



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JÉSSICA NEGRÃO RAMOS

CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES SEDIMENTARES NOS JASPILITOS DA FORMAÇÃO CARAJÁS

GEOCIÊNCIAS
U F P A

BELÉM - PA

ABRIL - 2012

JÉSSICA NEGRÃO RAMOS

CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES SEDIMENTARES NOS
JASPILITOS DA FORMAÇÃO CARAJÁS

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. Joel Buenano
Macambira.

Belém
2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

R175c Ramos, Jéssica Negrão
Caracterização de feições sedimentares nos jaspilitos da
Formação Carajás / Jéssica Negrão Ramos; Orientador: Joel
Buenano Macambira – 2012

91 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em geologia) –
Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade
de Geologia, Belém, 2012.

1. Sedimentos (Geologia) – Carajás, Serra dos (PA). 2.
Jaspilitos. 3. Feições sedimentares primárias. 4. Distrito Ferrífero de
Carajás. 5. Serra Norte. 6. Formação Carajás. I. Macambira, Joel
Buenano, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. IV. Título.

CDD 22^a ed.: 551.304098112

JÉSSICA NEGRÃO RAMOS

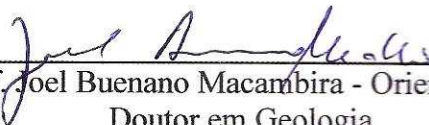
CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES SEDIMENTARES NOS JASPILITOS DA FORMAÇÃO CARAJÁS

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. Joel Buenano Macambira - Orientador
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Régis Munhoz Krás Borges - Relator
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Joelson Lima Soares - Membro Convidado
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

*Dedico este trabalho a Deus, minha mãe
Dulcila Ramos, meu irmão Thiago Ramos e
meus avôs Dolores Beltrão e Raimundo
Mendes (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo e de todos, por me conceber o dom da vida, e pela proteção ao longo dela;

A minha mãe, Dulcila Ramos, e meu irmão Thiago Ramos pelo amor, dedicação e incentivo sempre; é por quem agradeço eternamente por tudo o que eu sou;

A todos os meus familiares, que me fazem muito feliz por pertencer a família Ramos;

As minhas amigas-irmãs, Elizângela Silva e Priscila Machado pela amizade, companheirismo e por todos os momentos que juntas compartilhamos;

Ao meu amor Marcos Ezequiel, meu namorado, amigo e companheiro de todas as horas;

Aos membros da IASD - Paraíso dos Pássaros por fazerem parte da minha família e por me ajudarem a manter sempre viva a chama da fé e da esperança;

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil pela oportunidade de estágio e por ter viabilizado meu desenvolvimento profissional e pessoal, em especial aos geólogos César Chaves, Cintia Gaia, Eliana Moura, Jaime Barbosa e Lúcia Travassos.

A Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências, em especial á Faculdade de Geologia;

Ao Prof. Dr. Joel Buenano Macambira, orientador deste trabalho, pelos ensinamentos, cobranças, conhecimento compartilhado e pela eterna paciência que certamente contribuíram para meu amadurecimento pessoal e profissional;

Aos amigos Gisele Marques e Rodrigo Fabiano pela amizade, momentos de descontração, alegrias e tristezas, nessa fase tão difícil que é a acadêmica;

A todos os colegas de graduação, em especial, aos amigos Alan Trindade, Aline Vieira, Camila Cláudia, Carla Barreto, Érika Santiago, Keila Sardinha, Mayara Fraeda e Moisés Martins, pois mesmos nas horas importunas, fizeram-me ri;

E, finalmente, a todos aqueles direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

“Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso e pessoas fracassadas. O que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.”

Augusto Cury

RESUMO

O Distrito Ferrífero de Carajás está localizado no sudeste do estado do Pará, sendo representado pela Serra de Carajás (área principal) e Serra Leste (áreas menores). Nessas serras ocorrem os jaspilitos da Formação Carajás, que compõem mais de 90% desta formação. Neste trabalho foi realizado o estudo de feições sedimentares (meso e microscópicas) primárias preservadas nos jaspilitos, com o objetivo de caracterizar o seu ambiente deposicional e estabelecer parâmetros que permitam definir o empilhamento. Feições sedimentares típicas do jaspilito tais como o bandamento e laminação representam o acamamento da rocha e indicam que, durante a precipitação de uma camada centimétrica, haveria pulsos com a deposição de lentes e lâminas extremamente delgadas, nas bandas de opacos haveria lentes e lâminas de minerais de sílica e nas bandas silicosas lentes e lâminas de minerais opacos. Tais feições são interpretadas como deposicionais primárias. O estudo de feições sedimentares nunca foi utilizado para correlação de diferentes depósitos, como os que ocorrem na Serra Norte, portanto o estudo dessas feições, neste trabalho, irá sugerir se é possível a correlação entre esses depósitos, possibilitando talvez, a extensão a outros corpos de minério da região. A Formação Carajás é aqui considerada como BIF do tipo Superior, não estando metamorfisada. Suas estruturas sedimentares foram divididas em A) primárias: 1) bandamento, 2) laminações plano-paralelas, 3) estruturas de escavação e preenchimento e 4) níveis de intraclastos e B) secundárias: 1) contatos interpenetrativos, 2) feições de adelgaçamento, 3) feições de rompimento de bandas, 4) estruturas *pods*, 5) esferulitos e 6) o aumento dos grãos de chert. A análise das feições ao longo do empilhamento do jaspilito mostrou que, na Porção Inferior (70m) as bandas de opacos são mais espessas, enquanto que na Superior (150m) as de sílica são mais espessas, refletindo um empobrecimento gradual em ferro na água do mar do início ao final da deposição. Além disso, os níveis de intraclastos e as estruturas sedimentares de escavação e preenchimento ocorrem apenas na Porção Superior, mostrando a atuação de fluxos laminares, enquanto na Porção Inferior, a ausência dessas estruturas mostra que as condições ambientais eram mais estáveis e constantes. Portanto, as estruturas sedimentares primárias, em nível de detalhe, podem servir de critérios para diferenciar a Porção Inferior da Porção Superior e ser usadas para estabelecer o empilhamento em zonas deformadas e fazer correlações com outros depósitos de BIFs da Formação Carajás.

Palavras-chave: Sedimentos (Geologia) – Carajás, Serra dos (PA). Jaspilitos. Feições sedimentares primárias. Distrito Ferrífero de Carajás. Serra Norte. Formação Carajás.

ABSTRACT

Ferriferous Carajás District is located in the southeastern Pará state being represented by the Carajás ridge (main area) and East ridge (smaller areas). In these ridges occur jaspilites of the Carajás Formation, which comprise more than 90% of this formation. In this work was realized a study of sedimentary primary structures (meso and microscopic) preserved in the jaspilites, aiming to characterize their depositional environment and establish parameters for defining the pile. Sedimentary structures typical of jaspilite such as banding and lamination represent the bedding of the rock and show that during the precipitation of a centimeter layer would have pulses with the deposition of extremely thin sheet sand lenses, at the bands of opaque would be lenses and lamination of silica minerals and at the bands of silica lenses and lamination of opaque minerals. These features are interpreted as primary depositional. The study of sedimentary features has never been used for correlation of different deposits, such as those occurring in the North ridge, therefore the study of these features, in this work, will suggest whether it is possible the correlation between these deposits, maybe allowing, extensions to other ore bodies in the region. The Carajás Formation is here regarded as Superior type BIF and are not metamorphosed. Sedimentary structures were divided into A) primary: 1) banding, 2) plane-parallel laminations, 3) structures of scour and fill 4) levels of intraclast sand; B) secondary: 1) inter-penetrative contacts, 2) features of thinning, 3) features of rupture of bands, 4) pod structures, 5) spherulite sand and 6) increasing particle size of the chert. The analysis of the features found along the jaspilite showed that in the Lower Portion (70m) opaque bands are thicker, while in Higher Portion (150m) the silica are thicker, reflecting a gradual depletion of iron in sea water from the beginning to the end of the deposition. In addition, levels of intraclasts and the sedimentary structures of scour and fill occur only in the Higher Portion, showing the action of laminar currents, while in the Lower Portion, the absence of these structures shows that the environmental conditions were comparatively more stable and constant. Therefore, the primary sedimentary structures in detail, maybe criteria to differentiate the lower portion of the upper portion and be used to establish the pile of the jaspilite deformed areas and make correlations with other deposits of the Carajás Formation BIFs.

Keywords: Sediments (Geology) – Carajás, Serra of (PA). Jaspilites. Primary sedimentary structures. Ferriferous Carajás District. North ridge. Carajás Formation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Localização da área de estudo.....	17
Figura 02 - Imagem de satélite com a localização da área de trabalho, indicada pela seta.....	17
Figura 03 - Imagem de satélite dos depósitos de ferro N4 e N5 com os corpos de minério, Serra Norte. No presente trabalho, foram estudadas rochas jaspilíticas do depósito N4E, em destaque.....	18
Quadro 01 - Feições características das formações ferríferas bandadas dos tipos Algoma e Superior.....	23
Figura 04 - Modelo conceitual para a deposição de grandes BIFs.....	25
Quadro 02 - Coluna cronolitoestratigráfica de parte da Serra Norte. Neste trabalho, foram descritas rochas da Formação Carajás, em destaque vermelho.....	26
Figura 05 - Mapa geológico da Região de Carajás.....	28
Figura 06 - Mapa litoestrutural da Província Mineral de Carajás. Os depósitos de ferro estudados neste trabalho localizam-se na Serra Norte e são recobertos por lateritas do Terciário (Tl).....	31
Figura 07 - Mapa e seção geológica com a Formação Carajás.....	33
Figura 08 - Foto de afloramento de jaspilito, mostrando poucas variações na cor, espessura e composição do bandamento.....	35
Figura 09 - Charneira de dobra em jaspilito (JP) preservado em minério friável (MF).....	36
Figura 10 - Foto do bandamento centimétrico observado em amostra de mão (Amostra MR-4-E).....	37
Figura 11 - Foto mostrando o contato (setas vermelhas) brusco e sinuoso na amostra de mão dos jaspilitos (Amostra TJ-7-E-A).....	37
Figura 12 - Foto mostrando fraturas (setas vermelhas) interrompendo o bandamento, em amostra de mão (Amostra MR-2-C-2).....	38
Figura 13 - Foto da laminação plano-paralela na banda silicosa observada na amostra de mão de jaspilito (Amostra VW-6-A).....	40
Figura 14 - Fotomicrografia da laminação plano-paralela observada na banda silicosa (clara) e na banda de opacos (escura) no jaspilito (Amostra VW-6-D). Obj. 5X, nicóis //.....	41
Figura 15 - Fotomicrografia mostrando o contato brusco e retilíneo (setas vermelhas) entre as bandas dos jaspilitos (Amostra VW-6-D). Obj. 5X, nicóis //.....	42
Figura 16 - Foto de canais de escavação (seta vermelha) na camada de jaspe, preenchidos pela camada de minerais opacos (Amostra VW-6-D).....	43
Figura 17 - Fotomicrografia de grânulos subarredondados a subangulosos imersos numa matriz silicosa (Amostra JW-5-B-2). Obj. 2,5X, nicóis //.....	44
Figura 18 - Fotomicrografia de grânulos de diferentes composições (Amostra JW-5-B-1). Obj. 5X, nicóis //.....	44
Figura 19 - Foto dos contatos interpenetrativos de banda de opacos na banda de jaspe (setas) (Amostra TJ-7-E-A).....	45
Figura 20 - Foto mostrando o adelgaçamento e ondulações das bandas do jaspilito (Amostra TJ-6-H).....	46

Figura 21 - Foto mostrando o rompimento de bandas (seta) nos jaspilitos (Amostra TJ-6H).....	46
Figura 22 - Fotomicrografia das estruturas <i>pods</i> (seta vermelha) nos jaspilitos (Amostra TJ-7-M). Obj. 5X, nicóis //.....	47
Figura 23 - Fotomicrografia de esferulitos na banda de jaspe (Amostra JW-5-A). Obj. 2,5X, nicóis //.....	48
Figura 24 - Foto mostrando a banda de jaspe vermelho com a porção central composta por chert (indicada pela seta) (Amostra VW-6-D)	49
Figura 25 - Aumento da granulometria do chert, a partir da camada de minerais opacos, em direção ao centro da banda silicosa.....	50
Figura 26 - Foto de fraturas preenchidas por quartzo (setas) que interceptam o bandamento do jaspilito, em escala mesoscópica. (Amostra MR-4-A).....	51
Figura 27 - Fotomicrografia de fraturas preenchidas por quartzo (setas) que interceptam o bandamento do jaspilito, em escala microscópica (Amostra MR-4-A). Obj. 5X, nicóis //.....	52
Figura 28 - Fotomicrografia mostrando o deslocamento horizontal na banda silicosa, evidenciado pela falha (setas) (Amostra VW-6-A). Obj. 5X, nicóis //.....	52
Figura 29 - Fotomicrografia mostrando o veio preenchido por quartzo, jaspe e minerais opacos (Amostra MR-2-C-2). Obj. 5X, nicóis //.....	53
Figura 30 - Fotomicrografia de fraturas e veios preenchidos por quartzo granular de várias gerações (Setas vermelhas) (Amostra JW-5-A). Obj. 2,5X, nicóis //.....	53
Figura 31 - Perfil esquemático num bloco de jaspilito, na área da Mina N4E, estimando a espessura e a distribuição das amostras na Porção Superior e Inferior.....	57
Figura 32 - Seção esquemática da Formação Carajás com a distribuição espacial relativa das feições sedimentares observadas, sem escala.....	58
Figura 33 - Fotomicrografia mostrando a camada maciça de opaco na Porção Inferior (Amostra TJ-7-E-B). Obj. 5X, nicóis //.....	59
Figura 34 - Fotomicrografia mostrando que a banda clara é composta apenas por chert na Porção Inferior (Amostra TJ-7-E-B). Obj. 5X, nicóis //.....	60
Figura 35 - Fotomicrografia mostrando que as bandas de sílica e de opacos apresentam espessuras aproximadas na Porção Superior (Amostra VW-6-A). Obj. 5X, nicóis //.....	60
Figura 36 - Fotomicrografia dos grânulos de diferente composição e diâmetro na Porção Superior (Amostra JW-5-B-1). Obj. 5X, nicóis //.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	APRESENTAÇÃO.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.3	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	16
1.4	ASPECTOS FISIOGRAFICOS.....	19
1.4.1	Relevo	19
1.4.2	Vegetação	19
1.4.3	Clima	20
1.4.4	Hidrografia	20
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.5.1	Pesquisas bibliográficas	20
1.5.2	Metodologia de campo	20
1.5.3	Metodologia de laboratório	21
2	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DAS BIFS PRÉ-CAMBRIANAS ..	22
3	GEOLOGIA REGIONAL	26
3.1	ESTRATIGRAFIA.....	26
3.2	ASPECTOS ESTRUTURAIS.....	30
4	GEOLOGIA LOCAL	32
4.1	GEOLOGIA DA FORMAÇÃO CARAJÁS.....	32
5	CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DO JASPILITO	35
5.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	35
5.2	ESTRUTURAS SEDIMENTARES.....	39
5.2.1	Estruturas Primárias	39
5.2.2	Estruturas Secundárias	45
5.2.3	Outras estruturas	51
6	DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	54
7	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXOS	70
	ANEXO A - FICHAS PETROGRÁFICAS DE AMOSTRAS DE MÃO E LÂMINAS DELGADAS	71
	ANEXO B - MAPA GEOLÓGICO PARA LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	91

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

As formações ferríferas bandadas (*Banded Iron-Formations* = BIFs) atraem a atenção de pesquisadores, pois além de constituírem a maior fonte de ferro do planeta, elas correspondem a rochas peculiares. Seus depósitos estão confinados a um intervalo de tempo restrito da história da Terra (3,8 - 1,9 Ga), estando presentes na maioria dos escudos pré-cambrianos do mundo (JAMES, 1983). Além da importância econômica, a origem dessas rochas, finamente bandadas e compostas quase que exclusivamente por Fe, Si e O, sempre foi, e continua sendo, motivo de estudos e controvérsias.

Os depósitos de minério de ferro da Região de Carajás têm uma importância indiscutível no mercado nacional e mundial, com reservas calculadas em 18 bilhões de toneladas e alto teor (CVRD, 1999). Esses depósitos foram originados por processo de enriquecimento supergênico (BEISIEGEL, 1982; TOLBERT et al., 1971) sobre jaspilitos da Formação Carajás. Porém as hipóteses de origem singenética, ou seja, camadas sedimentares originalmente compostas somente de óxidos de ferro, e a de que os minérios mostram características de substituição hidrotermal dos minerais de ganga, também foram propostas para a gênese do minério de ferro da Região de Carajás (BEISIEGEL et al., 1973))

A Formação Carajás é composta por um pacote de jaspilitos; estas rochas são BIFs de fácies óxido, contidas numa sequência vulcano-sedimentar arqueana não metamorfisada, o Grupo Grão Pará (MACAMBIRA; SCHRANK, 2002). As BIFs da Formação Carajás, são ideais para diversos estudos geológicos, visto que não foram afetadas pelo metamorfismo regional, mostrando estruturas deposicionais e diagenéticas preservadas (MACAMBIRA; SILVA, 1995). São excelentes marcadores litológicos, devido à sua resistência à erosão, facilidade de identificação e também são valiosos guias estratigráficos, pelo seu posicionamento bem estabelecido (DOCEGEO, 1988).

Na Serra Norte, existem nove corpos de minério de ferro, todos pertencentes à Formação Carajás, entretanto a correlação entre eles não é clara, existindo diferenças significativas quanto ao empilhamento, ao tipo de minério e quanto às características do jaspilito (porcentagem de ferro e de sílica, espessura das bandas, etc.). Este trabalho apresenta os resultados do estudo petrográfico nos jaspilitos da Formação Carajás na jazida de ferro N4E.

A jazida N4E foi escolhida para este trabalho, pois é a única entre os depósitos de ferro de Carajás que apresenta a exposição do corpo de mineiro, desde a base até o topo, é de fácil acesso, e, além disso, já havia uma grande disponibilidade de amostras no acervo para este trabalho. Para efeito de estudos, as amostras deste trabalho, foram coletadas da base ao topo do pacote jaspilítico desta jazida. Posteriormente, foi realizado o estudo detalhado das feições sedimentares primárias presentes nesta rocha, e com o controle estratigráfico definido foi possível constatar que o estudo dessas feições pode indicar alterações no ambiente deposicional das BIFs.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho inclui o estudo meso e microscópico de amostras de mão e lâminas delgadas destas rochas, visando caracterizar as feições sedimentares primárias preservadas, bem como relações de contato, mineralogia e estruturas secundárias.

O estudo das feições primárias preservadas nos jaspilitos permitirá a caracterização, individualização e interpretação destas feições. E como houve controle estratigráfico na coleta das amostras será possível analisar as variações no ambiente deposicional do pacote de jaspilito.

Os ambientes de sedimentação condicionam a formação das estruturas sedimentares, entre alguns dos fatores mais importantes para o desenvolvimento dessas estruturas têm-se o meio de deposição, a energia das correntes e ondas, a profundidade da água, etc. O estudo do ambiente físico, através das estruturas sedimentares significa, antes de tudo, determinar as condições hidrodinâmicas sob as quais determinados sedimentos foram depositados. Com os resultados obtidos através do estudo detalhado das estruturas sedimentares primárias preservadas nos jaspilitos, será possível estabelecer a sequência de mudanças no ambiente sedimentar da base ao topo do pacote de BIF na mina N4E e, depois, compará-lo a outros depósitos de Carajás.

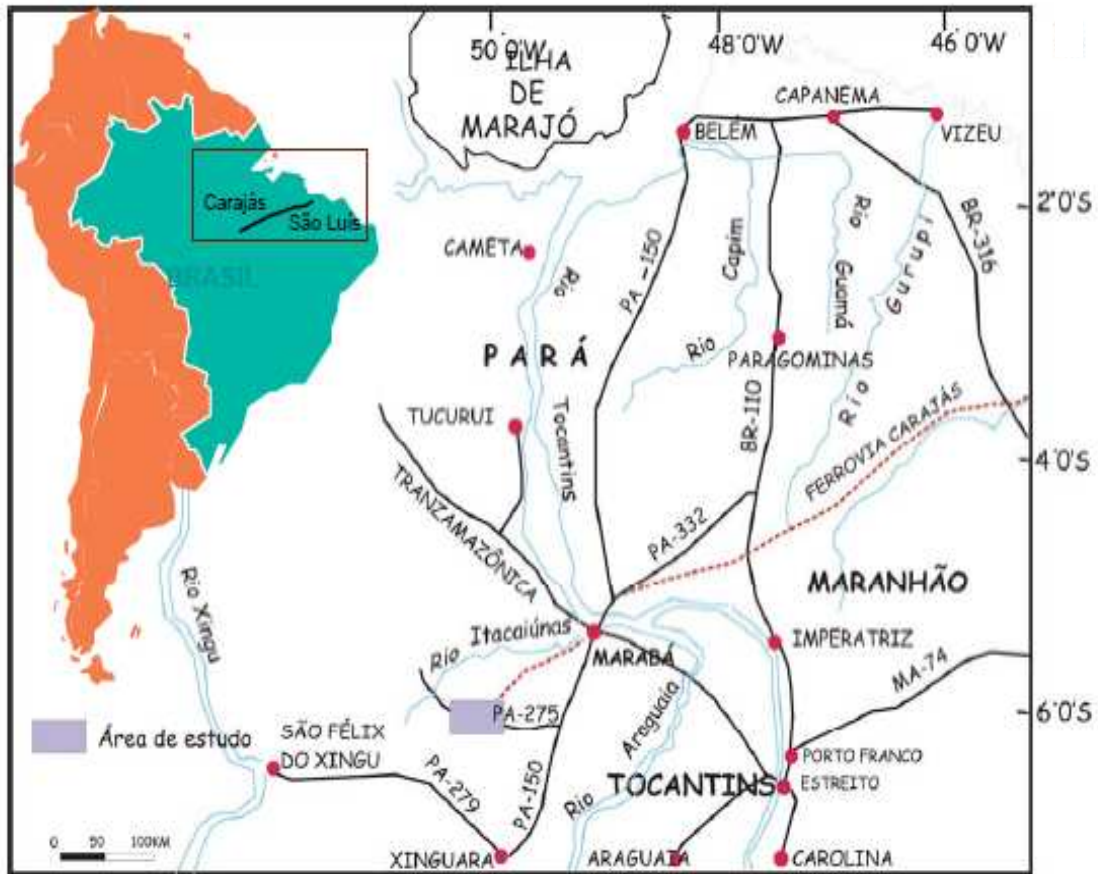
Este estudo contribuirá para um maior conhecimento da geologia e evolução da Formação Carajás em relação às suas características deposicionais e diagenéticas, tais como o ambiente tectônico em que esta Formação foi depositada, quais os controles físico-químicos de sua deposição, as causas da ciclicidade, espessura e persistência do bandamento, além de auxiliar na exploração e lavra dos corpos de minério, pois poderá indicar a porção da Formação Carajás onde as bandas de óxidos de ferro são mais espessas que as de sílica, além de ajudar na compreensão da origem do minério de Fe enriquecido.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área estudada está localizada no município de Parauapebas, no sudeste do estado do Pará (Figuras 1 e 2). Os depósitos de ferro N4 (Corpos N4E e N4W) e N5 (corpos N5W, N5EN, N5E, N5S e N5 MORRO I) (Figura 3) são pertencentes à Companhia Vale, fazendo parte do complexo de corpos mineralizados em ferro do Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás, mais especificamente no grupamento denominado Serra Norte.

O acesso pode ser feito por via aérea, até ao Aeroporto do Núcleo Urbano de Carajás. Outra alternativa é partindo de São Luís (MA) até a cidade de Parauapebas, pela Ferrovia Carajás, que liga o pátio de estoque do depósito N4E ao porto de Itaqui (MA), com 887 km de extensão. Ou ainda, partindo de Belém pela rodovia PA-150, até Eldorado dos Carajás, e seguindo pela rodovia Transcarajás (PA-275), que leva até o Núcleo Urbano de Carajás e, depois, para os depósitos de ferro, numa extensão de aproximadamente 700 km.

Figura 01 - Localização da área de estudo.



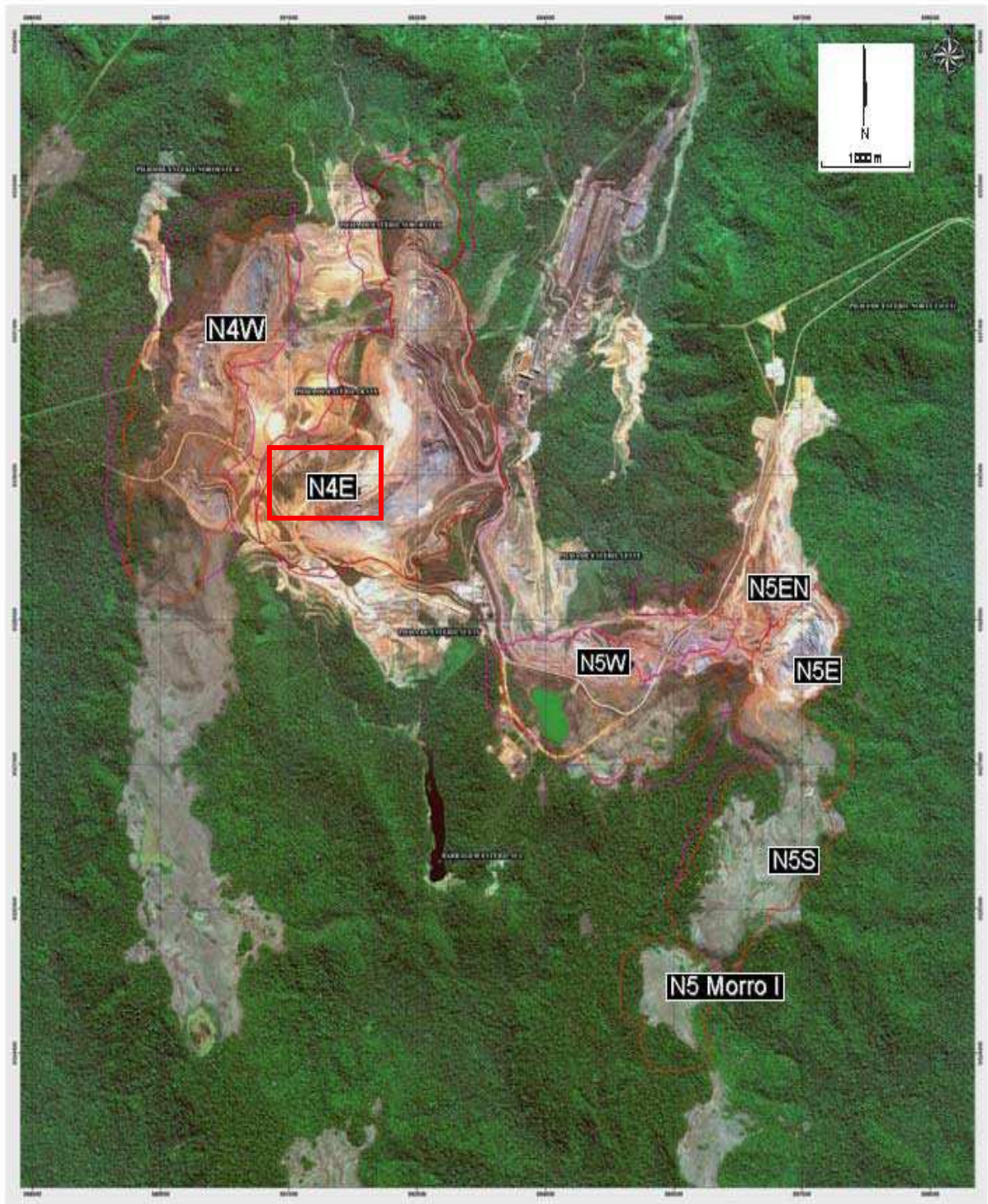
Fonte: Silva (2009).

