

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DA FOLHA MORRO DA GARÇA*
SE.23-Z-A-IV

Escala 1:100.000

ESTADO DE MINAS GERAIS

***Parceria com**



Contrato Nº 010/PR/2010



BELO HORIZONTE
2014

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL – PGB
INTEGRAÇÃO, ATUALIZAÇÃO E DIFUSÃO DE DADOS DA GEOLOGIA DO BRASIL

CPRM - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE
AV. BRASIL, 1731 – BAIRRO FUNCIONÁRIOS
BELO HORIZONTE – MG – 30.140-002
FAX: (31) 3878-0383
TEL: (31) 3878-0307
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR
BIBLIOTECABH@CPRM.GOV.BR

Kuchenbecker, Matheus.
Geologia e recursos minerais da Folha Morro da Garça
SE.23-Z-A-IV : estado de Minas Gerais / Matheus
Kuchenbecker ... [et al.] ... – Belo Horizonte : CPRM, 2014.
61 p. : il.; 30 cm

ISBN 978-85-7499-184-9

Programa Geologia do Brasil

- 1.Geologia regional – Brasil – Minas Gerais.
- 2.Recursos minerais – Brasil – Minas Gerais. I. Título.

CDD 558.151

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA DIDOTE/SEUS POR
TERESA CRISTINA SAMPAIO ROSENHAYME - CRB7 / 5663

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Programa Geologia do Brasil

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA
FOLHA MORRO DA GARÇA**

ESTADO DE MINAS GERAIS

Matheus Kuchenbecker
Daniel Galvão Carnier Fragoso
Ricardo Diniz da Costa
Humberto Luis Siqueira Reis
Raul Fernando Polisseni Graça



BELO HORIZONTE
2014

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MORRO DA GARÇA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Edison Lobão
Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Carlos Nogueira da Costa Junior
Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor-Presidente
Roberto Ventura Santos
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial
Antônio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Eduardo Santa Helena
Diretor de Administração e Finanças
Reginaldo Alves dos Santos
Chefe do Departamento de Geologia
Edilton José dos Santos
Chefe de Divisão de Geologia Básica
Patrícia Duringer Jacques
Chefe de Divisão de Geoprocessamento
Paulo Roberto Macedo Bastos
Chefe da Divisão de Cartografia
Ernesto von Sperling
Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação
José Márcio Henriques Soares
Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Marco Antônio Fonseca
Superintendente Regional
Márcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais
Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial
Marcelo de Araújo Vieira
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Cléria Sebastiana Vieira
Gerente de Administração e Finanças

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Professor Jaime Arturo Ramírez
Reitor
Professora Maria Márcia Magela Machado
Diretora do Instituto de Geociências
Professor Antônio Wilson Romano
Pesquisador do Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MORRO DA GARÇA
ESTADO DE MINAS GERAIS

CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO

Matheus Kuchenbecker - UFMG

Daniel Galvão Carnier Fragoso - UFMG

Ricardo Diniz da Costa - UFMG

Humberto Luis Siqueira Reis - UFMG

Raul Fernando Polisseni Graça - UFMG

COORDENAÇÃO - UFMG

Antônio Carlos Pedrosa Soares

APOIO TÉCNICO

Departamento de Geologia

Reginaldo Alves dos Santos

Divisão de Geologia Básica

Edilton José dos Santos

Divisão de Geoprocessamento

João Henrique Gonçalves

Superintendência Regional de Belo

Horizonte

Marco Antônio Fonseca

Gerência de Recursos Minerais

Márcio Antônio da Silva

Gerência de Relações Institucionais e

Desenvolvimento

Marcelo de Araújo Vieira

Revisão preliminar do Texto

Valter Salino Vieira

Organização e Coordenação

Luiz Carlos da Silva

Colaboração - Estagiários de Geologia

Guilherme Cotta Gonçalves

Caroline Cibele Vieira Soares

Coordenação de Revisão Bibliográfica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Organização, Preparo e Controle da

Editoração Final

Alan Düssel Schiros

Editoração para publicação

UNIKA Editora

EDIÇÃO DO PRODUTO DIGITAL

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - Ernesto von Sperling

Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares

Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA – Reginaldo Leão Neto – SIG/GEOBANK

APRESENTAÇÃO

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo a ampliação acelerada do conhecimento geológico do território brasileiro, fornecendo subsídios para mais investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros, com a consequente geração de oportunidades de emprego e renda. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa também são aplicados em projetos de águas subterrâneas, gestão territorial e em outras atividades de interesse social. Destaca-se, entre as ações mais importantes e inovadoras desse programa, a estratégia de implementação de parcerias com grupos de pesquisa de universidades públicas brasileiras, em trabalhos de cartografia geológica básica na escala 1:100.000. Trata-se de uma experiência que, embora de rotina em outros países, foi de caráter pioneiro no Brasil, representando uma importante quebra de paradigmas para as instituições envolvidas. Essa parceria representa assim, uma nova modalidade de interação com outros setores de geração de conhecimento geológico, à medida que abre espaço para a atuação de professores, em geral líderes de grupos de pesquisa, os quais respondem diretamente pela qualidade do trabalho e possibilitam a inserção de outros membros do universo acadêmico.

