

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**SEDIMENTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DO GRUPO
JACADIGO, MACIÇO DO URUCUM (MS)**

Bernardo Tavares Freitas

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Boggiani

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/07)**

**SÃO PAULO
2006**

TF
F866
BT.s

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Sedimentologia e estratigrafia do Grupo Jacadigo,
Maciço do Urucum (MS)**

Bernardo Tavares Freitas



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo César Boggiani

Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

Prof. Dr. Gianna Maria Garda

São Paulo

2006

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**SEDIMENTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DO GRUPO JACADIGO,
MACIÇO DO URUCUM (MS)**

Bernardo Tavares Freitas



Orientador: Prof. Dr. Paulo César Boggiani

Monografia de Trabalho de Formatura
(TF-2006/07)

SÃO PAULO
2006

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024343

RESUMO

No Estado de Mato Grosso do Sul, próximo a cidade de Corumbá, ocorrem depósitos de formações manganíferas e ferríferas com importância científica e econômica, que vem sendo estudadas desde a década de 1940, porém com pouca ênfase nos estudos sedimentológicos. Essas formações ferríferas estão inseridas no Grupo Jacadigo, que tem no Maciço do Urucum suas mais expressivas exposições totalizando por volta de 700 m de espessura, com 300 a 400 m de formações ferríferas bandadas. O presente trabalho objetivou o levantamento de seções estratigráficas em detalhe, da base ao topo do Grupo Jacadigo, ou seja, das formações Urucum, Córrego das Pedras e Banda Alta, com individualização e descrição de fácies sedimentares, complementadas com descrições petrográficas. Foram identificados depósitos de sistema de leque aluvial e sistema fluvial entrelaçado nas unidades basais e predominantemente terrígenas (Formação Urucum), provavelmente formados sob clima quente e seco, favorável a formação de lentes carbonáticas que teriam sido retrabalhadas, configurando a proveniência dos clastos carbonáticos encontrados nas rochas dessa unidade. Sobre a Formação Urucum descreveu-se fácies sedimentares que indicariam sistema transicional (Formação Córrego das Pedras) da sedimentação continental para sedimentação lacustre ou marinha. Sobre a Formação Córrego das Pedras ocorre o pacote de fácies ferríferas com intercalações de arcóseos e conglomerados, mais freqüentes para o topo (Formação Banda Alta). O estudo desenvolvido nessa unidade possibilitou a separação, por meio da interpretação das fácies, de processos relativos dos processos de chuva de detritos (glacial rain-out), assim como a interpretação do comportamento reológico penecontemporâneo dos sedimentos ferríferos similar ao de sedimentos argilosos. Por fim foi possível interpretar uma arquitetura retrogradacional para o Grupo Jacadigo com possível progradação no topo da sucessão.

ABSTRACT

In Mato Grosso do Sul state, near Corumbá city, there are iron and manganese deposits, with scientific and economic importance, which have been studied since the 40's, although with less emphasis in the sedimentologic studies. These iron formations are inserted in the Jacadigo Group, which has in Maciço do Urucum its more expressive expositions totalizing around 700 m thick, with 300 to 400 m of banded iron formations. The present work had as objective the measurement of detailed stratigraphic columns, from bottom to top of Jacadigo Group, that means, Urucum, Córrego das Pedras and Banda Alta formations, with individualization and description of sedimentary facies, complemented with thin sections descriptions. It was identified alluvial fan system deposits and fluvial-braided system in the units located at the bottom and predominantly terrigenous (Urucum Formation), probably formed in hot and dry climate, favorable to the formation of carbonatic lenses which could be reworked, configuring the provenience of carbonatic clasts found in the rocks of this unit. In the top of Urucum Formation it was described sedimentary facies which would indicate a transitional system (Córrego das Pedras Formation) of continental sedimentation to marine or lacustrine sedimentation. In the top of Córrego das Pedras Formation occurs the iron facies successions with intercalations of arkoses and conglomerates, more often in the top (Banda Alta Formation). The study developed in this unit made possible the separation, through the interpretation of the facies, of the tractive processes and the glacial rain-out processes, as the interpretation of the reological penecontemporaneous behavior of the iron sediments similar to argillaceous sediments. At least it was possible to interpretate a retrogradational architecture for the entire group with possible progradation to the top of the succession.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	2
I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
I.1. Introdução	3
I.2. Objetivos.....	5
I.3. Métodos.....	5
I.4. Localização e acessos	6
I.5. Desenvolvimento do trabalho	7
II. CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS FORMAÇÕES FERRÍFERAS	8
III. O GRUPO JACADIGO	10
III.1. Evolução dos conhecimentos sobre o Grupo Jacadigo	10
III.1.1. Do material e de como ocorre	10
III.1.2 Da deposição	14
III.2. Estudo desenvolvido	17
III.2.1. Descrição das fácies sedimentares	17
III.2.1.1 Formação Urucum.....	17
III.2.1.2 Formações Córrego das Pedras e Banda Alta	24
III.2.2. Associações de fácies	41
III.2.2.1 Formação Urucum.....	41
III.2.2.2 Formações Córrego das Pedras e Banda Alta	42
IV. DISCUSSÃO	50
V. CONCLUSÕES	54
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu amigo e orientador Paulo Boggiani pelo estímulo e companhia na labuta, paciência e compreensão na convivência além, é claro do presente que é o Grupo Jacadigo como objeto de estudo.

Sou muito grato ao Falcon (Lucas Warren), que me acompanhou em parte dos trabalhos de campo, me apresentou a magnífica Paceña, além de contribuir imensamente nas questões conceituais.

Expresso minha gratidão ao professor Renato de Almeida que, além de muito contribuir na minha formação e apreço pelo ramo da estratigrafia, contribuiu diretamente na execução deste trabalho com críticas e sugestões fundamentais. E ao professor Cláudio Riccomini, por sua solicitude e experiência ao apresentar saídas consistentes nos últimos minutos da prorrogação.

As atividades de campo contaram com o apoio da Mineração Urucum (Companhia Vale do Rio Doce) e da Mineração Corumbaense Reunida (Grupo Rio Tinto), em que vale destacar a atenção dispendida pelos geólogos Jorge Padilha, João Möller, Alexandre Diragitch, Paulo Ribeiro, engenheiro Luís Gustavo e funcionários Hudson de Azevedo, Gilson da Costa e João Luís dos Santos. A otimização do trabalho se deveu em grande parte a orientações e auxílio dados pelos geólogos Jorge Padilha, João Möller e Alexandre Diragitch a quem reitero minha gratidão.

O estudo contou com apoio financeiro da FAPESP (processo 04/01233-0, auxílio a pesquisa e processo 06/50845-3, bolsa de iniciação científica), do Projeto 1 da Pró Reitoria de Pesquisa, e de certa forma do COSEAS, que merece grande reverência depois do custeio quase integral do "ciclo graduacional" que culmina aqui. Nesse sentido agradeço a todos meus trutas, minha família, minha mulé e, especialmente, mainha!

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

I.1. Introdução

Em seu trabalho intitulado “Origem dos minérios de ferro e manganês de Urucum”, Almeida (1946) pontua que “talvez nenhuma outra jazida do mundo, conhecida desse autor por inspeção ou descrição, apresente condições tão favoráveis para o estudo da gênese dos minérios de ferro para os quais uma origem sedimentar é admitida, (...). Acresce a associação ao ferro do manganês e de sedimentos clásticos”. O autor fez referência ao fato das formações ferríferas apresentarem inúmeras intercalações clásticas, inclusive com a presença de blocos e matacões de granito, que ocorrem também, aparentemente, isolados em meio ao sedimento químico. Somam-se a essas condições favoráveis o contato gradacional entre os sedimentos siliciclásticos subjacentes, e as referidas formações ferríferas que juntos compõem o Grupo Jacadigo.

O Grupo Jacadigo constitui-se pelas formações Urucum, basal, e Santa Cruz ou Banda Alta, portadora dos referidos depósitos de ferro e manganês. Esse grupo de rochas tem na região denominada Maciço do Urucum – constituída pelas Morraria de Santa Cruz, Morraria Grande, Serra de São Domingos, Serra do Rabicho, Morro do Urucum, Morro da Tromba dos Macacos e Serra do Jacadigo, ou Mutum na Bolívia (Almeida 1945) – suas mais expressivas exposições em território brasileiro (Figura 1). Nessa região o Grupo Jacadigo assenta-se discordantemente sobre o embasamento, sendo sua relação com as rochas do Grupo Corumbá e a determinação de sua idade ainda controversas. No entanto, atualmente, aceita-se uma idade neoproterozóica para essa unidade.

Apesar de inúmeros trabalhos apresentados sobre as formações ferríferas do Urucum (Dorr II 1945, Almeida 1946, Walde *et al.* 1981, Urban & Stribny 1985, Hoefs *et al.* 1987, Urban *et al.* 1992, Graf Jr. *et al.* 1994, Trompette *et al.* 1998, Rosière & Chemale Jr. 2000, Klein & Ladeira 2004), pouca ênfase foi dada à sedimentologia, principalmente no que diz respeito à Formação Urucum, sucessão siliciclástica subjacente aos BIFs (Formação Santa Cruz). Desse modo, levantamentos sedimentológicos e estratigráficos de detalhe se tornam uma importante contribuição não só ao conhecimento geológico do Grupo Jacadigo, mas ao entendimento dos contextos deposicionais das formações ferríferas em todo mundo, possivelmente relacionadas com a evolução da vida, dos oceanos e da atmosfera.

O texto que segue é organizado em quatro capítulos. No capítulo II é apresentada uma breve revisão do tema “formações ferríferas”. O capítulo III abrange o desenvolvimento específico dos objetivos propostos (item I.2) e as discussões e conclusões são apresentadas nos capítulos IV e V.

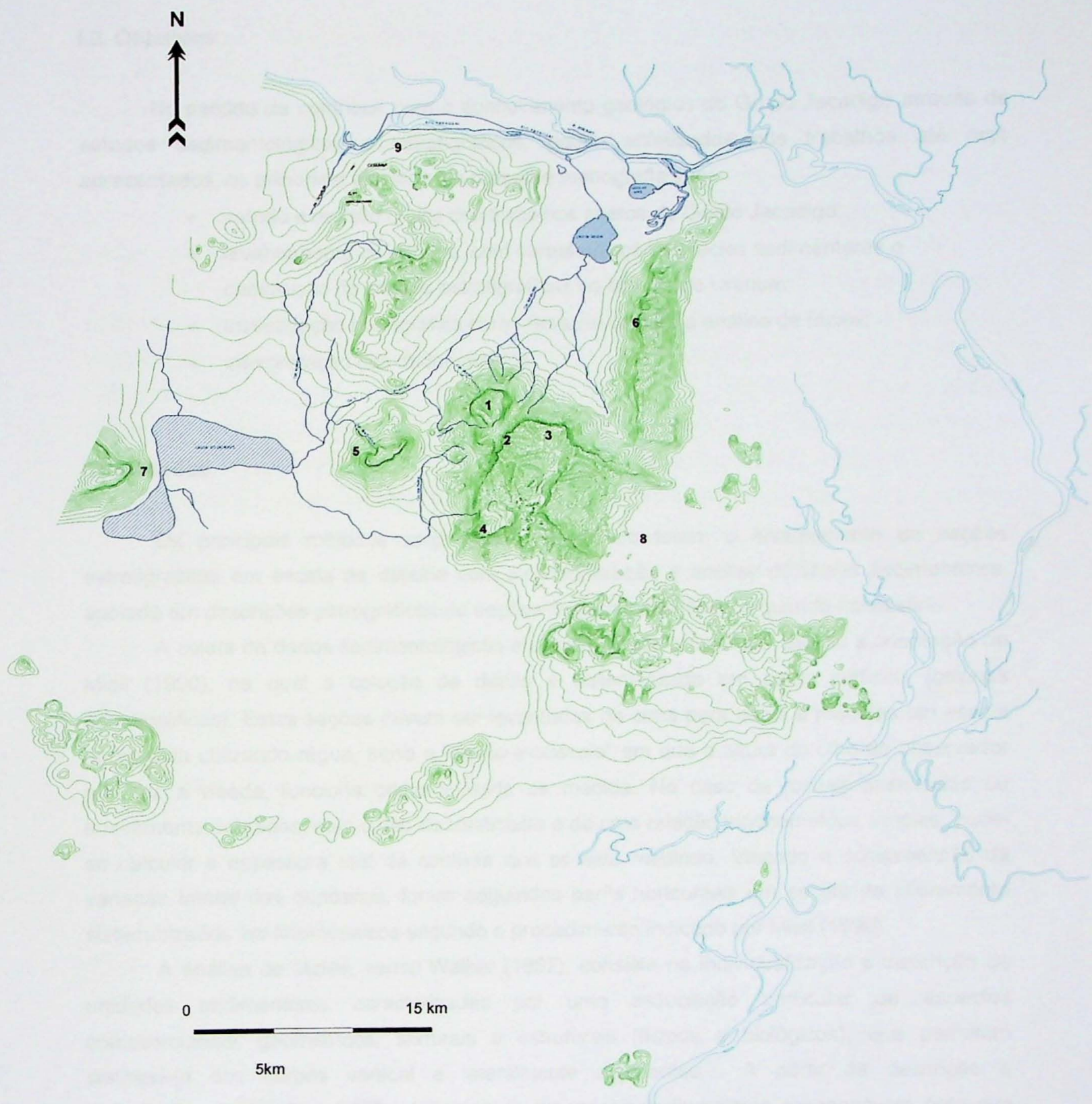


Figura 1 - Mapa topográfico da região do Maciço do Urucum com localização dos pontos referidos no texto. 1. Morro do Urucum e Mineração Urucum, Companhia Vale do Rio Doce. 2. Serra de Santa Cruz e Mineração Corumbaense Reunida, Grupo Rio Tinto. 3. Morraria Grande. 4. Serra de São Domingos. 5. Tromba dos Macacos. 6. Serra do Rabicho. 7. Serra do Jacadigo. 8. Corumbá Mineração. 9. Cidade de **Corumbá**, MS.

1.2. Objetivos

No sentido de contribuir com o conhecimento geológico do Grupo Jacadigo através de estudos sedimentológicos e estratigráficos, pouco enfatizados nos trabalhos até hoje apresentados, os principais objetivos da presente monografia são:

- estudo e revisão crítica dos trabalhos acerca do Grupo Jacadigo;
- levantamento de detalhe, com caracterização de fácies sedimentares e construção de seções estratigráficas no Maciço do Urucum;
- investigação petrográfica como ferramenta para a análise de fácies;
- interpretação dos dados obtidos.

1.3. Métodos

Os principais métodos empregados no estudo foram o levantamento de seções estratigráficas em escala de detalhe com individualização e análise de fácies sedimentares, apoiada em descrições petrográficas de seções delgadas dos litotipos quando necessário.

A coleta de dados sedimentológicos e estratigráficos em campo, seguiu a orientação de Miall (1990), na qual a coleção de dados é sistematizada em perfis verticais (colunas estratigráficas). Estas seções devem ser levantadas de cima para baixo e medidas em escala apropriada utilizando régua, trena e "passo-e-bússola" em que a altura do olho do observador que faz a visada, funciona como unidade de medida. No caso de rochas basculadas ou suavemente dobradas, com o uso do clinômetro e de uma relação trigonométrica simples, pode-se calcular a espessura real da camada que se está medindo. Visando a compreensão da variação lateral dos depósitos, foram adquiridos perfis horizontais em escala de afloramento sistematizados em fotomosaicos segundo o procedimento indicado por Miall (1990).

A análise de fácies, *sensu* Walker (1992), consiste na individualização e descrição de unidades sedimentares caracterizadas por uma associação particular de aspectos composicionais, geométricos, texturais e estruturais (físicos e biológicos), que permitem distingui-la dos corpos vertical e lateralmente adjacentes. A partir da descrição e individualização da fácies, são definidos os processos sedimentares responsáveis pela sua deposição, tendo como parâmetro a comparação com exemplos atuais observados na natureza e/ou reproduzidos em laboratório.

A associação de diferentes litofácies, e por conseqüência de seus processos geradores, permite obter uma visão integrada, temporal e espacial, dos mecanismos deposicionais de uma

dada sucessão sedimentar (Reading 1986, Walker 1992). Dessa maneira, a análise de fácies constitui a principal ferramenta para a interpretação de sistemas deposicionais presentes no registro geológico.

Visando padronização na identificação das diferentes litofácies descritas, foi utilizada uma adaptação da proposta de Miall (1992), que se baseia em códigos compostos por uma letra inicial maiúscula, referente à granulometria modal, seguida por uma ou duas letras minúsculas, indicativas das estruturas sedimentares presentes.

A caracterização petrográfica foi realizada a partir da descrição macroscópica dos litotipos representantes das principais fácies. Em situações de difícil caracterização macroscópica procedeu-se com a descrição de seções delgadas. No que diz respeito à caracterização dos diferentes litotipos, foram utilizadas as classificações para rochas siliciclásticas propostas por Dott (1964) e Folk (1968). Com relação às fácies pertencentes a formações feríferas, não existe consenso na literatura específica quanto a sua classificação sistemática do ponto de vista sedimentológico. Desse modo, as descrições petrográficas se pautaram principalmente na variação mineralógica e nas relações texturais observadas. Da mesma maneira, não foi encontrado na literatura estudo de rochas de alguma forma análogas às rochas de composição silexítica que ocorrem no Grupo Jacadigo, de modo que também foram descritas com base na sua variação mineralógica e características texturais.

1.4. Localização e acessos

O Maciço do Urucum localiza-se no oeste do estado de Mato Grosso do Sul, poucos quilômetros a sudeste da cidade de Corumbá segundo as coordenadas 19°10'S e 57°35'W. Ali duas áreas principais vêm sendo mineradas há décadas: o Morro do Urucum, pela Mineração Urucum, Companhia Vale do Rio Doce, e a Serra de Santa Cruz, pela Mineração Corumbaense Reunida, Grupo Rio Tinto. A maior parte dos trabalhos de campo foi realizada nesse contexto devido a facilidade de acesso e exposições contínuas promovidas pelas frentes de lavra. Estas duas minerações podem ser acessadas a partir da rodovia federal BR-262, que liga Corumbá a Campo Grande. Outros levantamentos foram realizados no assentamento Taquaral nas proximidades a sul de Corumbá, na estrada de acesso a Corumbá Mineração e na extremidade norte da Serra do Rabicho que deve ser acessada de barco pelo rio Paraguai.

I.5. Desenvolvimento do trabalho

O trabalho que tem seus resultados apresentados nessa monografia consistiu do levantamento da literatura referente aos temas de interesse, seguido pela sua leitura crítica, realização de etapas de campo e tratamento dos dados obtidos em campo.

Quanto à pesquisa bibliográfica trata-se de uma atividade ininterrupta, dada a vastidão dos temas de interesse, que abrangem, além das especificidades da área de estudo, conteúdos de sedimentologia e estratigrafia, com ênfase na caracterização de fácies sedimentares, e também estudos sobre formações ferríferas.

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em duas campanhas geológicas de aproximadamente uma semana cada, realizadas nos meses de julho e outubro de 2006. Esses trabalhos se deram em continuidade a um reconhecimento geral prévio realizado em setembro de 2005.

A fase de tratamento de dados consistiu na preparação e descrição de seções delgadas de amostras coletadas em campo, confecção de figuras, tabelas e colunas estratigráficas que ilustram o trabalho desenvolvido e refinamento da análise de fácies iniciada em campo.

Tabela 1. Cronograma das atividades desenvolvidas

ATIVIDADES	Set/05	Fev/06	Mar/06	Abr/06	Mai/06	Jun/06	Jul/06	Ago/06	Set/06	Out/06	Nov/06
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trabalho de campo	X						X			X	
Tratamento dos dados obtidos					X	X		X	X	X	X
Elaboração do Projeto Inicial		X	X	X							
Elaboração do Relatório Parcial						X	X				
Confecção da Monografia									X	X	X

II. CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS FORMAÇÕES FERRÍFERAS

O termo formação ferrífera (*iron formation*) é uma contração de *iron bearing formation*, usado por Van Hise & Leith (1911) em seus trabalhos pioneiros no Lago Superior na América do Norte, região clássica de ocorrência de formações ferríferas (Trendall 2002).

Segundo James (1954), formações ferríferas são sedimentos químicos, finamente bandados ou laminados, com 15% ou mais de ferro primário e comumente, mas não necessariamente, intercalações de chert.

Atualmente, esse termo refere-se a rochas sedimentares restritas ao registro estratigráfico pré-cambriano com alto teor de ferro: aproximadamente metade do peso em óxidos de ferro e a outra metade em sílica. O bandamento característico dessas rochas adjetiva a expressão “formações ferríferas”, o que resulta na forma *BIF* (*banded iron formation*), consagrada pelo uso e tomada por Trendall (2002) como uma subdivisão das formações ferríferas oposta a *GIF* (*granular iron formation*). Os *GIF*s seriam constituídos por grãos retrabalhados de material ferrífero.

Assim como a subdivisão de Trendall (2002), de caráter descritivo, muito esforço foi feito no sentido de classificar as formações ferríferas, no entanto não se chegou a uma classificação mundialmente aceita. Por exemplo, as quatro fácies descritas por James (1954) na região do Lago Superior e sua relação com a posição e a profundidade na bacia sedimentar, mostraram-se infrutíferas ao serem aplicadas em outras ocorrências do globo. A clássica subdivisão de Gross (1980), de ordem genética, em formação ferrífera tipo Superior e tipo Algoma também não se aplica a depósitos fora da América do Norte (Trendall 2002).

As formações ferríferas ocorrem em todas as regiões de rochas pré-cambrianas antigas (arqueanas a paleoproterozóicas) e em muitas seqüências pré-cambrianas mais jovens (neoproterozóicas) sendo essas as correlatas do Grupo Jacadigo exposto no maciço do Urucum (MS), objeto de estudo do presente projeto. Dessas ocorrências correlatas, vale destacar as do Grupo Rapitan, na península de Yukon no Canadá, e as do Supergrupo Damara, na Namíbia.