Figura 02 - Imagem de satélite com a localização da área de trabalho, indicada pela seta.



Fonte: Silva (op. cit.).

Figura 03 - Imagem de satélite dos depósitos de ferro N4 e N5 com os corpos de minério, Serra Norte. No presente trabalho, foram estudadas rochas jaspilíticas do depósito N4E, em destaque.



Fonte: Silva (2009).

1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

1.4.1 Relevo

Boaventura (1974) classificou em dois domínios principais a morfoestrutura da região que engloba a Serra dos Carajás:

Depressão Periférica do Sul do Pará - Caracterizada por superfícies arrasadas, pediplanizadas, intercaladas por colinas do tipo arredondadas, desenvolvidas pela erosão em rochas do embasamento e;

Planalto Dissecado do Sul do Pará - Distinguido por maciços residuais de topo aplainado e conjuntos de cristas e picos interpenetrados por faixas de terrenos rebaixados.

A Serra dos Carajás é parte do Planalto Dissecado do Sul do Pará (BOAVENTURA op. cit.), que é composto por um conjunto de relevos tabulares possuindo altitudes de 600 a 700 m, de direção geral E-W, apresentando pouca inflexão para WNW/ESE. Esses platôs são dissecados por inúmeros vales profundos, apresentando um desnível de até 500 m com as áreas mais rebaixadas circunvizinhas. Ainda segundo Boaventura (op. cit.), a Serra Norte seria resultado de um pediplano de idade pliocênica.

1.4.2 Vegetação

De acordo com Beisiegel et al. (1973) a região do Distrito Ferrífero apresenta cobertura de floresta equatorial, quase contínua, características de terras firmes na Amazônia. Dada a sua proximidade dos limites sul-orientais da mesma, mostra também associação com componentes da mata de cocais cuja espécie mais característica é o babaçu.

No topo dos platôs cobertos de canga, há vegetação de cerrados ou campos-cerrados constituída pela associação de gramíneas baixas, plantas herbáceas e lenhosas de pequeno porte, em forte contraste com a floresta circundante e caracterizando muito bem o termo genérico de “clareira” aplicado às mesmas.

1.4.3 Clima

Beisiegel et al. (1973) classificaram o clima regional como Tropical quente e seco, com variações termométricas que oscilam entre 22° e 25°C. Predomina um regime de chuvas no período de Novembro a Maio, com 90% das precipitações e, secundariamente, ocorre o período seco de Junho a Outubro.

1.4.4 Hidrografia

O sistema hidrográfico é caracterizado pela bacia do rio Itacaiúnas, afluente do rio Tocantins (margem esquerda). Entre os principais tributários do rio Itacaiúnas são destacados o rio Parauapebas e os igarapés Azul, Cinzento, Águas Claras, Anta e Tapirapé (BEISIEGEL, 1982). Toda a rede hidrográfica é caracterizada por declives fortes e pelo caráter torrencial dos rios, em função do regime de chuvas.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.5.1 Pesquisas bibliográficas

A pesquisa bibliográfica desenvolveu-se primeiramente com o levantamento de trabalhos sobre diversos aspectos das BIFs em várias partes do mundo, publicadas em livros e artigos científicos nacionais e estrangeiros. Também foram consultadas dissertações, teses e publicações com informações mais específicas referentes à geologia, geoquímica e geocronologia da Formação Carajás, além da descrição e classificação petrográfica dos jaspilitos.

1.5.2 Metodologia de campo

Para este estudo não foram realizadas campanhas de campo, pois as amostras de mão e de testemunho de sondagem foram coletadas anteriormente pelo orientador deste trabalho. As amostras foram coletadas, distribuídas em uma área, na cava da Jazida N4E, buscando preservar as posições estratigráficas relativas e a distribuição dessas amostras, em intervalos aproximadamente iguais, da base para o topo.

1.5.3 Metodologia de laboratório

No laboratório foi realizada a descrição mesoscópica das amostras de mão com o auxílio de lupa binocular e lupa de mão, onde foram observados os aspectos gerais da amostra, tais como cor predominante, tamanho aproximado, forma geral, e o estado de alteração/intemperismo, aspectos estruturais, como as características do bandamento, espessura das bandas, natureza dos contatos e presença de laminações. Também foram descritas as bandas separadamente levando em conta a composição com a porcentagem aproximada dos minerais, variações e anomalias dentro das bandas, além de falhas, fraturas, brechas, veios e indícios de metamorfismo, com a finalidade de observar as feições maiores e o intervalo mais amplo onde se encontram.

Nas lâminas delgadas foi feito o estudo detalhado das feições sedimentares, que se realizou com o auxílio de microscópio petrográfico por luz transmitida. O estudo foi realizado a partir da observação do bandamento e das laminações, observando-se a espessura, tipo de contato entre as bandas, estrutura interna das bandas, mineralogia, proporção dos minerais na rocha, anomalias, variações e feições tardias (falhas, fraturas, veios, dobras, etc.).

Como este trabalho objetiva a descrição das feições sedimentares primárias, foram selecionadas amostras ou intervalos de testemunhos sem sinais de dissolução, intemperismo ou de falhas e brechas que viessem a interferir na descrição destas feições. As descrições das amostras (amostra de mão, testemunho de sondagem e lâminas delgadas) encontram-se no Anexo A e as suas localizações estão no mapa geológico (Anexo B).

Posteriormente foi elaborada uma seção vertical esquemática, baseada no mapa geológico da área estudada, com a distribuição espacial relativa das amostras para estabelecer o empilhamento das amostras coletadas. Assim seria possível verificar se há feições sedimentares primárias particulares predominantes em determinado nível estratigráfico, que pudessem ser utilizadas para estabelecer quais foram as mudanças no ambiente deposicional do jaspilito desde o início (base) até ao final (topo) da sedimentação do pacote.

2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DAS BIFS PRÉ-CAMBRIANAS

Trendall (1983) define formação ferrífera bandada como qualquer rocha sedimentar cuja principal característica química é um conteúdo de Fe anormalmente alto. Além de constituírem a maior fonte de ferro do planeta, elas correspondem a rochas peculiares. Seus grandes depósitos estão confinados a um intervalo de tempo restrito da história da Terra (3,8 - 1,9 Ga), estando ainda presentes na maioria dos escudos pré-cambrianos do mundo (JAMES, 1983). Estas rochas são compostas por interlaminação de sílica e hematita-magnetita, além de carbonatos, sulfetos e silicatos de ferro.

Várias classificações têm sido apresentadas para as BIFs, quanto à mineralogia, textura, estrutura, idade, tipo de depósito, etc. Gross (1973) levou em conta as características geológicas da sequência que contém a BIF para a classificação, deste modo dois principais tipos foram reconhecidos: o tipo Algoma e o tipo Superior. Segundo Maynard (1983) as BIFs do tipo Algoma são de origem vulcano-sedimentar, análoga aos depósitos de ferro mais jovens, formados por circulação hidrotermal de água do mar através de rochas vulcânicas. Enquanto que os depósitos do tipo Superior são de origem controversa. As principais características desses 2 tipos de depósitos são descritas no Quadro 1.

Neste trabalho adota-se a classificação tipo Superior para as BIFs da Formação Carajás, em função das semelhanças com este tipo, tais como extensão, pois são formações extensas e persistentes de 100 km a mais que 1000 km, apresenta espessuras de vários metros (centenas até 1000m), a fácies óxido é abundante, etc. Porém, essa classificação não é consenso entre os pesquisadores.

Uma questão ainda em debate com relação às BIFs continua sendo a sua origem. Por exemplo, como era a atmosfera, a biosfera, a água, o tipo de bacia, a fonte do ferro e do silício, os fatores que os fizeram precipitar alternadamente e a causa do seu bandamento. Eichler (1976) assegurou que há uma aceitação entre os autores de que as formações ferríferas são sedimentos químicos, sobretudo devido à ausência de constituintes clásticos e pequena variação na composição química. Porém, nenhuma explicação é apropriada, como um modelo geral, para a origem de todas as formações ferríferas. A conclusão deste autor é que BIFs são rochas diversificadas e que um único modelo de origem não é aplicável, portanto fatores locais influenciavam a precipitação.

Quadro 01 - Feições características das formações ferríferas bandadas dos tipos Algoma e Superior.

	Tipo Algoma	Tipo Superior
<u>Idade</u>	Pré-2.600 Ma (também Proterozóico e Fanerozóico)	Pré-1.800 Ma
<u>Ambiente sedimentar</u>	Bacias tectônicas eugeossinclinais de várias centenas de km de diâmetro; formação ferrífera nas partes marginais em conexão com <i>greenstone belts</i> .	Miogeossinclinal; formação ferrífera ao longo das margens de plataformas continentais estáveis; água rasa; bacias intra cratônicas restritas
<u>Extensão</u>	Comumente corpos lenticulares de poucos km.	Formações extensas e persistentes de 100 km a mais que 1000 km.
<u>Espessura</u>	0,1 m a uns 10 m.	Vários metros a mais que 100 m (1000 m).
<u>Localização na sequência sedimentar</u>	Corpos irregulares, lenticulares dentro de rochas arqueanas do embasamento.	Nas partes do fundo e do meio das sequências sedimentares como depósitos acamadados, transgressivos sobre rochas mais antigas do embasamento.
<u>Rochas associadas</u>	Grauvacas e folhelhos; ardósia carbonácea; vulcânicas máficas; piroclásticos félsicos; fluxos riolíticos; andesitos almofadados.	Clásticos grossos; quartzitos, dolomitos conglomeráticos, folhelhos negros (grafite).
<u>Vulcânicas</u>	Íntima associação ao vulcanismo no tempo e no espaço	Sem associação direta com vulcanismo contemporâneo; vulcanismo normalmente ausente.
<u>Fácies sedimentares</u>	Fácies óxido predominante; fácies carbonato e sulfeto delgadas e descontínuas; fácies silicato; todas as fácies frequentemente muito associadas.	Abundantes fácies óxido; fácies silicato e fácies carbonato frequentemente intergradacionais.
	Fácies sulfeto e carbonato próximo ao centro do vulcanismo; fácies óxido nas margens.	Fácies sulfeto insignificante ou ausente.
	Assembléias litológicas heterogêneas com camadas clásticas de granulação fina.	Mais homogêneas (especialmente fácies óxido); pouco ou sem detritos.
	Texturas granulares e oolíticas.	Texturas granular ou oolíticas
<u>Exemplos</u>	Canadá: bacias arqueanas (p.ex. Michipicoten).	Fossa do Labrador
	E.U.A.: Distrito de Vermilion, Minnesota.	Região do Lago Superior
	África do Sul: greenstone belts, crátons de Kaapvaal e Rodésia.	Supergrupo Transvaal e Witwatersrand
	Brasil: Série Rio das Velhas	Série Minas (itabiritos); Carajás/Pará
	Índia: Sul de Mysore	Bihar, Orissa, Goa, Mysore
	Austrália: Blocos de Yilgarn e Pilbara.	Grupo Harmersley
	U.S.S.R.: Taratash/Urais	Krivoy Rog, Kursk; Escudo Ucraniano

Fonte: Macambira (2003).

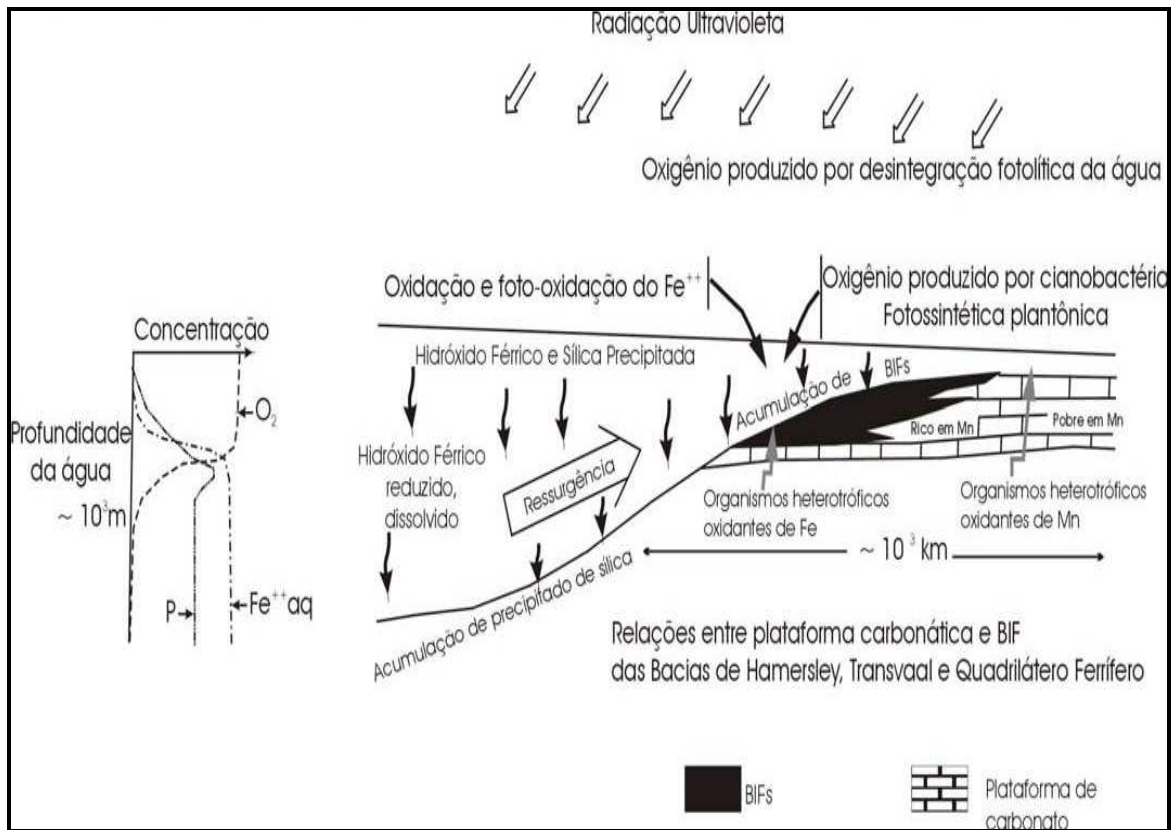
A hipótese que resolve o maior número de problemas é a de Holland (1973) e Drever (1974), sugerindo que o oxigênio na atmosfera estaria em nível tal, que existiria um grande reservatório de Fe solúvel no mar profundo, e também existiriam ambientes rasos, oxidantes, onde o Fe poderia ser precipitado.

No mar profundo o ferro poderia ser fornecido pela remobilização do ferro férrico da superfície dos clásticos ou a partir de sistemas hidrotermais nas cadeias meso-oceânicas. Na falta de organismos secretores de sílica, esta água profunda poderia ser rica em sílica dissolvida. A ressurgência dessa água, em plataformas rasas, porém mais afastadas da costa, sem presença de clásticos, levaria à deposição do Fe por oxidação e do Si por evaporação.

Como a oxidação do Fe provoca liberação de H^+ , a precipitação de carbonato de cálcio seria inibida durante a deposição das BIFs. Flutuações sazonais na taxa de evaporação ou na taxa de fornecimento de água empobrecida em Si poderia explicar o microbandamento. As fácies mineralógicas (óxido, sulfeto, carbonato ou silicato de Fe) seriam explicadas por uma associação dessa água de ressurgência com a crescente produção de matéria orgânica. Assim, os minerais encontrados seriam resultado da quantidade de carbono originalmente depositado com o sedimento.

Este modelo explica o volume de ferro, a ausência de material clástico e vulcânico, as estruturas semelhantes a rochas carbonáticas, o bandamento e o padrão de fácies e ainda a limitação no tempo geológico, quando o oxigênio atmosférico foi intermediário entre os baixos níveis do Arqueano e os valores do Fanerozóico. Ainda assim, esse modelo contém problemas, sobretudo quanto aos conteúdos de S e P. Porém, é o modelo que esclarece o maior número de questões e introduz poucos problemas. O diagrama apresentado por Goodwin (1982) ilustra um modelo bastante semelhante (Figura 4).

Figura 04 - Modelo conceitual para a deposição de grandes BIFs.



Fonte: Goodwin (1982).

3 GEOLOGIA REGIONAL

3.1 ESTRATIGRAFIA

A descrição das principais unidades litoestratigráfica da Serra dos Carajás (Serra Norte) foi baseada na coluna proposta por Macambira (2003) (Quadro 2).

Quadro 02 - Coluna cronolitoestratigráfica de parte da Serra Norte. Neste trabalho, foram descritas rochas da Formação Carajás, em destaque vermelho.

EON	ERA	UNIDADE	DESCRIÇÃO
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	CORPOS MÁFICOS INTRUSIVOS	Diques e soleiras de diabásios.
PROTEROZÓICO	INFERIOR	GRANITO SERRA DOS CARAJÁS	Granitos a anfibólios e/ou biotita
		GABRO SANTA INÊS	Gabro grosseiro hidrotermalizado
		FORMAÇÃO IGARAPÊ AZUL	Arenitos com níveis conglomeráticos e siltitos intercalados
ARQUEANO	GRUPO GRÃO PARÁ	Formação Igarapé Boa Sorte	Siltitos e folhelhos carbonáticos, com arenitos subordinados
		Formação Igarapé Cigarra	Basaltos, tufos, BIF, chert, quartzo wacke e quartzo arenito
		Formação Carajás	BIFs com soleiras de basalto
		Formação Parauapebas	Basaltos e riolitos
	GRUPO POJUCA	Formação Gameleira	Meta-wackes e meta-siltitos
		Formação Corpo 4	BIFs (sulfeto) e xistos
		Formação Bueno	Anfibolitos e BIFs (óxido)
	COMPLEXO XINGU		Gnaisses granodioríticos a tonalíticos, anfibolitos e trondhjemitos

Fonte: Macambira (2003).

O Complexo Xingu (SILVA et al., 1974) representa o embasamento da região, composto por gnaisses graníticos, granodioríticos e tonalíticos, além de anfibolitos e intrusões tonalíticas subordinadas. Os resultados de Machado et al. (1991) mostram uma idade de 2859 ± 4 Ma, relacionada ao último evento de migmatização sofrido por essas rochas.

(DOCEGEO, 1988) propõe a designação de Supergrupo Itacaiúnas para englobar o Grupo Grão Pará (CVRD/CMM, 1972) e demais unidades a ele associadas, que ocorrem na Serra de Carajás, as quais são definidas como grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia e Buritirama (Figura 5).

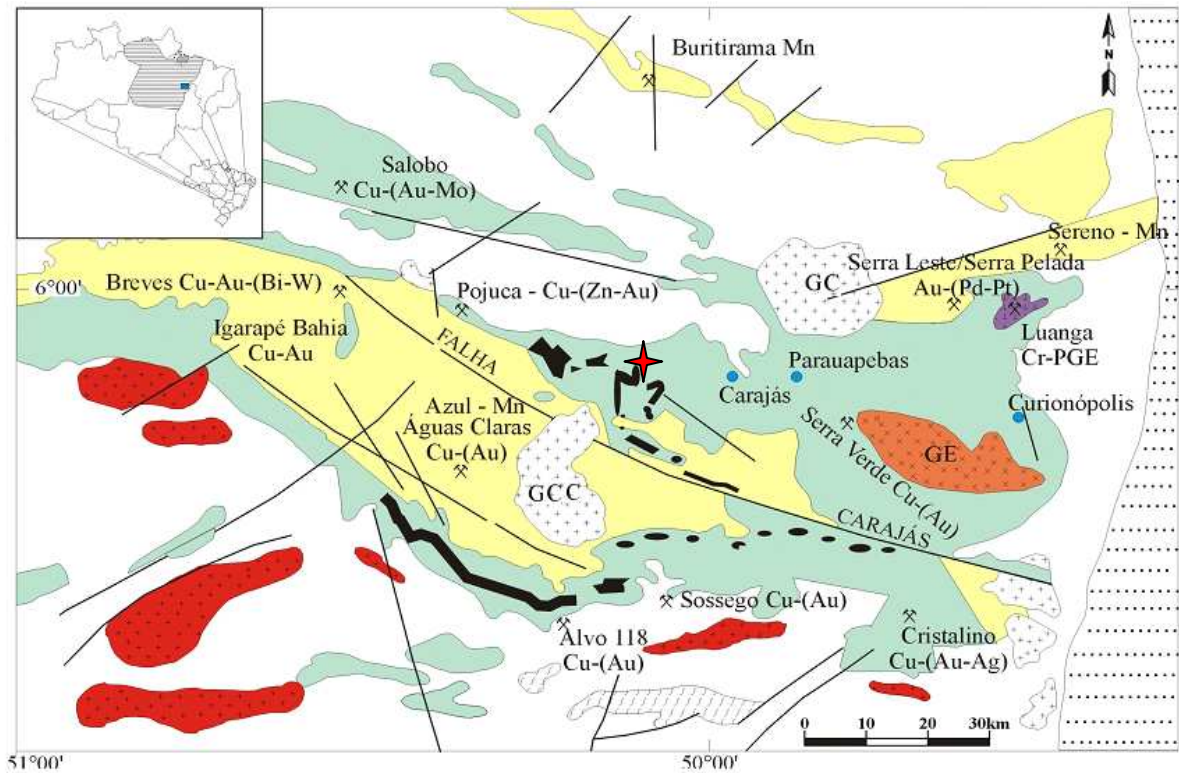
O Grupo Igarapé Salobo trata-se de uma sequência metavulcanossedimentar que aflora entre o platô N1 e o rio Itacaiúnas, com uma direção N70°W (MACAMBIRA, 2003). Os dados de Mellito e Tassinari (1998) atestam uma idade de metamorfismo para esta unidade de 2,75 Ga. Esta unidade se destaca no contexto metalogenético da região pelos importantes depósitos de Cu e Au.















O Grupo Igarapé Pojuca é composto na base (Formação Bueno) por anfibolitos, que formam uma faixa bastante espessa, e por uma camada de formação ferrífera. A Formação Corpo 4 reúne BIFs de fácies sulfeto e silicato, recobertas por xistos de diversas composições. No topo do Grupo Igarapé Pojuca ocorre a Formação Gameleira, que agrupa metagrauvacas e metasiltitos. Devido às semelhanças litológicas, paralelismo de estruturas e um contato não muito claro entre os grupos Igarapé Salobo e Igarapé Pojuca (MACHADO et al., 1991), adota-se para o último uma idade semelhante de metamorfismo.

De acordo com Macambira et al. (1990) o Complexo Xingu e o Grupo Pojuca serviram de substrato para a deposição do Grupo Grão Pará, o qual representa uma espessa sequência vulcanossedimentar, com uma ampla área de afloramento na região da Serra dos Carajás, formando platôs bem destacados. Este grupo tem na base a Formação Parauapebas, em seguida, ocorre a Formação Carajás sobreposta pelas rochas da Formação Igarapé Cigarra. No topo encontra-se a Formação Igarapé Boa Sorte.

A Formação Parauapebas teria segundo Gibbs, Wirth e Olszewski (1986), de 4 a 6km de espessura e é constituída por rochas vulcânicas máficas e raras intercalações de vulcanitos félsicos. Wirth, Gibbs e Olszewski (1986) e Machado et al. (1991) dataram, pelo método U/Pb, zircões de rochas riolíticas, pertencentes á Formação Parauapebas, e obtiveram as idades de 2.758 ± 39 Ma e 2.759 ± 2 Ma, respectivamente, posicionando o Grupo Grão Pará (GGP), no Arqueano.

Figura 05 - Mapa geológico da Região de Carajás.



-  **Faixa Araguaia**
(Neoproterozóico)
-  **Granitos anorogênicos proterozóicos (ca. 1,88 Ga)**
GCC: Granito Central Carajás, GC: Granito Cigano
-  **Granitos arqueanos alcalinos (ca. 2,55 Ga)**
GE: Granito Estrela
-  **Granitos e dioritos arqueanos**
(Suíte Plaqué, ca. 2,74 Ga)
-  **Rochas meta-sedimentares arqueanas**
(Grupo Rio Fresco / Formação Águas Claras)
-  **Sequências metavulcano-sedimentares arqueanas**
(Supergrupo Itacaiúnas, ca. 2,75 Ga) com BIFs
-  **Complexos máfico-ultramáficos arqueanos (ca. 2,76 Ga)**
-  **Embasamento gnáissico e migmatítico arqueano**
(Complexo Xingu, ca. 2,8 Ga)
-  **Granulitos arqueanos**
(Complexo Pium, ca. 3,0 Ga)
-  **Contato Geológico**
-  **Falhas**
-  **Minas/Mineralizações**
-  **Cidade**
-  **Localização da área de estudo**

Fonte: Macambira (2003).

A Formação Carajás é a unidade intermediária do Grupo Grão Pará. É constituída de jaspilitos com bandamento marcante. *Sills* de rochas máficas podem ser observados com frequência na jazida N4. Uma lente de rocha vulcânica félsica situada próximo da base do pacote de jaspilito, foi datada por Krymsky, Macambira e Macambira (2002), que obtiveram o resultado de 2751 ± 4 Ma por meio de análise U-Pb em zircão da lente, idade essa considerada como mínima para a deposição do jaspilito.

A Formação Igarapé Cigarra foi proposta por Macambira et al. (1990) para o conjunto de rochas que Gibbs, Wirth e Olszewski (1986) denominaram de Unidade Superior, com 1 a 3 km de espessura. Essa unidade repousa concordantemente sobre a Formação Carajás, com as camadas de BIFs sendo recobertas por rochas máficas com intercalações de tufos, seguidos por rochas sedimentares clásticas e químicas.

