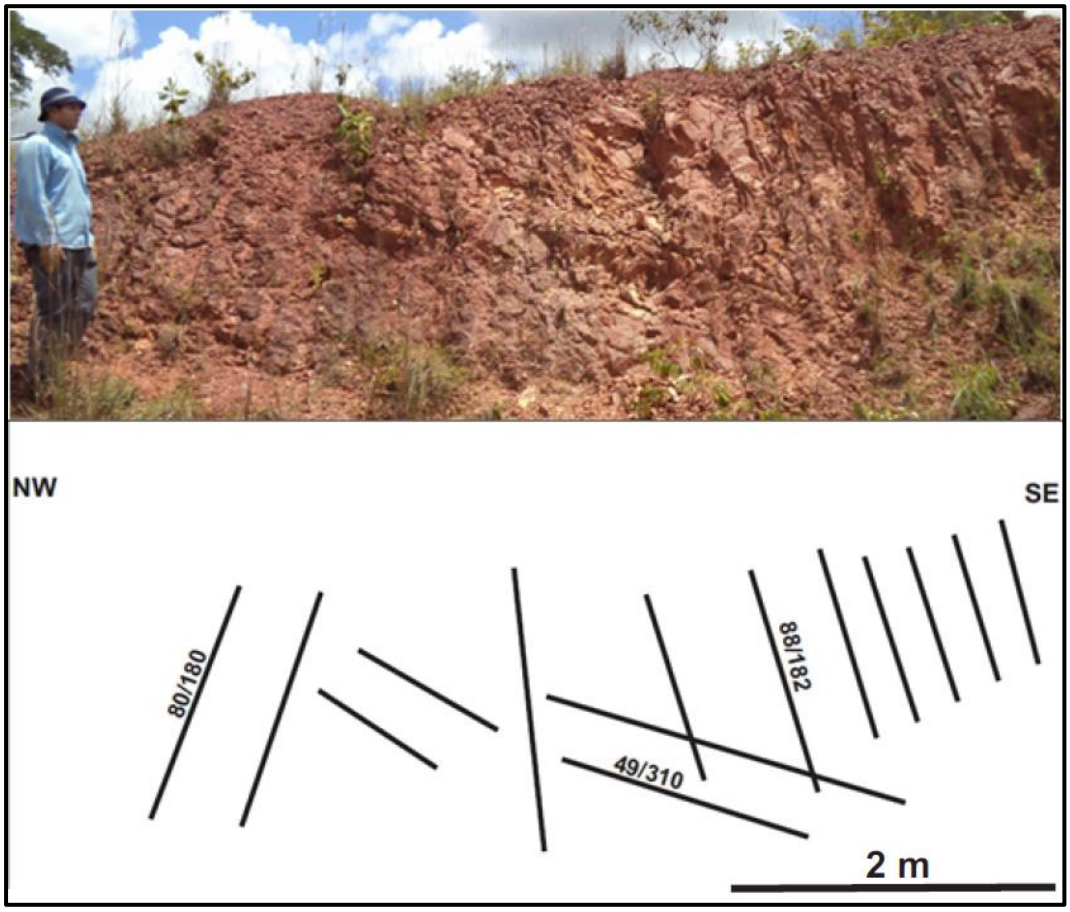
Fonte: Elaborado pelo autor.

7.4.2.3 Fraturas

As fraturas nas rochas ocorrem em todos os litotipos mapeados na área de trabalho. Estas estruturas mostram comprimento que varia de poucos centímetros até dezenas de metros.

Nos pontos visitados referentes aos litotipos da Formação Chega Tudo destacam-se duas famílias de fraturas subverticais, com direções N-S e NW-SE. A família N-S é temporariamente anterior, pois é cortada por fraturas NW-SE que tem deslocamentos milimétricos (Figura 24).