Esses grupos incluem também diversos pesquisadores associados, bolsistas de doutorado e mestrado, recém-doutores, bolsistas de graduação, estudantes em programas de iniciação científica, dentre outros. A sinergia entre a interação de parcela considerável do universo acadêmico com a excelência em cartografia geológica praticada pelo Serviço Geológico do Brasil resulta em enriquecedor processo de produção de conhecimento geológico, que beneficia não apenas a academia e a CPRM, mas também a comunidade geocientífica e à indústria mineral. Os resultados obtidos mostram um importante avanço, tanto na cartografia geológica quanto no estudo da potencialidade mineral e do conhecimento territorial em amplas áreas do território. O refinamento da cartografia, na escala adotada, fornece aos potenciais usuários, uma ferramenta básica, indispensável aos futuros trabalhos de exploração mineral ou àqueles relacionados à gestão ambiental e à avaliação de potencialidades hídricas, dentre outras aplicações.

Além disso, o projeto foi totalmente desenvolvido em ambiente SIG e vinculado ao Banco de Dados Geológicos da CPRM (GEOBANK), incorporando o que existe de mais atualizado em técnicas de geoprocessamento aplicada à cartografia geológica básica. Este volume contém a Nota Explicativa da Folha Morro da Garça (SE.23-Z-A-IV), juntamente com o Mapa Geológico na escala 1:100.000 em ambiente SIG, executado pela UFMG através do Contrato CPRM-UFMG No.106/PR/06.

Esse conjunto também está disponível no Portal da CPRM na Internet, no endereço www.cprm.gov.br.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO
Diretor - Presidente
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

ROBERTO VENTURA SANTOS
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RESUMO

A Folha Morro da Garça (SE.23-Z-A-IV) localiza-se na porção central do estado de Minas Gerais, inteiramente nos domínios do Cráton do São Francisco. O mapeamento geológico, em escala 1:100.000, permitiu a individualização, da base para o topo, das formações Serra da Saudade e Três Marias do Grupo Bambuí, além de três diferentes tipos de Coberturas Cenozóicas. A Formação Serra da Saudade (NP3sd) apresenta depósitos predominantemente pelíticos, com assembléia de estruturas sedimentares indicativa de ambiente plataformal. Carbonato ocorre em meio aos pelitos, configurando lentes de dimensões quilométricas. Na porção de topo desta unidade foram incluídos os intrigantes depósitos dolomíticos atribuídos ao Membro Felixlândia. A Formação Três Marias (NP3tm) apresenta, principalmente, sedimentos imaturos em depósitos caracteristicamente plataformais, sob influência de ondas de tempestade e, possivelmente, de correntes de turbidez. Os três tipos de cobertura cenozóica descritos possuem gênese muito distinta. As Coberturas eluviais detrito-lateríticas (Ndl), depósitos argilosos avermelhados que ocorrem caracteristicamente nas baixadas, estão aparentemente relacionadas ao retrabalhamento e redeposição dos sedimentos do Grupo Bambuí. As Coberturas eluviais e coluviais (N34ec), que ocorrem apenas nas terras altas, representam o desmonte, praticamente in situ, das rochas da Formação Três Marias, e a Cobertura aluvionar (N4a) descrita tem sua gênese relacionada aos principais cursos d'água que atualmente drenam a região, em especial o Rio Paraopeba. A área apresenta três compartimentos estruturais distintos. O domínio central é caracterizado por rochas indeformadas, usualmente subhorizontais. Na porção NE, as rochas exibem um padrão de dobramentos de eixo N-NNW, relacionado à edificação da Faixa Araçuaí. Na porção SW foi identificado um padrão de dobramentos de eixo NW, anômalo em relação ao contexto regional. Dentre os recursos minerais descritos na área mapeada, merecem destaque aqueles relacionados à construção civil, especialmente ardósia, calcário e pedras para calçamento. Ocorrências isoladas mostram ainda algum potencial para a pesquisa de mineralizações associadas a sulfetos. A existência de camadas de pelito carbonoso na Formação Serra da Saudade a coloca como importante tema de pesquisas na área de hidrocarbonetos.