Dos muitos modelos propostos para a origem das formações ferríferas, parece bem estabelecido que os depósitos neoproterozóicos têm uma origem bem distinta das formações ferríferas depositadas ao longo dos 2,2 bilhões de anos (~3,8 a ~1,6 Ga) do início do Arqueano até o final do Paleoproterozóico (Trendall 2002).

Muitas das formações ferríferas neoproterozóicas apresentam evidências ou feições sugestivas de influência glacial em seu ambiente deposicional (Urban *et al.* 1992, Klein & Beukes 1993, Beukes & Gutzmer 2004), de sorte que os modelos preponderantes baseiam-se na idéia de Kirschvink, trabalhada por Hoffman (Kirschvink 1992, Hoffman *et al.* 1998, Hoffman & Schrag 2002), da Terra completamente congelada em intervalos do Neoproterozóico. Idéia

essa apoiada na hipótese original de Harland (1964) em que as formações ferríferas seriam apenas uma das consequências de oscilações rápidas e extremas do sistema climático global.

Em contribuição recente Beukes & Gutzmer (2004), se referindo à distribuição, gênese e significado paleoecológico das formações ferríferas ao longo do tempo, defendem que esses sedimentos são tipicamente depósitos de plataformas famintas formados durante grandes transgressões e cujo suprimento de ferro e sílica deve ter sido controlado pelo aumento da atividade de plumas hidrotermais. Desse modo a escassez de formações ferríferas em seqüências mais jovens que 1,9 Ga seria consequência de uma menor atividade de plumas hidrotermais cada vez mais restritas aos ambientes marinhos profundos, em função do espessamento da crosta.

O pico de deposição das formações ferríferas, por volta de 2,45 Ga, assim referido devido ao tamanho dos depósitos das províncias de Transvaal (África do Sul) e Hamersley (Austrália), seria muito mais devido à precipitação e preservação das formações ferríferas em uma única e imensa bacia sedimentar, do que resultado de um improvável evento global de deposição relacionado ao aumento do teor de oxigênio livre na atmosfera, como aventado por Cloud (1973).

III. O GRUPO JACADIGO

III.1. Evolução dos conhecimentos sobre o Grupo Jacadigo

III.1.1. Do material e de como ocorre

O Grupo Jacadigo aflora, principalmente, no Maciço do Urucum que compreende, em território brasileiro, 30 km a sul de Corumbá (MS), a Serra de Santa Cruz, Serra de São Domingos, Morraria Grande, Morro do Urucum, Morro da Tromba dos Macacos, Serra do Rabicho e Serra do Jacadigo (Figura 1). Essas serras e morros são blocos testemunhos de grades depósitos antigos esculpidos pela erosão, principalmente ao longo dos traçados de grandes falhas (Dorr II 1945, Almeida 1946, Urban & Stribny 1985, Rosière & Chemale Jr. 2000). O Maciço do Urucum se estende por território boliviano pela Serrania do Mutum onde a unidade equivalente ao Grupo Jacadigo é denominada Grupo Boqui (Litherland & Bloomfield 1981).

Tal conjunto de elevações topográficas destaca-se da planície pantaneira por mais de 1000 m de altura e é limitado por superfície plana que lhe confere aspecto geomorfológico tabular. Seu alicerce são as rochas do Complexo Brasileiro de Almeida (1946), que se erguem por não mais que 300 m acima da planície do pantanal, sobre as quais se edificou a sucessão sedimentar do Grupo Jacadigo, com depósitos clásticos na base que gradam para sedimentos quimicamente precipitados intercalados com sedimentos clásticos, inclusive com a ocorrência de matacões, aparentemente, isolados (*lonestones*).

Em mapeamentos regionais (Projeto Bodoquena – Corrêa *et al.* 1979 e Projeto Amolar – Theodorovicz & Câmara 1991), há menção de exposições de rochas do Grupo Jacadigo a norte de Corumbá, em serras e morros testemunhos na região conhecida como dos grandes lagos, ao longo da linha de fronteira entre Brasil e Bolívia. No que concerne aos limites sul e oeste do Grupo Jacadigo, a fronteira sul atualmente aceita corresponde às bordas noroeste da Morraria do Zanetti e nordeste da Morraria Sajutá (Walde 1988 *apud* Trompette *et al.* 1998).

Corrêa *et al.* (1979) englobaram os conglomerados e arcósios aflorantes na estrada Guia Lopes – Porto Murtinho e as rochas da Formação Cadiueus de Almeida (1965), na Formação Urucum, assim como Oliveira e Moura (1944), o que estenderia o limite meridional do Grupo Jacadigo para o sul do flanco ocidental da Serra da Bodoquena. Tal generalização também aumenta o limite oriental do Grupo Jacadigo, coincidente com o do Maciço do Urucum, para leste. A fronteira ocidental se dá a pouco menos de 250 km da Serra do Jacadigo, segundo a direção WNW, de acordo com o mapa geológico do *Proyecto Precámbrico* e correlações, apresentados por Litherland & Bloomfield (1981).

As primeiras referências sobre às rochas do Grupo Jacadigo são atribuídas ao geólogo inglês Evans (1894) e a Lisboa (1909), membro da Comissão Emílio Schnoor de reconhecimento da linha projetada da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil. Lisboa (1909) foi o primeiro a fazer uma caracterização estratigráfica da seqüência conferindo-lhe a denominação “Série de Jacadigo”, além de também criar a “Série Bodoquena” – atual Grupo Corumbá – completando os fundamentos da geologia do oeste do Mato Grosso do Sul, lançados por Evans (1894). Lisboa (1909) reconheceu em sua “Série de Jacadigo” duas formações: uma basal que chamou “Brécia do Urucum” e outra superior que chamou “Arenito Conglomerático Ferruginoso”, a qual relacionou ao “Arenito Raizama” de Evans (1894). Tal relação se deveu ao fato de Evans (1894) correlacionar os calcários Corumbá e Araras, esse sotoposto ao “Arenito Raizama” na região de Cáceres, e Lisboa julgar o “Calcário Corumbá” anterior a “Série Jacadigo” devido à presença de seixos a matações de calcário em litotipos da “Brécia do Urucum”.

Oliveira & Leonardos (1943) e Oliveira & Moura (1944), em suas observações referiram-se à “Série de Jacadigo” reconhecendo a Formação Urucum como basal e propondo a denominação Formação Raizama para a superior. Almeida (1945 e 1946) realizou pesquisas de detalhe na área e adotou a divisão da “Série de Jacadigo” em dois grupos, conservando o epíteto Urucum, atribuído por Lisboa (1909), para o seu grupo inferior e considerando inadequada a designação Raizama para as rochas sobrejacentes, as quais nomeou Grupo Santa Cruz. Enquanto isso, Dorr II (1945), do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), em seu trabalho logístico motivado pela Segunda Guerra Mundial, dividiu o Grupo Jacadigo em três formações: Formação Urucum, basal, constituída de conglomerados e arcósios com estruturas sedimentares; Formação Córrego das Pedras, intermediária, constituída de conglomerados e arcósios enriquecidos em hematita; e Formação Banda Alta, superior, onde ocorre espesso pacote de formações ferríferas com quatro camadas de minério de manganês próximas à base.

Na definição de Almeida (1946), os arcósios enriquecidos em hematita foram posicionados no topo da Formação Urucum, suprimindo a formação transicional (Formação Córrego das Pedras) de Dorr II (1945). Os estudos realizados por esses dois autores se constituem até hoje na principal fonte de consulta para os trabalhos sobre o Grupo Jacadigo, de modo que a divisão proposta por ambos tem sido aceita.

Seguiram-se a esses estudos, entre as décadas de 1970 e 1980 uma série de publicações em congressos, das quais se destacam as de Barbosa & Oliveira (1978) e Walde & Oliveira (1980), além dos trabalhos do projeto de pesquisa germano-brasileiro intitulado “*Development of a utilization concept for the iron and manganese ores deposits of the Urucum district*” (1980 a 1984), sumarizados por Urban *et al.* (1992), dos quais se destacam os estudos

de Walde *et al.* (1981), Walde *et al.* (1984, *apud* Urban & Stribny 1985) e Urban & Stribny (1985). Das contribuições desse período deve-se salientar o desenvolvimento da idéia de influência glacial na deposição dos BIF's da Formação Santa Cruz (Barbosa & Oliveira 1978, Walde *et al.* 1981, Urban & Stribny 1985 e Urban *et al.* 1992) e a redefinição estratigráfica dos grupos Corumbá e Jacadigo proposta por Walde & Oliveira (1980) que admitiram uma interdigitação das unidades basais desses dois grupos, considerando-os duas fácies de uma mesma unidade que deveria ser denominada Corumbá. Assim como esses autores, Del'Arco *et al.* (1982) aceitaram a contemporaneidade deposicional dos grupos Corumbá e Jacadigo.

Nessa mesma época Corrêa *et al.* (1979) realizaram, a serviço do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a integração de mapeamentos geológicos das regiões centro e oeste do estado do Mato Grosso do Sul, com resultados publicados no Projeto Bodoquena. Esses autores afirmaram que rochas da Formação Urucum encontram-se sotopostas a seqüência clástico-carbonática do Grupo Corumbá por contato discordante angular e por falhas normais nas ocorrências setentrionais do Grupo Jacadigo em que carbonatos da Formação Bocaína representam o bloco baixo.

Assim como Corrêa *et al.* (1979), Trompette *et al.* 1998 posicionam o Grupo Corumbá acima do Grupo Jacadigo baseando-se também em relações litológicas com as sucessões sedimentares das regiões adjacentes que compõem a Faixa Paraguai e a Faixa Chiquitos-Tucavaca, na Bolívia. Na Serra da Bodoquena ocorrem formações de diamictitos e conglomerados (Formações Puga e Cadiueus) subjacentes a carbonatos. Nas proximidades de Cuiabá, a Formação Puga e o Grupo Cuiabá são sobrepostos pelas rochas carbonáticas do Grupo Araras, e na Faixa Chiquitos-Tucavaca, rochas clásticas grossas do Grupo Boqui são capeadas por dolomitos da Formação Pororó. Desse modo, foi interpretado que a sucessão clástica a mista (clástica e química) do Grupo Jacadigo estaria sotoposta aos dolomitos e calcários do Grupo Corumbá.

Essa relação estratigráfica também foi defendida por Dardenne (1998) que aponta o caráter regional da sedimentação carbonática do Grupo Corumbá como evidência de uma transposição dos limites do *rift* original em que teriam sido depositados os sedimentos do Grupo Jacadigo. No entanto, a escassez de materiais passíveis de datação absoluta e a tectônica de blocos que talha a região de afloramentos do Grupo Jacadigo dificultam o estabelecimento de uma idade para a sua sedimentação e a definição incontestada da relação com as rochas do Grupo Corumbá que afloram nas adjacências. Na Tabela 2 está sumarizada a evolução da controvérsia estratigráfica entre os grupos Jacadigo e Corumbá, mostrando a tendência dos trabalhos mais recentes de considerar o primeiro mais antigo que o segundo. Vale salientar a ausência de publicações de estudos em detalhe que descrevam a evolução dessas bacias sedimentares enfatizando aspectos sedimentológicos e estratigráficos.

Tabela 2. Sumário das relações estratigráficas entre o Grupo Jacadigo e o Grupo Corumbá

Estudos que contém as principais considerações sobre o tema	Lisboa (1909)	Dorr II (1945)	Almeida (1945/46)	Corrêa et al. (1979)	Walde & Oliveira (1980)	Litherland & Bloomfield (1981)	Del'Arco et al. (1982)	Urban et al. (1992)	Trompette et al. (1998)	Dardenne (1998)
Relação proposta	Jacadigo Corumbá	?	Jacadigo Corumbá	Corumbá Jacadigo	Corumbá Jacadigo	Corumbá Jacadigo	Corumbá Jacadigo	Corumbá Jacadigo	Corumbá Jacadigo	Corumbá Jacadigo
Argumentos e apontamentos	Para sua interpretação, Lisboa recorre a presença de clastos de carbonato semelhantes ao "Calcário Corumbá" em rochas da "Série de Jacadigo".	Dorr II referiu-se à interpretação de Lisboa (1909) como uma "forte evidência, mas não uma prova" e ressaltou que duas unidades carbonáticas semelhantes de idades distintas.	Almeida utilizou-se de critérios topográficos e geomorfológicos, reconhecendo na região um peneplano pré-Jacadigo, que constitui superfície de aplainamento das rochas do Grupo Corumbá.	Corrêa et al. mencionaram contato discordante angular e por falhas normais nas ocorrências setentrionais do Grupo Jacadigo em que carbonatos da Formação Bocaina representam o bloco baixo.	Walde & Oliveira redefiniram a estratigrafia da área admitindo uma interdigitação das unidades basais dos dois grupos, que consideraram duas fácies de uma mesma unidade que deveria ser denominada Corumbá.	Litherland & Bloomfield, em seus estudos da Faixa Chiquitos-Tucavaca, posicionaram o Grupo Murdiágo por sobre o Grupo Boqui. Essas unidades são correlatas, respectivamente, dos grupos Corumbá e Jacadigo.	Del'Arco et al. aceitaram em seu trabalho a contemporaneidade deposicional dos grupos Corumbá e Jacadigo, inicialmente sugerida por Walde & Oliveira (1980).	Urban et al. admitiram a justaposição do Grupo Corumbá em relação ao Grupo Jacadigo, pontuando que a correlação das rochas do Maciço de Urucum com as unidades aflorantes nas redondezas é de difícil definição.	Trompette et al. interpretaram, também, com base na correlação litológica com depósitos da Fx. Paraguai (Bodoquena e proximidades de Cuiabá) e Fx. Chiquitos-Tucavaca, na Bolívia. Orientaram-se pela sobreposição de seqüências "químicas" às clásticas.	Dardenne invocou o caráter regional da sedimentação carbonática do Grupo Corumbá como evidência de uma transposição dos limites do rift original em que teria sido depositado o Grupo Jacadigo.

No mapa geológico, em escala 1:1.000.000 da Faixa Chiquitos-Tucavaca na Bolívia, de Litherland *et al.* (1986), é apresentada a ocorrência de rochas do Grupo Murciélago por sobre rochas do Grupo Boqui segundo discordância angular, sendo esses grupos correlatos, respectivamente, aos grupos Corumbá e Jacadigo, o que reforçaria a hipótese da anterioridade do Grupo Jacadigo em relação ao Grupo Corumbá.

III.1.2 Da deposição

No que diz respeito à sedimentação e contexto deposicional das rochas do Grupo Jacadigo, a totalidade dos trabalhos realizados tem sua atenção voltada para a gênese das formações ferríferas e depósitos de manganês associados, com apontamentos subordinados sobre a sedimentação siliciclástica da Formação Urucum. Os modelos genéticos propostos para a origem e o contexto deposicional das formações ferríferas do Grupo Jacadigo são controvertidos. Duas idéias antagônicas, *a priori*, se apresentam: a fonte original de tão grandes quantidades de ferro e sílica associados à atividade vulcânica ou ao intemperismo de rochas pré-existentes (Almeida 1946).

A hipótese da origem magmática para as formações ferríferas bandadas – levada à luz pela primeira vez por Van Hise & Leith (1911), quando estudaram as jazidas do Lago Superior, e trabalhada por inúmeros autores – já foi aplicada ao Grupo Jacadigo ao se supor a ocorrência de atividade vulcânica no início da sua sedimentação, a partir da menção de vulcânicas em Puerto Suarez na Bolívia (O'Connor & Shaw 1986 *apud* Berrangé & Litherland 1982 e Avila Salinas 1992). Essa hipótese pressupõe a liberação de ferro pelo intemperismo sofrido por eruptivas básicas ainda quentes e parte como contribuição direta de águas magmáticas das rochas ígneas, e ainda, pela reação direta da água do mar sobre lavas quentes.

A origem do ferro e da sílica associada ao intemperismo de rochas pré-existentes, principalmente máficas e ultramáficas erodidas sob clima úmido, é defendida por Almeida (1946), apoiado nos trabalhos e experimentos de uma série de autores, entre eles Gruner (1922), Moore & Maynard (1929) e Tarr (1917), também referidos por Dorr II (1945). Segundo esses estudos, sumarizados por Almeida (1946), teores suficientemente grandes de ferro e sílica poderiam ser liberados através do intemperismo de rochas cristalinas antigas em regiões de relevo baixo a moderadamente acidentado, drenadas por rios que viriam de norte e nordeste e desembocariam, provavelmente, num mar epicontinental, em que a ação coagulante de eletrólitos causaria a precipitação dos colóides de ferro (óxido férrico hidratado) e sílica. O manganês, carregado sob a forma de bicarbonato, teria sido precipitado como óxido devido à elevação do pH das águas que o transportavam ao atingirem um meio rico em oxigênio.

Uma das hipóteses em maior evidência atualmente, em função dos calorosos debates acerca das glaciações neoproterozóicas e suas extensões no tempo e espaço (Hoffman *et al.* 1998, Hoffman & Schrag 2002, Kennedy *et al.* 2001, Eyles & Januszczyk 2004), é a da influência glacial para a deposição das formações ferríferas (Klein & Beukes 1993 e Beukes & Gutzmer 2004). Beukes & Gutzmer (2004) assinalaram que a estratificação dos oceanos pré-cambrianos, tão invocada nos modelos de deposição de capas carbonáticas e formações ferríferas, deve ter sido episódica e controlada pela interação entre mudanças climáticas globais e atividade hidrotermal (tectônica).

No que diz respeito à aplicação desses modelos para a gênese dos sedimentos ferríferos da Formação Santa Cruz, os trabalhos do projeto de pesquisa germano-brasileiro, "*Development of a utilization concept for the iron and manganese ores deposits of the Urucum district*" (1980 a 1984), sintetizados em Urban *et al.* (1992), foram os primeiros a propor um contexto glacial para a deposição das formações ferríferas dessa unidade.

No modelo preconizado por Urban & Stribny (1985) e Urban *et al.* (1992), as rochas do Grupo Jacadigo teriam depositado-se numa bacia sedimentar similar a um *fjord*, suprida por sedimentos clásticos formados por intensa erosão glacial. Nesse contexto a região a montante no vale glacial, coberto por espessa camada de gelo, se tornaria um ambiente redutor propício para a mobilização de Fe^{+2} e Mn^{+2} a partir de material detrítico clástico. Tais íons seriam transportados para porções a jusante, livres da capa de gelo e possivelmente mais oxidantes. Nesse contexto haveria precipitação de óxido de ferro. Com a continuidade do degelo, ocorreria aumento do suprimento de água doce e oxigenada, o que levaria à precipitação dos óxidos de manganês.

Outro modelo para proveniência do ferro e da sílica é o da origem hidrotermal associada à formação da bacia distensional, do tipo *rift*, limitada por falhas (Trompette *et al.* 1998, Dardenne 1998). Utilizando-se dessa hipótese, Dardenne (1998) argumenta que seixos e blocos de granito tidos como clastos caídos, encontram-se associados a horizontes de conglomerados e arcósios conglomeráticos, com estruturas gradacionais, evidenciando origem associada a fluxos gravitacionais subaquáticos, o que levou-o a interpretar um modelo de sedimentação detrítica episódica concomitante à sedimentação química dos jaspelitos. Esse autor concebe a precipitação de ferro, manganês e sílica a partir de fluidos hidrotermais exalativos, oriundos de circulações convectivas de grande amplitude provocadas pela formação da bacia sedimentar, do tipo *rift*. A circulação convectiva, originada pelo afundamento inicial do *rift*, seria mantida por pulsações sucessivas, materializadas em seu modelo pelos aportes detríticos intercalados aos químicos.

A deposição das camadas de manganês teria ocorrido em períodos de calmaria tectônica ao fim de cada pulsação, após a precipitação do ferro e da sílica, em função da

solubilidade maior do manganês e do seu processo de oxidação mais lento. Assim, Dardenne (1998) considerou que quatro reativações mais importantes teriam acontecido, associadas às quatro camadas de manganês, sendo que a primeira seria peculiar já que o fluido hidrotermal rico em ferro e sílica impregnou a porção superior dos arcósios enquanto que o processo exalativo se restringiu à deposição da primeira camada de óxido de manganês no fundo da bacia. Pulsações de menor amplitude seriam comuns ao longo da seqüência das formações ferríferas, sendo evidenciadas pelas alternâncias de arcósios e diamictitos ricos em hematita com horizontes de formações ferríferas puras.

No modelo proposto por Trompette *et al.* (1998), no qual é descartada a origem glacial para a ocorrência de blocos e matacões de granito nas formações ferríferas, o Grupo Jacadigo teria depositado-se numa bacia do tipo *graben*, a qual denominaram “Bacia Corumbá”. A Formação Urucum corresponderia à sedimentação continental, mal selecionada e imatura, com fácies conglomeráticas de *piedmont* referentes a depósitos de leques aluviais provenientes das ombreiras do *graben*. As intercalações centimétricas a decimétricas de “jaspelitos bandados argilosos”, “folhelhos ferruginosos”, “arenitos arcoseanos ferruginosos apresentando, freqüentemente, gradação normal” e “arenitos feldspáticos conglomeráticos com matacões de granito” representariam depósitos distais da bacia (região central do *graben*) dominados por sedimentação química periodicamente interrompida por correntes de turbidez e porções distais de fluxos gravitacionais oriundos das ombreiras da bacia e/ou de escarpas internas relacionadas a falhas. Esses autores rejeitaram a origem glacial de blocos e matacões de granito, alegando que mesmo o maior deles não rompe as camadas subjacentes, e que a deformação ao redor dos matacões é devida a compactação, sendo geralmente mais pronunciada acima do que abaixo desses clastos.

Trompette *et al.* (1998) reavaliaram a natureza genética dos depósitos de ferro e manganês do Grupo Jacadigo, observando o contexto deposicional relacionado a um *graben*, a menção de Dorr II (1945) a veios de quartzo ricos em turmalina e a magnetita não detrítica em fácies ferruginosas próximo de falhas principais, e a indicação do estudo de Hoefs *et al.* (1987) de um evento diagenético-anquimetamórfico responsável pela cristalização de hematita a temperatura de 250 a 280°C. Nesse cenário, íons de ferro e manganês poderiam resultar da lixiviação hidrotermal sintectônica de rochas plutônicas subjacentes, provavelmente de composição máfica, as quais ainda não teriam sido encontradas.