Figura 24 - Fraturas presentes nos metarenitos da Formação Chega Tudo. Verifica-se a presença das duas famílias principais de direção N-S e NW-SE. Coordenadas: X: 328404; Y: 9803787.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.4.3 Geologia do Garimpo Naldo

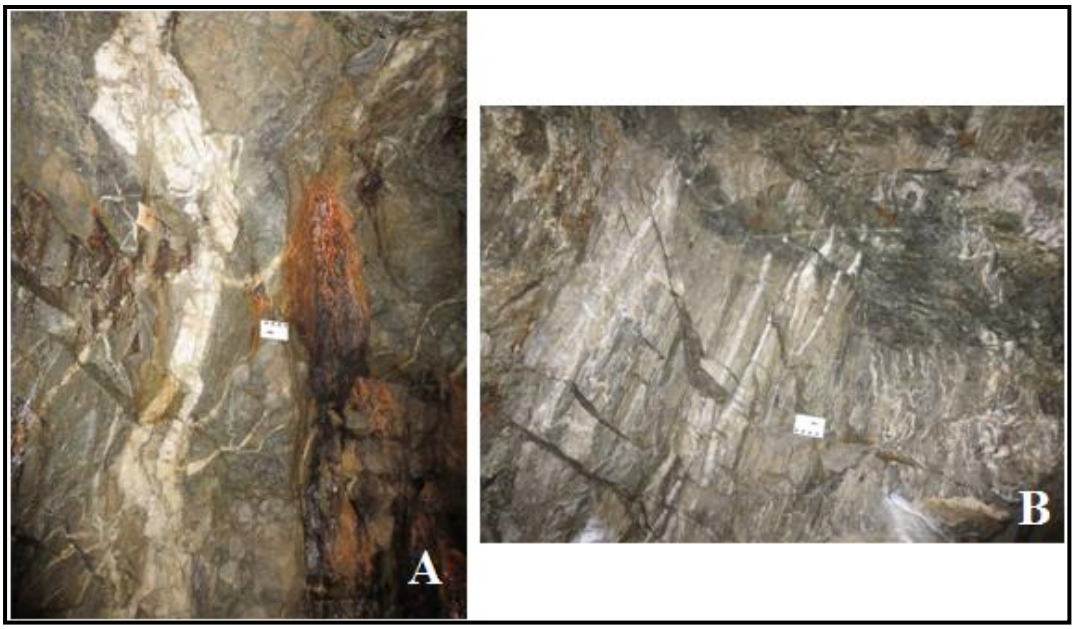
O Garimpo do Naldo é um dos pontos de exploração de ouro na região de Cachoeira do Piriá, tendo hoje os direitos de exploração à empresa Terra Ativa. Caracteriza-se por ser uma mina subterrânea constituída por um poço de 100 metros de profundidade e uma galeria de aproximadamente 90 metros de extensão.

A galeria possui direção NE-SW e é constituída por xistos hidrotermalizados. Estes apresentam foliação milonítica (Figura 26A) e xistosidade (Figura 25B) com direção NW-SE e ângulos de mergulho subverticais. A rocha é cortada por veios de quartzo que apresentam-se concordantes, mas também discordantes em relação a direção da foliação milonítica e xistosidade existente. Os veios apresentam formas amendoadas (Figura 26B).

Zonas de Cisalhamento (Figura 26A) de dimensões métricas foram observadas na galeria, sendo estas paralelas às foliações.

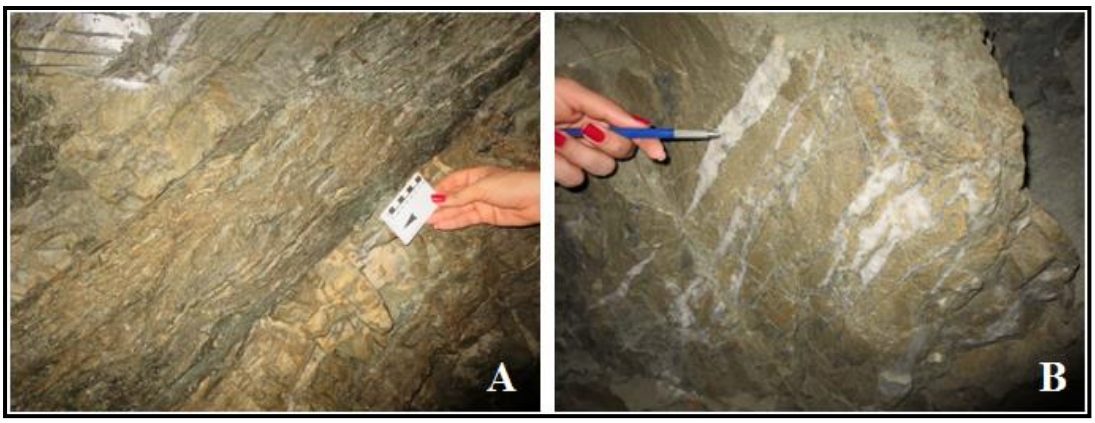
Quando o xisto encontra-se bastante afetado pelo hidrotermalismo (Figura 25A), onde a foliação característica da rocha não pode mais ser identificada, este passa a ser considerado uma brecha hidrotermal. A mineralização de ouro está associada principalmente com o a intensa atividade hidrotermal na rocha nas brechas e veios, assim como com a deformação.