A Formação Igarapé Boa Sorte foi definida por Macambira et al. (op. cit.) constituindo a unidade mais superior do GGP. É composta essencialmente por siltitos com intercalações de folhelhos, ambos carbonosos e carbonáticos, com níveis arenosos em direção á base. Aflora principalmente na região da mina de manganês do Azul.

Discordantemente sobre o Grupo Grão Pará ocorrem arenitos fluviais da Formação Igarapé Azul, que tem como principais litotipos quartzo-arenitos, quartzo-wackes, conglomerados e raros siltitos.

Vários diques gabróicos hidrotermalizados, de espessura quilométrica, alongados na direção NE, foram observados alojados principalmente nas rochas da Formação Igarapé Azul e foram correlacionados ao Gabro Santa Inês (DOCEGEO, 1988). Esses corpos foram datados pelo método K-Ar em anfibólio e revelou idade de 1976 ± 37 Ma (MACAMBIRA et al., 1990).

Segundo Hirata et al. (1982) os diversos granitos que formam corpos com característica grosseiramente circular, dimensões variadas e composições variando de granítica a granodiorítica, recebem a denominação de granito tipo “Serra dos Carajás”. Este granito está representado por 3 corpos: o Central, o Itacaiúnas e o Barragem. O primeiro é um granito cuja idade é 1.880 ± 2 Ma (MACHADO et al., 1991), classificado petrograficamente como um sienogranito

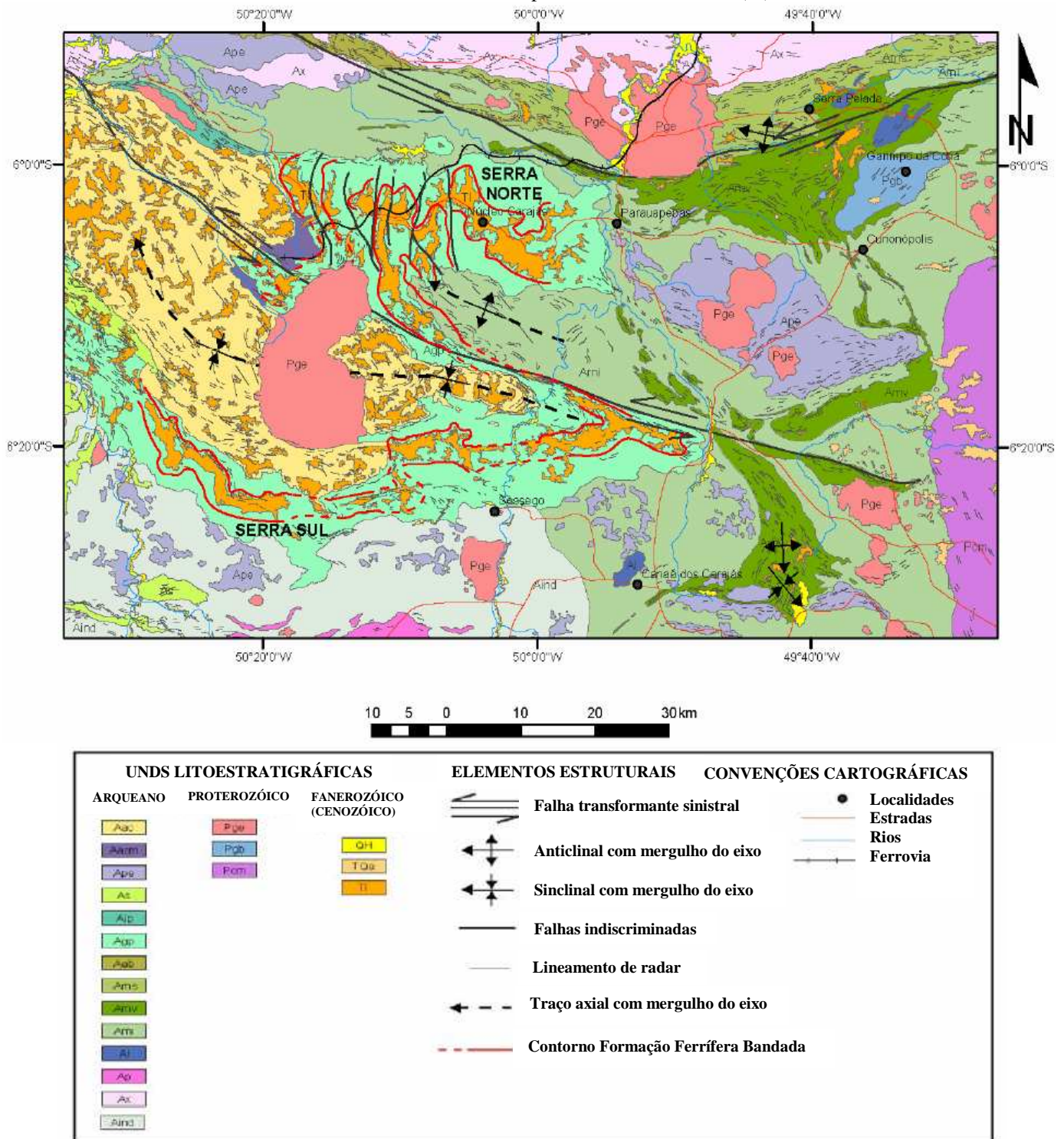
Diques de rochas máficas (diabásio e gabro) de pequenas dimensões (dezenas a poucas centenas de metros de largura) ocorrem encaixados nos basaltos da Formação Parauapebas, assim como nas demais unidades, e foram correlacionados ao magmatismo Eopaleozóico ou Permo-triássico, já identificados anteriormente na região (GOMES; CORDANI; BASEI, 1975).

3.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS

Segundo Beisiegel et al. (1973) a região da Serra de Carajás mostra um padrão estrutural complexo produzido por esforços tectônicos de variável intensidade, tipo e origem, em parte resultante, talvez de deformações sucessivas. A estrutura geral da área é interpretada como um sinclínório falhado com os flancos aparecendo em relevo nas Serras Norte e Sul. Grandes esforços compressivos produziram numerosos falhamentos e dobramentos locais, e além dessas dobras e falhas, existe um intenso diaclasamento regional predominando a direção aproximadamente norte-sul, na região da Serra Norte (Figura 6).

A Serra Norte ocupa o bloco setentrional da Falha Carajás, a feição mais proeminente do Sistema Transcorrente Carajás. Segundo Holdsworth e Pinheiro (2000), as deformações associadas à Falha Carajás ocorreram a níveis crustais relativamente rasos (< 5 km), mas suas orientações seriam fortemente controladas por um *trend* de trama dúctil pré-existente nas rochas do embasamento (PINHEIRO; HOLDSWORTH, 1997). O domínio setentrional da falha contém corpos de minério de ferro dobrados, falhados e rotacionados, denominados N1 a N9 (Serra Norte), além de corpos de minério de ferro na Serra Leste. Várias ramificações lítricas do tipo *splay*, de orientação N-S, controlam o posicionamento desses corpos. O domínio meridional inclui corpos de minério da Serra Sul, denominados S1 a S45, mergulhando para norte. Estes compõem o flanco sul da estrutura, sem aparente basculamento ou rotação de blocos.

Figura 06 - Mapa litoestrutural da Província Mineral de Carajás. Os depósitos de ferro estudados neste trabalho localizam-se na Serra Norte e são recobertos por lateritas do Terciário (TI).



Cenozóico: QH - Quaternário-Holoceno: aluvião; TQa - Terciário-Quaternário: laterita e sedimentos; TI - Terciário: canga; Unidades Proterozóicas: Pcm - Supergrupo Araguaia; Pge: Granitos e granitóides paleoproterozóicos; Pgb - Gabros Paleoproterozóicos; Unidades Arqueanas: Aac - Formação Águas Claras: arenito arcoseano; Aacm - Formação Águas Claras, unidade pelítica; Suíte granito-gnaíssica Plaqué e Suíte Estrela; As - Grupo Sapucaia; Aip - Grupo Igarapé Pojuca; App - Grupo Grão Pará; Aab - Grupo Rio Bonito; Arni - Grupo Rio Novo indiviso; Arns - Grupo Rio Novo: Metassedimentos; Arnv - Grupo Rio Novo: rochas metavulcânicas, anfibólitos, formações ferríferas bandadas; Al - Suíte Luanga: corpos intrusivos básicos e ultrabásicos; Ap - Complexo Pium: rochas granulíticas; Ax - Complexo Xingu; Aind - unidades arqueanas indiferenciadas.

Fonte: Zuchetti (2007).

4 GEOLOGIA LOCAL

4.1 GEOLOGIA DA FORMAÇÃO CARAJÁS

A Formação Carajás é constituída essencialmente por BIF de fácies óxido do tipo jaspilito, além de soleiras de basalto e raras lentes de rocha vulcânica félsica. O jaspilito constitui uma camada de cerca de 220 m de espessura, na área da mina N4E (BORGES, 1995) e foi quase totalmente transformada em minério hematítico até uma profundidade de algumas centenas de metros.

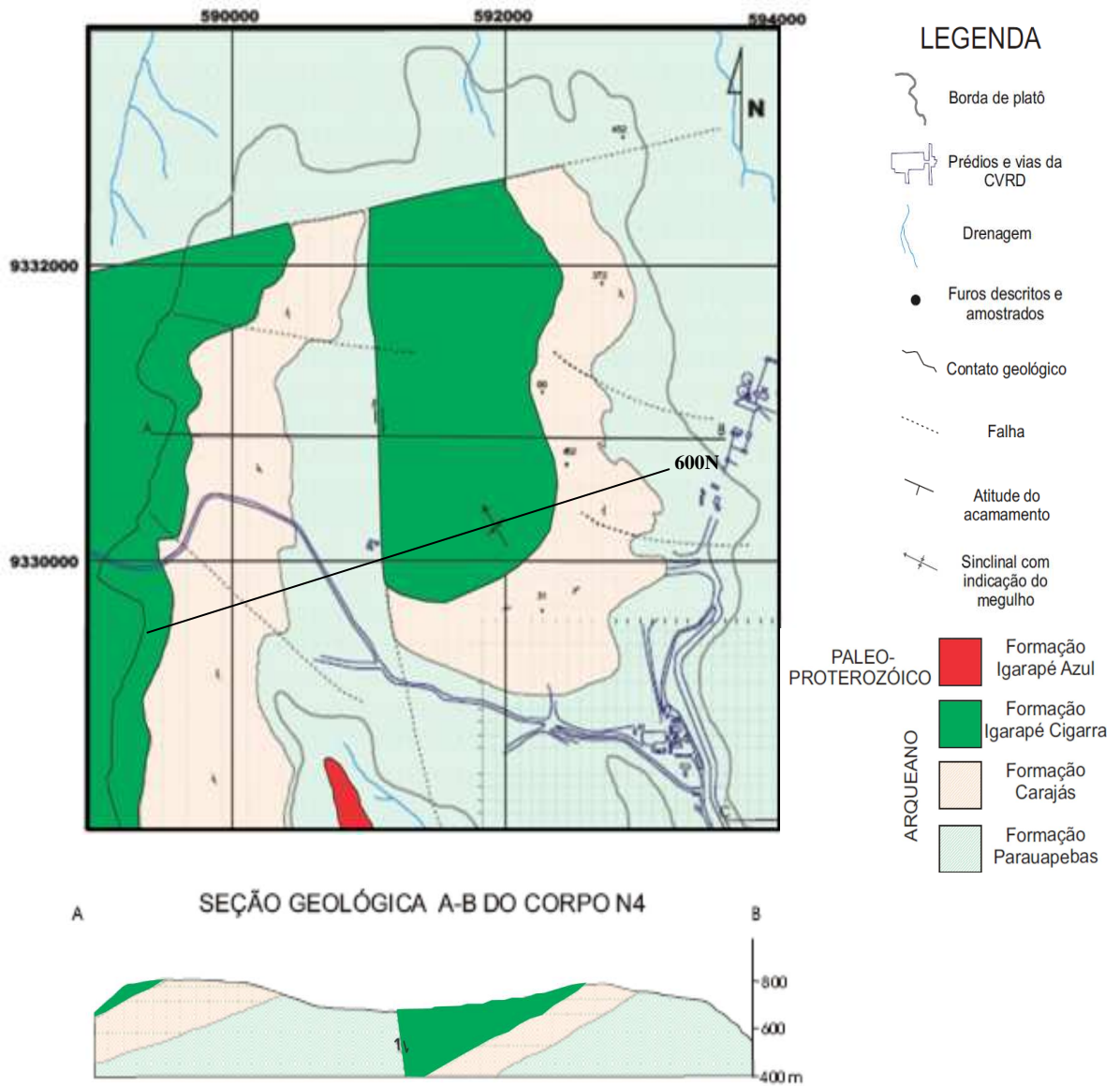
A Formação Carajás teria como idade máxima, aquela da cristalização das rochas vulcânicas subjacentes da Formação Parauapebas, ou seja, 2.759 ± 2 Ma (MACHADO et al., 1991) e a idade mínima seria dada pelo *sill* que corta as BIFs, datado por Trendall et al. (1998), em 2.740 ± 8 Ma, resultando num intervalo máximo de 29 Ma (2.761 a 2.732 Ma, com o acréscimo dos erros nas idades) para deposição da Formação Carajás.

De acordo com Beisiegel (1982) na jazida N4E, a formação ferrífera apresenta-se como um sinclinal com abas aproximadamente ortogonais e orientadas nas direções N-S e E-W, com mergulho axial para NW. Tanto a jazida N4E quanto a N4W, parecem estar truncadas por uma extensa falha transversal, a norte, que provocou uma inflexão geral das camadas para leste.

Segundo Macambira (2003) na jazida N4E o corpo de minério tem, em planta, a forma da letra “J”, ressaltada pelo acamamento, que tem direção N-S, mergulho de $40^\circ/W$, persistente por cerca de 3,2 km, desde o extremo norte da jazida, em direção ao sul, até a coordenada de mina 600N. A partir daí a atitude do acamamento inflete para a direção NE-SW mergulhando $45^\circ-55^\circ/NW$ e chega, no extremo sul, com a direção E-W e mergulhos de $60^\circ-70^\circ/N$, configurando um sinclinal assimétrico cujo eixo mergulha para NW (Figura 7).

Macambira e Silva (1995) verificaram que o jaspilito, mostra como característica marcante, um bandamento rítmico composicional com persistente continuidade lateral. Esse bandamento é definido pela alternância de bandas escuras, de minerais opacos (hematita/magnetita) e bandas avermelhadas até castanho de jaspe. As bandas apresentam uma estruturação interna que pode ser maciça ou laminada (plano-paralela). Estruturas sedimentares de erosão, identificadas como escavação e preenchimento; pequenos grânulos de diferentes composições, unidos por uma matriz quartzosa microcristalina foram observados, além de esferulitos, que foram interpretados, por Meirelles (1986) e Macambira (1992), como possíveis microfósseis.

Figura 07 - Mapa e seção geológica com a Formação Carajás.



Fonte: Costa (2006).

As estruturas diagenéticas identificadas por esses autores foram: 1) *Pods*, que são nódulos com formas ovais ou lenticulares e 2) Contatos interpenetrativos, nos quais a porção inferior ou superior das bandas de opacos interpenetra as bandas de jaspe imediatamente sotoposta ou sobreposta a elas. Além de estruturas primárias e diagenéticas, também foram notadas estruturas de origem tectônica como falhas, fraturas, dobramentos milimétricos a centimétricos, abertos ou fechados.

Segundo as análises petrográficas de Macambira e Silva (1995) as estruturas primárias e diagenéticas nos jaspilitos mostram-se bem preservadas e a recristalização do chert, de forma não homogênea demonstra que processos metamórficos não afetaram essas rochas, portanto devem ser classificadas como sedimentares.

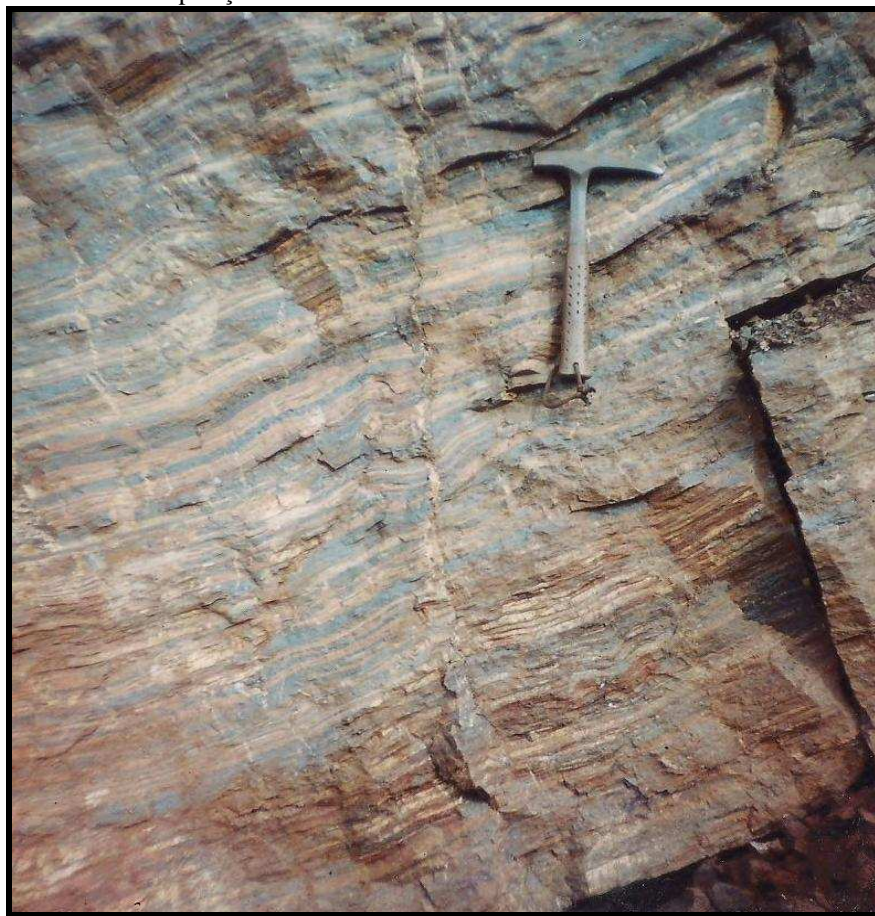
Também foram realizados estudos geoquímicos (RIBEIRO, 1999) e estudos minerográficos (PEREIRA, 1999). No último foi realizada identificação dos minerais opacos e suas relações paragenéticas, contribuindo para a elaboração de hipóteses acerca da origem e possíveis transformações sofridas pelos jaspilitos. Os resultados da análise minerográfica estabeleceram a sucessão paragenética na BIF e no minério e sugeriu, com base nesse estudo, a subdivisão da Formação Carajás em Porção Superior e Inferior. Porém, esta subdivisão foi utilizada para a distribuição das amostras, e não como proposta estratigráfica.

5 CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DO JASPILITO

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

O jaspilito da Formação Carajás representa o protominério das gigantescas jazidas de ferro de Carajás. Este tipo litológico corresponde a mais de 90% desta formação, e apresenta poucas variações na cor, espessura e composição do bandamento (Figura 8).

Figura 08 - Foto de afloramento de jaspilito, mostrando poucas variações na cor, espessura e composição do bandamento.



Fonte: Ribeiro (1999).

O jaspilito aflora na forma de blocos decamétricos nas bancadas da mina N4E, dispersos no meio do minério de ferro. Esses blocos, que predominam na porção Central-Norte da cava são descontínuos e ocorrem da base, próximo ao contato com os basaltos da Formação Parauapebas até o topo, nas proximidades do contato com os basaltos da Formação Igarapé Cigarra. Os blocos de jaspilito fresco gradam em todas as direções para porções alteradas, e para minério silicoso e finalmente, para minério rico em ferro. Alguns blocos de jaspilito apresentam-se como charneiras de dobras abertas (Figura 9).

Figura 09 - Charneira de dobra em jaspilito (JP) preservado em minério friável (MF).



Fonte: Borges (1995).

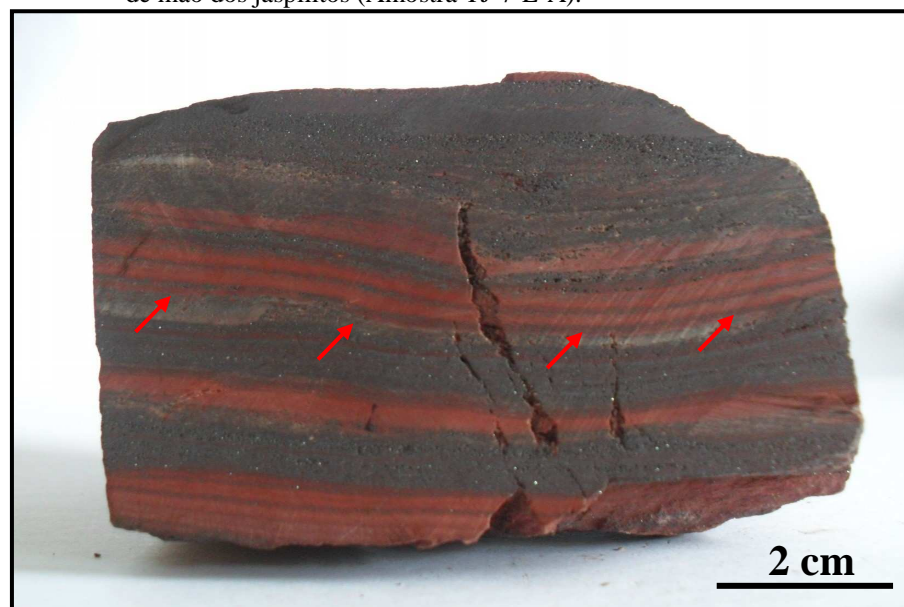
Nas amostras de jaspilito, o bandamento composicional primário é a estrutura sedimentar mais marcante. É definido pela presença de bandas cinza escuras, de brilho metálico, composta por minerais opacos (hematita, magnetita e maghemita) que se alternam com bandas silicosas avermelhadas (jaspe) a brancas (chert). O bandamento apresenta-se extremamente regular, com espessuras praticamente constantes e apresenta lentes e lâminas finas de uma banda dentro da outra, paralelas ao acamamento, caracterizando uma laminação interna plano-paralela. As amostras de mão dos jaspilitos da Formação Carajás apresentam esse típico bandamento composicional (Figura 10), com bandas cujas espessuras variam de 0,5 cm a um máximo de 3,75 cm (5.000 a 37.500 μ m). Essas feições, bandamento e laminação representam o acamamento da rocha. Tais feições são interpretadas pela maioria dos autores (p. ex. RAI; SARKAR; PAUL, 1980) como deposicionais primárias.

Figura 10 - Foto do bandamento centimétrico observado em amostra de mão (Amostra MR-4-E).



O contato entre as bandas de jaspe e opacos são, em geral, bruscos e sinuosos (Figura 11), e menos frequentemente bruscos e retilíneos. O contato irregular e erosivo também foram observados, porém mais raramente. Estruturas sedimentares de erosão, identificadas como escavação e preenchimento foram notadas nas bandas de jaspe.

Figura 11 - Foto mostrando o contato (setas vermelhas) brusco e sinuoso na amostra de mão dos jaspilitos (Amostra TJ-7-E-A).

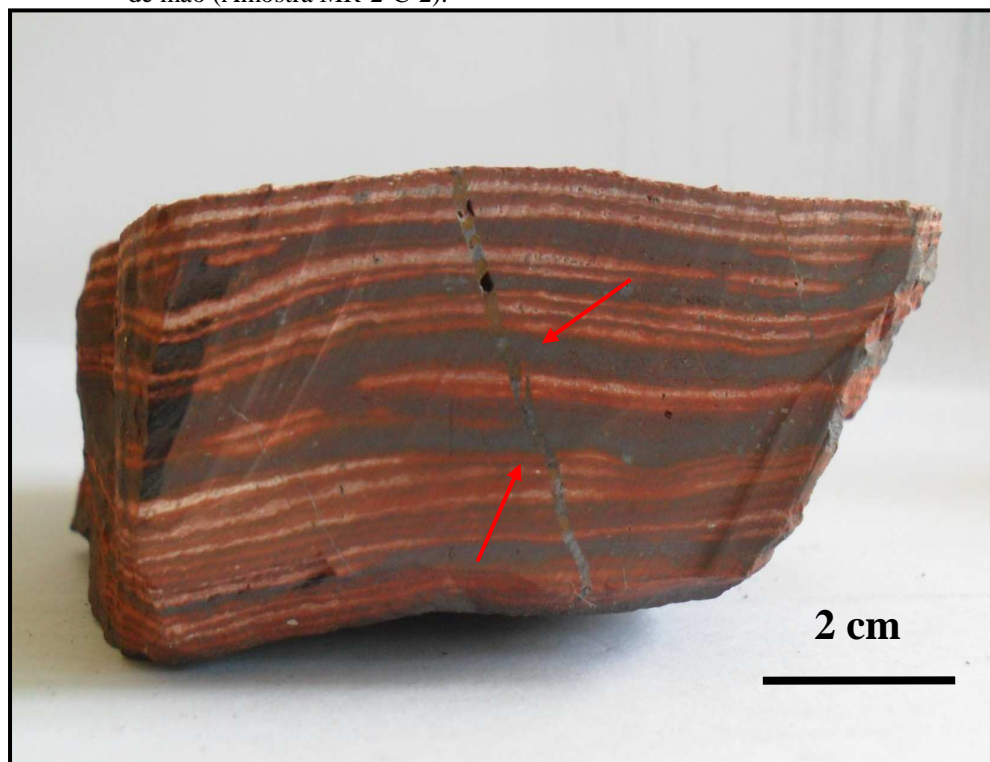


Estruturas secundárias observadas nos jaspilitos permitem avaliar a natureza do sedimento em termos da sua plasticidade e mobilidade antes da litificação.

Observaram-se, nas amostras de jaspilito: 1) contatos interpenetrativos, 2) feições de rompimento de bandas, 3) pequenas ondulações, causando feições de adelgaçamento das bandas de opacos, evidenciando um comportamento mais dúctil dessas bandas em relação às bandas silicosas, cujo comportamento mais rúptil desenha pequenas falhas sin-diagenéticas, 4) estruturas pods que são nódulos de jaspe com formas ovais ou lenticulares e 5) bandas de jaspe vermelho com a porção central composta por chert branco. Essa alteração de tonalidade é acompanhada pelo aumento dos cristais de chert, em direção ao meio da banda de jaspe.

O bandamento do jaspilito, localmente, mostra-se perturbado por veios, falhas e fraturas que podem ser observadas em várias escalas (Figura 12). Essas falhas e fraturas, em muitos casos, são descontínuas, limitando-se a algumas bandas em uma mesma amostra ou mostram deslocamentos horizontais dentro de uma mesma banda, indicando o caráter diagenético das mesmas.