Em publicação recente, Klein & Ladeira (2004) apresentaram dados geoquímicos e mineralógicos de amostras sem alteração intempérica, obtidas de testemunhos de sondagem.

III.2. Estudo desenvolvido

Foi realizada análise das fácies sedimentares encontradas nas exposições estudadas do Grupo Jacadigo com objetivo de subsidiar as interpretações sobre os sistemas deposicionais. A análise seguiu o direcionamento dado por Walker (1992) e Reading & Levell (1996) em que a descrição dos parâmetros granulométricos, mineralógicos, texturais e estruturais (estruturas sedimentares) possibilitam a classificação e a interpretação do processo físico – baseado no tipo de transporte dos grãos e fluxo sob o qual foram geradas as formas de leito – responsável pela formação de cada fácies. Dessa maneira estabeleceu-se uma primeira interpretação dos processos de transporte e deposição, assim como a associação de fácies. A descrição das fácies segue, na medida do possível, seu posicionamento estratigráfico, sendo apresentadas da base para o topo.

Dada a grande diferença dos contextos deposicionais das duas principais formações do Grupo Jacadigo, optou-se por separar as descrições das fácies da Formação Urucum, exclusivamente siliciclástica, das fácies da Formação Banda Alta, em que predominam formações ferríferas. Fácies da Formação Córrego das Pedras foram descritas juntamente com as da Formação Banda Alta por representarem o início da influência da precipitação de ferro na sedimentação do Grupo Jacadigo. Inclusive as fácies terrígenas foram descritas separadamente, dados os diferentes contextos em que se depositaram, evidenciados pela cimentação carbonática nas rochas da Formação Urucum e ferruginosa nas rochas das Formações Córrego das Pedras e Banda Alta, que apresentam também nódulos aloquímicos de hematita e sílica. Adotou-se a designação litoestratigráfica de Dorr II (1945), justamente por esse autor considerar, em sua divisão, o início da sedimentação influenciada por ferro, além da unidade Córrego das Pedras ser mapeável na escala 1:25000 e, portanto, merecer a designação de Formação. No que diz respeito à interpretação das fácies ferríferas e manganésíferas, a princípio assume-se a origem por precipitação química, entretanto não se descarta a possibilidade de influência direta ou indireta de processos biológicos.

III.2.1. Descrição das fácies sedimentares

III.2.1.1 Formação Urucum

B – Brecha

A facies **B** refere-se a brecha de rochas do embasamento, com predomínio de granito fanerítico grosso, branco, ocasionalmete com fenocristais de feldspato por vezes orientados,

principalmente em grandes blocos de dimensões métricas (Figura 2C). Subordinadamente ocorrem clastos angulosos de granito fanerítico fino avermelhado (Figura 2A) em que, localmente, pode ser observado ajuste de fragmentos vizinhos (*fitting*) (Figura 2B). Esses clastos são principalmente do tamanho de seixos, ocorrendo também como grânulos e blocos, e distribuem-se ao redor dos clastos maiores de granito branco, inclusive penetrando-os em fraturas. Podem ser observados também raros seixos de rocha cuja descrição de campo lhes atribui a designação filito. Essa brecha apresenta-se em exposições muito alteradas, de espessura composta inferior a 10 m, em que cores claras, brancas, rosadas e alaranjadas referem-se à alteração dos clastos que são contornadas por material marrom escuro, atribuído à percolação de óxidos e hidróxidos de ferro na matriz da brecha. O ajuste de clastos, inclusive alinhados, leva a interpretação da ausência de transporte ou retrabalhamento na formação dessa rocha, de modo que essa fácies, não sedimentar, poderia constituir o topo, tectonizado, do embasamento cristalino. A presença esparsa de fragmentos descritos como filito poderia, por sua vez, ser interpretada como fragmentos de filonitos observados em afloramentos subjacentes. Essa fácies também pode ser interpretada como depósito de brecha de talude.

Co – Conglomerados de matacões com eixos maiores orientados

Esta fácies é composta por conglomerado monomítico de matacões arredondados de granito fanerítico grosso, branco. O material intersticial é de difícil caracterização, pois o afloramento em que ocorre encontra-se bastante intemperizado, de modo que é possível diferenciar apenas a cor branca de alteração dos clastos grandes e a cor marrom do material intersticial. O corte em que se observa essa fácies expõe orientação subhorizontal, de direção E-W dos eixos maiores de matacões alongados (Figura 2D). Esses matacões apresentam-se arredondados, principalmente nas extremidades voltadas para E. A origem dessa fácies pode ser interpretada como formação de blocos e matacões pela exposição subaérea do embasamento, o que configuraria uma fácies de paleosolo. Observações de orientações internas aos matacões foram inconclusivas, no que tange a inferência de transporte ou retrabalhamento desses clastos. Da mesma maneira a indisponibilidade de cortes que contemplem as três dimensões, não permitiu avanços na descrição de maiores detalhes dessa fácies. Uma interpretação coerente para as características levantadas seria sua origem por fluxo de detritos com orientação dos clastos, inicialmente com seus eixos maiores dispostos aleatoriamente, atribuída a compactação.

Cm – Conglomerados maciços

A fácies **Cm** é formada por conglomerados maciços, polimíticos, sustentados por grãos de areia grossa, grânulos e pequenos seixos e, subordinadamente, por seixos a matacões com tamanho máximo maior que 1 m (Figuras 2E e F). Os litotipos dos clastos do tamanho de blocos e matacões são restritos, sendo esses compostos principalmente por granito fanerítico grosso, branco, ocasionalmente com fenocristais de feldspato por vezes orientados, calcário calcítico de cor branca a bege nas superfícies expostas e cor cinza em faces frescas recém quebradas, além de gnaiss tonalítico. Maior variabilidade litológica é encontrada na fração granulométrica grânulo a seixo, em que podem ser reconhecidos granito fanerítico fino avermelhado, filito, quartzito, quartzito de veio e rocha básica. Esses conglomerados apresentam nenhuma ou muito pouca matriz, sendo os interstícios do arcabouço de granulometria maior que seixo, preenchidos por arenito arcoseano grosso, mal selecionado e rico em fragmentos líticos. Os clastos de maneira geral são subangulosos com baixa esfericidade. Esses conglomerados apresentam-se em afloramentos frescos com coloração cinza claro a escuro. Essa fácies ocorre em pacotes decimétricos e, preferencialmente, decamétricos, de geometria lenticular e tabular na escala de afloramento. Por vezes apresentam base erosiva e gradação normal. Pode ser interpretada como depósito gravitacional de fluxo de detritos não coesivo ou depósito de preenchimento de canais.

Ce – Conglomerados com estratificação plano-paralela

A fácies **Ce** é formada por conglomerados de cor cinza com estratificação plano-paralela, compostos por grânulos e seixos, e mais raramente blocos de maior dimensão ao redor de 20 cm. Esses conglomerados apresentam pouca ou nenhuma matriz e arcabouço composto por clastos angulosos a sub-angulosos, sendo a fração mais fina representada por arenitos arcoseanos grossos, moderadamente selecionados e com abundantes fragmentos líticos (Figuras 5C, D, E, F, G e H). Frequentemente observa-se orientação de clastos alongados paralela à estratificação, assim como gradação normal e base erosiva. Esses conglomerados são organizados em séries tabulares na escala do afloramento, em geral bem definidas e de espessuras decimétricas (Figura 3A). Em pacotes mais espessos, pouco maiores que 1 m, ocorrem lentes subordinadas de arenito grosso que não ultrapassam 5 cm na espessura e alguns decímetros no comprimento. Essas lentes encontram-se internamente estratificadas, em parte com estratificações cruzadas, e por vezes amoldam-se a blocos. A fácies pode ser interpretada como depósitos de correntes aquáticas em barras fluviais ou depósitos de desmonte de antidunas em regime de fluxo superior (Blair, 1999).

Ca – Conglomerados com estratificação cruzada acanalada

A fácies **Ca** é constituída por conglomerados de grânulos com estratificação cruzada acanalada de médio porte (Figura 3B). Os conglomerados não apresentam matriz e são sustentados por grânulos com pequenos seixos subordinados. Arenito grosso, moderadamente selecionado, rico em feldspatos e fragmentos líticos, acompanha o arcabouço de grânulos. Essa fácies é observada em geometrias lenticulares de espessuras decimétricas. Dentre suas ocorrências restritas, aparece na seção por gradação inversa ou com base erosiva, comumente terminando em granodecrescência ascendente. É interpretada como oriunda da migração de dunas subaquáticas com crista sinuosa.

Am – Arenitos maciços

A fácies **Am** é composta por arenitos arcoseanos grossos, mal selecionados, freqüentemente com grânulos e seixos esparsos, sem estrutura aparente. Ocorre em camadas tabulares ou lenticulares decimétricas em que ocasionalmente encontram-se intraclastos de siltito. Com certa freqüência observa-se também gradação normal nesses arenitos. Suas exposições mais alteradas apresentam coloração amarelada enquanto as mais frescas são de cor cinza, em geral, claro. A feição maciça pode ser gerada por processos sin e pós-deposicionais. No caso estudado tal feição deve estar associada à perda de fluidos com obliteração de estruturas pré-existentes e/ou recristalização intensa devido ao anquimetamorfismo, ou até mesmo à alteração intempérica. A hipótese sin-deposicional apontaria para deposição a partir de fluxo gravitacional de sedimentos.

Ae – Arenitos com estratificação plano-paralela

A fácies **Ae** é formada por arenitos e arenitos conglomeráticos, de coloração cinza claro a creme quando alterados, moderadamente a bem selecionados no que diz respeito a granulometria e mineralogicamente imaturos, com estratificação plano-paralela (Figuras 3A e C). Apresentam-se em camadas decimétricas, geralmente tabulares e, não raro, com gradação normal, lentes de grânulos, grânulos e seixos esparsos. São interpretados como depósitos subaquáticos a partir de correntes atuantes em leito plano sob condições próximas à velocidade crítica de regime de fluxo ou depósitos de enchente em lençol por sedimentação de carga intermitente-suspensa de acordo com Blair (1999).

Aa – Arenitos com estratificação cruzada acanalada

A fácies **Aa** é composta por arenitos feldspáticos finos a médios e médios a grossos, moderadamente a bem selecionados e com estratificação cruzada acanalada, em geral, de médio a grande porte com espessura de preservação ao redor de 0,4 m (Figuras 3D e E), freqüentemente com concentração de clastos do tamanho de grânulos nos estratos frontais (*foresets*). Os grãos apresentam-se angulosos a sub-angulosos e, em sua maioria, com baixa esfericidade. Fragmentos líticos são relativamente comuns (Figuras 5A e B). As exposições dessa fácies apresentam coloração cinza e, predominantemente, alaranjada com alteração rósea a esbranquiçada. Esses arenitos estão dispostos em pacotes espessos com grande extensão lateral e, em menor proporção, como camadas decimétricas tabulares na escala de afloramento. São interpretados como depósitos de migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas, em resposta a correntes unidirecionais.

At – Arenitos com estratificação cruzada tabular

Esta fácies é formada por arenitos médios a grossos, imaturos, tanto textural quanto mineralogicamente, e com estratificações cruzadas tabulares de médio ângulo, entre 10 e 20°. Sua ocorrência é restrita e se dá em camadas decimétricas aparentemente tabulares. É possível que tal restrição deva-se a dificuldade de caracterização por insuficiência de cortes adequados. Interpreta-se que essa fácies seja formada pela migração de dunas subaquáticas com cristas aproximadamente retilíneas, formadas sob correntes unidirecionais.

AI – Arenitos com laminação plano-paralela

Esta fácies é composta por arenitos finos a muito finos, podendo chegar a médios, e siltitos arenosos laminados. Esses litotipos mostram-se, por vezes, micáceos ou com grânulos esparsos, e, caracteristicamente com laminação plano-paralela. Apresentam-se avermelhados em exposições alteradas e marrom claro a creme em exposições mais frescas. Ocorrem em camadas aparentemente tabulares e heterogêneas, dadas as freqüentes intercalações de lentes conglomeráticas de espessuras decimétricas e comprimentos métricos (Figura 3F). Frequentemente a laminação encontra-se contorcida por padrão de dobramento não persistente na camada (Figura 3G). Essa fácies é interpretada como depósito de processos de tração provocado por correntes de fundo em regime de fluxo superior sobre leito plano, quando apresenta-se granulometricamente mal selecionada, e é interpretada como depósito de decantação de sedimentos finos em suspensão quando bem selecionada. As feições contorcidas são atribuídas a processos gravitacionais, como escorregamentos do tipo *slump*.

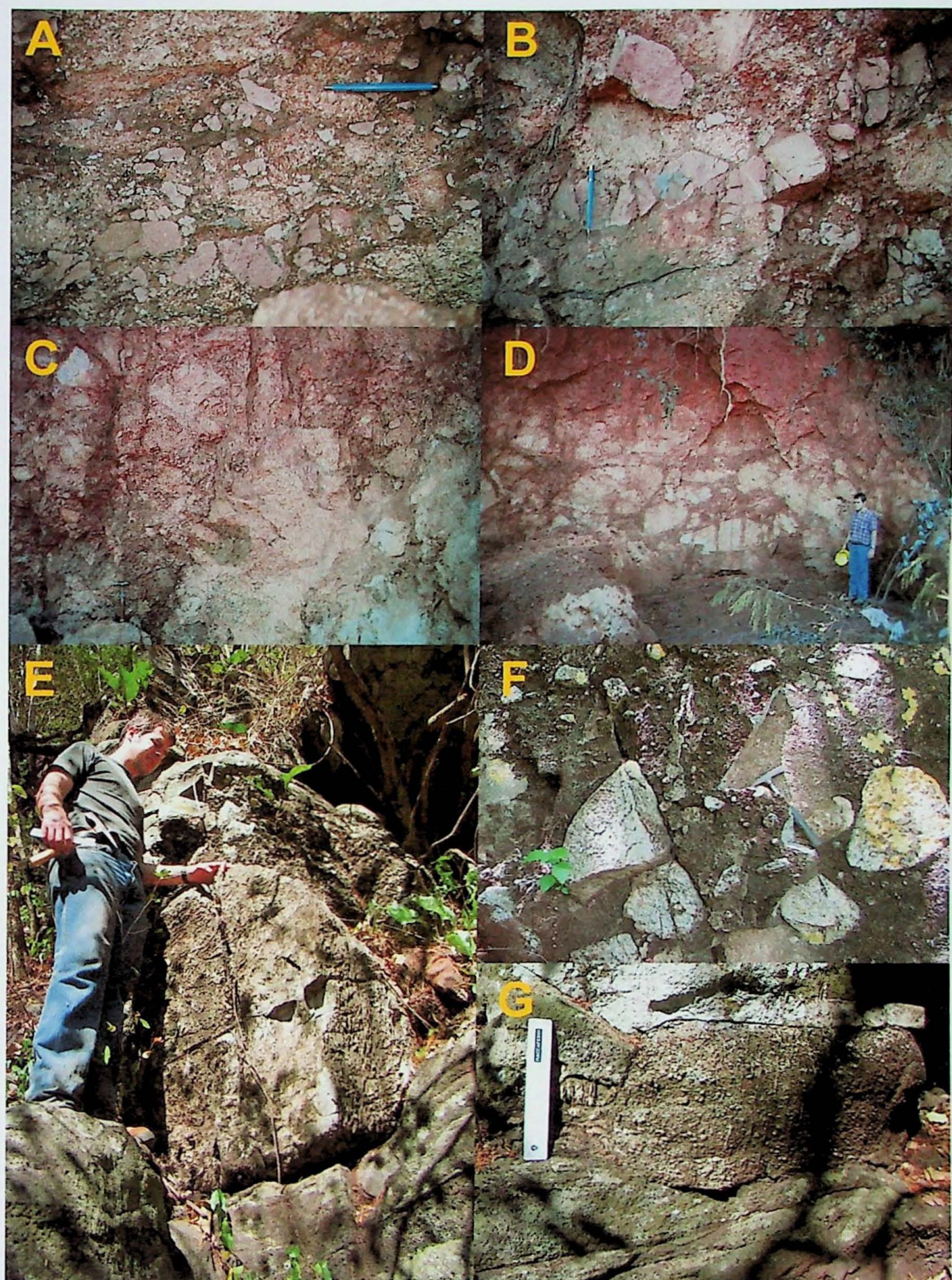


Figura 2 - A: Constituição por clastos muito angulosos da fácies B. **B:** Clastos que se ajustam (fácies B). **C:** Aspecto geral da fácies B. **D:** Matações alongados da fácies Co. O lado direito da foto corresponde ao leste. **E:** Matacão de calcário da fácies Cm. **F:** Aspecto geral da fácies Cm. **G:** Matacão de conglomerado estratificado (fácies Cm).

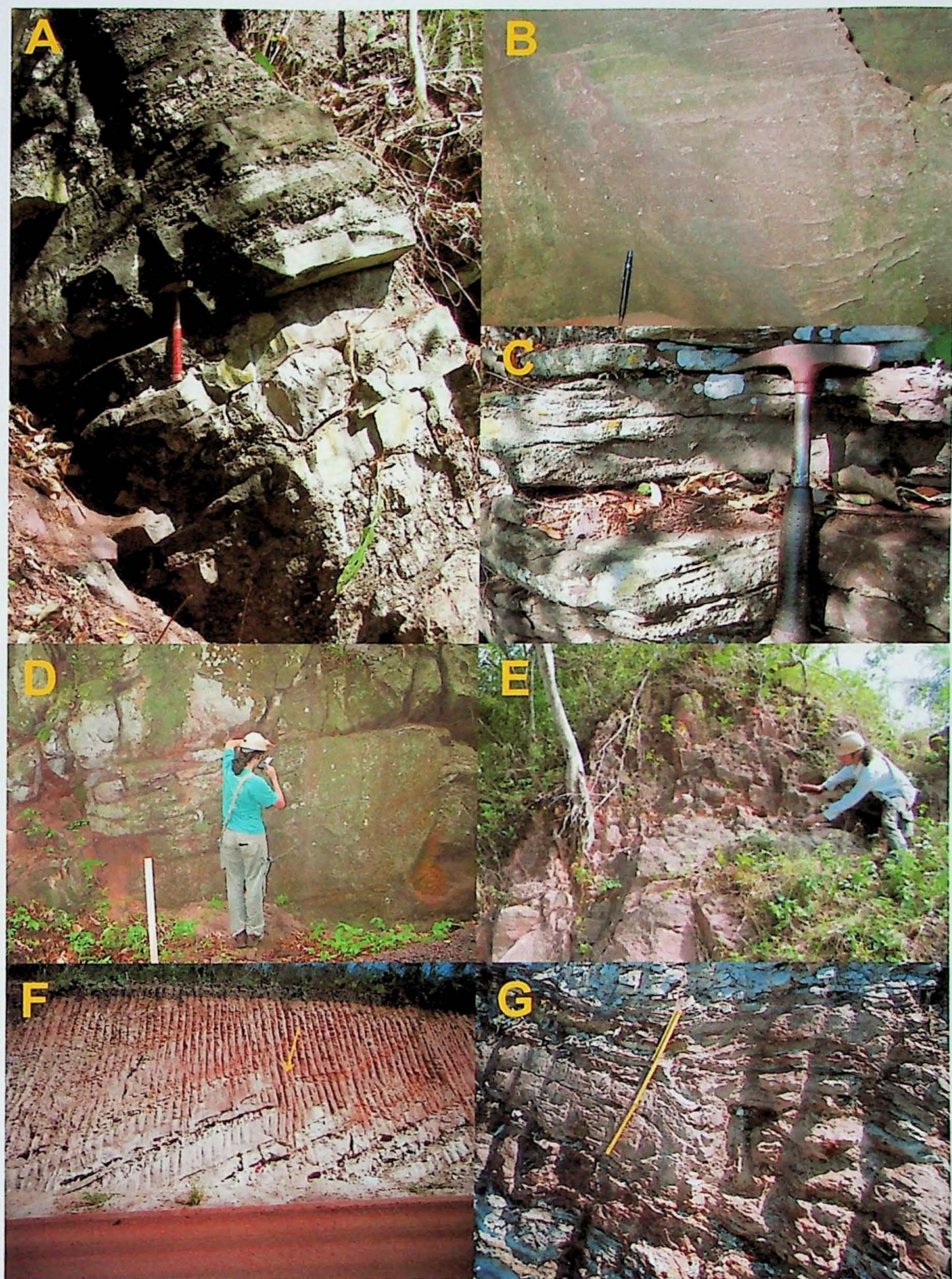


Figura 3 - A: Séries tabulares da fácies Ce. Na metade superior da foto ocorrem as fácies Cca e Aa. **B:** Fácies Cca. **C:** Fácies Ae. **D:** Série da fácies Aa. **E:** Aspecto geométrico da fácies Aa. **F:** Afloramento da fácies Al em que se observa lente intercalada (seta). A lente apresenta conglomerado de grânulos e seixos na base e gradação normal. **G:** Dobra convoluta (fácies Al).

Alc – Arenitos com laminação cruzada cavalgante

A fácies **Alc** é constituída por arenitos finos a médios, siltosos de coloração marrom escura ligeiramente avermelhada e com laminações cruzadas cavalgantes em profusão (Figura 4A). As laminações cruzadas são assimétricas e encontram-se organizadas em séries de espessura pouco variada, de escala centimétrica e com continuidade lateral restrita, de ordem métrica. As séries compõem camadas lenticulares com não mais que 20 cm de espessura. Essa fácies é formada pela migração de marcas onduladas, sob regime de fluxo inferior, envolvendo processos simultâneos de tração e decantação.