Figura 25 - Em A: Zona hidrotermal; Em B: Xistosidade. Ambas presentes nos xistos hidrotermalizados na galeria do Garimpo Naldo. Coordenadas: X: 328225; Y:9804025.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 – Em A: Zona de cisalhamento de direção NW-SE nos xistos hidrotermalizados e foliação milonítica; Em B: Veios de quartzo com formas amendoadas. Coordenadas: X:328275; Y:9804100.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.4.4 Discussões dos dados estruturais

O padrão de deformação observado nas rochas encaixantes mapeadas na região do Gurupi é caracterizado pelos diferentes estágios de deformação, mostrados a partir da análise de arranjos estruturais diferentes, impressos nas rochas.

O primeiro evento estrutural observado nas rochas é de caráter dúctil, evidenciado pela presença da foliação milonítica em geral e xistosidade (Figura 25) em um tempo T_0, que marca o estágio inicial da deformação. Este está associado à ocorrência de zonas de cisalhamento discretas de dimensões métricas ao longo da direção NW-SE, que atuaram no Cinturão Gurupi (COSTA *et al*., 1988; BORGES et al., 1994; PASTANA, 1995; COSTA, 2000; RIBEIRO, 2002).

A foliação milonítica é definida principalmente pela rotação e/ou achatamento de minerais placosos e micácios presentes nos vários litotipos da Formação Chega Tudo e apresenta direção preferencial NW-SE, com ângulos de mergulho variando de 30º a 65º, sendo esta dominante em relação a xistosidade e a foliação cataclástica que ocorrem localmente nas rochas estudadas.

A xistosidade mapeada nas rochas metapelíticas da formação Chega Tudo apresenta direções similares à orientação da foliação milonítica, NW-SE e ângulos de mergulho variando de 30º a 60º.

Quanto à foliação cataclástica, esta ocorre de forma pontual na região do mapeamento, sendo de caráter rúptil, posterior a foliação milonítica e xistosidade, porém subparalela à direção preferencial NW-SE, com ângulos de mergulho subverticais.

Em um tempo T_1 ocorreu um evento hidrotermal (Figura 25) impresso em grande parte das rochas metavulcânicas, metapelíticas e metareníticas mapeadas da Formação Chega Tudo. Este tipo de alteração condicionou o processo de silificação das rochas, assim como a mineralização aurífera destas.

O estágio de deformação rúptil inicia-se com um fraturamento das rochas em um tempo T_2 condicionado pela ação hidrotermal que facilita a existência de uma trama venulada, com veios em todas as direções, porém preferencialmente nas direções NW-SE e E-W e ângulos de mergulho subverticais.

Na última fase do estágio rúptil (Figura 25) ocorre a colocação de falhas normais que deslocam a direção das foliações NW-SE presentes nas rochas para a direção próximo da N-S em um tempo T3. Estas falhas apresentam orientação principal NE-SW e ângulos de mergulho em geral subverticais.

Figura 27 - Evolução estrutural proposta para a área de estudo, evidenciada em quatro diferentes estágios.

Fonte: Elaborado pelo autor.

8 MAPA GEOLÓGICO

O trabalho de mapeamento geológico regional realizado nas adjacências da cidade de Cachoeira do Piriá teve o objetivo de contextualizar os dados geológico-estruturais coletados na área de estudo e associados com os dados geofísicos gerar o mapa geológico regional aqui apresentado na escala de 1:250.000.