Figura 12 - Foto mostrando fraturas (setas vermelhas) interrompendo o bandamento, em amostra de mão (Amostra MR-2-C-2).



5.2 ESTRUTURAS SEDIMENTARES

Diversas classificações têm sido propostas para a subdivisão dessas estruturas, tais como Shrock (1948) que agrupa as estruturas sedimentares em função das suas posições nas camadas, reconhecendo as feições superficiais (ou externas) e as subsuperficiais (ou internas).

Neste trabalho será adotada a classificação de Suguio (2003) que subdivide as estruturas sedimentares em primárias e secundárias. As primárias resultam de processos físicos atuantes durante a sedimentação como, por exemplo, as marcas onduladas. As secundárias são formadas logo após, ou muito tempo depois, da deposição. Muitas estruturas sedimentares resultam de processos geoquímicos, tais como os que levam à formação diagenética de nódulos e concreções epigenéticos.

5.2.1 Estruturas primárias

As estruturas primárias observadas nos jaspilitos da Formação Carajás foram: 1) bandamento, 2) laminações plano-paralelas, 3) estruturas sedimentares de erosão, identificadas como escavação e preenchimento e 4) grânulos de diferentes composições.

Nas amostras de mão analisadas neste trabalho a sílica se apresenta na forma de chert, jaspe e quartzo granular. Denomina-se chert para minerais de sílica micro a cripto-cristalina de cor branca ou incolor, já o jaspe é uma variedade de chert contendo pigmentos microscópicos de hematita que lhe conferem a cor vermelha.

Laminação é uma sequência de pequena escala de camadas finas (assim chamadas lâminas) que ocorrem em rochas sedimentares. Laminação é normalmente menor e menos pronunciada do que bandamento. É muitas vezes considerada como toda estrutura planar com espessura menor que 1cm, e bandamento como toda estrutura planar maior do que isso. No entanto, para diversos autores, estruturas de vários milímetros a centímetros são descritas como laminações, enquanto outros as consideram como bandamento. Neste trabalho, serão considerados como bandamento as estruturas planares com espessuras maiores que 0,5cm (5.000 μ m) e as estruturas planares menores que esse valor serão denominadas laminação.

O bandamento é regular, com cores (preto e vermelho) e espessuras pouco variadas. Essa estrutura persiste mesmo ao nível microscópico. As bandas silicosas, observadas ao microscópio, são compostas por quartzo de granulação muito fina, micro-cristalino (0,01 a 0,2 mm de diâmetro) a cripto-cristalino (cristais menores que 0,01 mm – primocristalinos), na

forma de chert e jaspe e quartzo granular (cristais maiores que 0,2 mm, segundo DIMROTH; CHAUVEL, 1973), além de minerais opacos.

A espessura média de ambas as bandas é de cerca de 1,0 cm, calculada com base em cerca de 20 amostras (de mão e de testemunhos). Na base do pacote sedimentar as bandas escuras tendem a ser mais espessas que as bandas claras (que são compostas por chert, sem a presença do jaspe), enquanto que no meio do pacote as espessuras das bandas são equivalentes e, no topo, as bandas claras apresentam-se mais espessas que as bandas escuras e são compostas por chert e jaspe.

As bandas de opacos apresentam finas lâminas e lentes de chert ou jaspe paralelas ao acamamento, assim como as bandas de chert ou jaspe apresentam finas lâminas e lentes de minerais opacos, marcando assim uma laminação plano-paralela (Figuras 13), esta feição continua ao nível microscópico (Figura 14). A composição mineralógica homogênea e simples dessas rochas é semelhante àquelas do Grupo Hamersley (Austrália) e, segundo Morris (1993) indicariam um controle deposicional na precipitação química dos sedimentos que originaram as BIFs.

Figura 13 - Foto da laminação plano-paralela na banda silicosa observada na amostra de mão de jaspilito (Amostra VW-6-A).

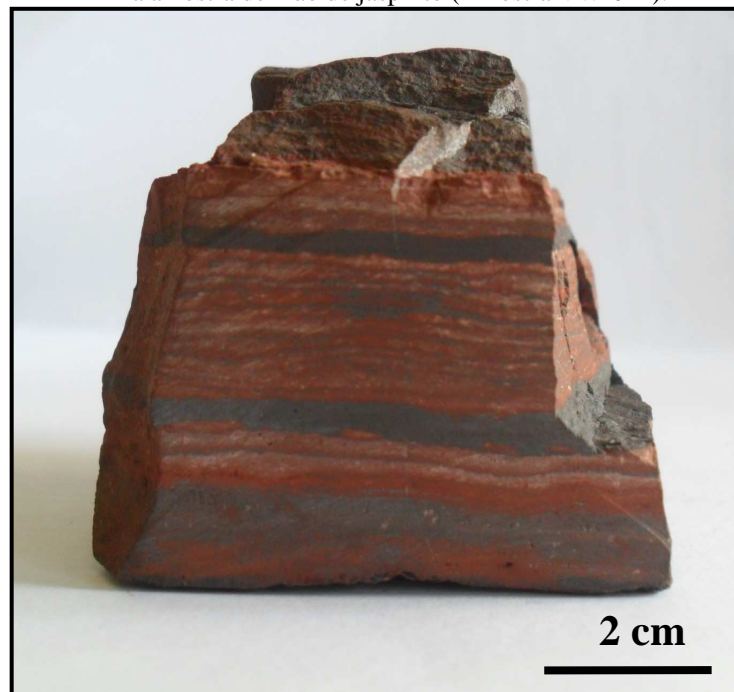
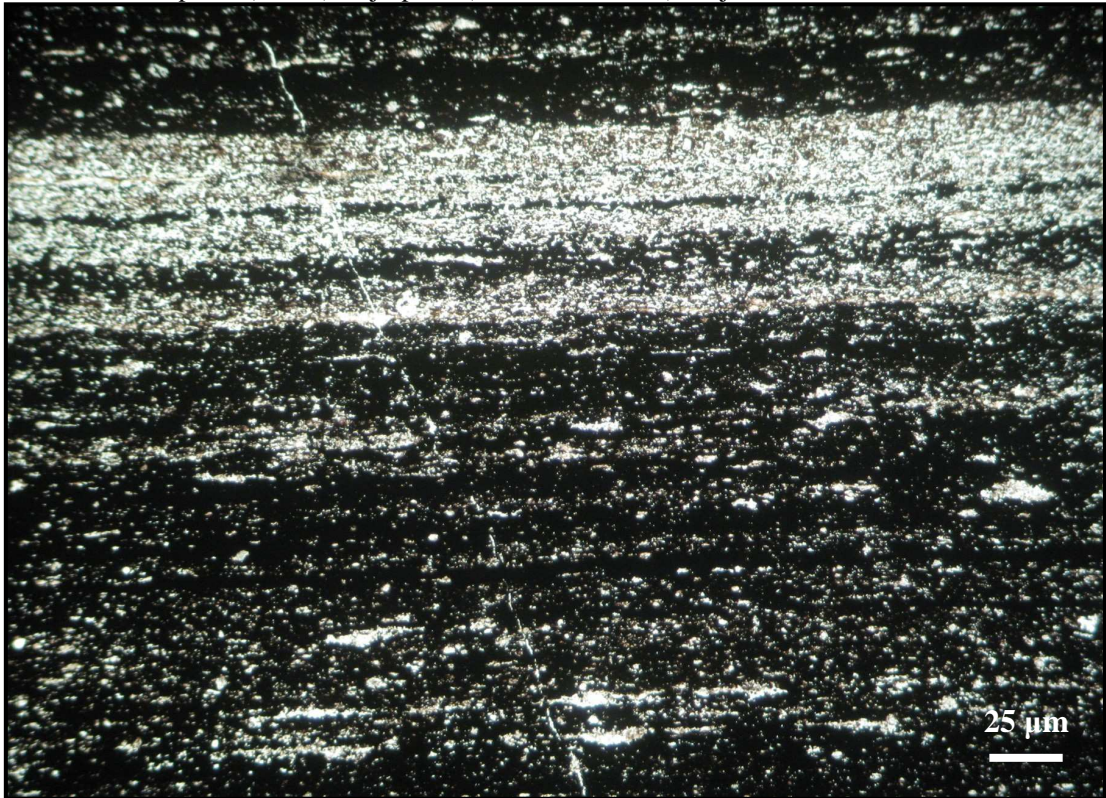
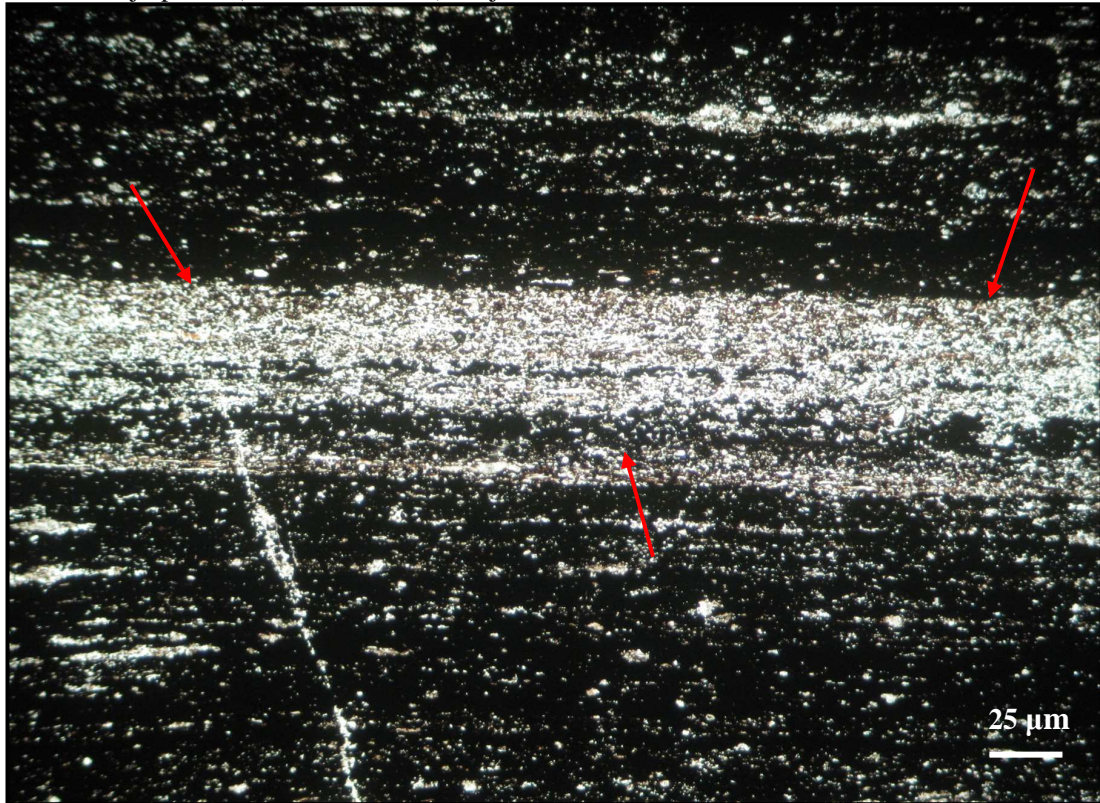


Figura 14 - Fotomicrografia da laminação plano-paralela observada na banda silicosa (clara) e na banda de opacos (escura) no jaspilito (Amostra VW-6-D). Obj. 5X, nicóis //.



Segundo Macambira (2003) essas feições, bandamento e laminação, representam o acamamento da rocha e sugerem que, durante a precipitação de uma camada centimétrica, haveria pulsos com a deposição de lentes e lâminas extremamente delgadas de minerais da outra camada. Ao microscópio o tipo de contato mais frequente entre as bandas, também é brusco e sinuoso ou brusco e retilíneo (Figura 15).

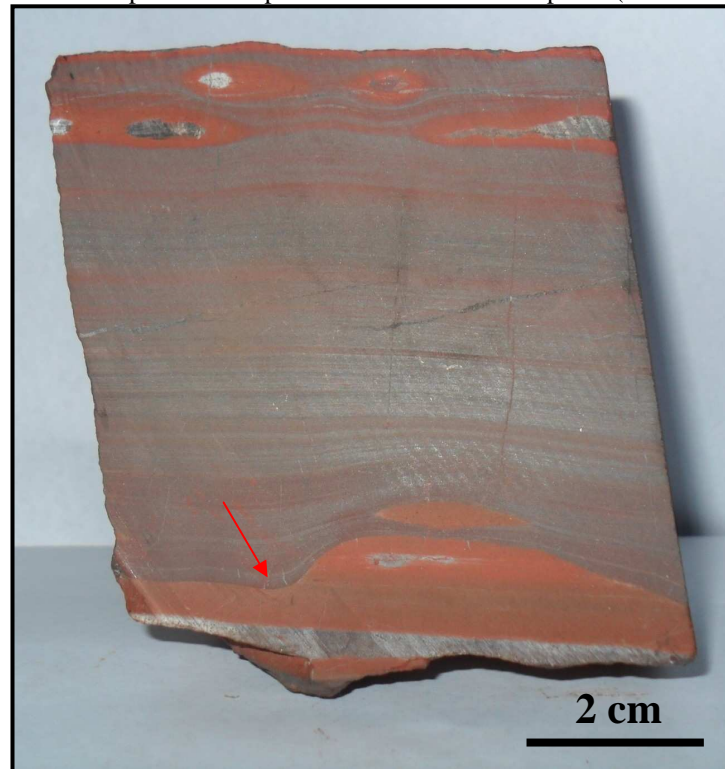
Figura 15 - Fotomicrografia mostrando o contato brusco e retilíneo (setas vermelhas) entre as bandas dos jaspilitos (Amostra VW-6-D). Obj. 5X, nicóis //.



Estruturas sedimentares de erosão, identificadas como escavação e preenchimento (*scour-and-fill*, c.f. RAI; SARKAR; PAUL, 1980), foram identificadas restritamente nas bandas de jaspe, em amostra de mão, onde a laminação plano-paralela é truncada por uma superfície erosiva, formando pequenas calhas e canais posteriormente preenchidos pela camada de minerais opacos subjacente (Figura 16).

Essas estruturas mostram que o ambiente deposicional químico dessas rochas não era tão tranquilo e sofria modificações com a presença de fluxos laminares que erodiam a superfície dos sedimentos recém depositados, retrabalhando o material, formando estruturas de escavação e preenchimento e superfícies erosivas que truncavam a laminação plano-paralela.

Figura 16 - Foto de canais de escavação (seta vermelha) na camada de jaspe, preenchidos pela camada de minerais opacos (Amostra VW-6-D).



Também foram observados, em lâminas delgadas, grânulos de diferentes composições e diâmetros (180 a 2.000 μm), desde arredondados até subangulosos, imersos numa matriz silicosa (Figura 17), os grânulos são constituídos por chert, jaspe e minerais opacos (Figura 18). Os grânulos formam um nível milimétrico contínuo lateralmente na banda de chert, portanto constituem uma porção insignificante dentro do pacote jaspilítico, deste modo estas rochas devem ser classificadas como BIFs e não GIFs, que são formações ferríferas granulares.

A presença de grânulos é interpretada como fragmentação e erosão de diferentes bandas de jaspilito, as quais foram retrabalhadas pela ação de correntes laminares de fundo, ocasionando seu arredondamento e, posteriormente, depositados constituindo um nível de intraclastos. Essa interpretação é fundamentada no fato da composição mineral dos grânulos ser a mesma das bandas que compõem os jaspilitos.

Figura 17 - Fotomicrografia de grânulos subarredondados a subangulosos imersos numa matriz silicosa (Amostra JW-5-B-2). Obj. 2,5X, nicóis //.

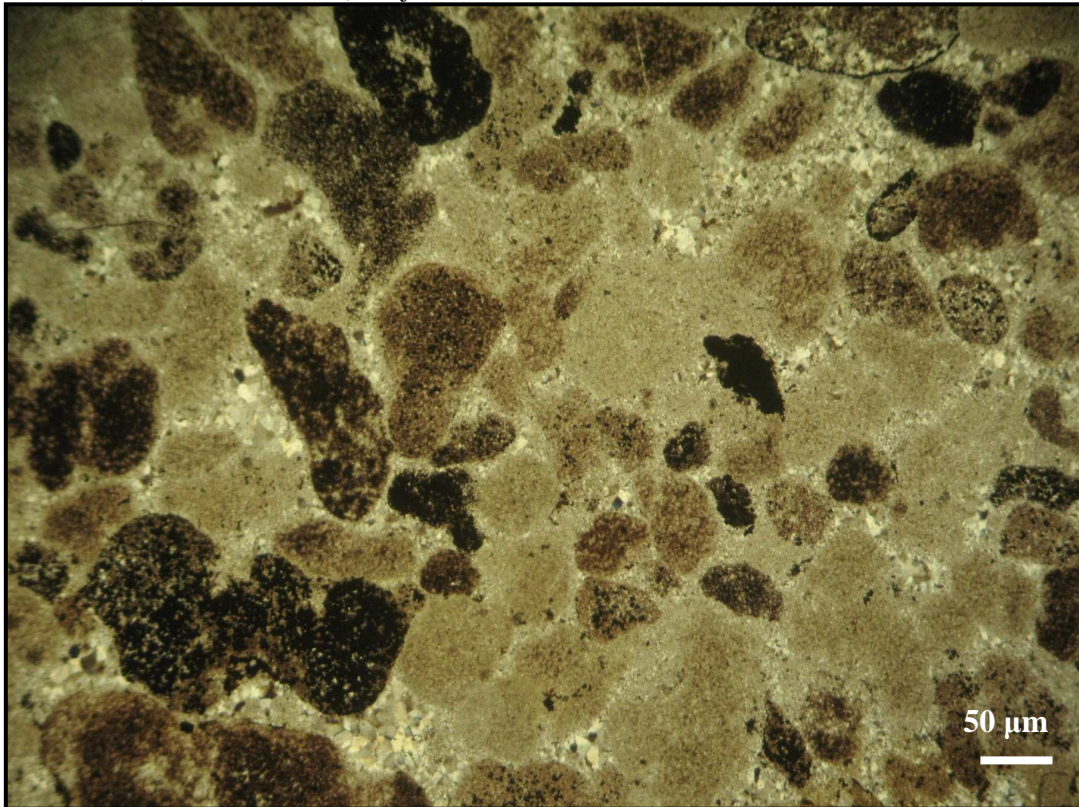
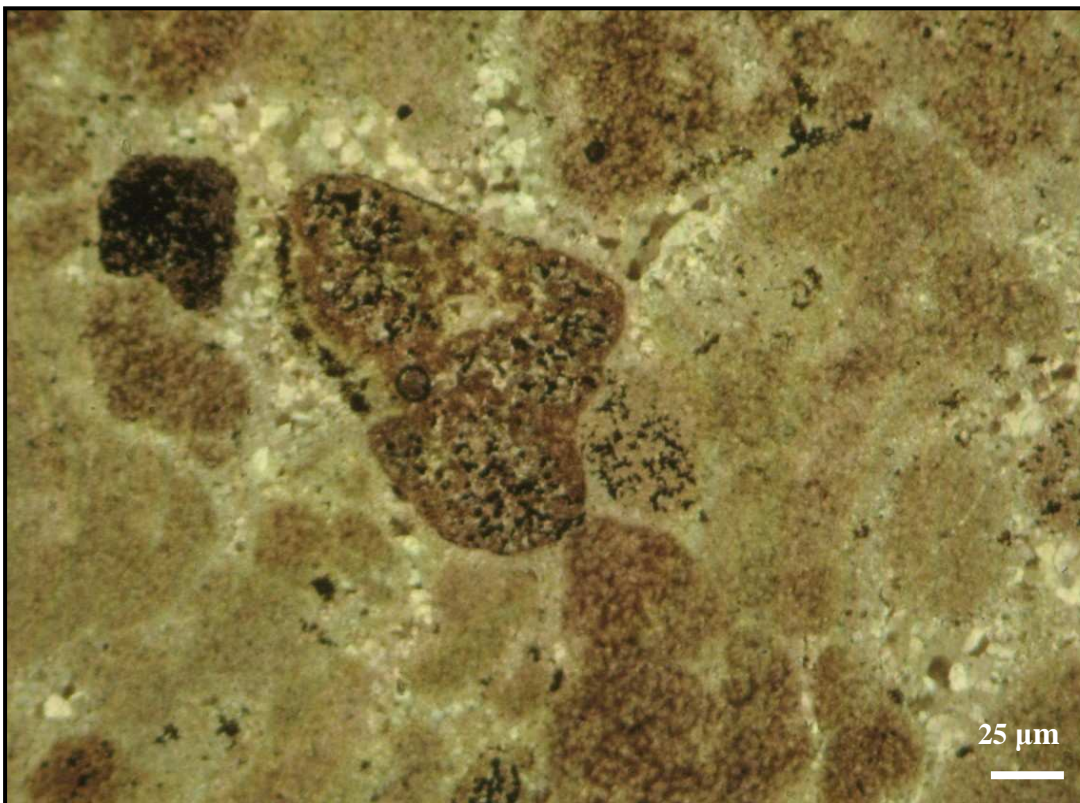


Figura 18 - Fotomicrografia de grânulos de diferentes composições (Amostra JW-5-B-1). Obj. 5X, nicóis //.



5.2.2 Estruturas Secundárias

As estruturas secundárias observadas foram: 1) contatos interpenetrativos, 2) feições de adelgaçamento, 3) feições de rompimento de bandas, 4) estruturas *pods*, 5) esferulitos e 6) o aumento da granulometria do chert.

Os contatos interpenetrativos são aqueles, observados em amostra de mão e em lâmina delgada nos quais a porção superior ou inferior das bandas de opacos interpenetram as bandas de jaspe imediatamente sotoposta ou sobreposta a elas (Figura 19). Essas feições, interpretadas aqui como resultantes de sobrecarga e compactação diferencial indicando o estado hidrolástico do sedimento, que se comportava como um gel, podendo migrar sob o peso das camadas sobrejacentes.

Figura 19 - Foto dos contatos interpenetrativos de banda de opacos na banda de jaspe (setas) (Amostra TJ-7-E-A).



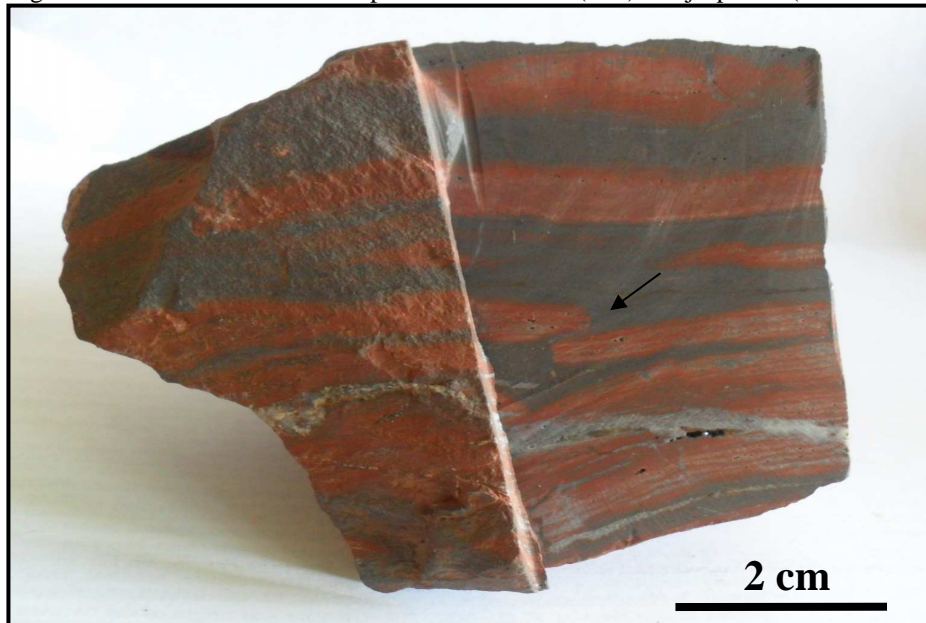
Pequenas ondulações, entre as bandas de jaspe e minerais opacos, mostram feições de adelgaçamento das bandas de opacos (Figura 20), demonstrando um comportamento mais dúctil dessas bandas em relação às bandas de jaspe.

Figura 20 - Foto mostrando o adelgaçamento e ondulações das bandas do jaspilito (Amostra TJ-6-H).



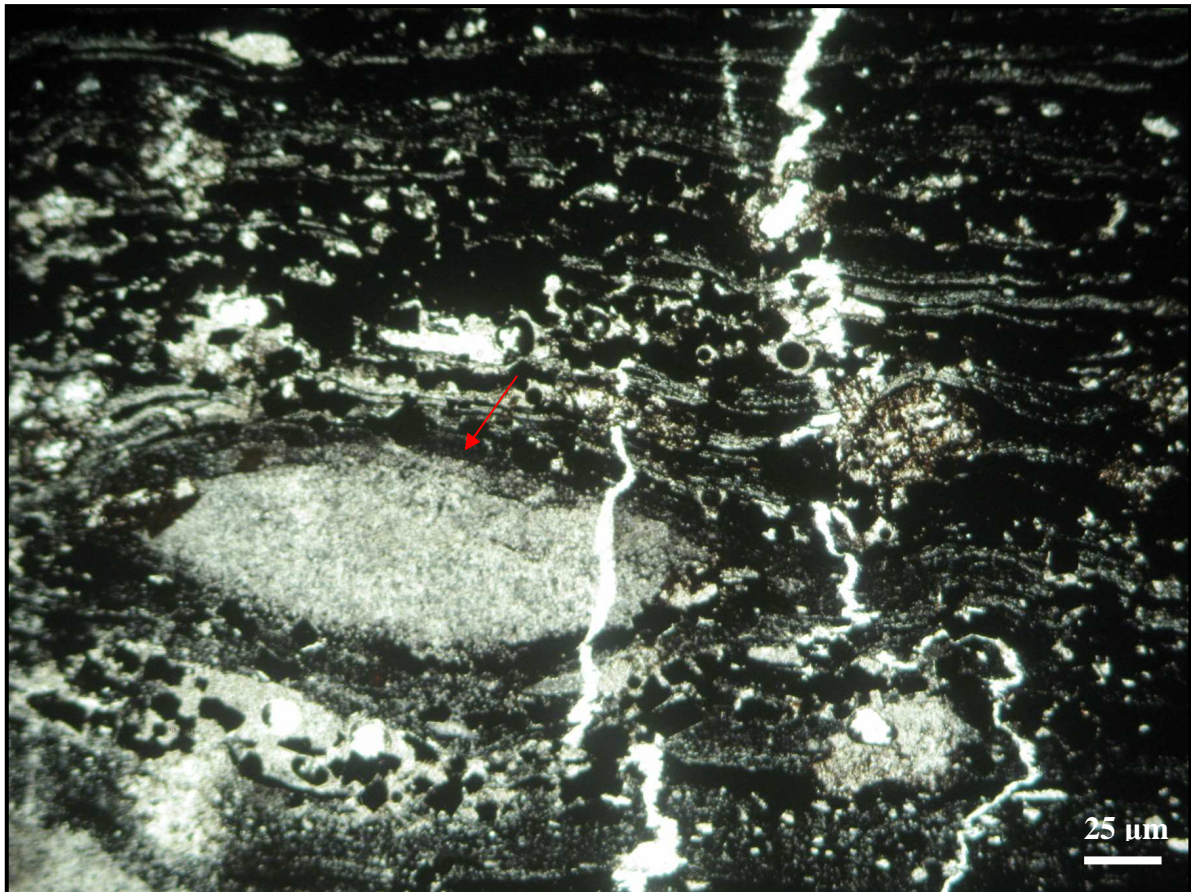
Foram observadas feições de rompimento de bandas (Figura 21), que assim como as feições de adelgaçamento são possivelmente desenvolvidas como consequência de pequenos basculamentos sofrido pelas camadas de sedimentos durante a diagênese, quando os sedimentos se encontravam no estado hidroplástico (MACAMBIRA; SILVA, 1995). As porções com comportamento mais dúctil (bandas opacas) teriam a tendência de dobrar ou adelgaçarem-se, já aquelas com comportamento mais rúptil (bandas silicosas), tenderiam a se romper.