Sm – Siltitos maciços

A fácies **Sm** compreende siltitos maciços, argilosos, de cor cinza claro a escuro. A feição maciça é evidenciada pelo padrão de alteração sub-conchoidal típico dessa fácies (Figura 4B). Os siltitos maciços ocorrem em camadas decimétricas a métricas aparentemente tabulares, tendo sido possível observá-los apenas em exposições com poucos metros de continuidade lateral. Interpreta-se sua formação como depósito de decantação em águas calmas, possivelmente com homogeneidade granulométrica, o que dificulta a formação de anisotropia nos planos de deposição.

III.2.1.2 Formações Córrego das Pedras e Banda Alta

Ach – Arenitos arcoseanos com cimentação hematítica

A fácies **Ach** é formada por arenitos arcoseanos médios a grossos, marrons a pretos, moderadamente selecionados e intensamente cimentados por hematita, que, por vezes, chega a constituir lâminas. Essas rochas têm uma contribuição hematítica tão forte que nódulos de hematita se confundem com o cimento (Figuras 6A, B, C, D e E). Também estão presentes nódulos de sílica em meio ao arenito (Figuras 6B, C e D). Na base da Formação Córrego das Pedras, esses arenitos apresentam-se com estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte e pequena amplitude de preservação (ao redor de 0,4 m) (Figuras 4C e D). São interpretados como depósitos de migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas, respostas a correntes unidirecionais, em corpo d'água bastante enriquecido em ferro, e concomitante a sedimentação aloquímica de nódulos de hematita e sílica.

Xt – Silexíto hematítico nodulares com terrígenos

Esta fácies é formada por silexíto hematítico nodulares com grãos de quartzo e feldspato, do tamanho de areia, em geral esparsos, mas podendo ocorrer também em abundância e até predominar com intensa cimentação hematítica (Figuras 6F, G e H). As variedades dessa fácies são função da proporção entre nódulos esferoidais ligeiramente achatados a elipsoidais de sílica em relação aos de hematita e também a grãos de quartzo e feldspato. Os nódulos ocorrem também imperfeitos, assimétricos, amoldam-se uns aos outros (Figura 7 H), e com tamanhos que variam de 1 a 4 mm de comprimento. O tamanho médio é ao redor de 2 mm. Raros são os nódulos que exibem laminação concêntrica, sendo a maioria de aspecto maciço e formados por sílica. Dois dos poucos exemplos observados em seção delgada aparecem quebrados, um inclusive com sobrecrecimento (Figuras 7E, F e G). Sob polarizadores cruzados, os nódulos de sílica apresentam uma coloração avermelhada e um aspecto criptocristalino que não se altera com o movimento da platina, no que diz respeito a extinção. Há nódulos de sílica com núcleos de hematita e o contrário também ocorre embora os primeiros sejam mais comuns (Figuras 7A e B). Nesse caso pode se observar com clareza uma textura de intercrecimento entre a porção externa do núcleo de hematita e a porção interna da auréola silexítica (Figura 7B). Quanto aos clastos de terrígenos, eles estão presentes entre os nódulos, no entanto são raros quando os nódulos de sílica são bem formados e abundantes (Figuras 7C, D e H). Maior proporção de terrígenos se dá nas porções em que predominam os nódulos de hematita (Figuras 6F, G e H), tornando difícil a distinção entre essa variedade e a fácies **Ach**. O tamanho desses clastos é, em geral, de areia e grânulos, como mencionado anteriormente, no entanto, na ocorrência dessa fácies logo acima da primeira camada da fácies **Mn**, os clastos podem apresentar o tamanho de seixos, blocos e matacões (Figuras 4E e F). A rocha muitas vezes apresenta bandamento centimétrico de, aproximadamente, 5 cm entre camadas róseas, predominantemente silexíticas e camadas pretas, predominantemente hematíticas (Figuras 4G). Por vezes a relação entre essas duas composições é difusa ocorrendo pequenas lentes de uma dentro da outra (Figura 4H). Essas variedades têm contato gradacional com a fácies **Ach** na Formação Córrego das Pedras, na qual predominam extraclastos intensamente cimentados por hematita, que constituem os arenitos com estratificações cruzadas acanaladas da base da Formação Córrego das Pedras. A fácies **Xt** é interpretada como sedimentos aloquímicos que passaram por consideráveis rearranjos das substâncias constituintes desde que foram depositados (Dorr II 1945). Dorr II (1945) descartou a possibilidade de fenômenos supergênicos ou hidrotermais serem os responsáveis pela introdução, recristalização ou mobilização do ferro na Formação Córrego das Pedras. Esse autor argumentou que, de outra maneira, esses fenômenos teriam introduzido ferro nas rochas,



Figura 4 - A: Fácies **Alc**. Notar feição erosiva acanalada. **B:** Padrão de alteração sub-conchoidal da fácies **Sm**. **C:** Estratificações cruzadas acanaladas da fácies **Ach**. Notar feição erosiva acanalada na ponta do martelo. **D:** Fácies **Ach**. **E:** Rochas mistas da fácies **Xt** com seixo isolado. **F:** Bloco de 20 cm de diâmetro, isolado e com feição de deformação do topo primeira camada da fácies **Mn**. **G:** Aspecto bandado da fácies **Xt**, por sobre delgada camada da fácies **Mn**. **H:** Aspecto bandado passando a difuso, da fácies **Xt**.

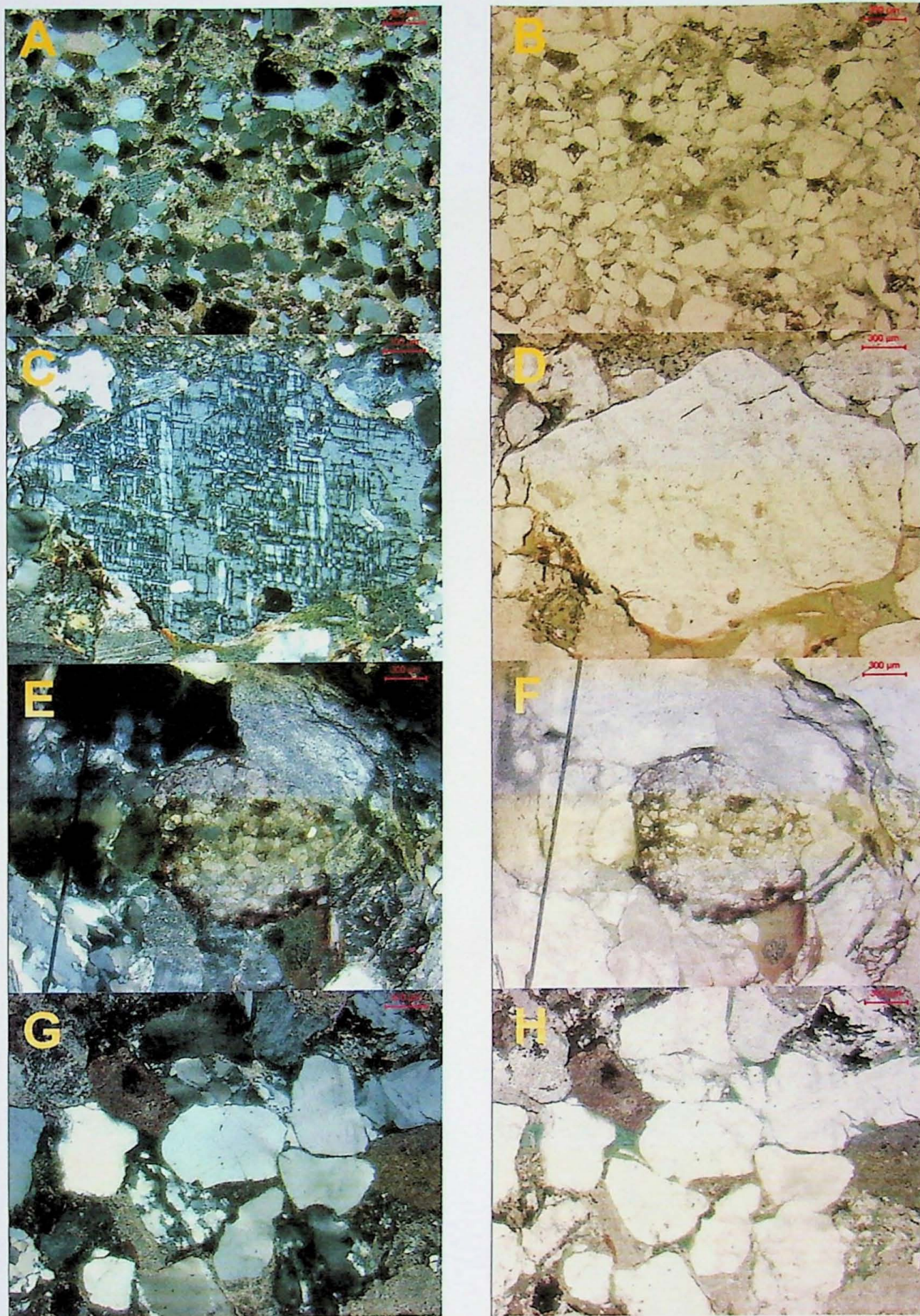


Figura 5 - A e B: Arenito arcoseano moderadamente selecionado. Notar clastos angulosos a subangulosos, fragmento lítico de calcário (canto superior esquerdo) baixa esfericidade e cimentação carbonática. Fácies Aa. **C e D:** Grânulo de microclínio (fácies Ce). **E e F:** Fragmento lítico de calcarenito (fácies Ce). **G e H:** Aspecto geral de arenito que compõe o arcabouço da fácies Ce. Notar angulosidade dos grãos, fragmento lítico de quartzito, e cimentação carbonática com contribuição de clorita. (Pares de fotos com e sem nicóis cruzados)

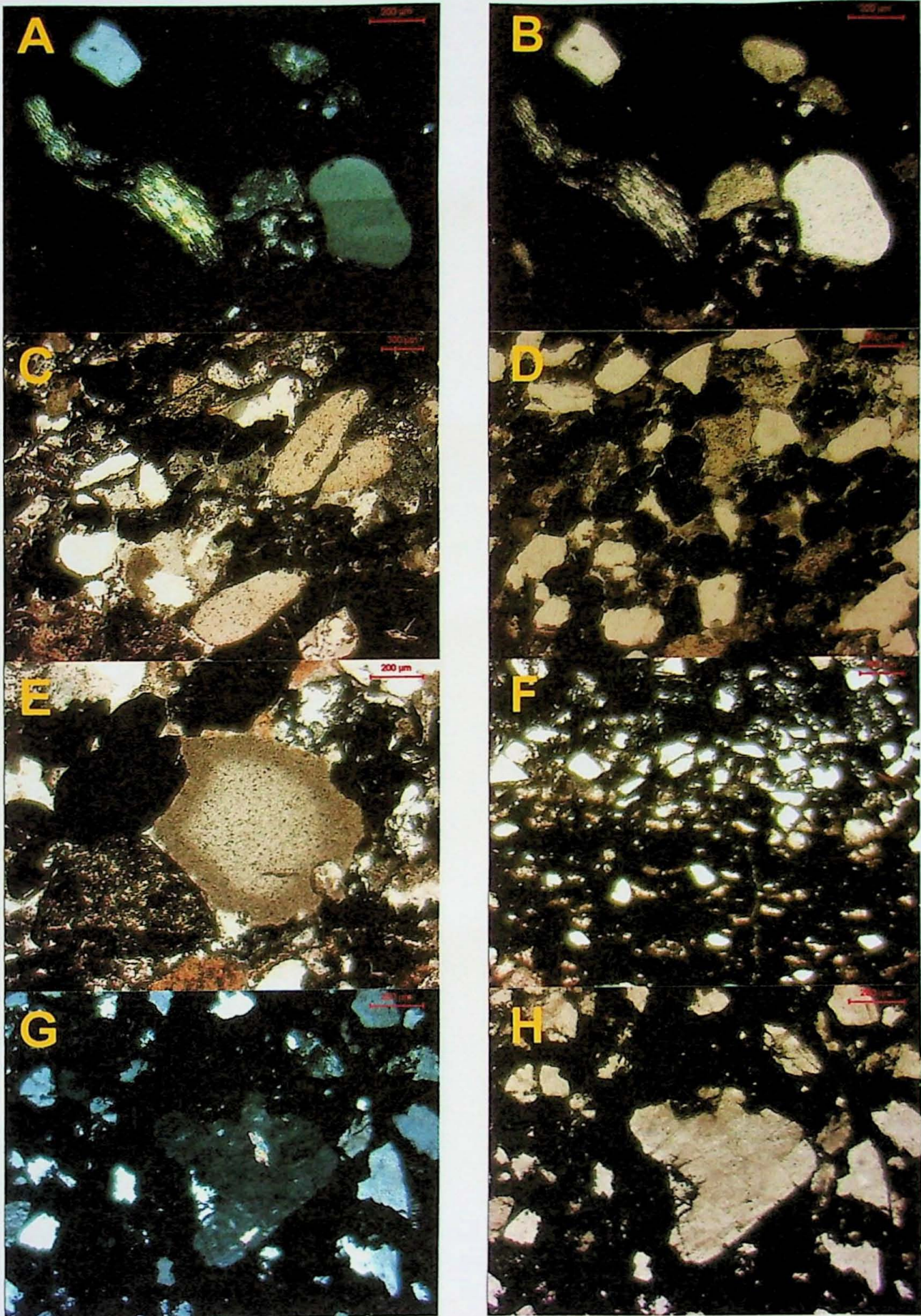


Figura 6 - A e B: Amostra MU-7A (Figura 17). Aspecto da fácies **Ach** com minerais detríticos e intensa cimentação hematítica. **C, D e E:** Amostra MU-7B (Figura 17). Aspecto da fácies **Ach** com nódulos de sílica (tons pardos), de hematita e grãos terrígenos. **F:** Amostra MU-8A (Figura 17). Porção da fácies **Xt** com predomínio de extraclastos e hematita. Nódulos de hematita se confundem com o cimento. Notar a difícil distinção entre os extremos da fácies **Ach** e **Xt**. **G e H:** Fragmento lítico no mesmo contexto da figura F. (Pares com e sem nicóis cruzados).

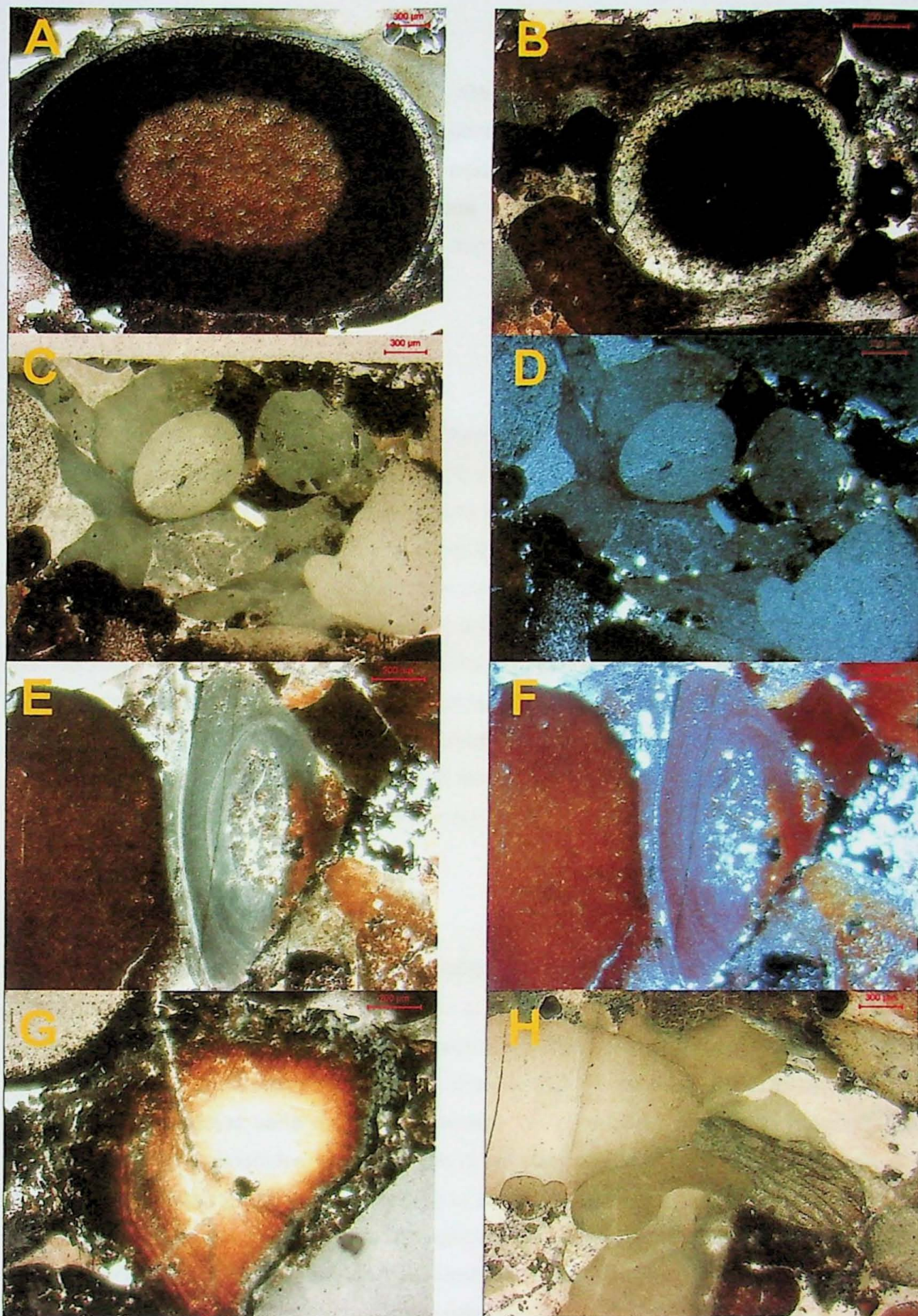


Figura 7 - Amostra MU-8A (figura 17), fácies Xt. **A:** Nódulo de sílica capeado por hematita com fina borda de sílica. **B:** Nódulo de hematita capeado por sílica. **C e D:** Região da amostra com nódulos de sílica bem desenvolvidos e raro grão detrítico (no meio da foto). Notar o comportamento do material a polarizadores cruzados. **E e F:** Raro nódulo com laminação concêntrica bem desenvolvida. **G:** Borda, em nódulo de sílica laminado, mostrando intercrescimento de sílica e hematita. **H:** Nódulos que se amoldam. (Pares com e sem nicóis X).

mais permeáveis, da Formação Urucum. Klein & Ladeira (2004), observaram a presença de cimento dolomítico em amostras frescas dessa fácies, corroborando a interpretação feita por Dorr II (1945) de origem aloquímica para essas rochas. A influência do processo de chuva de detritos (*glacial rain-out*) concomitante aos processos aloquímicos, pode ser inferida pela ocorrência isolada, na variedade mais hematítica dessa fácies, de clastos terrígenos de granulometria seixo a matacão.

Mn – Formação manganesífera

A fácies Mn é constituída de formações manganesíferas, cujas faces expostas apresentam coloração cinza e salientam estratificação com ligeiras irregularidades que lhe dão aspecto amendoado (Figuras 8A e B). Essas irregularidades se devem a nódulos centimétricos que deformam a estratificação. Em faces recém quebradas a cor da formação manganesífera é de um cinza azulado forte, e nessas faces pode se observar laminação interna aos estratos. A fácies manganesífera ocorre em até quatro camadas na seção mais completa da Formação Banda Alta no Maciço do Urucum. Apresenta espessuras de ordem métrica, decrescentes nas ocorrências da base para o topo, e geometrias tabular e lenticular. Tem no Morro do Urucum a camada com maior espessura verificada, medindo aproximadamente 4 m. É interpretada como depósito quimicamente precipitado de íons de manganês. O caráter deposicional ou diagenético dos nódulos manganesíferos permanece controverso.

Fe – Formações ferríferas estratificadas

Esta fácies, composta por formações ferríferas estratificadas, é caracterizada pela alternância de camadas de hematita, com aproximadamente 1 cm de espessura, e extensas lentes de sílica, relativamente menos espessas e que, freqüentemente constituem delgadas camadas com grande expressão lateral (Figura 8C). A proporção de sílica em relação a hematita nessa fácies varia macroscopicamente de 25 a 50%. É comum observar pequenas lentes, glóbulos e elipsóides de sílica, com dimensões subcentimétricas, em meio as camadas de hematita. Dadas as diferentes proporções de sílica e suas formas de ocorrência, engloba-se nessa fácies algumas variedades de difícil individualização na coluna, no entanto com características específicas. Destas vale destacar a variedade rítmica (Figura 8D e E), com espessura de acamamento no limiar entre espessas lâminas e delgados estratos, e a variedade estratificada com lentes de sílica espessas e que não formam camadas (Figura 8F). A rocha apresenta coloração cinza azulado alternado com tons avermelhados, referente à composição silicosa, nas exposições frescas. Em afloramentos alterados torna-se saliente o aspecto fitado e

coloração ocre avermelhada (Figura 8G). Nos estratos de hematita, cujo tamanho das partículas não é visível macroscopicamente, é possível perceber fina laminação interna e minúsculos sigmóides de hematita (milimétricos), ressaltados por seu brilho metálico ao manipular uma amostra de mão contra a luz. Em algumas lentes de sílica é possível notar sua constituição por glóbulos esferóides milimétricos. Essas lentes encontram-se freqüentemente lixiviadas deixando apenas seu molde (Figura 8H). Outra feição comum, embora muito esparsa nessa fácies, é a presença de extraclastos isolados, muito intemperizados, em geral do tamanho de seixos. As formações ferríferas estratificadas estão dispostas em pacotes decamétricos com continuidade lateral, da ordem de centenas a milhares de metros, e constituem a principal fácies da seção superior do Grupo Jacadigo. Nela podem ser observadas estruturas como diápiros de sílica (Figura 9A) e hematita (Figura 9B), deformações em contatos com clastos (Figuras 9C, E e F), ranhuras com grande variação de padrões e possíveis turboglifos (Figura 9D). De maneira geral essas estruturas são evidências do comportamento penecontemporâneo plástico desses sedimentos. As estruturas sedimentares, candidatas a turboglifos, são formas de baixo relevo positivo em "Y", com depressão aproximadamente circular entre os dois ramos da bifurcação. A estrutura em "Y" tem ampla distribuição na superfície da camada ferrífera sotoposta a sedimentos clásticos, no entanto apresenta pequenas dimensões em relação a turboglifos descritos na literatura, com comprimento longitudinal máximo entre 1 e 1,5 cm. A bissetriz da bifurcação dessas estruturas aponta para o sentido N 230 e encontra-se na horizontal. Deformações na superfície da formação ferrífera em contato com sedimentos terrígenos são bastante comuns. Frequentemente observa-se ondulações suaves ou cúspides (Figuras 9C, E e F) que foram interpretadas como estruturas de sobrecarga em diferentes estágios. Outra feição muito comum na superfície de lâminas de hematita são ranhuras com os mais variados padrões (Figuras 9G, H e 10A, B, e C), já mencionadas por Dorr II (1945) que aventou a possibilidade de se tratarem de icnofósseis. Evidências de campo permitiram observar que essas estruturas se devem, em parte, ao enrugamento de lâminas hematíticas ainda plásticas ao amoldarem-se a lentes e camadas *boudinadas*. Em afloramento localizado pode-se contemplar uma feição isolada de formas poligonais em planta e de dimensões centimétricas, sugestivas de gretas de contração (Figura 10D). Interpreta-se para essa fácies uma origem por precipitação química de colóides de ferro e sílica. A possível ocorrência de turboglifos associados à composição hematítica da fácies Fe coloca em questão o caráter estritamente químico da formação ferrífera, abrindo a possibilidade de origem aloquímica para parte dessas rochas.