A área mapeada apresenta aproximadamente 1500 Km^2 e compreende as rochas expostas pertencentes ao Cinturão Gurupi, em especial as rochas da

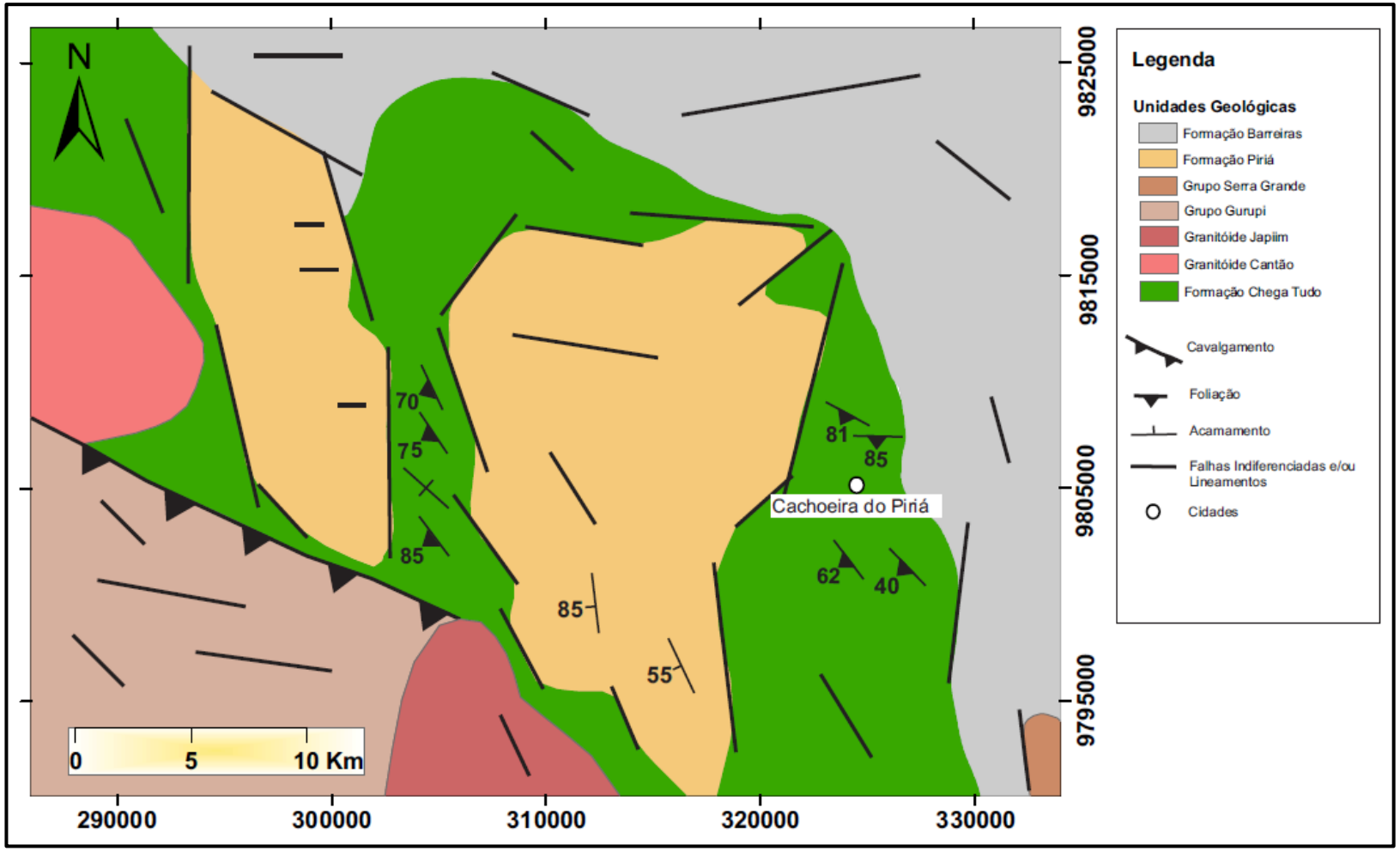
Formação Chega Tudo, que são representadas por rochas metavulcânicas e metassedimentares que ocupam cerca de 33% da área mapeada, totalizando uma área de aproximadamente 450 Km^2.

As rochas da Formação Chega Tudo apresentam-se deformadas e metamorfizadas na fácies xisto verde. A deformação é mapeada pela presença da foliação milonítica, xistosidade e foliação cataclástica de direção NW-SE com ângulos de mergulho variando de moderados a altos, distribuídos na porção sudeste e sudoeste do mapa.

Acamamentos foram medidos em campo nas rochas pertencentes a Formação Piriá apresentando direções NW-SE e NE-SW, com mergulhos subverticais.

As falhas indiferenciadas que delimitam o contorno dos corpos pertencentes a Formação Piriá são produtos da análise geofísica magnetométrica que resultou nos lineamentos magnéticos e domínios magnéticos, além dos lineamentos de drenagem e relevo obtidos a partir da interpretação da imagem SRTM.