Figura 21 - Foto mostrando o rompimento de bandas (seta) nos jaspilitos (Amostra TJ-6-H).



Uma feição observada ao microscópio, diz a respeito às bandas de jaspe, que mostram um comportamento irregular lateral, sendo interrompidas e truncadas pelas bandas de opacos e, em muitos casos, apresentam massas nodulares de jaspe com formas ovais e lenticulares, caracterizadas como estruturas *Pods* (Figura 22) por Trendall e Blockley (1970). Esta estrutura corresponde à banda de jaspe depositada e, durante a compactação, as bandas de minerais opacos, que são mais densas, separam as bandas de jaspe em nódulos com formas ovais ou lenticulares. Os “*Pods*” são interpretados como produtos de compactação diferencial que tende a romper a camada de jaspe, num estágio mais avançado de “*boudinage*”.

Figura 22 - Fotomicrografia das estruturas *Pods* (seta vermelha) nos jaspilitos (Amostra TJ-7-M). Obj. 5X, nicóis //.



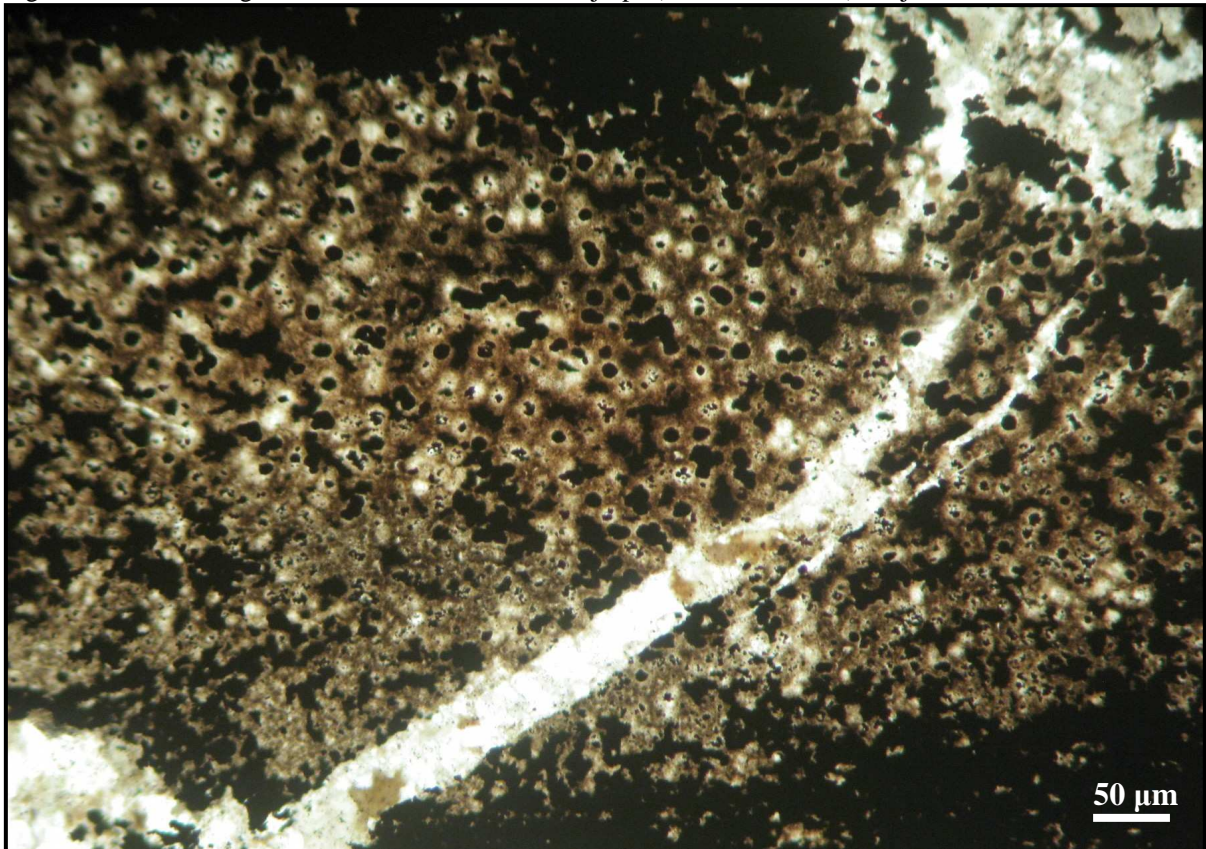
Outra feição, encontrada nas lâminas delgadas dos jaspilitos são esferulitos com diâmetro médio de 17 μ m e constituídos por um grânulo central opaco (2-4 μ m), envolvido por uma área de chert incolor, sendo esta cercada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita (Figura 23).

Essas estruturas são predominantemente observadas nas bandas de jaspe e são raras ou ausentes nas bandas de chert. Localmente, as bordas desses esferulitos são incompletas e eles

chegam a formar aglomerados. Rai, Sarkar e Paul (1980) e Laberge, Robbins e Han (1987) acreditam que as similaridades morfológicas com microrganismos unicelulares sugeririam uma origem biológica. Porém, alguns autores, como Heaney e Veblen (1991), sugerem que os esferulitos são resultantes de cristalização coloidal inorgânica.

Nas lâminas observadas, notou-se que estas estruturas esferoidais microscópicas estão presentes em grande abundância, são de tamanhos similares, apresentam organização e ornamentação na sua parte interna, e quando presentes, estão distribuídas preferencialmente nas bandas de jaspe. Pode-se supor que os esferulitos tiveram origem biológica e é possível que organismos estivessem presentes no ambiente deposicional dos jaspilitos, provavelmente intervindo diretamente na produção de oxigênio para a precipitação do ferro.

Figura 23 - Fotomicrografia de esferulitos na banda de jaspe (Amostra JW-5-A). Obj. 2,5X, nicóis //.



Outra feição observada em amostra de mão é aquela em que a porção central das bandas de jaspe vermelho é constituída apenas por chert branco (Figura 24). O jaspe avermelhado torna-se bem mais claro, sem a pigmentação de hematita em direção ao centro da banda, caracterizando-se como chert.

Ao microscópico essa mudança de coloração é acompanhada pelo aumento na granulometria do chert, de cripto a microcristalino e até granular (cristais maiores que 0,2 mm), em direção ao centro da banda (Figura 25).

Figura 24 - Foto mostrando a banda de jaspe vermelho com a porção central composta por chert (indicada pela seta) (Amostra VW-6-D).

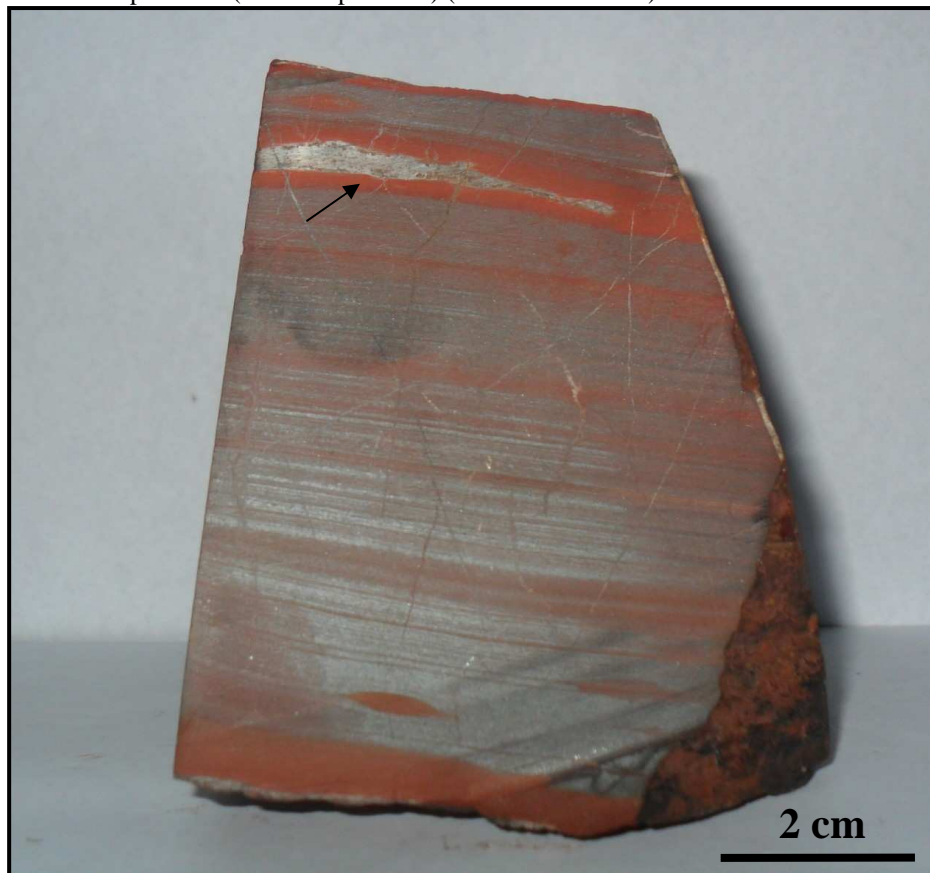
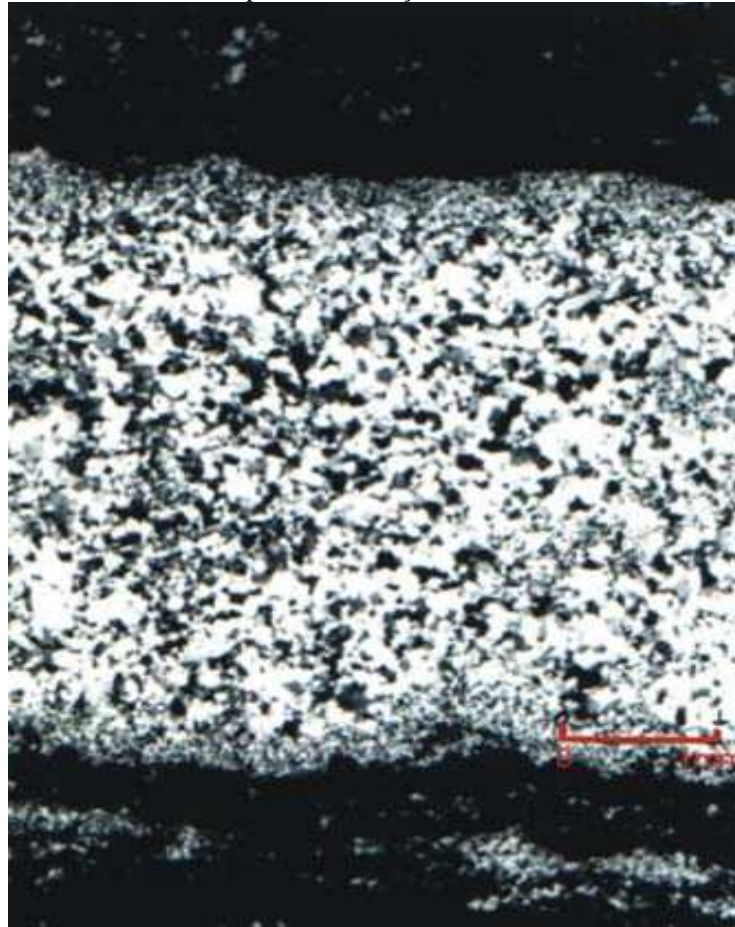


Figura 25 - Aumento da granulometria do chert, a partir da camada de minerais opacos, em direção ao centro da banda silicosa.



Fonte: Macambira (2003).

Conforme proposto por Ewers e Morris (1981) a feição descrita acima é interpretada como consequência da gradativa segregação do Fe para as bandas ferruginosas adjacentes. O Fe seria expulso da zona central da banda silicosa pelo processo de cristalização do quartzo, o qual ocorreria preferencialmente nas porções mais hidratadas e mais centrais dessas bandas, cujas bordas teriam sido desidratadas relativamente mais cedo (DIMROTH; CHAUVEL, 1973). A menor granulação do quartzo na borda da banda seria devida ao maior número de partículas de hematita, pois elas tendem a inibir o crescimento do quartzo devido aos efeitos de tensão superficial (DIMROTH, 1976). Na zona central, o quartzo formaria grãos maiores, devido ao menor número de partículas de hematita e maior presença de água, originando o chert branco.

5.2.3 Outras estruturas

Outros tipos de estruturas também foram observados como brechas, falhas, fraturas e veios. Estas estruturas são diferenciadas das demais, pois provavelmente possuem origem tectônica, ou seja, foram originadas por forças e movimentos ocorridos regionalmente.

Foram notadas na escala meso e micro, falhas e fraturas, estas estão preenchidas por quartzo (Figuras 26 e 27), e por vezes encontram-se não preenchidas. Podem ser contínuas, ou seja, atingem todas as bandas em uma mesma amostra, descontínuas ou mostram deslocamentos horizontais dentro de uma mesma banda (Figura 28). Localmente interrompem o bandamento composicional dos jaspilitos. Foram observados, também, veios preenchidos por quartzo, jaspe e minerais opacos (Figura 29).

Figura 26 - Foto de fraturas preenchidas por quartzo (setas) que interceptam o bandamento do jaspilito, em escala mesoscópica. (Amostra MR-4-A).

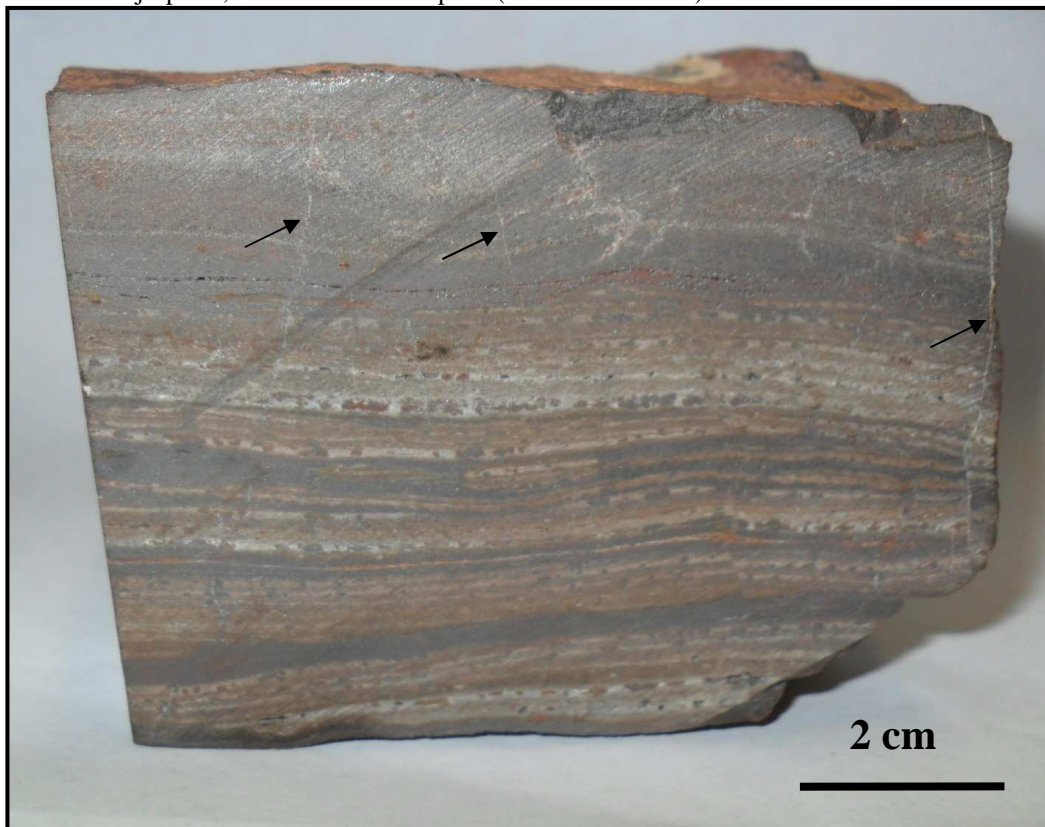


Figura 27 - Fotomicrografia de fraturas preenchidas por quartzo (setas) que interceptam o bandamento do jaspilítico, em escala microscópica (Amostra MR-4-A). Obj. 5X, nicóis //.

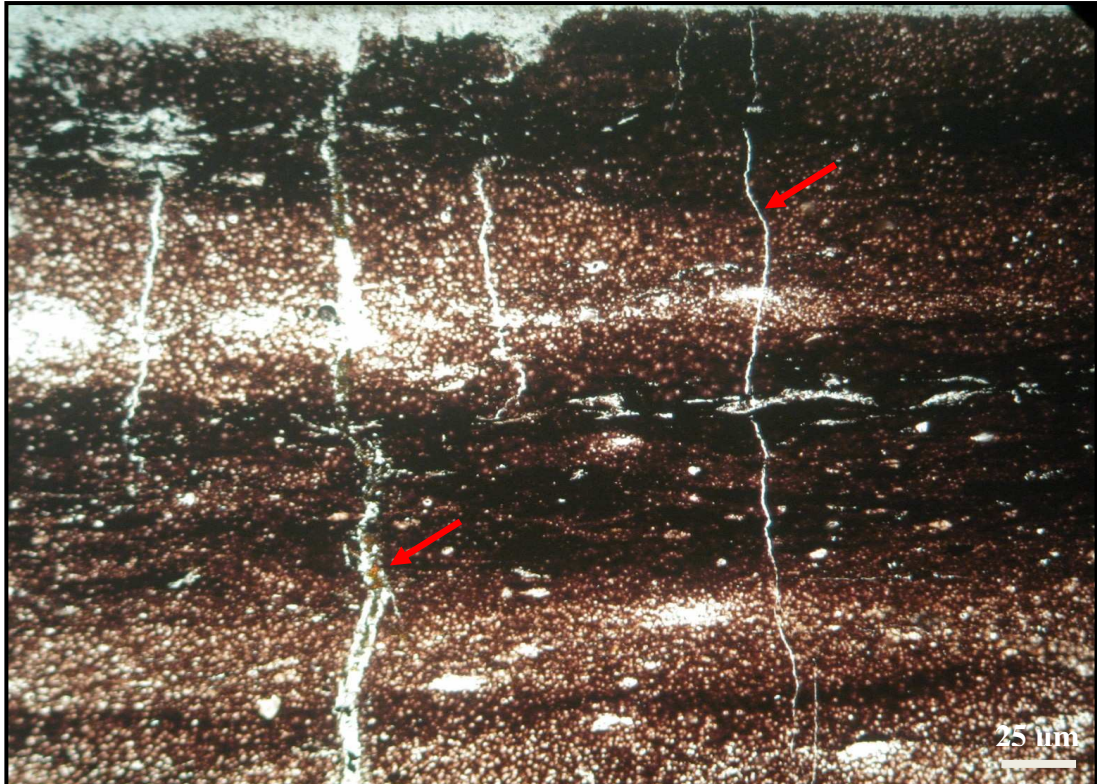
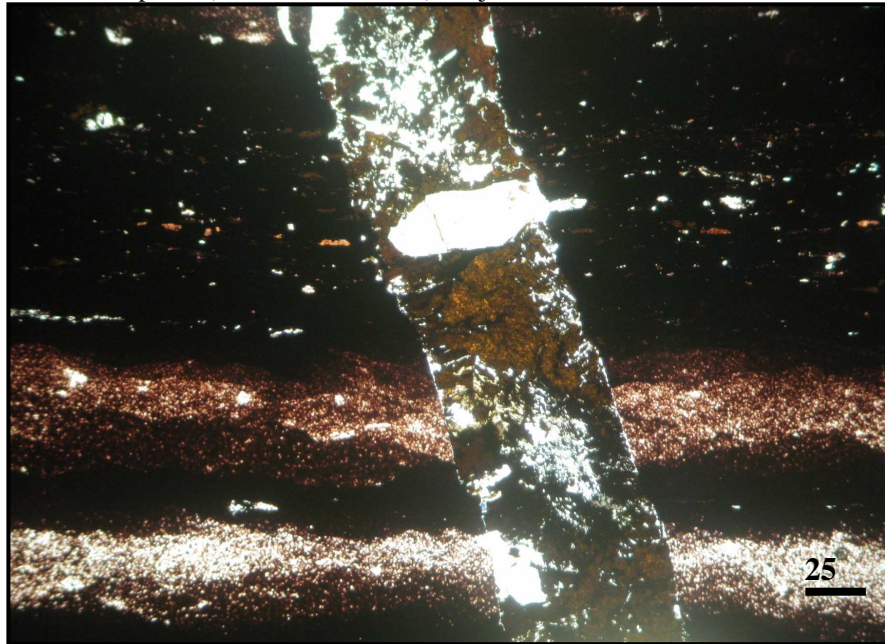


Figura 28 - Fotomicrografia mostrando o deslocamento horizontal na banda silicosa, evidenciado pela falha (setas) (Amostra VW-6-A). Obj. 5X, nicóis //.

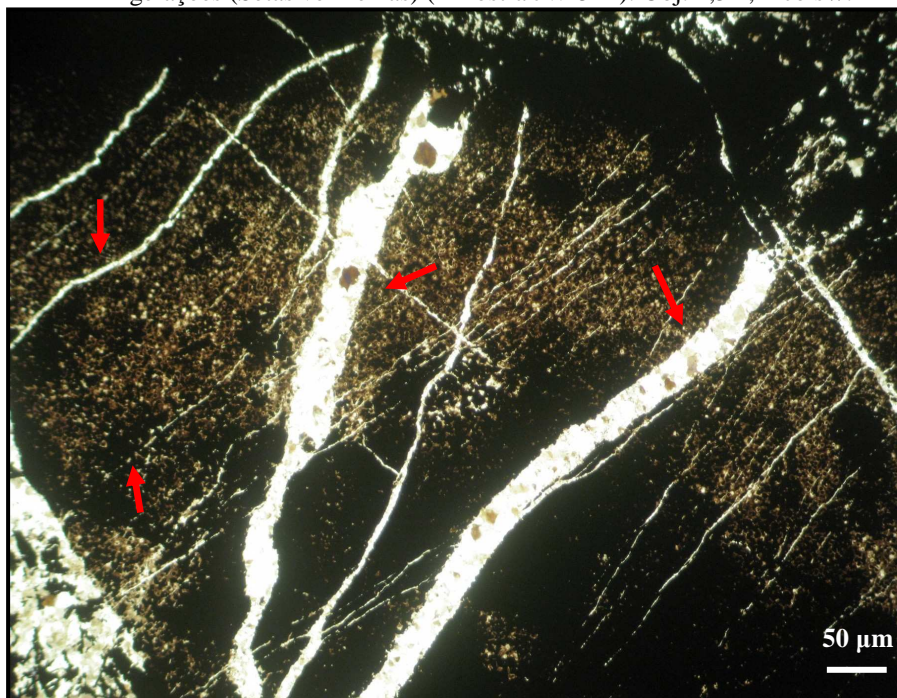


Figura 29 - Fotomicrografia mostrando o veio preenchido por quartzo, jaspe e minerais opacos (Amostra MR-2-C-2). Obj. 5X, nicóis //.



Em algumas lâminas, foi notado o estágio de brechação, onde se podem observar fragmentos angulosos de BIF, com diâmetro variando de 200 a 2000 μm . Nesses fragmentos as estruturas primárias, como o bandamento composicional e a laminação interna plano-paralela estão preservados, porém a rocha apresenta bastantes fraturas e veios, preenchidos por quartzo granular de várias gerações (Figura 30).

Figura 30 - Fotomicrografia de fraturas e veios preenchidos por quartzo granular de várias gerações (Setas vermelhas) (Amostra JW-5-A). Obj. 2,5X, nicóis //.



6 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

As formações ferríferas bandadas da Formação Carajás, são de idade arqueana, com extensão de aproximadamente 110km nas serras Norte e Sul, espessura de 100-400m, associados com rochas vulcânicas básicas “espilitizadas”.

Neste trabalho adota-se a classificação de tipo Superior para as BIF da Formação Carajás, em função das semelhanças com este tipo, tais como extensão, pois são formações extensas e persistentes de 100 km a mais que 1000 km, apresenta espessuras de vários metros (a mais que 1000m) e a fácies óxido é abundante. Por outro lado, existem semelhanças com o tipo Algoma, como por exemplo, a idade, pois são depósitos anteriores a 2.600 Ma.

Estruturas primárias foram descritas na literatura (BEUKES, 1973). As estruturas primárias observadas nos jaspilitos da Formação Carajás foram: 1) bandamento, 2) laminações plano-paralela, 3) estruturas sedimentares de erosão, identificadas como escavação e preenchimento e 4) grânulos de diferentes composições.

O bandamento, persistente, frequente e regular, indica a estabilidade das condições ambientais, tanto químicas como mecânicas (físicas), na bacia. Ele atesta a deposição do jaspilito numa profundidade da água maior que a base de ação das ondas, pois, de outro modo, estrutura tão delicada seria destruída pela agitação da água (MACAMBIRA, 2003). Ele apresenta lentes e lâminas de uma banda dentro da outra, paralelas ao acamamento, caracterizando uma laminação plano-paralela. No entanto, as ocasionais variações no ambiente produziram estruturas primárias, descritas a seguir, que permitem inferir algumas características do sítio de deposição dos jaspilitos.