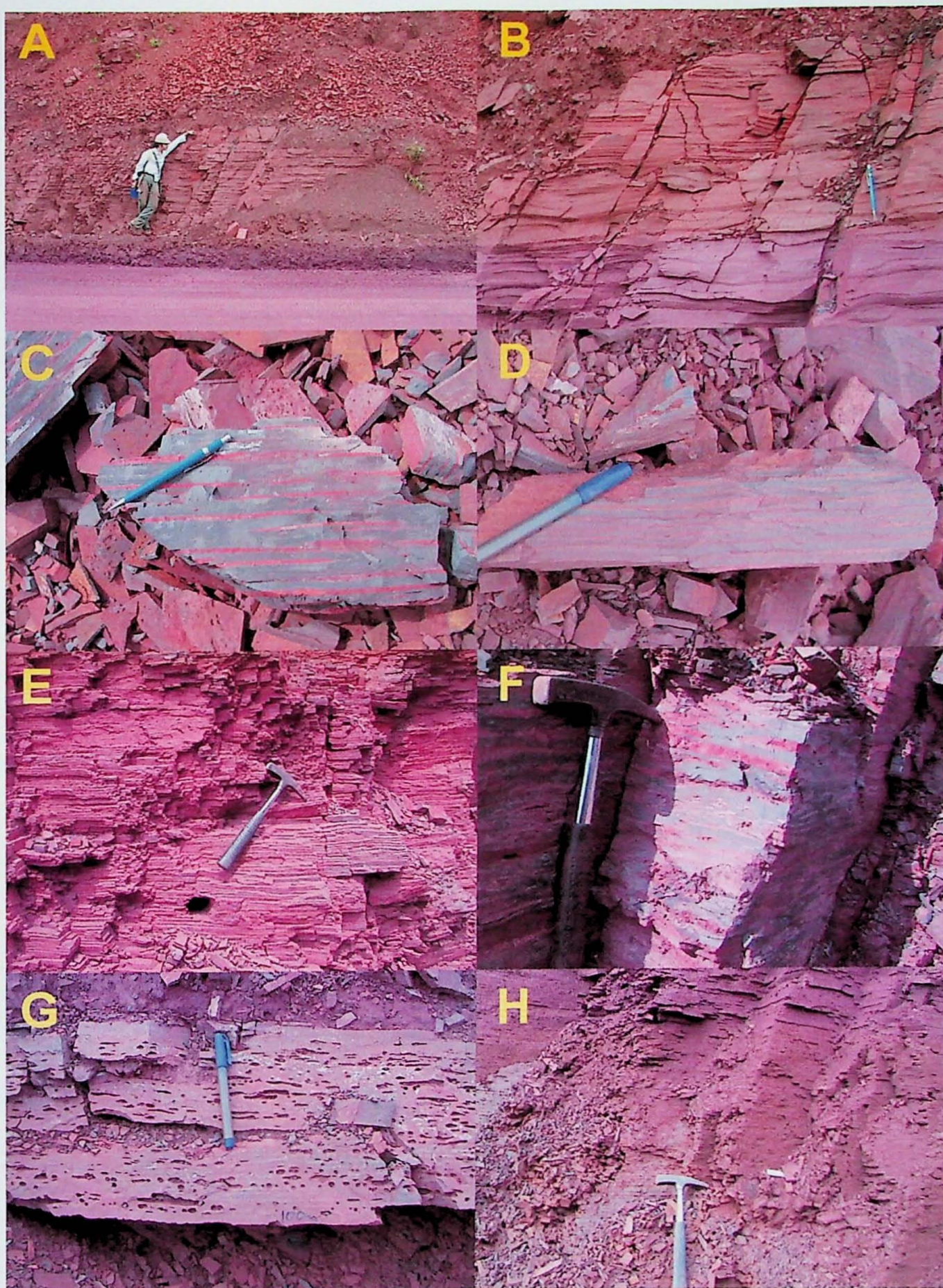


Figura 8 - A e B: Primeira camada da fácies **Mn**. Notar aspecto amendoado da laminação. **C:** Amostra da fácies **Fe**. **D:** Amostra da variedade rítmica da fácies **Fe**. **E:** Aspecto de afloramento da variedade rítmica. **F:** Variedade da fácies **Fe** com lentes de sílica espessas e que não formam camadas. **G:** Moldes, formados por lixiviação de lentes e nódulos de sílica. **H:** Aspecto fitado de afloramento intemperizado da fácies **Fe**.

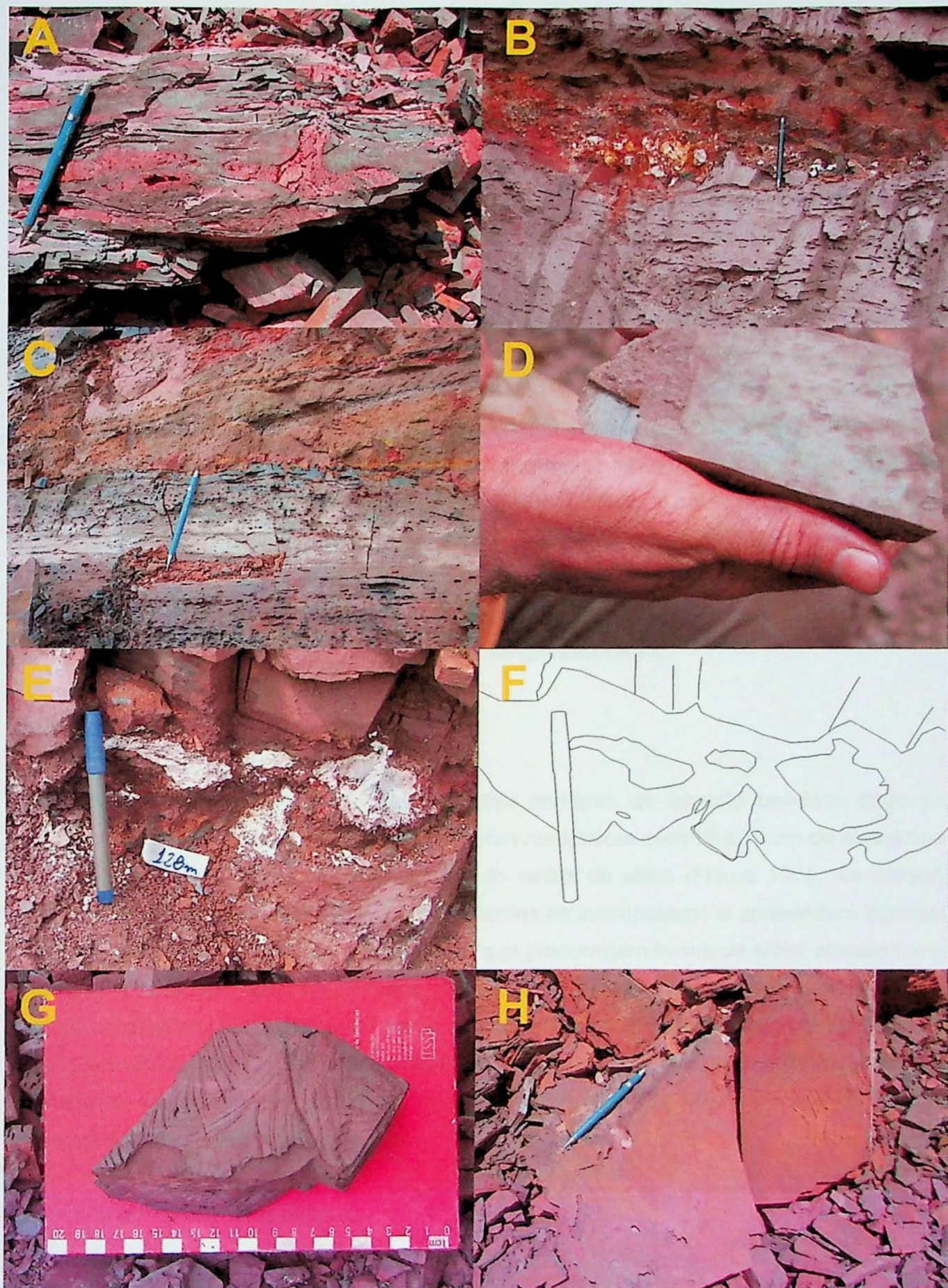


Figura 9 - A: Diápiro de sílica. **B:** Lente de sedimentos terrígenos exibindo gradação normal. Notar diápiro de hematita próximo a lapiseira. **C:** Contato inferior, de intercalação de terrígenos, irregular, em geral ondulado. **D:** Possíveis turboglifos. **E e F:** Possíveis estruturas de sobrecarga em cúspide. Notar possíveis pseudo-nódulos associados. **G e H:** Ranhuras enigmáticas observadas em lâmina de hematita da fácies Fe.

FI – Formações ferríferas laminadas

A fácies **FI** é constituída de formações ferríferas finamente laminadas com baixa proporção de sílica, cujas lentes e elipsóides ocorrem em tamanhos diminutos e muito esparsos. Essa fácies ocorre na forma de lentes de grande comprimento e espessura centimétrica e camadas tabulares centimétricas a decimétricas, resistentes ao intemperismo, o que ressalta sua presença nas exposições (Figura 10E e F). Exibe aspecto maciço e compacto, o que torna difícil o reconhecimento da estrutura laminada. Apresenta coloração cinza azulado, por vezes com delgadas lâminas avermelhadas. Em algumas amostras de mão dessa rocha nota-se uma textura tátil granular. É interessante salientar a ocorrência dessa fácies necessariamente associada a intercalações de sedimentos terrígenos (**Aaf** e **SI**) e a fácies **Fo** (Figura 10E). A fácies é interpretada como precipitado químico de colóides de ferro e sílica sob condições que exercem algum controle físico-químico e/ou de disponibilidade em relação à sílica. No entanto a aspereza e a ocorrência dessa fácies associada a fácies terrígenas levam a interpretação de uma origem por retrabalhamento de formações ferríferas depositadas anteriormente, constituindo uma formação ferrífera granular (**GIF**).

Fb – Formações ferríferas de aspecto bandado

A fácies **Fb** é constituída por formações ferríferas de aspecto bandado dado pela intercalação aproximadamente regular de camadas hematíticas com 10 a 15 cm de espessura e níveis de espessura similar com predomínio de lentes de sílica (Figura 10G). As camadas hematíticas são internamente laminadas, resistentes ao intemperismo e apresentam coloração cinza azulado em faces frescas. Os níveis em que predominam lentes de sílica apresentam-se alterados e com coloração avermelhada. Essa fácies ocorre em pacotes tabulares de poucos metros de espessura. É interpretada como precipitado químico de colóides de ferro e sílica em condições físico-químicas e/ou de disponibilidade – relativamente persistentes dadas as espessuras das diferentes camadas – que favorecem a precipitação de um ou de outro alternadamente.

Fo – Formações ferríferas oolíticas

Esta fácies, composta por formações ferríferas oolíticas, ocorre em camadas tabulares e lenticulares de grande comprimento, com espessuras da ordem de centímetros a decímetros. A formação ferrífera designada por oolítica é constituída por esferóides hematíticos com diâmetros variando de 1 a 5 mm e tamanho médio entre 2 e 3 mm. Esses esferóides

encontram-se organizados em empacotamento aberto quando sua proporção em relação ao restante da rocha – formada por lâminas e/ou estratos e lentes de hematita e sílica – é alta (Figura 10H). Tal empacotamento facilita a percolação de água fazendo com que, freqüentemente, esses níveis estejam bastante intemperizados. É raro encontrar essa fácies sem os danos de algum efeito intempérico, sendo suas feições mais comuns uma intensa limonitização, que lhe confere coloração ocre amarelada (Figuras 11A e B) e alteração argilosa. Os esferóides ocorrem também em menor proporção em relação ao restante da rocha o que muitas vezes configura contato gradacional com a fácies Fe. Na fácies Fo foi observada uma estrutura de grande porte caracterizada pelo truncamento de estratos curvos com concavidade para cima, lembrando uma estratificação cruzada (Figuras 11C e D). A interpretação dessa fácies é controversa. De um lado há a possibilidade de uma origem análoga à de *ooids* carbonáticos, em que a precipitação de colóides de ferro se daria em águas com alguma agitação. De outro há a possibilidade de se tratarem de concreções. Além da questão do caráter primário ou secundário da hematita relacionado a possibilidade dos *ooids* serem inicialmente carbonáticos.

Fbi – Brechas intraformacionais ferríferas

A fácies **Fbi** é constituída de brechas intraformacionais ferríferas, em que placas centimétricas de sílica de espessura subcentimétricas encontram-se dispostas caoticamente em massa hematítica muito fina (Figura 11E). Essa fácies ocorre como pacotes de pouco mais de 1 m, com abundantes clastos de fragmentos líticos do tamanho de seixos a matacões (Figuras 11F, G e H). É comum observar dobras convolutas e lentes de sílica dobradas (Figura 12A). Em geral a rocha encontra-se bastante lixiviada o que configura uma exposição de formação ferrífera de cor cinza azulada repleta de moldes de lentes de sílica e clastos com distribuição caótica (Figura 12B). A ocorrência de clastos tabulares de sílica indica que estavam solidificados no momento em que passaram por perturbação que podem ser atribuídas a retrabalhamento por correntes subaquáticas e/ou sismos. A presença de dobras convolutas e extraclastos de grandes dimensões sugerem a associação de processos de escorregamento e/ou chuva de detritos (*glacial rain-out*) e até atuação direta de *icebergs* em contato com o fundo do corpo d'água.

Ft – Formação ferrífera com terrígenos

Esta fácies é composta por formação ferrífera com clastos de terrígenos do tamanho de areia a pequenos seixos (Figura 12C e D), esparsos na matriz ferrífera. Mais raramente se

observam clastos do tamanho de blocos e matacões que deformam a camada subjacente (Figuras 12D, E e F). Predominam os clastos de areia a grânulos, constituídos de fragmentos líticos, feldspatos e quartzo. Em geral os clastos mostram-se alterados e caulinitizados em meio a matriz cinza azulada. Essa fácies tem espessura restrita, centimétrica, e ocorrência geralmente associada (subjacente) a fácies de sedimentos terrígenos (**Cmf**) (Figura 12D) ou com contribuição terrígena (**Fbi**) (Figuras 11G e H). É interpretada como depósito de chuva de detritos (*glacial rain-out*) concomitante a precipitação química de colóides de ferro.

Cmf – Conglomerados maciços ferruginosos

Essa fácies é constituída de conglomerados polimíticos maciços sustentados por areia e comumente apresentando granodecrescência ascendente da fração rudácea, com blocos e matacões maiores na base das geometrias lenticulares de espessura decimétrica a métrica com que ocorrem (Figuras 12H e 13A). Esses conglomerados também podem ser observados em bolsões circulares ou elípticos de diâmetro médio decimétrico, recorrentes num mesmo nível estratigráfico (Figuras 12D e G), e em camadas tabulares, na escala de afloramento, com não mais que 20 cm de espessura, por vezes, alternadas com as fácies **Aaf** e **FI** (Figuras 13B, C e D). Os afloramentos dessa fácies encontram-se bastante alterados, o que salienta a cor branca dos clastos dando a impressão de que são todos do mesmo litotipo. No entanto a observação minuciosa permite reconhecer clastos de granito branco do embasamento próximo, clastos de gnaiss e de quartzito. Outros litotipos, por exemplo de alteração ocre, ocorrem subordinados. Aparentemente essa fácies apresenta mais matriz (pelito) que a fácies **Cm** da Formação Urucum, caracterizada pela ausência total, ou quase, em todas as fácies descritas, de contribuição pelítica. A outra cor que se observa nas exposições dessa fácies é um cinza escuro que contrasta com o branco dos clastos, cor essa atribuída a cimentação ferruginosa que chega a formar delgadas lentes, milimétricas, de hematita bastante esparsas. Interpreta-se para essa fácies uma origem a partir de depósitos gravitacionais de fluxos de detritos ou preenchimento de canais, dependendo da associação faciológica em que se encontra.

Aaf – Arenitos arcoseanos ferruginosos

Essa fácies compreende os arenitos e arenitos conglomeráticos, castanhos a cinzentos, laminados ou sem estrutura aparente, que ocorrem intercalados nas formações ferríferas como camadas centimétricas, aparentemente tabulares (Figuras 13E e F), ou em lentes com comprimento de ordem métrica a decamétrica e pequena espessura relativa, da ordem de centímetros a decímetros, internamente formadas por amalgamação de lentes dessa fácies e

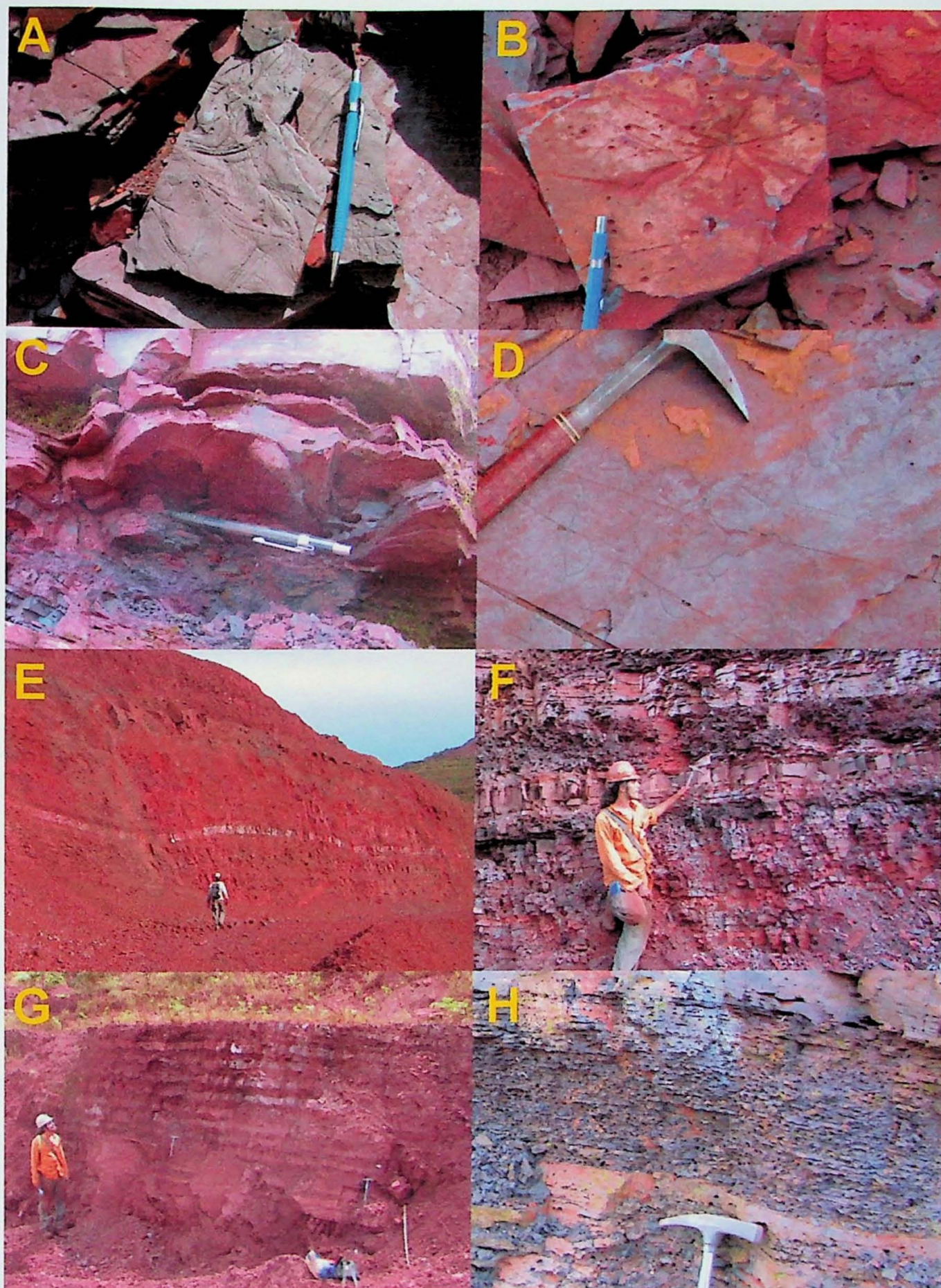


Figura 10 - A e B: Ranhuras de padrões variados observadas em rochas da fácies Fe. C: Ranhura observada na base de lâmina de hematita que envolve camada da fácies Fo com estrutura *pinch n' swell*. D: Possíveis gretas de contração E: Camada da fácies FI em destaque no afloramento. F: Camada da fácies FI, com textura tátil áspera. Possível GIF. G: Aspecto da fácies Fb. H: Aspecto da fácies Fo.