Figura 28 - Mapa geológico, que mostra as unidades litoestratigráficas e estruturação tectônica da região de Cachoeira do Piriá na escala de 1:250.000, compilado a partir do mapa da CPRM e comprometido com os dados de campo do autor.



Fonte: Modificado CPRM.

9 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir deste trabalho permitem relacionar as seguintes conclusões:

- Dados geofísicos obtidos da análise da imagem da Primeira Derivada vertical com Amplitude do Sinal Analítico do Campo Magnético Anômalo permitiu a identificação de lineamentos magnéticos com direções preferenciais NE-SW, além da configuração de domínios magnéticos. Estes ajudaram na definição dos contatos por falhas estabelecidos nas porções analisadas pertencentes a Formação Chega Tudo e Formação Piriá presentes no mapa geológico, além de auxiliar no contorno das outras unidades presentes.
- A análise da imagem SRTM permitiu a configuração dos lineamentos de drenagem com direção preferencial NW-SE e subordinamente NE-SW; e dos lineamentos de relevo que apresentam direções preferenciais NW-SE e E-W. A direção preferencial dos lineamentos é concordante com a direção principal das foliações milonítica, xistosidade e foliação cataclástica retiradas em campo e definem traços que marcam as unidades presentes no mapa geológico.
- A região estudada nas adjacências da cidade de Cachoeira do Piriá apresenta litotipos pertencentes em sua maioria a Formação Chega Tudo. Esta apresenta rochas metavulcânicas e metassedimentares que foram afetadas por metamorfismo de fácies xisto verde, havendo indícios de deformação presentes nas rochas analisadas (KLEIN et al. 2004)
- As rochas metavulcânicas e metassedimentares estudadas pertencentes à Formação Chega Tudo apresentam granulação fina e em geral estão hidrotermalizadas. Estas apresentam-se afetas por um evento de caráter dúctil, evidenciado pela presença da foliação em geral milonítica, mas também ocorrendo a xistosidade e localmente a foliação cataclástica. Todas com direção preferencial NW-SE e mergulhos variando de baixos a intermediários. A direção do *trend* principal medido em campo é similar ao *trend* regional NW-SE (KLEIN et al. 2005).
- O evento de caráter rúptil é verificado na área de estudo pela presença de falhas, veios e fraturas.

- As falhas existentes apresentam direção preferencial em geral NE-SW e mergulhos subverticais.
- As fraturas presentes apresentam direções preferenciais N-S e NW-SE com mergulhos subverticais.
- Os veios apresentam-se distribuídos em todas as direções, porém preferencialmente em *trends* NW-SE e E-W, estando estes associados com a atividade hidrotermal nas rochas analisadas.
- A história evolutiva estrutural da área de estudo caracteriza-se por quatro eventos que ocorreram em tempos T_0, T_1, T_2 e T_3. O primeiro evento estrutural (T_0) é de caráter dúctil e caracteriza-se pela formação da foliação presente nas rochas estudadas. Posteriormente em um tempo T_1 estas rochas foram afetadas pelo hidrotermalismo, seguido de fraturamento e a colocação dos veios de quartzo (T_2). E finalmente em T_3 houve a colocação de falhas normais que deslocaram a direção da foliação presente nestas rochas. A idade desses eventos precisa ainda ser melhor detalhada por estudos geocronológicos.

REFERÊNCIAS

ABREU, F.A.M., VILLAS, R.N.N., Hasui, Y. Esboço estratigráfico do Precambriano da região do Gurupi, Estados do Pará e Maranhão. In: 31st Congresso Brasileiro de Geologia, Anals, vol. 2, pp.647–658, 1980.

ABREU, F.A.M., LESQUER, A. Considerações sobre o Pré-Cambriano da região sul - sudoeste do Cráton São Luís. In: 2nd Simpósio de Geologia da Amazônia, Anais, vol. 1, pp. 7–21, 1985.

ABREU, F.A.M. Evolução geotectônica do Pré-Cambriano da região Meio Norte do Brasil e sua correlação com a África Ocidental. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Pós-Graduação em Geoquímica e Petrologia. 440 p. (Tese de Doutorado), 1990.

ALMEIDA, F.F.M. Origem evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM, 1967.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. The Upper Precambrian of South América. Boletim Instituto de Geociências USP, 7: 45-80, 1976.