As estruturas de erosão, escavação e preenchimento com truncamento da laminação plano-paralela permitem supor que o ambiente deposicional dessas rochas não era estático, porque haveria fracos fluxos na superfície dos sedimentos, que não permitiam a deposição e erodiam as bandas já depositadas. Para vários autores (ex. DIMROTH, 1976; GROSS, 1972) diversos fatores provocariam turbulência na água, como a formação de células de convecção, a partir do calor liberado pela pilha de basaltos; tempestades; etc. Quando cessasse o fluxo dessas correntes, voltariam a atuar as condições ideais para continuar a deposição.

Os grânulos de diferentes composições são interpretados como fragmentação e erosão do material precursor do jaspilito, os quais foram arrancados e transportados a pequena distância pela ação de correntes de fluxo causando seu arredondamento e depois foram depositados formando finos níveis (intraclastos). Essa interpretação é fundamentada no fato da composição desses grânulos ser similar à composição das bandas que compõem os

jaspilitos. A origem desses grânulos é interpretada da mesma forma por Gross (1972), French (1973) e Dimroth (1976).

As estruturas secundárias são bem diferenciadas, pois são feições conferidas à diferença de composição das bandas e à pressão litostática, que origina a compactação, a desidratação e a litificação dos sedimentos. As estruturas secundárias observadas foram: 1) contatos interpenetrativos, 2) feições de adelgaçamento de bandas, 3) feições de rompimento de bandas, 4) estruturas *pods*, 5) esferulitos e 6) o aumento da granulometria do chert.

Os contatos entre as bandas de jaspe e hematita/magnetita/maghemita, que foram descritos, neste trabalho, como ondulados, irregulares e interpenetrativos, são evidências de estruturas diagenéticas de sobrecarga e compactação diferencial.

Estruturas de adelgaçamento e rompimento de bandas foram desenvolvidas durante a fase de diagênese, quando os sedimentos se encontravam no estado hidroplástico. O pacote de sedimentos, provavelmente, sofria pequenas deformações, por compactação ou irregularidades no fundo da bacia. As bandas de jaspe e opacos deslizavam umas sobre as outras, utilizando os planos de acamamento como superfícies de deslocamento, dessa forma se deformavam. As porções com comportamento mais dúctil (banda de opacos) dobrariam ou se adelgaçariam, já as porções que teriam comportamento mais rúptil (provavelmente, devido a maior presença de água), tenderiam a se romper. Esse comportamento é também evidenciado por falhas e fraturas, já que as mesmas estão predominantemente presentes nas bandas silicosas, pois estas têm um comportamento mais rúptil, tendendo a se romper.

Segundo Trendall e Blockley (1970) as estruturas *pods* correspondem a bandas de jaspe depositadas, e durante a compactação, as bandas opacas, que são mais densas, separam as bandas de jaspe em nódulos com formas ovais ou lenticulares, sendo que a laminação da banda opaca contorna as mesmas.

Outra feição, encontrada nas lâminas delgadas dos jaspilitos são esferulitos, feição esta que alguns autores, como Rai, Sarkar e Paul (1980) sugerem origem biológica. Esses organismos provavelmente interferiram diretamente na produção de oxigênio para a precipitação do ferro.

Observa-se, em amostra de mão, que o jaspe avermelhado torna-se bem mais claro, sem a pigmentação de hematita em direção ao centro da banda, caracterizando-se como chert. Ao microscópico essa mudança de coloração é acompanhada pelo aumento na granulometria do chert. Ewers e Morris (1981) interpretam esta feição como consequência da gradativa segregação do Fe para as bandas ferruginosas adjacentes.

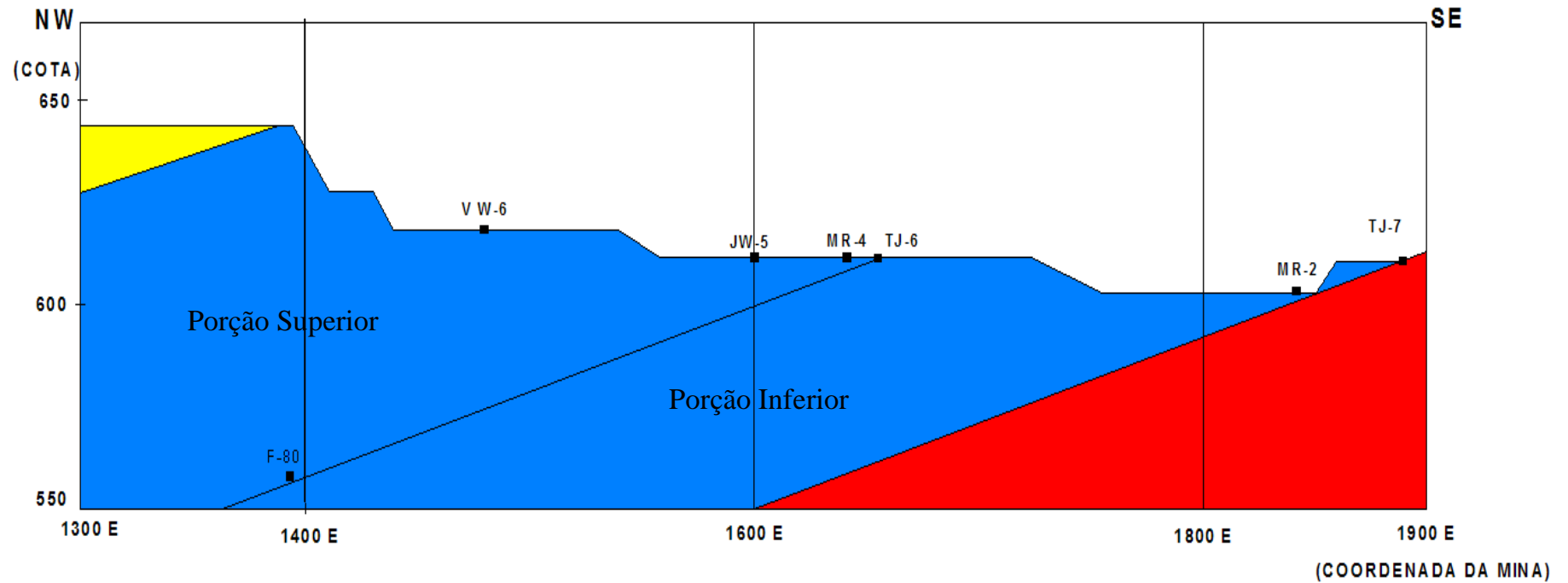
Quanto às estruturas de origem tectônica, os jaspilitos são cortados por brechas, falhas, fraturas e veios que permitem a mobilização de fluídos, ricos principalmente em quartzo e, subordinadamente, em minerais opacos.

Os jaspilitos da Formação Carajás mostram características marcantes e similares, apresentando poucas variações na cor e composição mineralógica, desde a base ao topo do pacote. Mostram como característica marcante, o típico bandamento rítmico composicional com continuidade lateral que é definido pela alternância de bandas escuras e claras, as quais apresentam uma estruturação interna que pode ser maciça ou laminada. O tipo de contato entre as bandas geralmente é irregular, porém os contatos bruscos e sinuosos, bruscos e retilíneos, também ocorrem. Porém com o estudo minucioso das feições sedimentares primárias nestas rochas, foi possível verificar feições particulares predominantes em determinados níveis estratigráficos, permitindo dividir a Formação Carajás em Porção Inferior e Superior baseado no estudo dessas feições.

Pereira (1999) com base em análise minerográfica nas bandas de opacos estimou que a Porção Superior da Formação Carajás apresenta espessura média de 150m e a Porção Inferior de 70m. Segundo esta autora a hematita é o opaco principal nas duas porções, porém na Porção Inferior ocorre maghemita subordinadamente e a magnetita ocorre de forma rara. Enquanto na Porção Superior subordinadamente ocorre magnetita e a maghemita ocorre raramente.

No presente trabalho foi adotada a divisão acima para separar a Formação Carajás, na mina N4E, considerando-se a espessura média da formação em 220m (BORGES, 1995) e mergulho de 20° a 40° W. Após a localização das amostras no mapa geológico da mina N4E foi confeccionado um perfil perpendicular ao mergulho da camada de jaspilito (Figura 31), onde as amostras foram posicionadas estratigraficamente. Este procedimento permitiu a distribuição espacial das amostras numa seção esquemática da Formação Carajás (Figura 32), destacando as feições sedimentares preservadas.

Figura 31 - Perfil esquemático num bloco de jaspilito, na área da Mina N4E, estimando a espessura e a distribuição das amostras na Porção Superior e Inferior.



LEGENDA

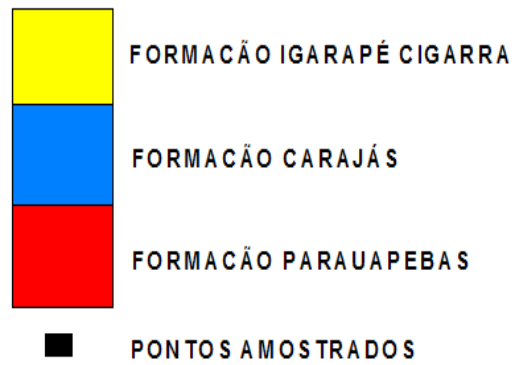
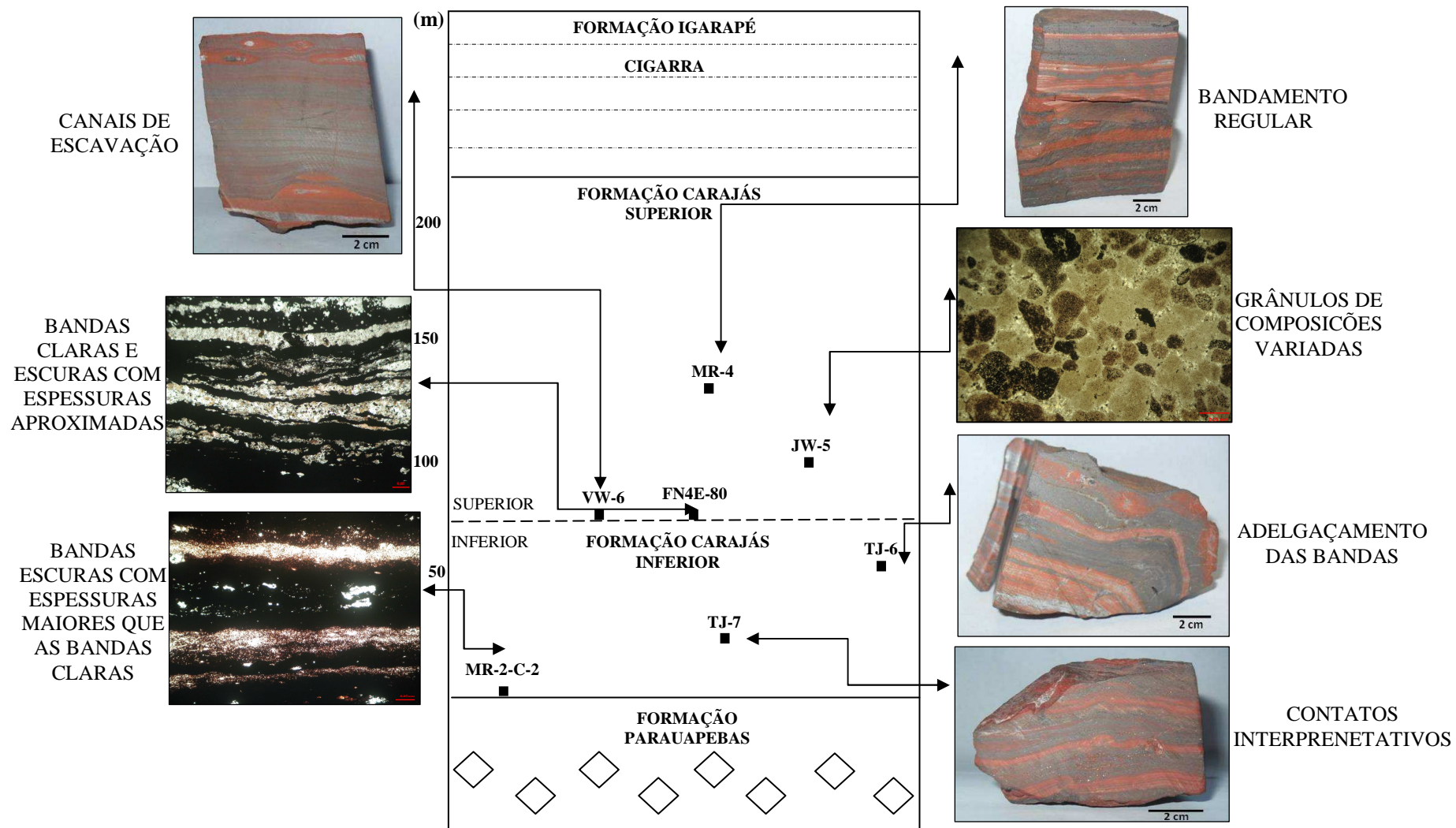


Figura 32 - Seção esquemática da Formação Carajás com a distribuição espacial relativa das feições sedimentares observadas, sem escala.



Na Porção Inferior da Formação Carajás a banda de opacos é mais espessa à medida que se aproxima da base, chegando ao dobro da espessura da banda silicosa, e maciça sem as típicas laminações silicosas que predominam no topo (Figura 33). Assim, como o inverso também ocorre, pois as espessuras das bandas silicosas são maiores no topo do pacote. Verifica-se, também, que próximo da base as bandas silicosas passam a ser compostas apenas por chert (Figura 34).

Na Porção Superior da Formação Carajás as bandas de opacos e de sílica são aproximadamente de mesma espessura (Figura 35) à medida que se aproxima do contato com a Porção Inferior as bandas de opacos apresentam-se com maior espessura.

Figura 33 - Fotomicrografia mostrando a camada maciça de opaco na Porção Inferior (Amostra TJ-7-E-B). Obj. 5X, nicóis //.

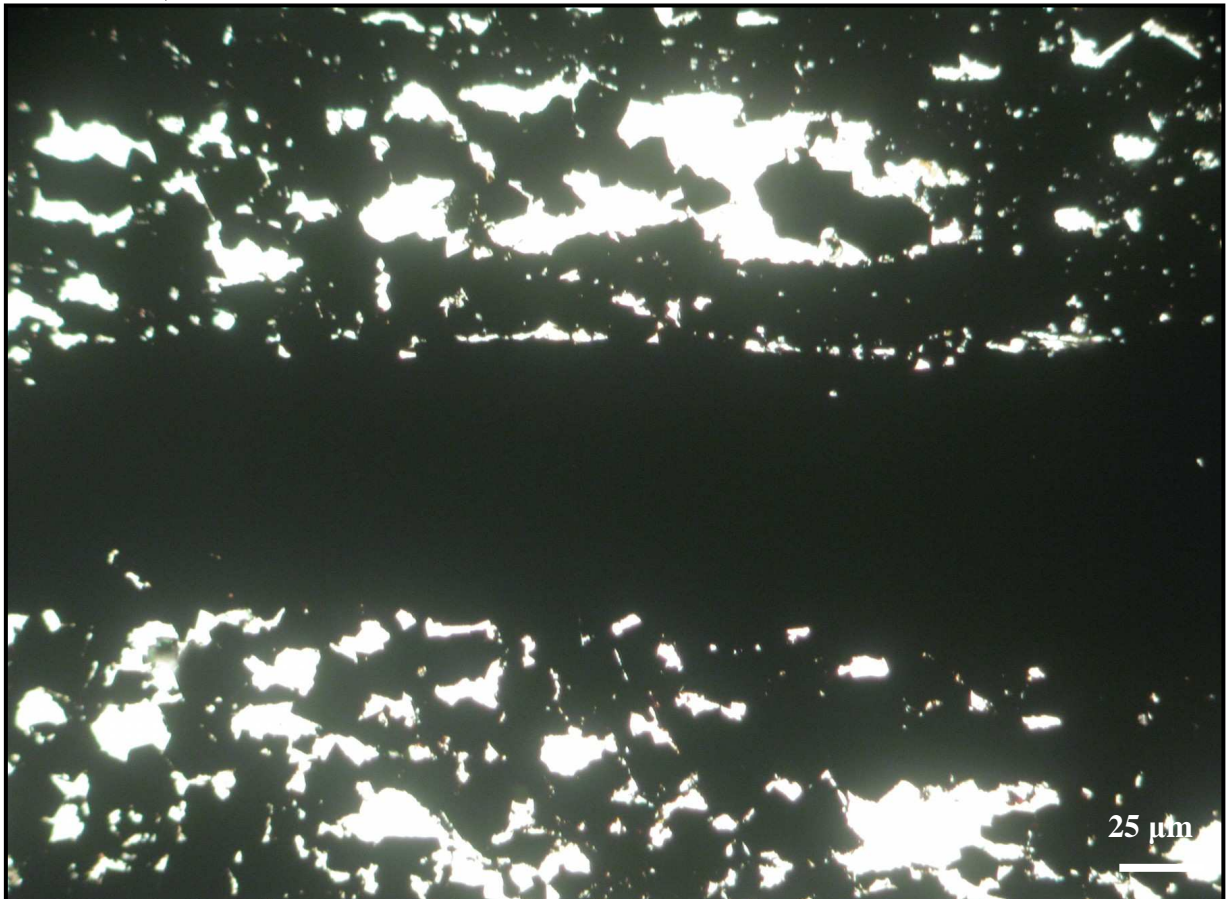


Figura 34 - Fotomicrografia mostrando que a banda clara é composta apenas por chert na Porção Inferior (Amostra TJ-7-E-B). Obj. 5X, nicóis //.

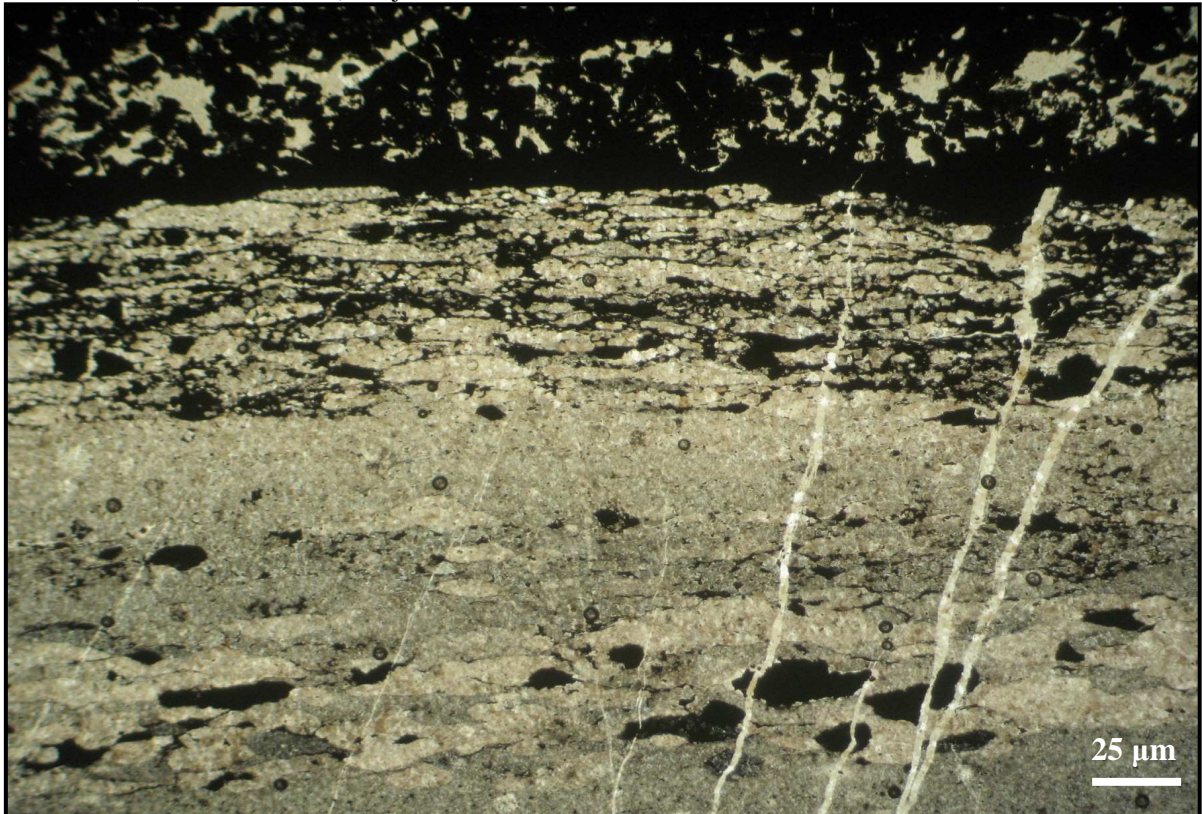
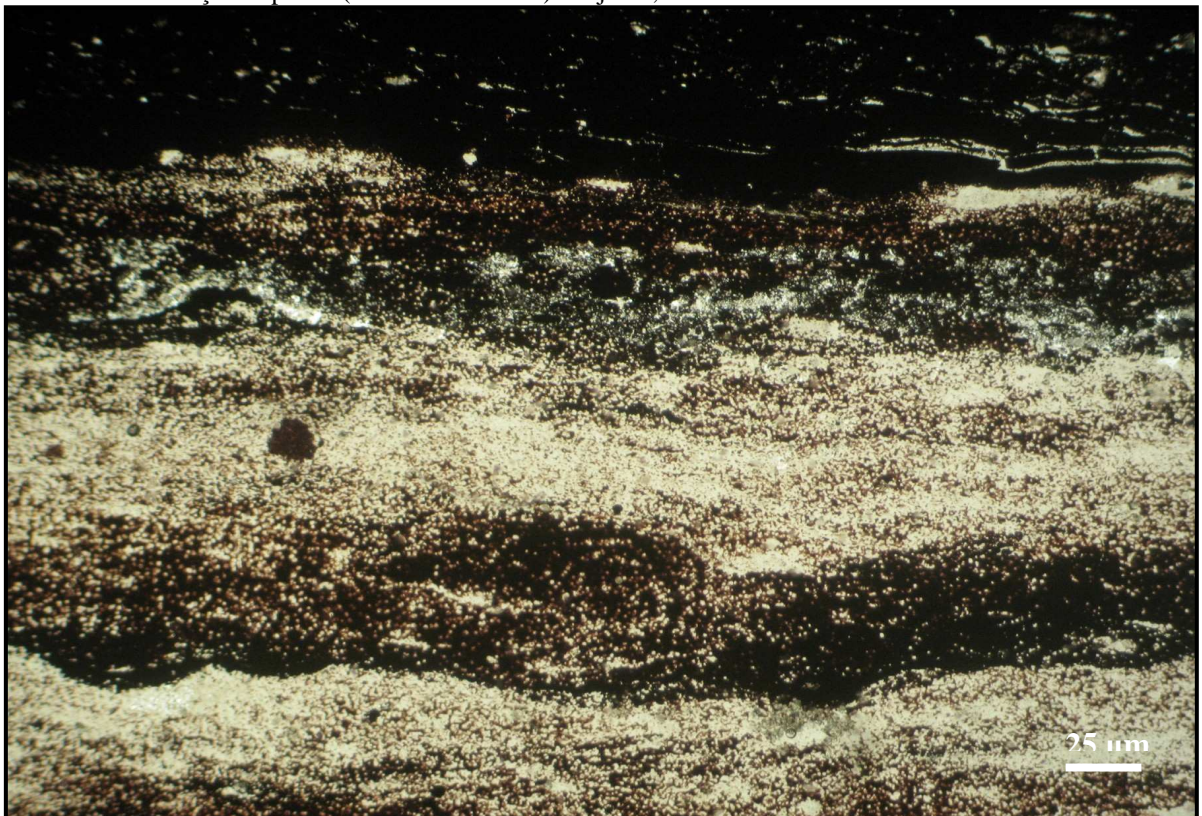
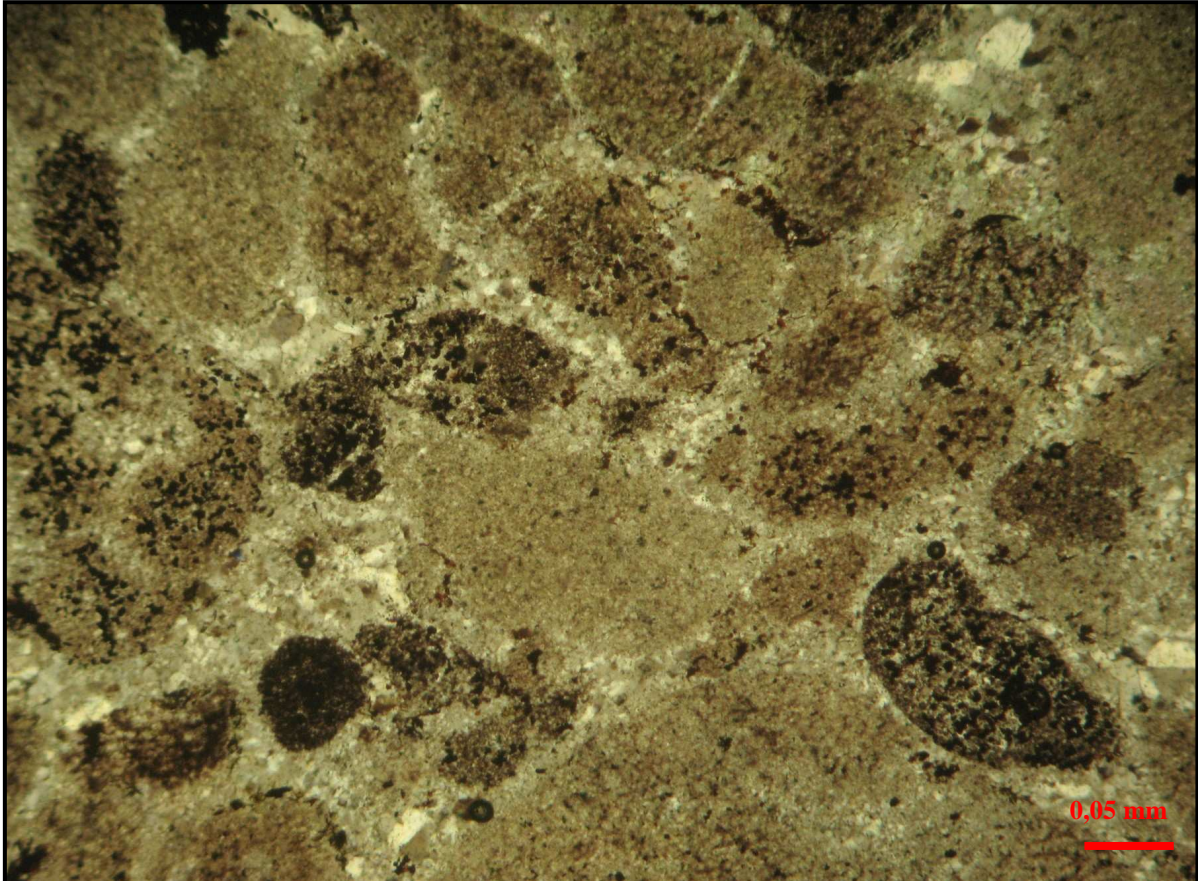


Figura 35 - Fotomicrografia mostrando que as bandas de sílica e de opacos apresentam espessuras aproximadas na Porção Superior (Amostra VW-6-A). Obj. 5X, nicóis //.