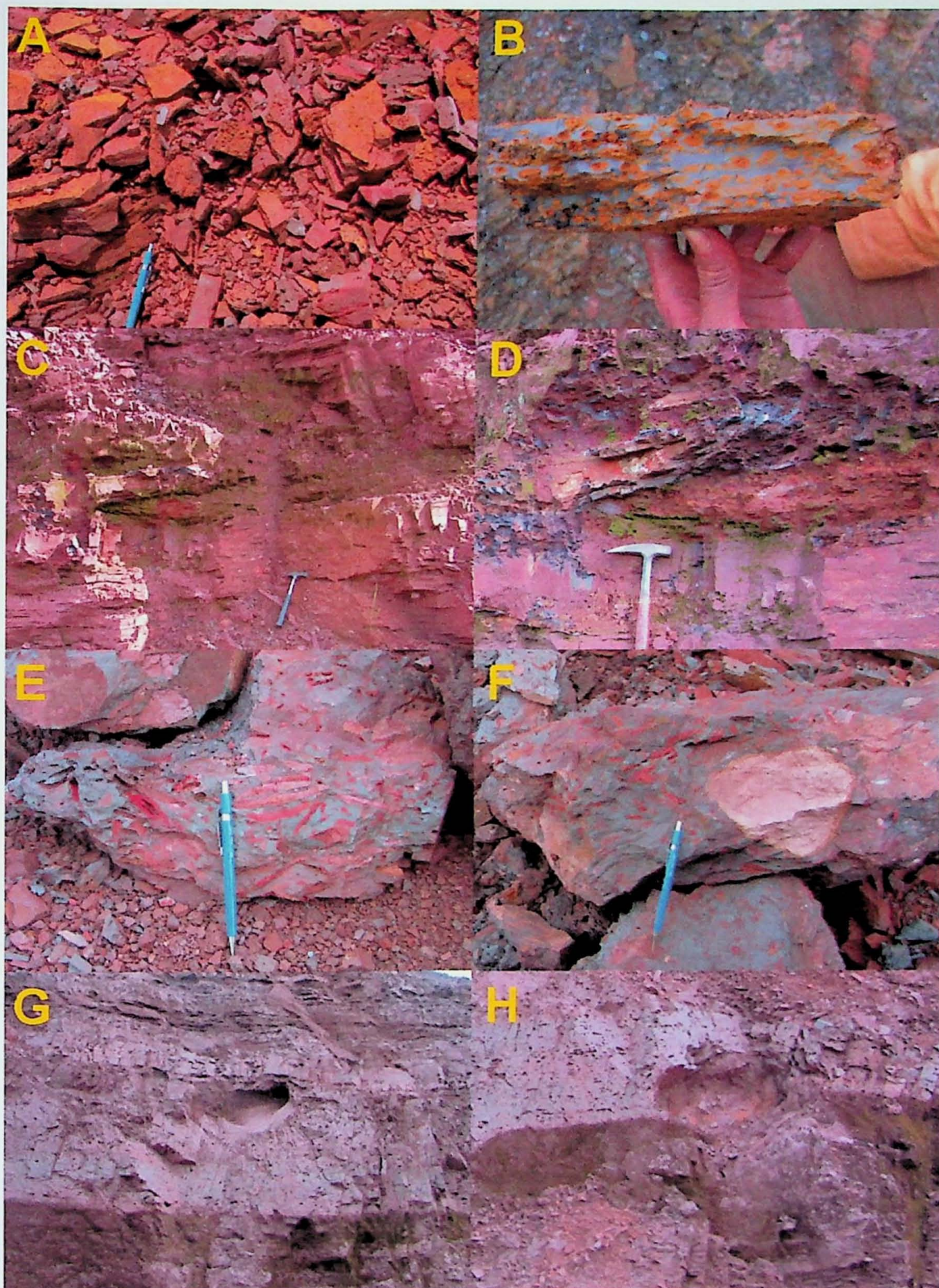


Figura 11 - A e B: Feições de limonitização comuns na fácies Fo. **C e D:** Estrutura similar a uma estratificação cruzada do tipo *swaley*, observada na fácies Fo. **E:** Amostra fresca da fácies Fbi. **F:** Seixo isolado na fácies Fbi. **G e H:** No centro de ambas figuras observa-se matacões isolados, com aproximadamente 1 m, respectivamente no topo e na base de camada da fácies Fbi, o qual (H) deforma as camadas subjacentes.

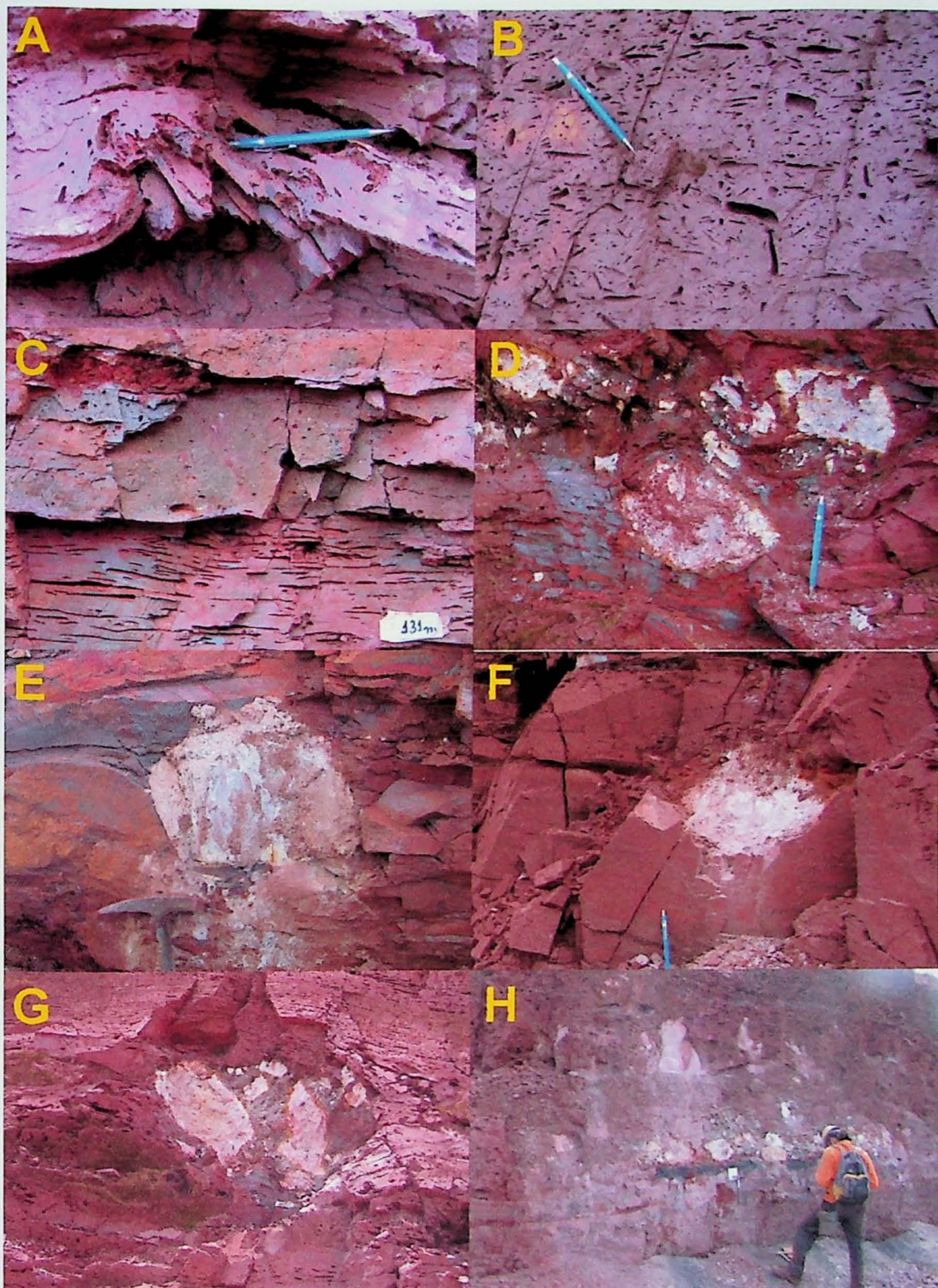


Figura 12 - A: Dobra convoluta (fácies Fbi). **B:** Moldes resultantes da lixiviação de intraclastos de sílica (fácies Fbi). **C:** Fácies Ft. Clastos esparsos em matriz ferrífera. **D:** Bolsão com clastos em matriz ferrífera (fácies Ft) ou corte perpendicular de canal da fácies Cmf? **E e F:** blocos isolados associados a feição de deformação da camada subjacente (fácies Ft). **G:** Bolsão na mesma camada do bolsão da figura 3. O afloramento exibe 3 feições desse tipo, lado a lado. **H:** Dois conjuntos, sobrepostos e com gradação normal da fácies Cmf.

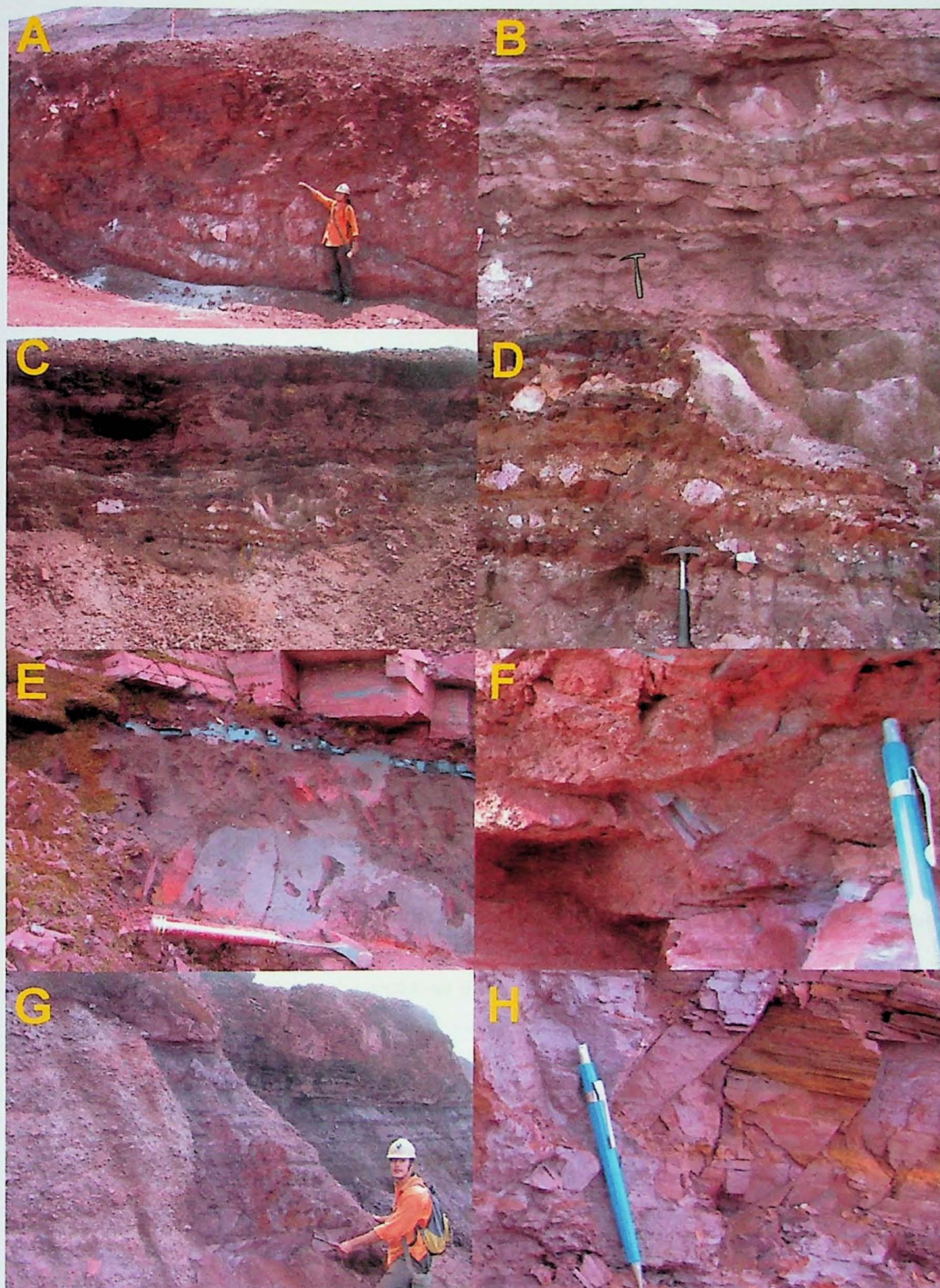


Figura 13 - A: Lente de sedimentos terrígenos com lente interna da fácies Cm_f. **B:** Aspecto da fácies Cm_f, organizada em camadas tabulares com a espessura máxima igual a espessura dos clastos. **C e D:** Vista geral e aproximação de ocorrência da fácies Cm_f em camadas tabulares intercaladas com a fácies Aaf. **E:** Intercalação de sedimentos terrígenos mostrando sucessão das fácies Aaf, SI e FI, da base para o topo. **F:** Intraclasto de BIF na fácies Aaf. **G e H:** Afloramento e detalhe da fácies SI.

das fácies **Cmf** e **SI** (Figuras 19A e B). A sua coloração é atribuída a cimentação ferruginosa. Esses arenitos são interpretados como depósitos trativos subaquáticos em leito, aproximadamente plano.

SI – Siltitos argilosos laminados

A fácies **SI** é formada por siltitos argilosos laminados de coloração ocre, marrom e avermelhado nos diferentes conjuntos de lâminas (Figura 13H). Essa fácies ocorre como camadas aparentemente tabulares, em escala de afloramento, e espessura decimétrica (Figura 13G), ou associada a lentes com comprimento métrico a decamétrico, pequena espessura relativa, centimétrica a decimétrica, internamente formadas por amalgamação de lentes dessa fácies e das fácies **Cmf** e **Aaf** (Figuras 19A e B). Ocorre também como delgadas camadas de poucos centímetros com expressão lateral considerável dada sua pequena espessura (Figuras 19C e D). É interpretada como depósito de decantação de partículas em suspensão

III.2.2. Associações de fácies

III.2.2.1 Formação Urucum

Associação de fácies de leques aluviais

Esta associação de fácies é caracterizada por sucessões métricas da fácies **Cm** normalmente sucedidos por camadas tabulares e alternadas das fácies **Ce** e **Ae**. Séries métricas, assim como séries decamétricas da fácies **Cm**, interpretados como depósitos de fluxos de detritos não coesivos, encaixam-se na descrição do elemento arquitetural **SG** de Miall (1992). Sucessões rítmicas de camadas de conglomerados e arenitos tabulares são descritos por Blair (1999) no *Death Valley*, Califórnia, em seu estudo do leque aluvial de *Anvil Spring*, e interpretados como enchentes em lençol, em regime de fluxo superior, que se dá pela expansão de lobos ativos através de inclinação de 2 a 5°. A associação das fácies **Ce** e **Ae**, observada na coluna estratigráfica apresentada como figura 16, em que ocorrem dispostas como pares de camadas aparentemente tabulares, levou a interpretação do processo de enchente em lençol para sua deposição. Dessa maneira a associação das fácies **Cm**, **Ce** e **Ae** é interpretada como lobos de fluxo de detritos, não coesivos, proximais intercalados a elementos intermediários que refletem a expansão de lobos de sistemas deposicionais de leques aluviais.

Associação de fácies de rios entrelaçados

Esta associação de fácies compreende a justaposição das fácies **Ae**, **Cm** e **At**, assim como **Aa**, **Alc** e **Cm** – em que a fácies **Cm** apresenta-se com geometria lenticular – respectivamente interpretadas como os elementos arquiteturais **SB** (formas de leito arenosas) e **CH** (canal fluvial) de Miall (1992). A ocorrência na forma de lentes com base erosiva da fácies **Cm**, também pode constituir o elemento arquitetural **GB** (barras conglomeráticas) de Miall. As associações das fácies **Ce** e **Alc** e **Ce** e **Aa**, em ciclos erosivos granodecrescentes, sugerem variação da vazão em canais desconfiados, dadas as espessuras decimétricas com que ocorrem. Desse modo as associações observadas configuram depósitos de sistemas fluviais de rios entrelaçados.

Associação de fácies deltaica

A presença da fácies **Al** com dobras convolutas, observadas na coluna estratigráfica apresentada na figura 15, indica processo de decantação de sedimentos em suspensão e posterior escorregamento. A associação dessa fácies com a fácies **Cm** e com fácies de arenitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados estratificados (**Am**, **Aa**, **Ae**, **Ce** e **Ca**) sugere deposição de lobos de fluxo de detritos e desembocadura de rios entrelaçados em corpos d'água, que podem ser interpretados como lacustres ou representantes do estágio inicial da incursão marinha interpretada pela análise de fácies preliminar das rochas justapostas (Formação Córrego das Pedras).

III.2.2.2 Formações Córrego das Pedras e Banda Alta

Associação de fácies de sistema transicional

A associação de fácies de sistema transicional se dá na sucessão vertical das fácies de depósitos continentais da Formação Urucum, para depósitos mistos terrígenos e aloquímicos da Formação Córrego das Pedras. Nas seções colunares levantadas, observa-se no topo da Formação Urucum, a fácies **Aa** que, gradualmente, passa para as fácies **Ach** e **Xt** da Formação Córrego das Pedras, caracterizadas por notável influência de precipitação de ferro. Nessa passagem interpreta-se um aumento expressivo da lâmina d'água, para explicar o surgimento e predomínio de nódulos de sílica e hematita, cimentados por dolomita (Klein & Ladeira 2004), em direção ao topo da associação. Desta maneira a associação de fácies descrita configura evidência de estágio inicial de provável incursão marinha.

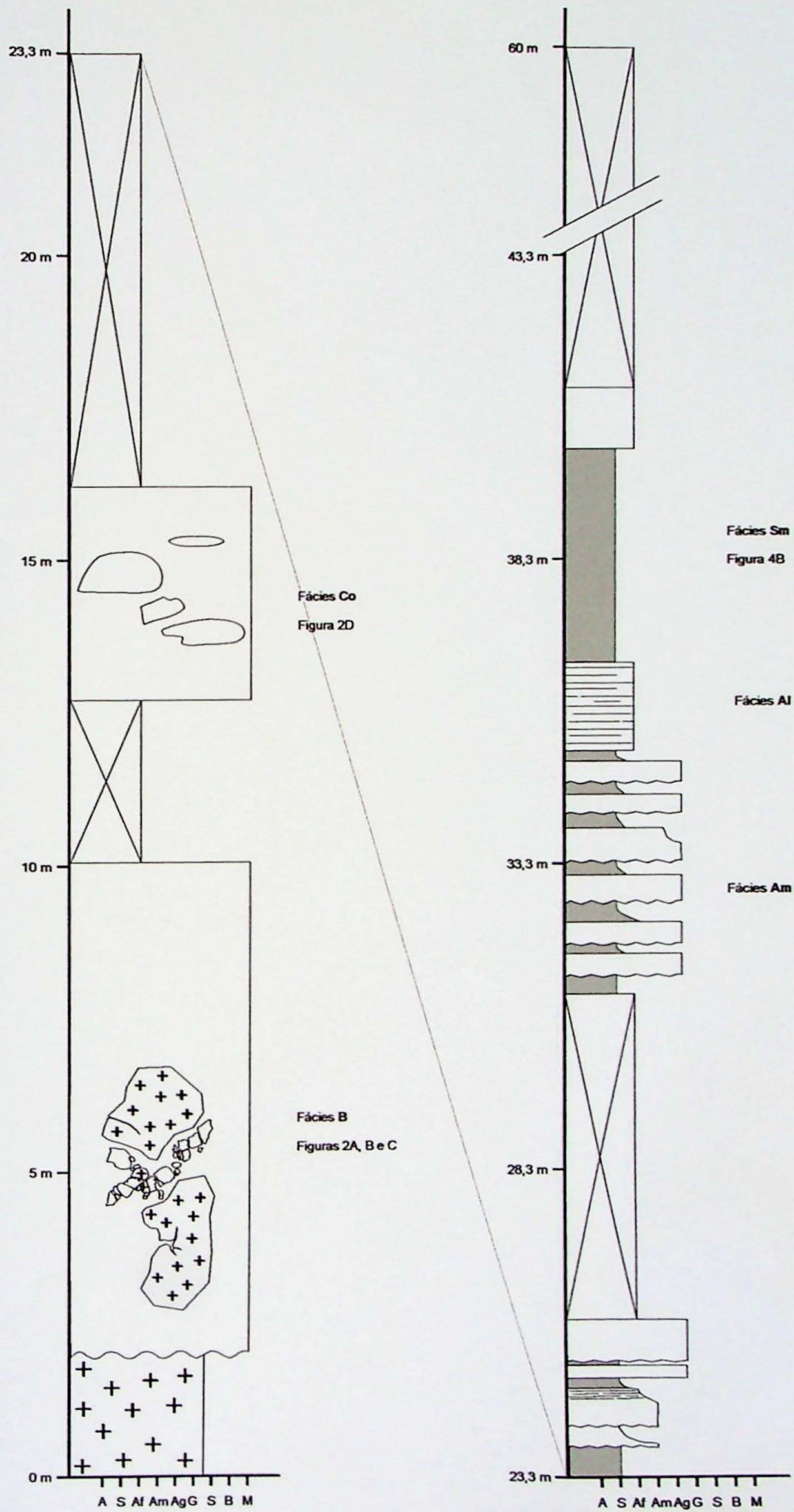


Figura 14 - Seção colunar da base da Formação Urucum, levantada no Morro do Urucum.