ALMEIDA, Folha São Luís (SA.23). Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:1.000.000, Rio de Janeiro, CPRM, 2000.

BORGES, M.S. Contribuição à geologia da região de Santa Luzia-PA. Belém, Universidade Federal do Pará, Núcleo de Geociências. (Trabalho de Conclusão de Curso), 1988.

BORGES, M.S.; COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; COSTA, J.L.; MAIA, R.G.N.; ARAÚJO, O.J.B. O quadro litoestrutural da Folha SA.23-V-C (Castanhal). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriú, Boletim de Resumos Expandidos... v. 2, p. 113-114, 1994.

BOULHOSA, M.B.M; SOUZA FILHO, P.W.M. Uso de Imagens SRTM e Landsat ETM+7 para o mapeamento geomorfológico dos ambientes costeiros do nordeste do Pará. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 1745-1747, 2005.

CARRINO, T.A. Geotecnologias Aplicadas ao reconhecimento de Áreas Chaves à exploração aurífera na Província Mineral do Tapajós. Dissertação de Mestrado, Brasília-DF, 2010.

COSTA, J.L., ARAUJO, A.A.F.,VILLAS BOAS, J.M., FARIA, C.A.S., SILVA NETO,C.S.,WANDERLEY,V.J.R. Projeto Gurupi, DNPM/CPRM, 258pp, 1977.

COSTA, J.B.S.; PASTANA, J.M.N.; COSTA, E.J.S; JOÃO, X.S.J. A Faixa de Cisalhamento Tentugal na Folha SA.23-Y-B. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35. Belém. Anais... SBG. v.5, p.2257-2266, 1988.

COSTA, M.L. Petrologia e geoquímica dos xistos carbonosos de Santa Luzia (Ourém-PA). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém. Anais… SBG, v. 2, 18-32, 1985.

COSTA, J.L.; ALMEIDA, H.G.G.; RICCI, P.S.F. Metamorfismo e divisão tectonoestratigráfica do Grupo Gurupi no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, Belém, Boletim de resumos expandidos... SBG, p. 110-112, 1996a.

COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; FERREIRA JR., C.R.P.; BEZERRA P.E.L.; COSTA, M.L.; FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. Geonomos, v. 4, p. 23-44, 1996.

COSTA, J.L. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás. Castanhal, Folha SA. 23-V-C. Estado do Pará, Belém, CPRM (CD-ROM), 2000.

CRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2ªED, 1980.

FOSSEN, H. Geologia Estrutural/Hakoon Fossen; Tradução: Fábio R. D. de Andrade – São Paulo: Oficina de textos, 2012.

FRANCISCO, B.H.R.; LOWENSTEIN, P.; SILVA, O.F.; SILVA, G.G. Contribuição à geologia da Folha São Luís (SA.23) no Estado do Pará. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Série Geologia, 17: 40 p, 1971

HASUI, Y., ABREU, F.A.M., VILLAS, R.N.N. Província Parnaíba. In: O Pré-Cambriano no Brasil. Edgard Blücher, São Paulo, pp.36–45, 1984.

IGREJA, H.L.S. Estudo geológico da sequência Camiranga – Nordeste do Estado do Pará. Belém. Universidade Federal do Pará. (Dissertação de Mestrado), 1985.

JAQUES, A.L.; WELLMAN, P.; WHITAKER, A.; WYBORN, D. High resolution geophysics in modern geological mapping. AGSO journal of Australian Geology & Geophysics, 17(2), 159-173, 1997.

KLEIN, E.L. & MOURA, C.A.V. Age constraints on granitoids and metavolcanic rocks of the São Luís Craton and Gurupi Belt, northern Brazil: implications for lithostratigraphy and geological evolution. International Geology Review, 43: 237-253, 2001.

KLEIN, E.L. Evolucão crustal pré-cambriana e aspectos da metalogênese do ouro do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi, NE-Pará/NW-Maranhão, Brasil. Unpublished D.Sc. Thesis. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 303 pp, 2004.

KLEIN, E.L; MOURA, C.A.V; KRYMSKY, R.S; GRIFFIN, W.L. The Gurupi Belt, northern Brazil: Litostratigraphy, geochronology, and geodynamic evolution, 2005.