Na Porção Superior, aproximadamente a 110m da base da Formação Carajás, foram observados níveis de grânulos de distintas composições e diâmetros (Figura 36) interpretados como intraclastos.

Figura 36 - Fotomicrografia dos grânulos de diferente composição e diâmetro na Porção Superior (Amostra JW-5-B-1). Obj. 5X, nicóis //.



Feições que foram observadas apenas na Porção Superior e podem servir para diferenciá-la da Porção Inferior são: 1) presença de níveis de intraclastos, 2) feições de escavação e preenchimento, 3) presença frequente de laminações e 4) bandas silicosas mais espessas que as opacas.

Na Porção Inferior foi observado que 1) as bandas opacas são mais espessas que as silicosas, 2) as bandas de opacos são maciças, sem laminações e 3) não foram observados intraclastos nem feições de escavação e preenchimento.

7 CONCLUSÕES

Com base no estudo dos jaspilitos da Formação Carajás, conclui-se que:

- As características geológicas permitem classificar o depósito de ferro de Carajás como tipo Superior devido algumas características como extensão (formações extensas e persistentes de 100 km a mais que 1000 km), espessura (vários metros a mais que 100m – 1000m) e fácies sedimentares (abundantes fácies óxido).

- Embora existam zona de cisalhamento, falhas e fraturas na mina, estão localizados em setores estreitos e de pequenas dimensões comparados com o corpo de minério. Como as amostras foram coletadas distantes dessas áreas, as estruturas observadas são interpretadas como primárias ou diagenéticas.

- A análise petrográfica confirma trabalhos anteriores de que essas rochas não estão metamorfisadas. São rochas de origem sedimentar química, em que o chert/jaspe sofreu recristalização incipiente e não homogênea.

- Neste trabalho as estruturas sedimentares foram divididas em primárias e secundárias. As estruturas primárias observadas nos jaspilitos da Formação Carajás foram: 1) bandamento, 2) laminações plano-paralelas, 3) estruturas de escavação e preenchimento e 4) grânulos de diferentes composições. Já as estruturas secundárias observadas foram: 1) contatos interpenetrativos, 2) feições de adelgaçamento, 3) feições de rompimento de bandas, 4) estruturas *podds*, 5) esferulitos e 6) o aumento da granulometria do chert.

- O bandamento é a estrutura deposicional mais frequente nos jaspilito; é regular e mostra pouca variação de espessura, é definido pela alternância de bandas escuras (hematita/magnetita) e bandas claras (chert e quartzo) até o avermelhado do jaspe. De modo geral as bandas apresentam uma estruturação interna (plano-paralela).

Essas características sugerem um controle deposicional na precipitação química dos sedimentos que originaram as BIFs da Formação Carajás. O ferro e o silício teriam controles deposicionais diferentes, sendo para o primeiro o Eh oxidante e para o segundo, a supersaturação. Esses controles seriam afetados por vários fatores, como o aporte do ferro, diminuição da lixiviação hidrotermal, variação na taxa de evaporação ou na taxa de fornecimento de água pobre em sílica, que diminuiria a saturação, evitando a precipitação do silício. Esses fatores seriam responsáveis pelo bandamento, diferença de espessura entre as bandas e pelas pequenas variações na mineralogia. Os esferulitos (possíveis microfósseis) observados nas lâminas da Formação Carajás, estudadas neste trabalho e descritos anteriormente, sugerem a hipótese de que a fonte de oxigênio para a oxidação do ferro poderia

ser orgânica, a partir do metabolismo desses microorganismos. Porém, podem ser resultantes de cristalização coloidal inorgânica.

- As estruturas erosivas observadas e descritas mostram que o ambiente deposicional químico dessas rochas não era tão tranquilo e sofria modificações com a presença de fluxos laminares que erodiam a superfície dos sedimentos, formando estruturas de escavação e preenchimento e superfícies erosivas que truncavam a laminação plano-paralela.

- A presença de grânulos (nível de intraclastos) é interpretada como erosão e deposição de material arrancado do próprio sedimento, e posteriormente retrabalhado e depositado na forma de lente ou nível. Os grânulos formam um nível milimétrico contínuo lateralmente na banda de chert, não caracterizando GIF.

- As estruturas *pods* e os contatos interpenetrativos são evidências de que a pressão litostática atuou sobre os sedimentos depositados, mostrando uma estrutura diagenética muito bem preservada.

- Estruturas como dobras e adelgaçamento e rompimento de bandas são evidências de que o pacote sedimentar (na fase diagenética) estava no estado hidroplástico, influenciado pelas perturbações no substrato, e tinha resposta mecânica diferente, devido à maior ou menor competência das mesmas. Fator esse que seria controlado pela composição mineralógica das bandas, e pela quantidade de água no seu interior. Além disso, os planos de acamamento serviram como planos preferenciais de deslocamentos para o desenvolvimento dessas estruturas, assim sendo as bandas de opacos, com comportamento mais dúctil dobrariam ou se adelgaçariam, já as bandas silicosas que teriam comportamento mais rúptil tenderiam a se romper.

- O aumento da granulometria do chert é interpretado como consequência da gradativa segregação do Fe para as bandas ferruginosas adjacentes e evidencia uma recristalização incipiente e heterogênea.

- O pacote de jaspilite é extremamente homogêneo, em nível das amostras de mão e de lâminas delgadas. Com a análise petrográfica das feições sedimentares primárias foi possível subdividir a Formação Carajás em Porção Superior e Inferior.

- A Porção Inferior, estimada em 70m de espessura, mostra que a banda de opacos é mais espessa que a banda silicosa chegando a primeira a ser o dobro da espessura da segunda, e maciça sem as características laminações silicosas que prevalecem no topo. Constata-se, também, que quanto mais próximo da base do pacote as bandas silicosas passam a ser compostas apenas por chert; e não mais por jaspe e chert como no topo.

- A Porção Superior, estimada em 150m de espessura, apresenta, na base, as bandas de opaco e sílica aproximadamente de mesma espessura, com espessamento da banda silicosa próximo ao topo. Observa-se nesta porção, também, a presença de grânulos de distintas composições (jaspe, chert e minerais opacos) e diâmetros, subarredondados e até subangulosos, cimentados por quartzo microcristalino (nível de intraclastos) e estruturas sedimentares de escavação e preenchimento observadas nas bandas de jaspe.

- Resumindo, podem-se destacar as seguintes diferenças: Na Porção Inferior as bandas de opacos são mais espessas, enquanto que na Superior as de sílica são mais espessas. As bandas silicosas na Porção Superior são formadas por chert, jaspe e quartzo e na Inferior são formadas apenas por chert. Observou-se também que as estruturas primárias como níveis de intraclastos e as estruturas sedimentares de escavação e preenchimento ocorrem apenas na Porção Superior.

- As condições ambientais, tanto químicas como físicas, eram estáveis na bacia em que o pacote jaspilítico foi depositado, no entanto o estudo minucioso de estruturas sedimentares, neste trabalho, mostra que havia ocasionais variações no ambiente, estruturas estas que permitem supor algumas características do sítio deposicional dos jaspilitos.

O espessamento da banda silicosa em direção ao topo do pacote reflete um empobrecimento gradual em ferro na água do mar, que era mais rica nesse elemento no início da deposição. Inversamente, enquanto prosseguia a deposição, a sílica foi se tornando o componente principal do sedimento.

As estruturas sedimentares descritas na Porção Superior mostram que o ambiente deposicional sofria ligeiras modificações com a presença de fracos fluxos laminares que erodiam a superfície dos sedimentos, retrabalhando o material e formando estruturas de escavação e preenchimento, truncando a laminação plano-paralela. Na Porção Inferior, a ausência dessas estruturas, mostra que as condições ambientais eram mais regulares, com fluxos mais estáveis e constantes, caracterizando, talvez, um raseamento ascendente.

- Portanto, as estruturas sedimentares primárias, em nível de detalhe, podem servir de critérios para diferenciar a Porção Inferior da Porção Superior e ser usadas para estabelecer o empilhamento e fazer correlações com outros depósitos de BIFs da Formação Carajás.

- A constatação de que a Porção Inferior é originalmente mais rica em ferro, pode ser útil em trabalhos exploratórios, em regiões onde não se tenha o controle da posição estratigráfica da camada de jaspilito. Além disso, essa informação pode auxiliar na lavra, indicando a porção da Formação Carajás onde as bandas de óxidos de ferro são mais espessas que as de sílica.

- Sugere-se, para que sejam reforçadas as conclusões deste trabalho, estudos posteriores das feições sedimentares primárias, nos jaspilitos da Formação Carajás com um maior número de amostras, com o controle estratigráfico das mesmas e que sejam coletadas em intervalos menores.

REFERÊNCIAS

- BEISIEGEL, V.R. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA., 1., 1982, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 1982. p.21-46.
- BEISIEGEL, V.R.; BERNARDELLI, A.L.; DRUMOND, N.F.; RUFF, A.W.; TREMAINE, J.W. Geologia e recursos minerais da Serra do Carajás. *Rev. Bras. Geociências.* v.3, p.215-242. 1973.
- BEUKES, N.J. Precambrian iron-Formations of Southern Africa. *Econ. Geol.* v.68, n. 7, p. 960-1004. 1973.
- BOAVENTURA, R.S. Geomorfologia da Folha SB.22 Araguaia e parte da Folha SC.22 Tocantins. In: PROJETO RADAM/BRASIL. Rio de Janeiro: DNPM-MME, 1974. p .1-30. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- BORGES, A.W.G. *Geologia da porção Norte da Jazida de Ferro N4, Carajás-Pará.* 1995. 60f. TCC (graduação) - UFPA, Centro de Geociências, 1995.
- COSTA, U.A.P. *Avaliação dos processos geradores do minério de ferro da Serra Norte de Carajás, Sudeste do Pará.* 2006. 111f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências - 2006.
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE (CVRD). *Relatório Anual do ano de 1999.* 1999. 200p.
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE / COMPANHIA DE METALURGIA DE MAGNITOGORSKIY (CVRD/CMM). Distrito ferrífero de Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Resumo das Comunicações.* Belém: SBG, 1972. p. 78- 80 (Boletim n.2).
- DIMROTH, E. Aspects of the sedimentary petrology of chert iron formation. In: WOLF, K.H. (ed.) *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits.* Amsterdam, Elsevier, 1976. v.7. p.203-254.
- DIMROTH, E.; CHAUVEL J.J. Petrography of the Sokoman Iron Formation in Part of the Central Labrador Trough, Quebec, Canada. *Geol. Soc. Am. Bull.* v.84, p.111-134. 1973.
- DOCEGEO. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém:SBG, 1988. p.10- 54.
- DREVER, J.I. Geochemical model for the origin of Precambrian banded iron formations. *Geol. Soc. America Bull.* v.85, p.1099-1106, 1974.
- EICHLER, J. Origin of the Precambrian banded iron formations. In: WOLF, K.H. (ed.) *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits.* Amsterdam, Elsevier, 1976. v.7. p.157-201.

EWERS, W.E.; MORRIS, R.C. Studies of the Dales Gorge Member of the Brockman Iron Formation, Western Australia. *Econ. Geol.* v.76, p.1929-1953. 1981.

FRENCH, B.M. Assemblages in Diagenetic and Low-grade Metamorphic iron-Formation. *Econ. Geol.* v.68, p.1063-1075. 1973.

GIBBS, A.K.; WIRTH, K.R.; OLSZEWSKI, Jr, W.S. Age and composition of the Grão Pará group. volcanic. Serra dos Carajás. *Rev. Bras. Geoc.* v.16, n. 2, p.201-211. 1986.

GOMES, C.B.; CORDANI, U.G.; BASEI, M.A.S. Radiometric Ages from the Serra dos Carajás Area, Northern Brazil. *Bull. Geol. Soc. Am.* v.86, p.939-942. 1975.

GOODWIN, A.M. Distribution and origin of Precambrian banded iron formation. *Rev. Bras.Geoc.* v.12, p.457-462. 1982.

GROSS, G.A. Primary features in cherty iron-formations. *Sedimentary Geol.* v.7, p.241-261. 1972.

GROSS, G.A. The depositional environment of principal types of Precambrian iron-formations. In: Genesis of Precambrian iron and manganese deposits. Paris, Unesco Earth Sci. v.9, p.15-21. 1973.

HEANEY, P.J.; VELEN, D.R. An examination of spherulitic dubiomicrofossils in Precambrian banded iron formations using the transmission electron microscope. *Precambrian Research*, v.49, p.355-372. 1991

HIRATA, W.K.; RIGON, J.C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A.A.C.; MEIRELES, E.A. Geologia Regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA., 1., Belém. *Anais.*, Belém: SBG-NO, 1982. v.1, p.100-110.

HOLLAND, H.D. The oceans: A possible source of iron in iron-formations. *Econ. Geol.* v.68, p.1169-1172. 1973.

HOLDSWORTH, R.E.; PINHEIRO, R.V.L. The anatomy of shallow-crustal transpressional structures: insights from the Archaean Carajás fault zone, Amazon, Brazil. *Journal of Structural Geology.* v. 22, p.1105-1123. 2000.

JAMES, H.L. Distribution of banded iron-formation in space and time. In: TRENDAL, A.F.; MORRIS, R.C. (eds). *Iron-formations Facts and Problems.* Amsterdam, Elsevier, p.471-490. 1983.

KRYMSKY, R.Sh., MACAMBIRA, J.B.; MACAMBIRA, M.J.B. Geocronologia U-Pb em zircão de rochas vulcânicas da Formação Carajás, Estado do Pará. In: 2 SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, Belém. *Abstract Book*, Belém: p.41. 2002.

LABERGE, G.L., ROBBINS, I.E., HAN, T.M. A model for the biological precipitation of Precambrian Iron-Formations – A: Geological Evidence. In: APPE, P.W.U. L; LaBerge, G.L. (eds.) *Precambrian Iron-Formations.* Athens. Theophrastus Publications, p. 69-96. 1987.

MACAMBIRA, J.B. Os possíveis microfósseis da Formação Carajás - Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. *Anais...*São Paulo:SBG, 1992. v.2, p.483-484.

MACAMBIRA J.B. *O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará*. 2003. 212 f. Tese (doutorado) - Universidade de Campinas, Centro de Geociências, Campinas, 2003.

MACAMBIRA, J.B.; SCHRANK. A., Químio-estratigrafia e evolução dos jaspilitos da Formação Carajás (PA). *Rev. Bras. Geociências*. v.32, p.567-578. 2002.

MACAMBIRA, J.B.; SILVA, V.F. Estudo Petrológico, Mineralógico e Caracterização das Estruturas Sedimentares e Diagenéticas Preservadas na Formação Carajás, Estado do Pará. *Boletim do Museu Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, v.7, p.363-387. 1995.

MACAMBIRA, J.B., RAMOS, J.F.F., ASSIS, J.F.P., FIGUEIRAS, A.J.M. Projeto Serra Norte. Conv. Seplan/DOCEGEO/UFPa. *Projeto Pojuca*. Convênio DNPM/DOCEGEO/UFPa. Relatório Final, p.150. 1990.

MACHADO, N., LINDENMAYER, Z., KROGH, T.E., LINDENMAYER, D. *U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil*. *Precambrian Research*, v.49, p.329-354. 1991.

MAYNARD, J.B. *Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits*. New York. Springer-Verlag New York Inc., p.9-37, 1983.

MEIRELLES, M.R. *Geoquímica e Petrologia dos jaspilitos e rochas vulcânicas associadas, Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás-Pa*. 1983. 150 f. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1986.

MELLITO, K.M; TASSINARI C.C.G. Aplicação dos métodos Rb-Sr e Pb-Pb à evolução da mineralização cuprífera do depósito de Salobo 3a, Província Mineral de Carajás, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Belo Horizonte, 1998. *Anais...*Belo Horizonte:SBG, 1998. p.119.

MORRIS, R.C. Genetic modelling for banded iron formation of the Hamersley Group, Pilbara Craton, Western Australia. *Precambrian Res*. v.60, p. 243-286. 1993.

PEREIRA, A.B. *Minerografia dos jaspilitos da Formação Carajás*. 1999. 40f. TCC (graduação) - UFPa, Centro de Geociências, 1999.

PINHEIRO, R.V.L.; HOLDSWORTH, R.E. The structure of the Carajás N-4 ironstone deposit and associated rocks: relationship to Archaean strike-slip tectonics and basement reactivation in the Amazon region, Brazil. *Journal of South American Earth Science*. v.10, p.305-319. 1997.

RAI, K.L.; SARKAR, S.N.; PAUL, P.R. Primary depositional and diagenetic features in the banded iron formations and associated iron ore deposits of Noamundi, Singhbhum District, Bihar, Índia. *Miner. Deposita*. V.15, p.189-200. 1980.

RIBEIRO, M.M.M. *Geoquímica das Formações Ferríferas Bandadas – Pará*. 1999. 44f. TCC (graduação) – UFPA, Centro de Geociências, 1999.

SHROCK, R.R., A classification of sedimentary rocks: *J. Geol.* v.56, p. 118-129, 1948.

SILVA, R.C.F. *Evolução e gênese do minério de ferro hidrotermal nos depósitos da Serra Norte, província mineral Carajás*. 2009. 236 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Minas Gerais, 2009.

SILVA, G.G., LIMA, M.I.C., ANDRADE, A.R.F., Issler, R.S., GUIMARÃES, G. Geologia das folhas SB-22 Araguaia e parte da SC22 Tocantins. In: PROJETO RADAM/BRASIL. Rio de Janeiro: DNPM-MME, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais).

SUGUIO, K. Geologia sedimentar. São Paulo: Edgard Blücher, p.400. 2003.

TOLBERT, G.E., TREMAINE, J.W., MELCHER, G.C., GOMES, C.B. The recently discovered serra dos Carajás iron deposits, Northern Brazil. *Econ. Geol.* v.66, p.985-99. 1971.

TRENDALL, A.F. Introduction. In: TRENDALL, A.F.; MORRIS, R.C. (eds). *Iron-formation facts and problems*. Elsevier, Amsterdam, p.1-12. 1983.

TRENDALL, A.F.; BLOCKLEY J.G. *The iron formations of the Precambrian Hamersley Group Western Australia*. *Geological Survey of Western Australia. Bull.* v.119, p. 366. 1970.

TRENDALL, A.F., BASEI, M.A.S., DELAETER, J.R., NELSON, D.R. SHRIMP zircon U-Pb constraints on the age of the Carajás formation, Grão Pará group, Amazon Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, v.11, p.265-277. 1998.

WIRTH, K.R.; GIBBS A.K.; OLSZEWSKI JR.; W.J. U-Pb ages of zircons from the Grão Pará Group and Serra dos Carajás Granite, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geociências*, v.16, p.195-200. 1986.

ZUCCHETTI, M. *Rochas máficas do Supergrupo Grão Pará e sua relação com a mineralização de ferro dos depósitos N4 e N5, Carajás, PA*. 2007. 125f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Minas Gerais, 2007.

ANEXOS

**ANEXO A – FICHAS PETROGRÁFICAS DE AMOSTRAS DE MÃO E LÂMINAS
DELGADAS.**

Tabela 1- Tabela com a relação de amostras de mão e lâminas delgadas estudadas.

Amostra	Amostra de mão	Lâmina
FN4E-80 (282,50-62)		X
FN4E-80 (284,20-26)		X
JW-5-A	X	X
JW-5-B-1		X
JW-5-B-2		X
MR-2-C-2	X	X
MR-4-A	X	X
MR-4-E	X	X
TJ-6-C	X	
TJ-6-G		X
TJ-6-H	X	
TJ-6-M		X
TJ-7-E-A	X	X
TJ-7-E-B	X	X
TJ-7-M		X
TJ-7-N		X
TJ-7-R		X
VW-6-A	X	X
VW-6-D	X	X

DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

Amostra: **FN4E-80 (282,50-62)**

Características microscópicas

Minerais opacos – 60 a 65%	Jaspe – 05 a 10%
Chert – 20 a 25%	Quartzo – 02 a 03%

A rocha apresenta coloração preto e branco, o bandamento é definido por cores constantes, e o contato entre as bandas é brusco e sinuoso.

As bandas opacas apresentam espessura média de 5000 μ m e são constituídas por minerais opacos, quartzo, chert e jaspe. Nestas bandas observa-se que a continuidade é lateral.

As bandas silicosas têm espessura média de 5000 μ m e são compostas por jaspe, chert e minerais opacos. Estas bandas mostram continuidade lateral.

A rocha é composta mineralogicamente por:

Minerais opacos - Ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subedrais a euedrais, aparecendo também formando lentes e lâminas na camada silicosa.

Chert - É incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, além de lentes e lâminas nessas mesmas bandas.

Jaspe - É vermelho e ocorre como camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como lâminas e lentes nessas bandas e nas bandas silicosas.

Quartzo - É incolor e ocorre como lentes na banda opaca e preenchendo fraturas em ambas as bandas.

Observaram-se fraturas (200 μ m) discordantes ao acamamento, preenchidas por quartzo e não atinge toda a amostra. Foi observado também, veio (200 μ m) concordante ao acamamento, preenchido por quartzo e este é truncado pelas fraturas. Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **FN4E-80** (284,20-26)

Características microscópicas

Minerais opacos – 50 a 55%	Jaspe – 05 a 10%
Chert – 25 a 30%	

A rocha apresenta coloração que varia de preto a branco, o bandamento é definido por cores constantes, e o contato entre as bandas é irregular.

As bandas opacas apresentam espessura média de 6667 μ m e são constituídas por minerais opacos, chert e jaspe. Nestas bandas observa-se que a continuidade é lateral.

As bandas silicosas têm espessura média de 8000 μ m e são compostas por jaspe, chert e minerais opacos. Estas bandas mostram continuidade lateral.

A rocha é composta mineralogicamente por:

Minerais opacos - Ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas e formando lentes e lâminas na camada silicosa.

Chert - É incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, e como lentes e lâminas, tanto nas bandas silicosas, quanto nas opacas.

Jaspe - É vermelho e ocorre como camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como lentes nessas bandas. Ocorrem também formando lentes e lâminas nas bandas silicosas.

Observaram-se fraturas (200 μ m) discordantes ao acamamento, não preenchidas e não atinge toda a amostra. Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **JW-5-A**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento irregular, com cores constantes. As bandas opacas têm tamanho aproximado de 0,85 cm e as bandas silicosas de 0,5 cm. A primeira é composta por minerais opacos, quartzo e jaspe e foi observado presença de lentes de chert dentro dessa banda. As bandas silicosas são compostas por chert, jaspe e minerais opacos, nesta banda foram observadas a presença de dobras internas.

O contato entre as bandas é irregular e foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram notadas, também, fraturas (0,05 cm) discordantes ao acamamento, estas são preenchidas por quartzo.

Características microscópicas

Quartzo – 55 a 60%

Jaspe – 10 a 15%

Minerais opacos – 15 a 20%

Chert – 02 a 03%

A rocha descrita trata-se de uma brecha com fragmentos de minerais opacos e de jaspe, o contato entre esses minerais é irregular. O jaspe (320-12000 μ m) é amarelado e não apresenta forma regular, assim como os minerais opacos que têm tamanho médio de ~100 μ m, estes por vezes encontram-se alterando para óxido de ferro.

A brecha apresenta cimento de quartzo incolor, granular, mostrando-se de criptocristalino a grosseiro. Nesta porção brechada da rocha verifica-se presença de fraturas e veio (300 μ m) preenchidos por quartzo. Há apenas uma porção da rocha em que o acamamento está preservado e nesta porção há alternância de camadas de jaspe e chert e camadas de minerais opacos, o contato entre essas bandas é irregular, verificando-se a presença de veio (400 μ m) preenchido por quartzo.

Em sua totalidade a rocha é constituída mineralogicamente por quartzo, minerais opacos, jaspe e chert.

O quartzo é incolor e ocorre como cimento (tardio) na porção brechada e preenchendo fraturas e veios. Os minerais opacos ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas e como agregados de forma irregulares na brecha.

O jaspe é amarelado (brecha) e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas opacas e como agregados irregulares na porção brechada. O chert é incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos.

Foram observados esferulitos com diâmetro médio de 18 μ m formados por um centro de minerais opacos (2-4 μ m), envolvido por uma área de chert incolor, sendo que esta é rodeada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita. Foi observado presença de dobras internas, porém não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **JW-5-B-1**

Características microscópicas

Quartzo – 35 a 40%	Jaspe – 20 a 25%
Minerais opacos – 25 a 30%	Chert– 05 a 10%

A rocha descrita trata-se de uma brecha disposta discordantemente ao acamamento, esta apresenta fragmentos angulosos de minerais opacos e jaspe. O contato entre esses minerais é predominantemente irregular, porém o contato pontual também ocorre.

O jaspe é amarelado, anguloso, com dimensões média de 1700 μ m (200-3200 μ m).

Os minerais opacos são angulares, possuem dimensões média de 800 μ m (200-1400 μ m) e por vezes mostram-se alterando para óxido de ferro.

A brecha apresenta cimento de quartzo incolor, granular, mostrando-se de criptocristalino a grosseiro. Nesta porção brechada da rocha verifica-se presença de fraturas e veio (200 μ m) preenchidos por quartzo.

Na porção da rocha em que o acamamento está preservado há alternância de camadas de jaspe e chert e camadas de minerais opacos, o contato entre essas bandas é irregular, verificando-se a presença de veio (300 μ m) preenchido por quartzo.

A rocha é constituída mineralogicamente por quartzo, minerais opaco, jaspe e chert:

O quartzo é incolor e ocorre como cimento (tardio) na porção brechada e preenchendo fraturas e veios.

Os minerais opacos ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas e como grânulos angulares na brecha.

O jaspe é amarelado (brecha) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como grânulos angulares na porção brechada.

O chert é incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos.

Foram observados esferulitos com diâmetro médio de 16 μ m formados por um centro de minerais opacos (2-4 μ m), envolvido por uma área de chert incolor, sendo que esta é rodeada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **JW-5-B-2**

Características microscópicas

Quartzo – 50 a 55%	Jaspe – 07 a 10%
Minerais opacos – 25 a 30%	Chert– 03 a 05%

A rocha descrita trata-se de uma brecha com fragmentos de minerais opacos, jaspe e quartzo.