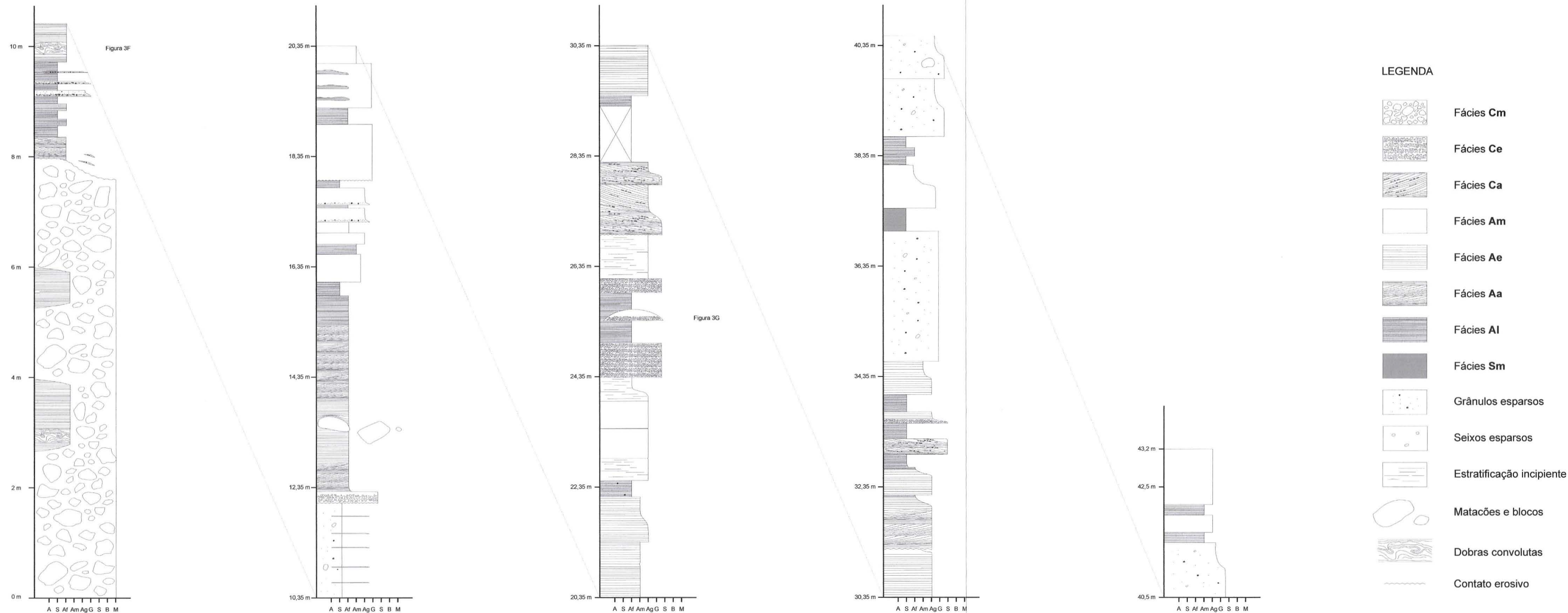


Figura 15 - Coluna estratigráfica levantada no extremo leste do Maciço do Urucum, em corte da estrada de acesso a Corumbá Mineração (COMIN).

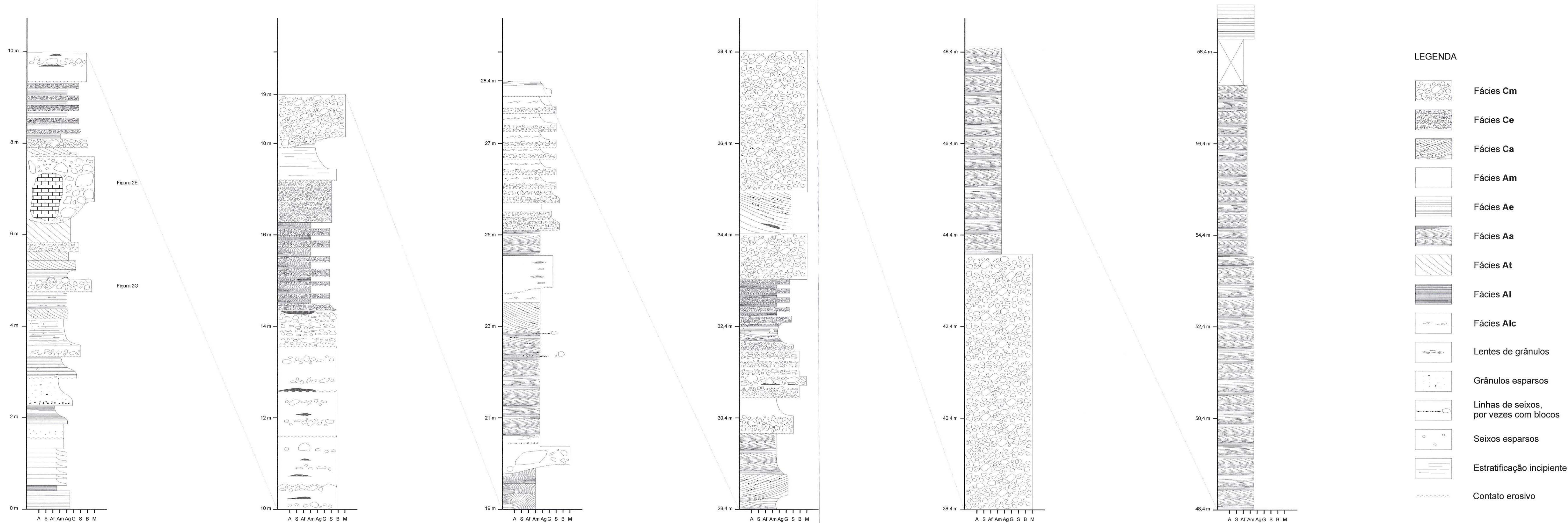


Figura 16 - Coluna estratigráfica do topo da Formação Urucum, levantada na face SW da Serra de São Domingos.

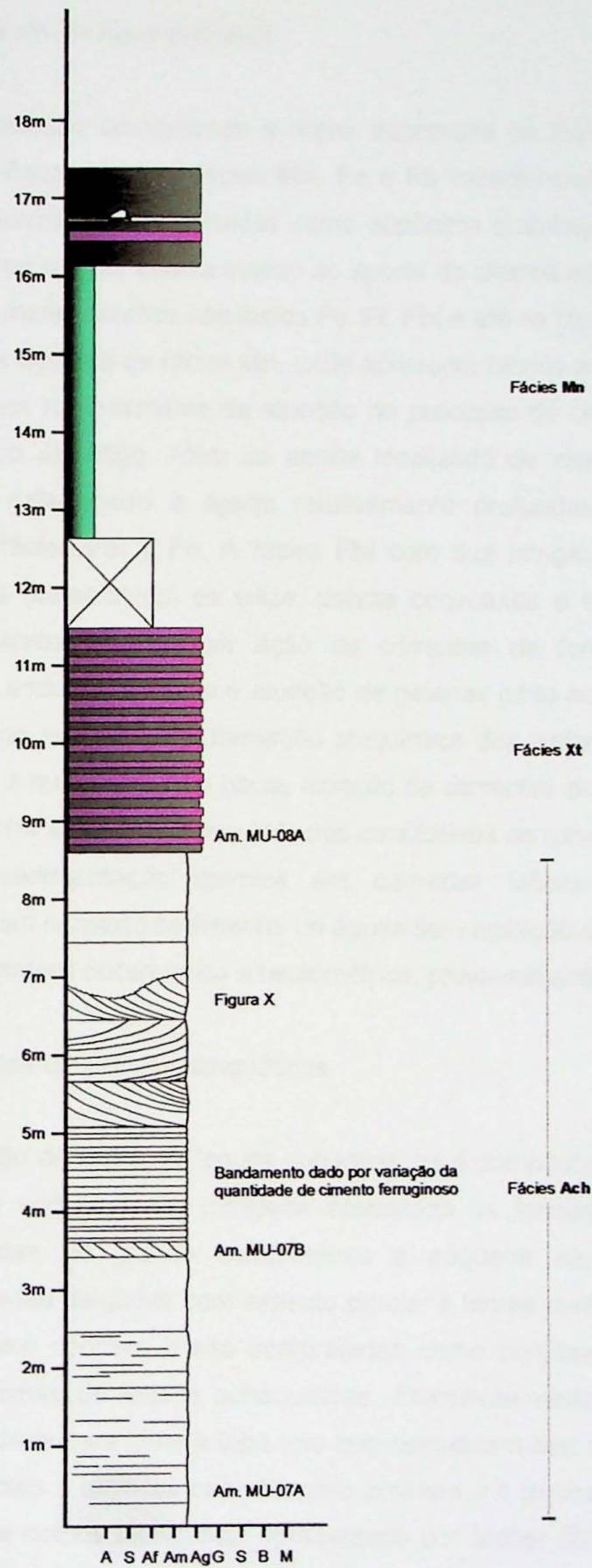


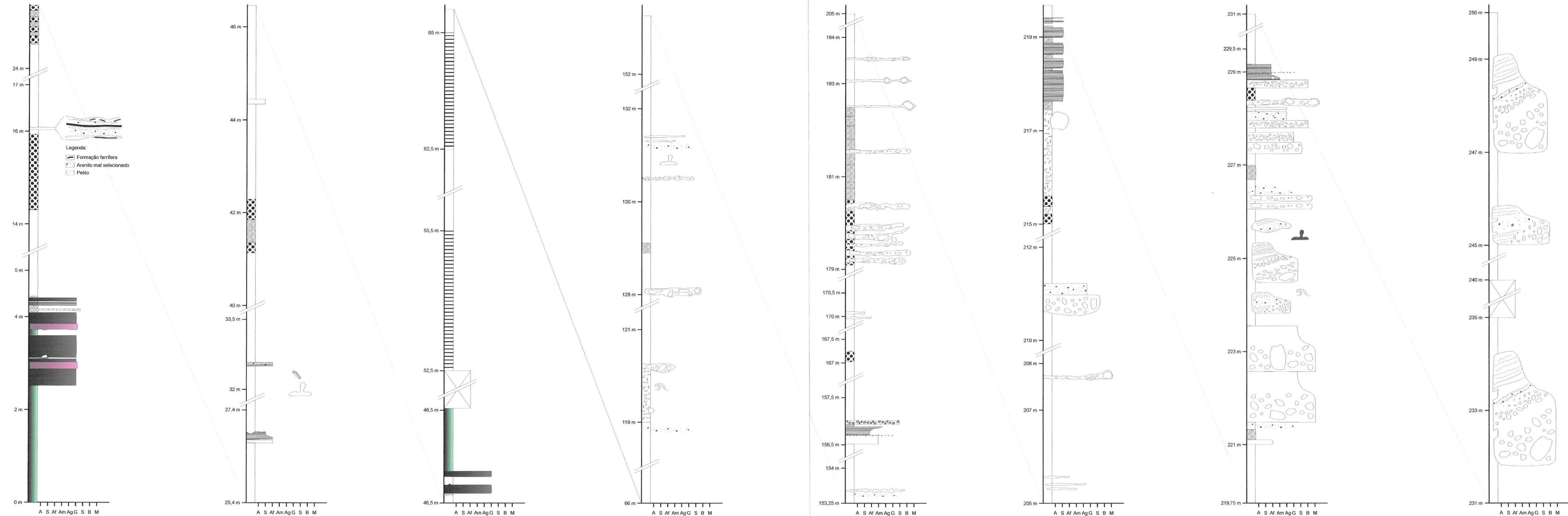
Figura 17 - Coluna estratigráfica da Formação Córrego das Pedras, levantada no Morro do Urucum.

Associação de fácies de água profunda

Esta associação compreende a maior espessura da Formação Banda Alta na seção levantada. É configurada pelas fácies **Mn**, **Fe** e **Fb** caracterizadas pela disposição tabular e regular de suas camadas interpretadas como depósitos quimicamente precipitados em águas calmas. Esse corpo d'água estaria sujeito ao aporte de clastos esparsos, por chuva de detritos (*glacial rain-out*), materializados nas fácies **Fe**, **Ft**, **Fbi** e até na fácies **Xt** em sua ocorrência logo acima da primeira camada da fácies **Mn**, onde apresenta blocos e matacões isolados. Dessas a fácies **Ft** é a maior representante da atuação do processo de chuva de detritos na sucessão superior do Grupo Jacadigo. Além do aporte localizado de clastos, outras perturbações ao ambiente calmo relacionado a águas relativamente profundas, podem ser inferidas pela observação das fácies **Fbi** e **Fo**. A fácies **Fbi** com sua intrigante relação entre distribuição caótica de placas (intraclastos) de sílica, dobras convolutas e extraclastos, pode ter origem relacionada a retrabalhamento por ação de correntes de fundo e/ou sismos, além das possibilidades de escorregamentos e atuação de geleiras junto ao fundo da bacia. A fácies **Fo** sugere aumento de energia para formação aloquímica dos esferóides de hematita, que pode estar relacionada a raseamento da bacia, atuação de correntes de fundo ou fluxos oscilatórios. De qualquer maneira a ausência de evidências conclusivas de exposição subaérea, alinhada ao predomínio de sedimentação química em camadas tabulares e regulares, levam a contemplação de um contexto sedimentar de águas sem agitação atribuído a uma espessura da lâmina d'água de ordem decamétrica a hectométrica, provavelmente marinha.

Associação de fácies de leques subaquáticos

A associação de fácies de leques subaquáticos é composta pelas fácies **Cmf**, **Aaf** e **Sl**, representantes da sedimentação terrígena intercalada as formações ferríferas na forma de lentes amalgamadas de grande comprimento e pequena espessura relativa. Exemplos extremos, de camadas delgadas com aspecto tabular e lentes curtas e espessas na escala de afloramento, também ocorrem e são interpretadas como porções, respectivamente distais e proximais, de sistemas de leques subaquáticos. Frequentemente se observa nessas lentes base com concavidade para cima e topo reto que denunciam seu caráter erosivo. A geometria de bolsões esferoidais a elípticos com diâmetro próximo a 1 m observada em corte associada ao mapeamento de corpos alongados, apresentado por Möller (2004), ambos da fácies **Cmf**, leva a interpretação de depósitos de preenchimento de canais incisos. Dessa maneira se tem delineados depósitos proximais, distais e de canais de sistemas de leques subaquáticos.



LEGENDA

- Fácies Cm
- Fácies SI e Aaf, laminado ou maciço
- Fácies Fe
- Fácies FI
- Fácies Fb
- Fácies Fo
- Fácies Fbi
- Fácies Ft
- Fácies Xt
- Fácies Mn
- Grânulos esparsos
- Lente de lentes amalgamadas das fácies Cm, Aaf, SI ± FI
- Diápiro de sílica
- Diápiro de hematita
- Intraclasto de BIF transportado com terrígenos
- Dobras convolutas
- Contato irregular com possível estrutura de sobrecarga

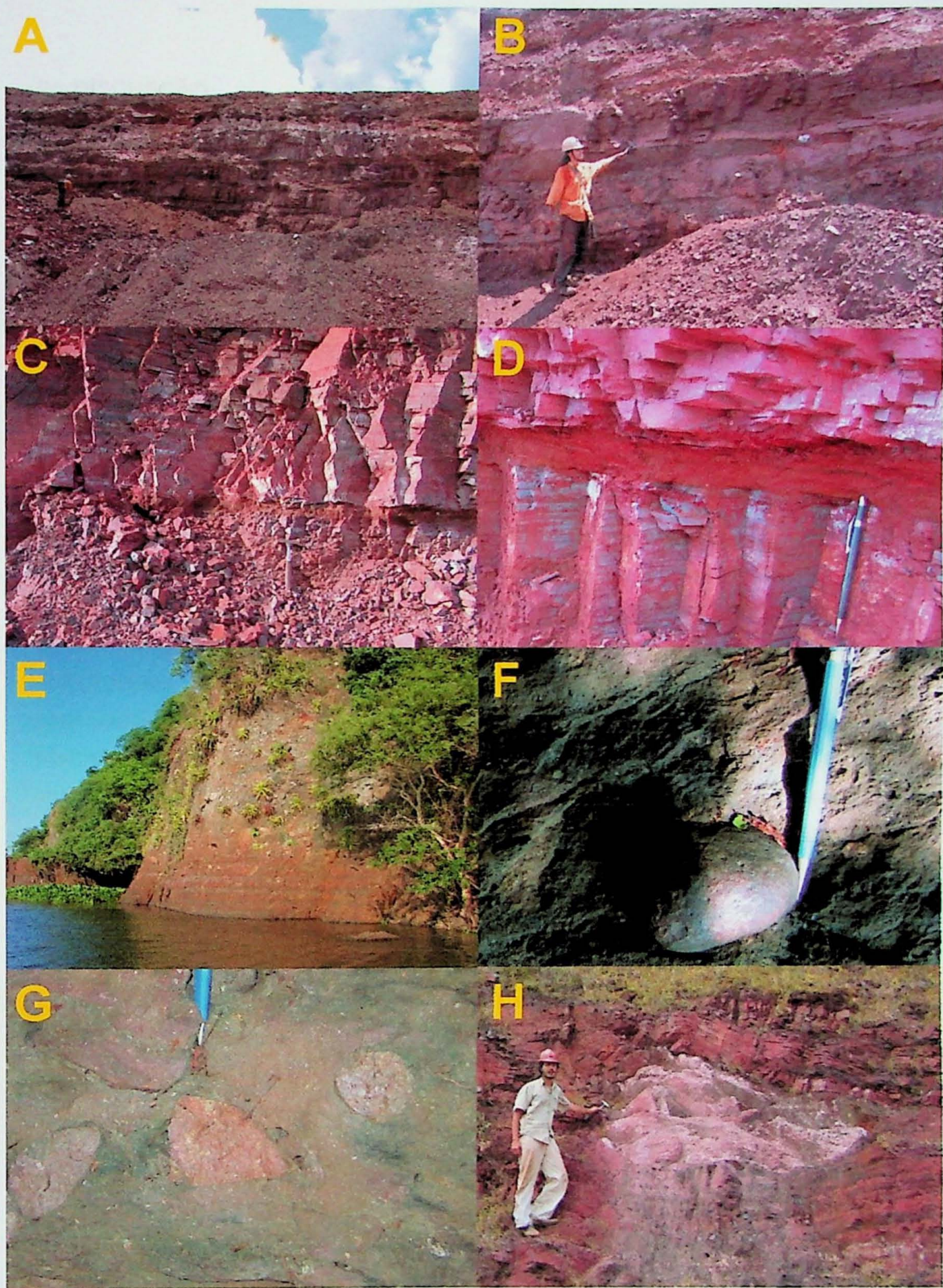


Figura 19 - A e B: Lentes, em disposição geral e aproximação, compostas por lentes amalgamadas das fácies Cm_f, Aa_f e Sl. C e D: Camadas delgadas e tabulares com que também ocorrem as fácies Aa_f e Sl. E: Afloramento da fácies Cm, na extremidade norte da Serra do Rabicho, onde se procedeu investigação de clastos em busca de evidências de processos glaciais. F: Seixo com lineamentos dúbios. G: Seixo facetado. H: Matacão isolado apresentando feição de compactação diferencial.

IV. DISCUSSÃO

O estudo sedimentológico de exposições do Grupo Jacadigo no Maciço do Urucum permitiu demonstrar, com detalhe, conjuntos de sucessões de elementos constituintes dos sistemas deposicionais atuantes na região de maior expressão do registro sedimentar em que se depositou a referida unidade. Através da descrição de fácies sedimentares e delineamento de suas associações foi possível interpretar os depósitos constituintes de sistemas deposicionais das unidades do Grupo Jacadigo.

Para a unidade inferior observou-se associações de fácies constituintes de depósitos de leques aluviais proximais intimamente relacionados com depósitos de rios entrelaçados que podem ser interpretados como canais distributários entrelaçados de leques aluviais. Os depósitos de rios entrelaçados, configuram uma porção relativamente mais distal do sítio deposicional e sua sobreposição por depósitos de lobos de fluxo de detritos proximais, associada a observação da mudança de proveniência dos conglomerados – com maior contribuição de clastos de calcário na base e clastos de granito branco grosso no topo da coluna estratigráfica apresentada como figura 16 – podem refletir reativações tectônicas, responsáveis pela subsidência da bacia sedimentar. As referidas associações foram observadas em três colunas estratigráficas, levantadas na escala 1:20 e apresentadas nas escalas 1:50 e 1:100. A coluna da figura 14 mostra o contato da Formação Urucum com o embasamento. A coluna da figura 16 mostra a porção superior dessa unidade, próxima a primeira camada da fácies **Mn**. E a coluna da figura 15 também representa a porção superior da Formação Urucum, em ocorrência mais oriental no Maciço do Urucum, embora a exposição em que foi medida a seção esteja topograficamente próxima a planície do pantanal. O que levou a tal interpretação foi a presença de afloramentos *in situ* de formações ferríferas, em cota ligeiramente superior, e apresentando o mesmo padrão de deformação, em dobras abertas, observado na referida exposição.

Das questões acerca da Formação Urucum que precedem esse estudo destaca-se a proveniência de clastos de calcário, inclusive de dimensões métricas, e a determinação do início da influência glacial observada nas rochas da Formação Banda Alta. Quanto a proveniência dos clastos calcários, já utilizados para correlação entre os grupos Jacadigo e Corumbá, posicionando o primeiro sobre o segundo, a informação publicada por Barbosa & Oliveira (1978) da presença de delgadas camadas de calcários intercaladas em arcósios no sopé da escarpa sul da Serra do Jacadigo, já indicava origem intrabacinal para esses clastos.