KLEIN, E.L; MOURA, C.A.V; PINHEIRO, B.L.S. Paleoproterozoic Crustal Evolution of the São Luis Craton, Brazil: Evidence from Zircon Geochronology and Sm-Nd Isotopes, 2005.

KLEIN, E.L; HARRIS, C.; GIRET, A.; MOURA, C.A.V.; ANGÉLICA, R.S. Geology and stable isotope (O,H,C,S) constraints on the genesis of the Cachoeira Gold Deposit, Gurupi Belt, northern Brazil, 2005.

KLEIN, E.L; LUZARDO, R; MOURA, C.A.V; LOBATO, D.C; BRITO, R.S.C; ARMSTRONG, R. Geocronology, Nd isotopes and reconnaissance geochemistry of volcanic and metavolcanic rocks of the São Luis Craton, northern Brazil: Implications for tectonic setting and crustal evolution, 2008.

KLEIN E.L; RIBEIRO, J.W.A; HARRIS, C.; MOURA, C.A.V; GIRET, A. Geology and Fluid Characteristics of the Mina Velha and Mandiocal Ore bodies and Implications for the Genesis of the Orogenetic Chega Tudo Gold Deposit, Gurupi Belt, Brazil, 2008.

LESQUER, A., BELTRÃO, J.F., ABREU, F.A.M. Proterozoic links between northeastern Brazil and West Africa: a plate tectonic model based on gravity data. Tectonophysics 110, 9–26, 1984.

LIMA, M. I. C. Análise de Drenagem e seu Significado Geológico-Geomorfológico. Belém: 2002. 1 Cd-Rom.

LIMA, M.I.C. Geomorfologia da Zona Leste e Calha Norte do Estado do Pará. IBGE: Belém, 2010.

MARTINS, E.S.F; SOUSA FILHO, P.W.M; COSTA, F.R; ALVES, P.J.O. Extração Automatizada e caracterização da rede de drenagem e das bacias hidrográficas do nordeste do Pará ao noroeste do Maranhão a partir de imagens SRTM, 2007.

PALHETA, E.S.M. Evolucão geológica da região nordeste do Estado do Pará com base em estudos estruturais e isotópicos de granitóides. M.Sc. Thesis. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 143 pp, 2001.

PASTANA, J.M. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil/Programa Grande Carajás. Serviço Geológico do Brasil, 240p, 1995

PASTANA, J.M; JORGE JOÃO, X. da S.; ARAÚJO, O.J.B. Características litológicas das unidades rochosas integrantes do Cinturão de Cisalhamento Chega Tudo, 1994.

PROJETO RADAMBRASIL. Folha SA 23 São Luiz e Parte da Folha SA 24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).

RIBEIRO 2002. Arcabouço Estrutural da região de Chega-Tudo e Cedral, Nordeste do Maranhão, com bases em Sensores Geofísicos. Dissertação de Mestrado.

RUY, A.C; Aplicação de Dados Magnéticos Gradiométricos e Gamaespectrométricos no Terreno Granito-Greenstone Belt Três Palmeiras, Volta Grande do Xingu, Pará. Implicações na Caracterização Geológico-Geofísica e na Seleção de Alvos Para a Exploração Mineral. Dissertação de Mestrado. Brasília, DF, 2009.

TWISS, R. J. AND MOORES, E. M. Structural Geology. Freeman & Company, New York 532 p, 1992.

VALENTE, M.A; SILVA, L.G.T; OLIVEIRA, R.R.S; PIMENTEL, G.M; NASCIMENTO, D.L.O. Mapeamento de Solos das Áreas de Duas Mesobacias Hidrográficas no Nordeste Paraense. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Uberlândia/Minas Gerais, 2010.

VILLAS, R.N.N. Geocronologia das intrusões ígneas na bacia do rio Guamá, nordeste do Estado do Pará. In: 2nd Simpósio de Geologia da Amazônia, Anais, vol. 1, pp. 233–247, 1982.

VILLAS, R.N.N. O granito de duas micas Ney Peixoto, nordeste do Estado do Pará: caracterizacão petrográfico-petroquímica e contexto tectônico. In: 7th Simpósio de Geologia da Amazônia, Resumos Expandidos (CD-ROM), 2001.

WATRIN, O.S; SANTOS, J.R; VALÉRIO FILHO, M. Análise da Dinâmica na Paisagem do Nordeste Paraense Através de Técnicas de Geoprocessamento, in: CD-ROM VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador (BA), Brasil 1996.