O jaspe é vermelho, anguloso, com dimensões médias de 2060 μm (120-4000 μm).

Os minerais opacos são angulosos e possuem dimensões média de 940 μm (40-1880 μm), estes por vezes encontram-se alterando para óxido de ferro.

O quartzo é incolor, anguloso, com dimensões médias de 600 μm (200-1000 μm).

A brecha apresenta cimento de quartzo incolor, granular, mostrando-se de criptocrystalino a grosseiro. Nesta porção brechada da rocha verifica-se presença de fraturas e veio (300 μm) preenchidos por quartzo.

Verifica-se na lâmina uma alternância de níveis de grânulos e níveis de opacos onde o acamamento é preservado e nesta porção há alternância de camadas de jaspe e chert e camadas de minerais opacos, o contato entre essas bandas é brusco e sinuoso, verificando-se a presença de veio (400 μm) preenchido por quartzo.

A rocha é constituída mineralogicamente por quartzo, minerais opacos, jaspe e chert:

O quartzo é incolor e ocorre como cimento (tardio) na porção brechada e preenchendo fraturas e veios.

Os minerais opacos ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas e como agregados granulares na brecha.

O jaspe é vermelho (brecha) e ocorre como agregados angulares na porção brechada.

O chert é incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos.

Foram observados esferulitos com diâmetro médio de 18 μm formados por um centro de minerais opacos (2-4 μm), envolvido por uma área de chert incolor, sendo que esta é rodeada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **MR-2-C-2**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento irregular, com cores constantes. As bandas opacas têm tamanho aproximado de 0,9 cm e as bandas silicosas de 0,6 cm. A primeira é composta por minerais opacos, jaspe, chert e quartzo. Foi observado presença de lentes de chert dentro dessa banda. As bandas silicosas são compostas por jaspe, chert e minerais opacos, nestas bandas foram observados a presença de lentes de chert.

O contato entre as bandas é brusco e retilíneo e foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram notadas, também, fraturas (0,01 cm) discordantes ao acamamento, além de veio. As fraturas e o veio são preenchidos por quartzo.

Características microscópicas

Minerais opacos – 45 a 50%

Jaspe – 15 a 20%

Chert – 15 a 20%

Quartzo – 02 a 04%

Na descrição da amostra foi utilizado como critério de topo e base a feição de corte, pois a banda opaca trunca a silicosa, portanto adota-se que a banda silicosa é a base e a opaca é o topo, assim sendo foram descritas as seguintes características da rocha.

A rocha apresenta coloração que varia de preto a vermelha. O bandamento é definido por cores constante, já o contato entre essas bandas é brusco e sinuoso.

A base (seção 1) tem espessura aproximada de 7000µm e é definida por intercalações de camadas de jaspe, chert e minerais opacos.

As lâminas de opacos da seção 1 apresenta espessura estimada de 1500µm e apresenta agregados de minerais opacos e de jaspe. Nesta banda observa-se que a continuidade lateral é interrompida pelos veios e que as espessuras das camadas aumentam à medida que se avança da base para o topo.

As lâminas silicosa da seção 2 tem espessura aproximada de 650 µm e é composta por agregados de jaspe e chert, além de mostrar continuidade lateral. Observa-se também que nesta banda a espessura das camadas diminui ao avançar-se para o topo.

O topo possui espessura estimada em 8000µm e é composta por jaspe e lentes de minerais opacos, a continuidade lateral das camadas é interrompida, por vezes, pelo truncamento com outras camadas.

A rocha é composta pelos minerais citados a seguir:

Minerais opacos - Ocorrem na forma de camadas intercaladas, lentes e lâminas.

Chert - Mostra-se incolor e ocorre na forma de camadas, lentes e lâminas

Jaspe - Exibe cor vermelha e ocorre na forma de camadas intercaladas, lentes, lâminas e preenchendo veios.

Quartzo - Ocorre preenchendo veios.

Foram observados na lâmina, veios com espessura média de 160µm e preenchido por quartzo, jaspe e opacos.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **MR-4-A**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e castanho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 1,20 cm e a banda silicosa de 0,55 cm. A primeira é composta por minerais opacos, chert, jaspe e quartzo. Foi observado presença de lentes de chert dentro dessa banda. A banda silicosa é composta por chert, minerais opacos, jaspe e quartzo. O contato entre as bandas é brusco e sinuoso e foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram, também, notadas fraturas (0,05 cm) discordantes ao acamamento, além de veio. As fraturas e o veio são preenchidos por quartzo.

Características microscópicas

Minerais opacos – 35 a 40%	Jaspe – 20 a 25%
Chert– 30 a 35%	Quartzo – 01%

Na descrição da amostra foi utilizado como critério de topo e base a feição de corte, pois a banda opaca trunca a silicosa, portanto adota-se que a banda silicosa é a base e a opaca é o topo, assim sendo foram descritas as seguintes características da rocha.

A rocha apresenta coloração que varia de preto a vermelha. O bandamento é definido por cores constante, já o contato entre essas bandas é brusco e sinuoso.

A base (seção 1) tem espessura aproximada de 21000µm e é definida por intercalações de camadas de jaspe, chert e minerais opacos. A banda de opacos da seção 1 apresenta espessura estimada de 5000µm e é composta por minerais opacos e finas lentes de jaspe e chert. Nesta banda observa-se que a continuidade é lateral. A banda silicosa da seção 1 tem espessura aproximada de 7000 µm e é composta por lâminas de jaspe e chert, agregados subédricos a euédricos de minerais opacos e lentes desses mesmos minerais, bordejando esses minerais opacos ressalta-se um material vermelho. Esta banda mostra continuidade lateral.

O topo (seção 2) possui espessura estimada em 9000µm e é composta por minerais opacos e lentes de jaspe e chert. Há continuidade lateral das camadas. A banda de opacos da seção 2 apresenta espessura estimada de 5000µm é composta por minerais opacos e finas lentes de jaspe e chert. Nesta banda observa-se que a continuidade é lateral. A banda silicosa da seção 2 tem espessura aproximada de 5000µm e é composta por lâminas de jaspe e chert, agregados subédricos a euédricos de minerais opacos e lentes desses mesmos minerais. Esta banda mostra continuidade lateral.

A rocha é composta pelos minerais que serão descritos a seguir:

Minerais opacos - Ocorrem na forma de camadas intercaladas, como massas e agregados de cristais subeudrais e eudrais, aparecendo também formando lentes e lâminas e preenchendo veios.

Chert - Mostra-se incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, além de lentes e lâminas.

Jaspe - Exibe cor vermelha e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos, além de lentes e lâminas.

Quartzo (1%) - Ocorre preenchendo veio e falha.

Notam-se veio (400µm) preenchido por quartzo na lâmina, assim como falha (320 µm) preenchida pelo mesmo material.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **MR-4-E**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 0,65 cm e a banda silicosa de 0,5 cm. A primeira é composta por minerais opacos, jaspe, chert e quartzo. A banda silicosa é composta por jaspe, chert e minerais opacos.

Características microscópicas

Minerais opacos – 40 a 45%	Chert– 20 a 25%
Jaspe – 25 a 30%	Quartzo – 01%

A rocha apresenta coloração que varia de preta a vermelha, o bandamento é definido por cores constante, e o contato entre as bandas é brusco e retilíneo.

As bandas de opacos apresentam espessura média de 5000 μ m e são constituídas por minerais opacos, jaspe e chert. Nestas bandas observa-se que a continuidade é lateral.

As bandas silicosas têm espessura média de 5500 μ m e são compostas por jaspe, chert e minerais opacos. Esta banda mostra continuidade lateral.

A rocha é composta mineralogicamente por:

Minerais opacos - Ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais, aparecendo também formando lentes e lâminas na camada silicosa.

Jaspe - É vermelho e ocorre como camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como lâminas nessas mesmas bandas.

Chert - É incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, além de lentes e lâminas nessas mesmas bandas.

Quartzo (01%) - É incolor e ocorre preenchendo fraturas.

Foram observados esferulitos com diâmetro médio de 16 μ m formados por um centro de minerais opacos (2-4 μ m), envolvido por uma área de chert incolor, sendo que esta é rodeada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita.

Observaram-se fraturas (20 μ m) discordantes ao acamamento, preenchidas por quartzo e atingindo toda a amostra. Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-6-C**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 2,0 cm e a banda silicosa de 0,5 cm.

A banda opaca é composta por minerais opacos 80(\pm 5%), jaspe 10(\pm 5%), chert 10(\pm 5%) e quartzo 1%. Não foram observadas anomalias ou variações dentro destas bandas.

A banda silicosa é composta por jaspe(\pm 5%) e chert 40(\pm 5%). Foi notada presença de dobra nessa banda.

O contato entre as bandas é brusco e ondulado e foi notada a presença de laminações nas bandas.

Foram observadas fraturas (0,05 cm) discordantes ao acamamento. Estas são preenchidas por quartzo.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-6-G**

Características microscópicas

A rocha descrita trata-se de uma brecha com fragmentos de minerais opacos e quartzo, o contato entre esses minerais é irregular. Esta apresenta coloração que varia de preta a branca, e na mesma não foram observados bandamento e nem laminações nas bandas.

Mas, foram notados grânulos de minerais opacos que estão disseminados com formas irregulares e por vezes mostrando-se subédricos com dimensões que variam de 40 a 800µm, e ocasionalmente variando para óxido de ferro.

Além do quartzo que se encontra incolor, criptocristalino, granulação esta que pode variar para microcristalina e para granular. O quartzo granular está orientado em algumas porções.

Verifica-se também a presença de fraturas discordantes ao acamamento, preenchidas por quartzo e esta não atinge toda a amostra, além destas fraturas nota-se veios concordantes ao acamamento e preenchidos com o mesmo material das fraturas.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-6-H**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 1,15 cm e a banda silicosa de 0,85 cm.

A banda opaca é composta por minerais opacos 70(\pm 5%), jaspe 10(\pm 5%), chert 10(\pm 5%) e quartzo 2(\pm 3%). Foram observadas lentes de jaspe dentro destas bandas.

A banda silicosa é composta por jaspe 55(\pm 5%), chert 35(\pm 5%) e minerais opacos 10(\pm 5%). Foram observadas lentes de jaspe e chert dentro destas bandas .

O contato entre as bandas é brusco e sinuoso e foi notada a presença de laminações nas bandas.

Foram observadas também fraturas (0,01 cm) discordantes ao acamamento, além de veio. As fraturas e o veio são preenchidos por quartzo.

Notaram-se feições de adelgaçamento das bandas de opacos e de rompimento de bandas.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-6-M**

Características microscópicas

A rocha mostra variação entre coloração preta e vermelha, com espessura de aproximadamente 52400 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é irregular.

A banda opaca tem espessura média de 15000 μ m e é constituída por minerais opacos, chert, jaspe e quartzo.

A banda silicosa tem espessura mediana de 5000 μ m e é composta por quartzo, chert, jaspe e minerais opacos.

Os minerais que compõem esta rocha serão descritos a seguir:

Os minerais opacos 55(\pm 5%) têm tamanho médio de 410 μ m (20-800 μ m) e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais e também aparece formando lentes e lâminas na camada silicosa.

O jaspe 15(\pm 5%) mostra cor vermelha e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e lentes e lâminas em tais bandas.

O chert 10(\pm 5%) exhibe cor branca e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, além de lentes e lâminas nessas mesmas bandas.

O quartzo 5(\pm 5%) é incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, lâminas nessas mesmas bandas, como lâminas e lentes na banda silicosa e preenchendo veios e fraturas.

Verifica-se na rocha presença de veios (510 μ m) concordantes com o acamamento e fraturas discordantes que não atinge toda a rocha. Ambos preenchidos por quartzo.

Foram observados, também, esferulitos com diâmetro médio de 18 μ m formados por um centro de minerais opacos (2-4 μ m), envolvido por uma área de chert incolor, sendo que esta é rodeada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-7-E-A**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 0,65 cm e a banda silicosa de 0,50 cm. A primeira é composta por minerais opacos, jaspe e chert. A banda silicosa é composta por minerais opacos e chert, notaram-se dobras nessa banda.

O contato entre as bandas é interpretativo e foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram notadas, também, falhas (0,01 cm) discordantes ao acamamento, esta não está preenchida.

Características microscópicas

Minerais opacos – 50 a 55%

Quartzo – 05 a 10%

Chert– 35 a 40%

A rocha mostra variação entre coloração preta e branca, com espessura de aproximadamente 29000 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é irregular, e menos frequentemente é interpretativo. E se constata que no contato entre minerais opacos e a sílica desenvolvem-se cristais maiores, e há uma tendência desses cristais se desenvolverem nas bordas das camadas.

A banda opaca tem espessura média de 7000 μ m e é constituída por minerais opacos, chert e quartzo. Nesta banda, observa-se que há lentes circundadas por auréolas descoloridas (desferrificada), além disso, há a presença de uma camada maciça de minerais opacos.

A banda silicosa tem espessura mediana de 5000 μ m e é composta por quartzo, chert e minerais opacos.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos 45(\pm 5%) possuem tamanho médio de 37 μ m (12-60 μ m) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais a eudrais e também aparece formando lâminas na camada silicosa.

O chert 35(\pm 5%) exhibe cor branca e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, além de lâminas nessas mesmas bandas.

O quartzo 5(\pm 5%) é incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, lâminas nessas mesmas bandas e preenchendo fraturas.

Verificam-se na rocha fraturas (40 μ m) discordantes ao acamamento que não atinge toda a rocha, estas se encontram preenchidas por quartzo.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-7-E-B**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 0,65 cm e a banda silicosa de 0,50 cm. A primeira é composta por minerais opacos, jaspe e chert. A banda silicosa é composta por minerais opacos e chert, notaram-se dobras nessa banda.

O contato entre as bandas é interpenetrativo e foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram notadas, também, falhas (0,01 cm) discordantes ao acamamento, esta não está preenchida.

Características microscópicas

Minerais opacos – 50 a 55%

Quartzo – 05 a 10%

Chert– 35 a 40%

A rocha mostra variação entre coloração preta e branca, com espessura de aproximadamente 28000 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é irregular, e menos frequentemente é interpenetrativo.

A banda opaca tem espessura média de 8000 μ m e é constituída por minerais opacos, chert e quartzo.

A banda silicosa tem espessura mediana de 5500 μ m e é composta por quartzo, chert e minerais opacos.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos têm tamanho médio de 320 μ m (120-520 μ m) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais e também aparece formando lentes e lâminas na camada silicosa.

O chert exibe cor branca e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, além de lentes e lâminas nessas mesmas bandas.

O quartzo é incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, lâminas e lentes nessas mesmas bandas e preenchendo fraturas.

Verificam-se na rocha fraturas discordantes (20 μ m) preenchidas por quartzo e que não atingem toda a rocha.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-7-M**

Características microscópicas

A rocha mostra variação entre coloração preta e branca, com espessura de aproximadamente 29200 μm .

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é brusco e sinuoso.

A banda opaca tem espessura média de 11000 μm e é constituída por minerais opacos e quartzo.

A banda silicosa tem espessura mediana de 5000 μm e é composta por quartzo, jaspe e minerais opacos. Nesta banda foi observado um comportamento lateral irregular, que é interrompida e truncada pela banda de opacos, formando massa nodular de jaspe com forma oval, chamado de *Pods*.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos 70(\pm 5%) têm tamanho médio de 34 μm (14-53 μm) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais a eudrais e também aparece formando lâminas na camada silicosa.

O quartzo 10(\pm 5%) é incolor e sucede na forma de camadas intercaladas com a banda de minerais opacos, lâminas e lentes nessas mesmas bandas e preenchendo fraturas.

O jaspe 7(\pm 3%) mostra cor vermelha e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como laminações nestas camadas.

Verificam-se na rocha fraturas discordantes (32 μm) preenchidas por quartzo e que não atingem toda a rocha.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-7-N**

Características microscópicas

A rocha mostra variação entre coloração preta e branca, com espessura de aproximadamente 16800 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é brusco e retilíneo.

A banda opaca tem espessura média de 6400 μ m e é constituída por minerais opacos e chert.

A banda silicosa tem espessura mediana de 5200 μ m e é composta por chert e minerais opacos.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos 75(\pm 5%) têm tamanho médio de 180 μ m (80-280 μ m) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais a eudrais e também aparece formando lâminas na camada silicosa.

O chert 15(\pm 5%) mostra-se incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como laminações e lentes nestas camadas.

O quartzo (01%) é incolor e ocorre preenchendo fraturas.

Verificam-se na rocha fraturas discordantes (28 μ m) preenchidas por quartzo, nas quais algumas atingem toda a rocha, outras ao contrário, não atingem. Observa-se, também, veio concordante que abrange toda a rocha e veio discordante ao acamamento que não abrange, estes preenchidos por quartzo granular.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **TJ-7-R**

Características microscópicas

A rocha mostra variação entre coloração preta e branca, com espessura de aproximadamente 16800 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é brusco e sinuoso.

A banda opaca tem espessura média de 8600 μ m e é constituída por minerais opacos e quartzo.

A banda silicosa tem espessura mediana de 7000 μ m e é composta por quartzo e minerais opacos.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos 85(\pm 5%) têm tamanho médio de 36 μ m (12-60 μ m) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais a eudrais e também aparece formando lâminas na camada silicosa.

O quartzo 7(\pm 3%) é incolor e ocorre como lâminas e lentes nas bandas opacas e preenchendo fraturas e veios.

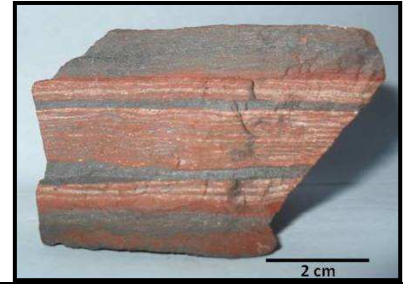
Verificam-se na rocha fraturas discordantes (2 μ m) preenchidas por quartzo, nas quais não atingem toda a rocha e veio (40 μ m) discordante ao acamamento que abrange toda a rocha, este preenchido por quartzo.

Foram observados, também, esferulitos com diâmetro médio de 15 μ m formados por um centro de minerais opacos (2-3 μ m), envolvido por uma área de chert incolor, sendo que esta é rodeada por uma faixa circular de intensa pigmentação de hematita.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **VW-6-A**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 0,5 cm e a banda silicosa de 0,70 cm. A primeira é composta por minerais opacos e jaspe. A banda silicosa é composta por jaspe, chert e minerais opacos.

O contato entre as bandas é brusco e retilíneo e foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram notadas, também, fraturas (0,05 cm) discordantes ao acamamento, esta está preenchida por quartzo.

Características microscópicas

Minerais opacos – 45 a 50%	Chert– 15 a 20%
Jaspe – 30 a 35%	Quartzo – 02 a 03%

A rocha mostra variação entre coloração preta e vermelha, com espessura de aproximadamente 26800 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é brusco e retilíneo.

A banda opaca tem espessura média de 5000 μ m e é constituída por minerais opacos, chert, jaspe e quartzo.

A banda silicosa tem espessura mediana de 8000 μ m e é composta por quartzo, jaspe, chert e minerais opacos.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos têm tamanho médio de 220 μ m (120-320 μ m) e ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, como massas e agregados de cristais subeudrais e também aparece formando lâminas na camada silicosa.

O jaspe mostra cor vermelha e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como laminações nestas camadas.

O chert mostra-se incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos e como laminações nestas camadas

O quartzo é incolor e ocorre como lâminas nas bandas opacas e preenchendo falhas.

Verificam-se na rocha falha discordante ao acamamento (2 μ m) preenchida por quartzo e atinge toda a rocha.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

Amostra: **VW-6-D**



Características macroscópicas

Rocha de coloração cinza escuro e vermelho, apresentando bandamento regular, com cores constantes. A banda opaca tem tamanho aproximado de 3,75 cm e a banda silicosa de 1,15 cm. A primeira é composta por minerais opacos, jaspe e chert. Foram observadas lentes de jaspe dentro desta banda. A banda silicosa é composta por jaspe, chert e minerais opacos. Foram observadas lentes de minerais opacos nesta banda, bem como canais de escavação e bandas de jaspe com porção central composta por chert.

O contato entre as bandas é brusco e retilíneo e erosivo. Foi notada a presença de laminações nas bandas. Foram notadas, também, fraturas (0,05 cm) discordantes ao acamamento, esta está preenchida por quartzo.

Características microscópicas

Minerais opacos – 70 a 75%	Jaspe – 02 a 03%
Chert– 15 a 20%	Quartzo – 01%

A rocha mostra variação entre coloração preta e branca, com espessura de aproximadamente 33600 μ m.

O bandamento é definido por cores constantes e o contato entre as bandas é brusco e retilíneo.

A banda opaca tem espessura média de 11270 μ m e é constituída por minerais opacos, chert e jaspe.

A banda silicosa tem espessura mediana de 5000 μ m e é composta por chert e minerais opacos.

Os minerais que constituem esta rocha serão descritos abaixo:

Os minerais opacos, ocorrem na forma de camadas intercaladas com as bandas silicosas, e também formando lentes e lâminas na camada silicosa.

O chert mostra-se incolor e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos, além de lentes e lâminas nessas mesmas bandas.

O jaspe mostra cor vermelha e ocorre na forma de camadas intercaladas com as bandas de minerais opacos, além de ocorrer como lentes e lâminas nessas mesmas bandas.

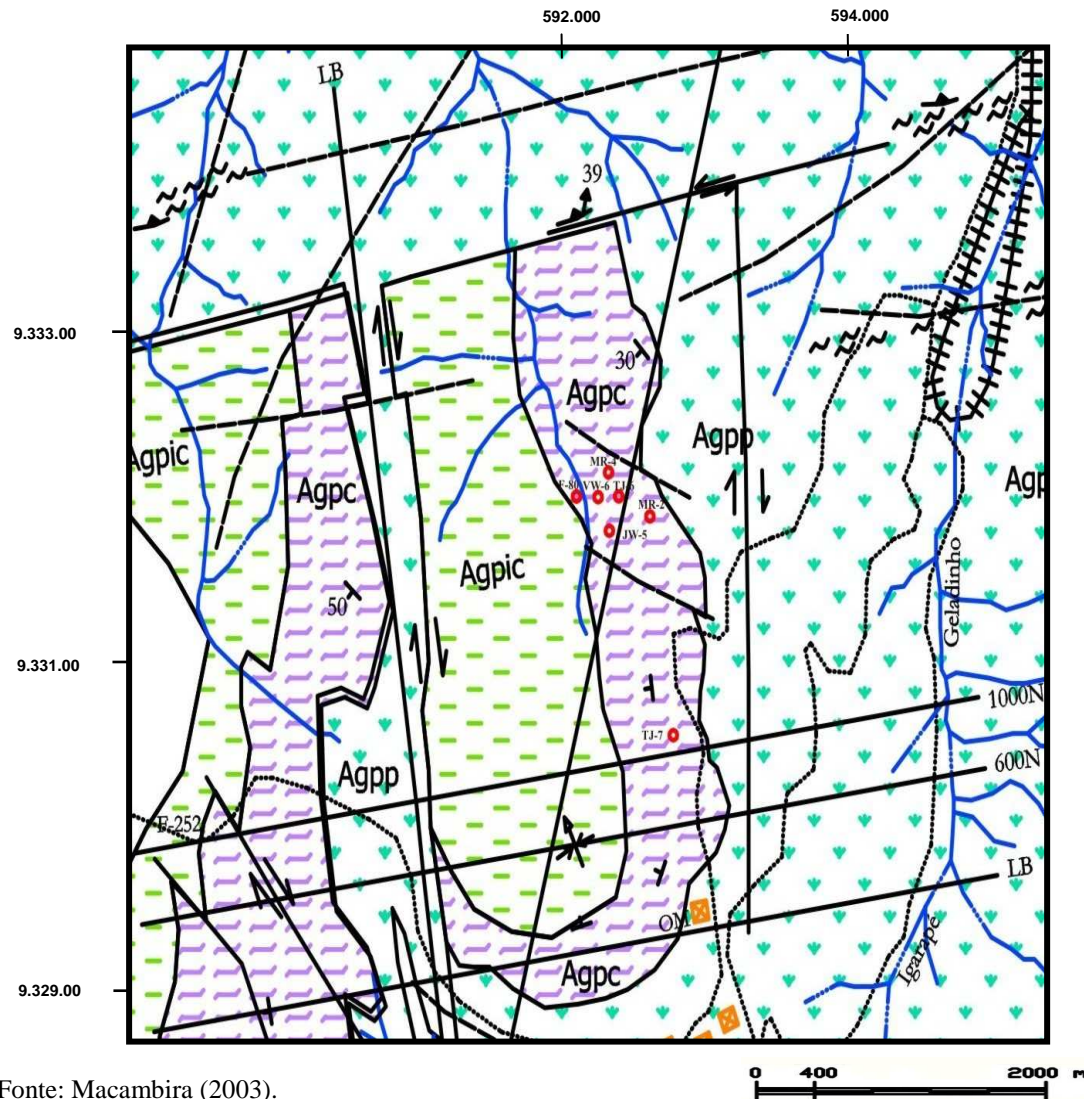
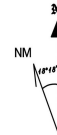
O quartzo é incolor e ocorre preenchendo fraturas.

Verificam-se na rocha fraturas discordantes ao acamamento preenchidas por quartzo e não atingem toda a rocha.

Não foi possível definir critério de base e topo na lâmina.

Rocha: Jaspilito

ANEXO B – MAPA GEOLÓGICO PARA LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS



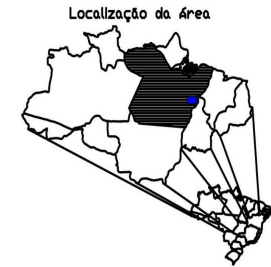
EON	ERA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	SÍMBOLO	PRINCIPAIS LITOTIPOS
ARQUEANO	GRUPO GRÃO PARÁ	Formação Igarapé Cigarra	Agpic	Basaltos, tufos, BIF, chert, quartzo wacke e arenito
		Formação Carajás	Agpc	BIFs com soleiras de basalto
		Formação Parauapebas	Agpp	Basaltos e riolitos

CONVENÇÕES

GEOLOGICAS	TOPOGRÁFICAS
↘ Atitude de acanamento	— Estradas
▲ Atitude de foliação	— Drenagem
↔ Falha transcorrente	Ferrovia
⊗ Sinclinal com mergulho do eixo	□ Prédios
~ Zona de cisalhamento	○ Pontos citados no texto
— Lineamento fotogeológico	
— Contato geológico	

Articulação da Folha SB.22-Z-A-II Serra dos Carajás

1	2
3	4



Fonte: Macambira (2003).