Em visita recente de afloramento no assentamento Taquaral, imediações da cidade de Corumbá, observou-se contato entre arenitos arcoseanos conglomeráticos, passando para siltitos laminados e calcário calcítico, geralmente silicificado e avermelhado, em corte com no

máximo 2m de altura e comumente intemperizado e calcetizado. No chão observam-se lages desse arenito conglomerático, em que se pode melhor caracterizá-lo e raros seixos e blocos de calcarenito calcítico inclusive com laminações cruzadas. Muito próximo daí, em cota topográfica ligeiramente mais baixa, observou-se extensa exposição de rochas do embasamento, configurando uma seção com aproximadamente 20m de arenitos arcoseanos e conglomerados capeada por camada de calcário com pouco mais de 1m.

Dessas observações interpretou-se que a composição carbonática contemplada nessa região trata-se de uma camada de calcário inserida na Formação Urucum e próxima a base dessa unidade, reforçando a hipótese de canibalismo da bacia também evidenciada pela presença de matacão de conglomerado estratificado em conglomerado da Formação Urucum (Figura 2G).

Quanto à determinação do início da influência glacial no Grupo Jacadigo, interpretada na Formação Banda Alta, inicialmente cogitou-se a possibilidade da fácies **B** tratar-se de rochas do embasamento glactectonizadas sucedidas por níveis de matacões orientados, paralelos a direção de movimento de geleira (fácies **Co**), constituindo *bullets*, assim como descrito por Eyles & Eyles (1992). Elementos seguros para a manutenção dessa interpretação seriam a identificação de pavimentos ou clastos estriados. Em exposição de espessos pacotes de conglomerados maciços – sem alteração química relevante e em que os clastos apresentam-se parcialmente exumados por processos físicos de alteração – no extremo norte da Serra do Rabicho, procedeu-se a investigação de clastos em busca de seixos estriados, dada a favorabilidade da exposição. No entanto a busca não produziu resultados consistentes. De todo o material observado (Figura 19E) apenas dois seixos (Figuras 19F e G) foram suspeitos de transporte por geleira, o que foi considerado, estatisticamente irrelevante.

A interpretação que pareceu bem mais razoável, dada a interação de elementos consistentes com que se apresenta, é a de paleoclima quente para a Formação Urucum. Dessa maneira a fácies **B** foi interpretada como embasamento tectonizado, sobreposto por matacões (fácies **Co**) que seriam fruto de alteração do topo do embasamento exposto em superfície. Assim a fácies **Co** constituiria um paleoregolito, registro da evolução da área fonte dos sedimentos da Formação Urucum sob clima quente e úmido. Tal interpretação é corroborada pela presença de lentes de calcário nessa unidade.

A unidade litoestratigráfica transicional Córrego das Pedras reflete a transição dos diferentes contextos deposicionais das unidades da base e do topo do Grupo Jacadigo. Nesse intervalo observa-se a passagem gradual dos depósitos continentais da Formação Urucum para depósitos, provavelmente marinhos, fortemente influenciados pela precipitação de ferro e sílica em nódulos, com cimentação carbonática (Klein & Ladeira 2004) (associação de fácies de sistema transicional). Melhor caracterização do sistema transicional não foi possível, devido a

sua espessura restrita, de aproximadamente 20m, e exposição, em geral em paredões verticais de difícil acesso. A coluna estratigráfica dessa unidade é apresentada na figura 17.

O detalhamento sedimentar da unidade de topo do Grupo Jacadigo (Figura 18) permitiu reconhecer e caracterizar com minúcia uma variedade de perturbações – que afetam o aparente estado de calma com que é tida a sedimentação das formações ferríferas – materializadas em estruturas sedimentares contemporâneas, penecontemporâneas e intercalações de sedimentos terrígenos. Das estruturas sedimentares destacam-se as estratificações cruzadas descritas na fácies **Fo**, como contemporâneas a sedimentação. Os diápiros de sílica, diápiros e cúspides de hematita, possíveis turboglifos e as ranhuras observados na fácies **Fe** constituem as estruturas penecontemporâneas, em geral indicativas de comportamento plástico dos precipitados de ferro e sílica.

As deformações observadas entre a base de intercalações terrígenas de granulometria areia a seixos, e a superfície da formação ferrífera em contato, foram interpretadas como estruturas de sobrecarga em diferentes estágios, que vão desde ondulações suaves, passando a *flames* (Figura 9C) e até com desenvolvimento de diápiros e pseudo nódulos (Figuras 9E e F). Esse tipo de estruturas, juntamente com a possível ocorrência de turboglifos, sugere uma similaridade reológica entre os sedimentos ferríferos estudados e sedimentos argilosos, de modo que as formações ferríferas podem tratar-se, pelo menos em parte, de sedimentos aloquímicos. Nesse sentido foi descrito pela primeira vez a ocorrência de formações ferríferas granulares (*GIF*) no Grupo Jacadigo. Incluiu-se a descrição dessas rochas como uma variedade na fácies **FI** devido a dificuldade de separação por descrição macroscópica, dada a granulometria fina do *GIF*. Essa variedade da fácies **FI** ocorre nas porções superiores da seção levantada da Formação Banda Alta, associada a intercalações lenticulares de sedimentos terrígenos.

Outra evidência do comportamento penecontemporâneo plástico são ranhuras de diversos e intrigantes padrões, para os quais já foi aventada origem orgânica (Dorr II 1945), e que nesse trabalho são interpretadas principalmente como enrugamentos da lâmina de hematita ao amoldar-se em geral a lentes de sílica, e também a camadas, por exemplo, da fácies **Fo** localmente com estrutura *pinch n' swell*. O emprego do advérbio “principalmente” deve-se a constatação de que outras possibilidades podem influenciar a formação dessas estruturas, como no caso isolado em que demonstram padrão poligonal em planta, podendo ser associadas a gretas de contração. Foram observadas também, evidências de comportamento penecontemporâneo rúptil, em feições de retrabalhamento de intraclastos de formação ferrífera, tanto na fácies **Fbi** como em ocorrência de seixo anguloso de *BIF* em intercalação de arenito fino (Figura 13F).

No que diz respeito à interpretação dos sistemas deposicionais atuantes na deposição da Formação Banda Alta, interpretou-se o predomínio de sistema deposicional de água profunda, com incrementação episódica de sedimentação detrítica. A sedimentação detrítica é dividida nesse trabalho em dois processos principais: chuva de detritos e correntes trativas de fundo.

O processo de chuva de detritos é representado pela fácies Ft e clastos de grandes dimensões que ocorrem, de forma isolada, na maioria das fácies. Trompette *et al.* (1998) argumentaram que esses clastos não rompem as camadas inferiores e que a impressão de deformação da camada subjacente deve-se a compactação diferencial, desse modo descartando a influência glacial na sedimentação das formações ferríferas do Grupo Jacadigo. De fato há exemplos, inclusive de matacões de quase 2 m, em que a deformação da camada subjacente é semelhante, ou menor, que a camada sobrejacente (Figura 19H), constituindo feição de compactação diferencial. No entanto há exemplos de blocos que deformam consideravelmente a camada abaixo (Figuras 12H, 13D, E e F). O processo sedimentar responsável pelo alojamento desses blocos e pela deposição da fácies Ft é aqui interpretado como chuva de detritos, entendido como desprendimento e queda de extraclastos a partir da base de *icebergs* em derretimento, dado que nenhum outro processo sedimentar menos insólito explica as feições observadas.

No que diz respeito ao controle da deformação ou não da camada subjacente, algumas observações levaram a interpretação preliminar de que esse controle é resposta a interação de duas variáveis principais: a orientação do clasto em queda e o estado de consolidação do substrato, que, como demonstrado pode variar de plástico a rúptil. Clastos com seções maiores orientadas perpendiculares à trajetória, isto é, paralelos ao substrato, oferecem maior área de atuação à força de empuxo o que desaceleraria a queda promovendo menor deformação da camada.

O segundo processo interpretado, responsável pela sedimentação detrítica intercalada as formações ferríferas, é o de correntes trativas de fundo associadas a leques subaquáticos. As intercalações terrígenas próximas a base da seção estratigráfica levantada apresentam-se como camadas aparentemente tabulares de espessura centimétrica e com predominância de pelitos e arenitos finos. Em direção ao topo observa-se aumento da proporção de sedimentos extraclásticos que ocorrem como lentes de grande comprimento, métrico a decamétrico e espessura relativamente pequena, decimétrica, até lentes de espessura métrica já bem próximo do topo. Nessas lentes predominam sedimentos rudáceos. Essas observações sugerem uma tendência progradacional em direção ao topo da seção levantada da Formação Banda Alta.

V. CONCLUSÕES

Com base nas seções estudadas, foi possível traçar a evolução local do preenchimento da bacia sedimentar em que se depositou o Grupo Jacadigo e descrever estruturas sedimentares que evidenciam o comportamento pós deposicional plástico dos sedimentos ferríferos, reologicamente similar ao comportamento de sedimentos argilosos, o que por outro lado levou ao questionamento do seu caráter químico ou aloquímico. Quanto a evolução local interpretada seguem as conclusões abaixo:

O registro inicia-se com o embasamento granítico intemperizado, provavelmente, sob clima quente e úmido. Esse registro é seguido pela instalação de sistema de leque aluvial e sistema fluvial entrelaçado em contexto tectônico distensivo (Formação Urucum), provavelmente sob clima quente e seco – dadas as ocorrências de depósitos carbonáticos associados a Formação Urucum e características texturais e mineralógicas dos seus sedimentos siliciclásticos – refletindo uma possível mudança climática. Ainda no cenário continental identificou-se associação de fácies deltáica, representante da interação de processos de fluxo de detritos e processos de tração em rios entrelaçados com processos de decantação de sedimentos finos em suspensão, posteriormente afetados por escorregamentos. Tal associação pode representar ou a presença de corpo lacustre no contexto continental ou o início da transgressão da linha de costa interpretada pela observação do sistema transicional sobrejacente (Formação Córrego das Pedras).

A sucessão continua com depósitos, de lâmina d'água relativamente profunda, da fácies **Mn**, em que se observa possível raseamento com a ocorrência de depósitos de canais que entalham a camada de manganês (Formação Banda Alta). A partir dessa altura pode ser contemplada a influência glacial interpretada nos depósitos do Grupo Jacadigo. Posterior ao raseamento e entalhe sugerido pelas feições em forma de canal, teria ocorrido novo aumento de espessura da coluna d'água e deposição das formações ferríferas em ambiente relativamente calmo com deposição subordinada, de arenitos e pelitos em camadas tabulares pouco espessas, interpretados como porções distais de leques subaquáticos. Em direção ao topo da Formação Banda Alta observa-se aumento na frequência, espessura e granulometria de terrígenos, com ocorrência de grandes lentes de conglomerados, que são interpretados como porções proximais de leques subaquáticos. Isto posto, interpretou-se uma arquitetura retrogradacional para o Grupo Jacadigo – uma vez que observa-se o registro de sedimentação continental recoberto por depósitos possivelmente marinhos, provavelmente distais aos primeiros – com sugestão de progradação no topo da sucessão. Entrementes se faz necessário o estudo de maior número de seções, com mais ampla distribuição, para se obter melhor compreensão espacial e dinâmica da unidade.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de 1945. Geologia do Sudoeste mato-grossense. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, **116**: 1-118.
- ALMEIDA, F.F.M. de 1946. Origem dos minérios de Ferro e Manganês de Urucum. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, **119**: 1-58.
- AVILA SALINAS, W.A. 1992. El magmatismo Cámbrico-Ordovícico en Bolívia. In: J.G. Gutiérrez Marco, J. Saavedra & I. Rábano (editores), *Proterozoico Inferior de Ibero-América*, Universidade de Extramadura, p. 241-253.
- BARBOSA, A.L. M & OLIVEIRA, M.M. 1978. Ambientes de sedimentação do grupo Jacadigo em Mato Grosso do Sul, Brasil e no leste da Bolívia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, **2**: 729-742.
- BERRANGE, J.P. & LITHERLAND, M. 1982. Sinopsis de la geología y potencial de minerales el área del Proyecto Precámbrico. *Proyecto de Exploración Mineral del Oriente Boliviano. Fase I e II: 1976-1983*, Informe nº 21: 120 p.
- BEUKES, N.J. & GUTZMER, J. 2004. Distribution, Genesis and Paleoecological Significance of Iron Formation Through Time. In: "1st Symposium on Neoproterozoic-Early Paleozoic Events in SW-Gondwana" extended abstracts, IGCP Project 478, 2nd Meeting, Brazil, October 2004. p. 6-7.
- BLAIR, T. C. 1999. Sedimentary processes and facies of the waterlaid Anvil Spring Canyon alluvial fan, Death Valley, California. *Sedimentology* **46**: 913-940.
- CLOUD, P. 1973. Paleoecological significance of the banded iron-formation. *Economic Geology*, **68**: 1135-1143.
- CORRÊA, J.A., CORREIA FILHO, F.C.L., SCISLEWSKI, G., NETO, C., CAVALLON, L.A., CERQUEIRA, N.L.S., NOGUEIRA, V.L. 1979. Geologia das regiões Centro e Oeste de Mato Grosso. Projeto Bodoquena. Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM/CPRM. Relatório Final (inédito), Goiânia.
- DARDENNE, M.A. 1998. Modelo Hidrotermal Sedimentar Exalativo para os Depósitos Fe-Mn da Região de Corumbá, Mato Grosso do Sul. In: 40º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais Belo Horizonte, MG, p. 152-152.
- DEL'ARCO, J.O., SILVA, R.H. da, TRAPANOFF, I., FREIRE, F. A., PEREIRA, L. G. M., SOUZA, S. L., LUZ, D. S. da, PALMEIRA, R. C. B., TASSINARI, C. C. G. 1982. Folha SE-21 Corumbá e parte da Folha SE-20; geologia. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, v.27, p. 25-160.
- DORR II, J.V.N. 1945. Manganese and iron deposits of Morro do Urucum, Mato Grosso, Brazil. *Bulletin of the United States Geological Survey*, **946A**: 1-47.
- DOTT, R.H. 1964. Wacke, graywacke and matrix – What approach to immature sandstone classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, **34**: 625-632.
- EVANS, J.W. 1894. The Geology of Matto Grosso. *Geological Society of London, Quart. Jour*, **50**: 85-104.
- EYLES, N. & EYLES, C. H. 1992. Glacial Depositional Systems In: *Facies Models – Response to Sea Level Change*. WALKER, R. G. & JAMES, N. P. (eds.). Canada, Geological Association of Canada. p. 73-100.
- EYLES, N. & JANUSZCZAK, N. 2004. 'Zipper-rift': a tectonic model for Neoproterozoic glaciations during the breakup of Rodinia after 750 Ma. *Earth-Science Reviews*, **65** (1-2): 1-73.
- FOLK, R.L. 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, Texas, Hemphill's Book Store, 170 p.
- GRAF Jr., J.L., O'CONNOR, E.A., LEEWEN, P. van. 1994. Rare earth element evidence of origin and depositional environment of Late Proterozoic ironstone beds and manganese-oxide deposits, SW Brazil and SE Bolivia. *Journal of South American Earth Sciences*, **7** (2): 101-233.
- GROSS, G.A. 1980. A classification of iron formations based on depositional environments. *Can. Miner.*, **18**: 215-222.

- GRUNER, J.W. 1922. Origin of sedimentary iron formations. The Biwabiq formation. *Economic Geology*, **17**. Urbana.
- HARLAND, W.B. 1964. Critical evidence for a great infra-Cambrian glaciation. *Geological Rundschau*, **54**: 45-61
- HOEFS, J.G., MÜLLER, K.A., SCHUSTER, WALDE, D.H.G. 1987. The Fe–Mn ore deposits of Urucum, Brazil: an oxygen isotope study. *Chemical Geology*, **65**: 311–319.
- HOFFMAN, P.F. & SCHRAG, D.P. 2002. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, **14** (3): 129-155.
- HOFFMAN, P.F., KAUFMAN, A.J., HALVERSON, G.P., SCHRAG, D.P. 1998. A Neoproterozoic snowball Earth. *Science*, **281**: 1342-1346.
- JAMES, H.L. 1954. Sedimentary facies of iron formation. *Economic Geology*, **49**: 235-293.
- of paleoceanographic models for snowball Earth phenomena. *Geology*, **29** (12):1135-1138.
- KIRSCHVINK, J.L. 1992. Late Proterozoic low-latitude global glaciation: the snowball Earth. In: *The Proterozoic Biosphere* (Eds. Schopf, J.W. and Klein, C.), p. 51-52. Cambridge University Press, Cambridge.
- KLEIN, C. & BEUKES, N.J. 1993. Sedimentology and geochemistry of the glaciogenic Late Proterozoic Rapitan iron formation in Canada. *Economic Geology*, **88**: 542-565.
- KLEIN, C. & LADEIRA, E.A. 2004. Geochemistry and mineralogy of neoproterozoic banded iron formations and some selected, silicious manganese formations from the Urucum district, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Economic Geology*, **99**: 1233-1244.
- LISBOA, M.A.R. 1909. Oeste de São Paulo, Sul de Mato Grosso; geologia, indústria mineral, clima, vegetação, solo agrícola, indústria pastoril. Rio de Janeiro, *TYP. do Jornal do Commercio*, 172 p.
- LITHERLAND, M. & BLOOMFIELD, K. 1981. The Proterozoic history of eastern Bolivia. *Precambrian Research*, **15**: 157-179.
- LITHERLAND, M., ANNELLS, R. N., APPLETON, J. D., BERRANGÉ, J. P., BLOOMFIELD, K., BURTON, C. C. J., DARBYSHIRE, D. P. F., FLETCHER, C. J. N., HAWKINS, M. P., KLINCK, B. A., LLANOS, A., MITCHELL, W. I., O'CONNOR, E. A., PITFIELD, P. E. J., POWER, G., WEBB, B. C. 1986. The Geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian shield. *British Geological Survey, Overseas Memoir* **9**, 153 p.
- MIALL, A. D. 1990. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. 2nd ed., New York, Springer-Verlag, 668 p.
- MIALL, A. D. 1992. Aluvial Deposits. In: *Facies Models – Response to Sea Level Change*. WALKER, R. G. & JAMES, N. P. (eds.). Canada, Geological Association of Canada. p. 119-142.
- MÖLLER, J.C. 2004. A geologia neoproterozóica da região de Corumbá, os recursos minerais de ferro e informações gerais sobre a MCR. *Guia da Mineração Corumbaense Reunida*, 25 p.
- MOORE, E.S. & MAYNARD, J.E. 1929. Solution, transportation and precipitation of iron and silica. *Economic Geology*, **24**. Urbana.
- O'CONNOR, E. & SHAW 1986. La geologia y potencial de minerals del distrito de Puerto Suárez, Murciélago y Laguna La Gaiba, Sureste de Bolivia. Informe inédito de 87 p, Proy Precámbrico (BGS-GEOBOL).
- OLIVEIRA, A.I. de & LEONARDOS, O.H. 1943. *Geologia do Brasil, Série Didática, nº 2*, Serviço de Informação Agrícola, 2^a ed. Rio de Janeiro.
- PAIVA, G. & LEINZ, V. 1939. Contribuição para a geologia do petróleo no sudoeste do Mato Grosso: *Departamento Nacional da Produção Mineral, Boletim* **37**: 13.
- READING, H. G. 1986. Facies. In: *Sedimentary Environments and Facies 2nd edition*. READING, H. G. (ed.), p. 4-19.
- READING, H. G. & Levell, B. K. Controls on the sedimentary rock record. In: *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy 3rd edition*. READING, H. G. (ed.), p. 5-35.

- ROSIÈRE, C.A. & CHEMALE Jr., F. 2000. Brazilian Iron Formations and their geological setting. *Revista Brasileira de Geociências*, **30** (2): 274-278
- TARR, W.A. 1917. Origin of chert in the Burlington limestone. *Amer. J. Ss.*, **44**. New Haven.
- THEODOROVICZ, A. & CÂMARA, M.M. 1991. Geologia da região da Serra do Amolar. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folhas SE.21-V-D-V – Morraria da Ínsua, SE.21-Y-B-II – Lagoa Mandioré e SE.21-Y-B-III – Amolar. Brasília, DNPM/CPRM.
- TRENDALL, A.F., 2002. The significance of iron-formation in the Precambrian stratigraphic record. *Spec. Publs int. Ass. Sediment.*, **33**: 33-66.
- TROMPETTE, R., ALVARENGA, C.J.S. DE, WALDE, D. 1998. Geological evolution of the Neoproterozoic Corumbá graben system (Brazil). Depositional context of the stratified Fe and Mn ores of the Jacadigo Group. *Jornal of South America Earth Sciences*, **11** (6): 587-597.
- URBAN, H. & STRIBRNY, B. 1985. The Geology and Genesis of the iron and manganese deposits of the Urucum District, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Zentralbl. Geologie Paläontologie*, **9/10** (1): 1515-1527.
- URBAN, H., STRIBRNY, B., LIPPOLT, H. 1992. Iron and manganese deposits of the Urucum district, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Economic Geology*, **87**: 1375-1392.
- VAN HISE, C.R. & LEITH, C.K. 1911. The geology of the Lake Superior region. *U.S. Geological Survey, Mon.* **52**. Washington.
- WALDE, D. & OLIVEIRA, M.M. 1980. Substratos para a estratigrafia dos grupos Corumbá e Jacadigo na região de Corumbá, MS. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31. *Resumos*. Balneário de Camburiú, Sociedade Brasileira de Geologia, 446p. Boletim 2, p. 424.
- WALDE, D., GIERTH, E., LEONARDOS, O.H. 1981. Stratigraphy and mineralogy of the manganese ores of Urucum, Mato Grosso, Brazil. *Geol. Rundschau*, **70**: 1077-1085.
- WALDE, D., O'CONNOR, E., LEONARDOS, O.H. 1984. The Upper Proterozoic Banded Iron-Manganese Formation (BIMF) in SW Brazil and SE Bolivia: A Model for Periglacial Ore Deposition. *Geowiss. Lateinamerika-Koll. Marburg, Tagungsh.*, **9**: 177. Marburg.
- WALKER, R. G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: *Facies Models – Response to Sea-Level Change*. WALKER, R. G. & JAMES, N. P. (eds.) Canada, Geological Association of Canada. p. 1-14.

DOAÇÃO

TGC-OSP

Data: *07/05/08*