ABSTRACT

The Morro da Garça Sheet (SE.23-ZA-IV) is located in the central portion of Minas Gerais state, entirely in the São Francisco Craton. Geological mapping at 1:100,000 scale allowed the individualization of the Serra da Saudade and Tres Marias formations (Bambuí Group), and three different types of Cenozoic Covers. The Serra da Saudade Formation (NP3sd) presents predominantly pelitic deposits, with sedimentary structures indicating a shelf environment. Carbonate occurs setting kilometer-sized lenses. In the top portion of this unit were included the intriguing dolomitic deposits attributed to Felixlandia Member. The Três Marias Formation (NP3tm) presents mainly immature shelf sediments, deposited under influence of storm waves, and possibly turbidity currents. The described Cenozoic Covers have very different genesis. The “Cobertura eluvial detrito-laterítica (Ndl)”, red clay deposits that typically occur in the lowlands, are apparently related to reworking and redeposition of Bambuí Group sediments. The “Cobertura eluvio-coluvionar (N34ec)”, which occur only in the highlands, are the dismantling, virtually in situ, of the Três Marias Formation rocks and the “Cobertura Aluvionar (N4a)” is related to the main water courses of the region, especially the Paraopeba River. The area has three distinct structural domains. The central domain is characterized by usually flat, undeformed rocks. In the NE portion occurs a pattern of folding of N-NW axis, related to the Araçuaí Belt. In the SW portion was identified a pattern of folding of NW axis, anomalous in relation to the regional context. Among the mineral resources described stand out those related to civil construction, especially slate, limestone and paving stones. Isolated occurrences also show some potential for research of sulphide-related mineralization. The existence of carbonaceous pelitic layers in Serra da Saudade Formation places it as an important topic of hydrocarbons research.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	17
1.1 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO	17
1.2 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	17
1.3 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	17
1.4 - INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS E GEOFÍSICA	19
1.4.1 - Imagem de Satélite	19
1.4.2 - Modelo digital de elevação	21
1.4.3 - Mapa Geofísico	21
1.5 - TRABALHOS ANTERIORES.....	21
2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	23
2.1 - A BACIA DO SÃO FRANCISCO	23
2.1.1 - Estratigrafia	24
2.2 - ARCABOUÇO ESTRUTURAL	29
3 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	31
3.1 - GRUPO BAMBUÍ	31
3.1.1 - Formação Serra da Saudade - NP3sd	31
3.1.1.1 - Calcário - NP3sd(c)	32
3.1.1.2 - Membro Felixlândia.....	33
3.1.2 - Formação Três Marias - NP3tm	33
3.2 - COBERTURAS CENOZÓICAS.....	35
3.2.1 - Coberturas eluvionares detrito-lateríticas - Ndl	35
3.2.2 - Coberturas eluviais e coluviais - N34ec.....	36
3.2.3 - Cobertura aluvionar - N4a	36
4 – LITOGEOQUÍMICA.....	37
4.1 - INTRODUÇÃO.....	37
4.2 - CARBONATOS.....	37
4.3 - PELITOS	38
4.4 - ARENITOS	41
5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL	45
5.1 - INTRODUÇÃO.....	45
5.2 - ANÁLISE ESTRUTURAL	45
5.2.1 - Domínio Horizontal Central.....	45
5.2.2 - Domínio Dobrado NE	47
5.2.3 - Domínio Dobrado SW.....	48
6 – DIAGÊNESE E METAMORFISMO	49
7 – RECURSOS MINERAIS.....	51
7.1 - DIREITO MINERÁRIO	51
7.2 - ARDÓSIA	51
7.3 - INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	52
7.4 - CALCÁRIO	52
7.5 - SULFETOS.....	52
7.6 - HIDROCARBONETOS	53
8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MORRO DA GARÇA

ESTADO DE MINAS GERAIS

1 – INTRODUÇÃO

Este texto acompanha o mapa geológico em escala 1:100.000 da Folha Morro da Garça (SE.23-Z-A-IV), um produto do Convênio CPRM/UFMG, que através do Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa realizou, no ano de 2010, o mapeamento geológico de seis folhas 1:100.000 e uma folha 1:50.000 no estado de Minas Gerais (Figura 1.1).

Localizada na porção central do estado de Minas Gerais, a Folha Morro da Garça é delimitada pelas coordenadas 44°30'– 45°00'W e 18°30' – 19°00'S. O acesso à região a partir de Belo Horizonte dá-se preferencialmente pela BR-040, que atravessa toda a área em sentido aproximadamente NW-SE. Outras importantes vias de acesso são a BR-135, na porção SE da folha, e a MG-159, que liga Curvelo a Felixlândia, atravessando a área em sentido E-W (Figura 1.2).

1.1 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO

Na Tabela 1 estão sintetizados os dados de produção decorrentes do mapeamento da Folha Morro da Garça. Foram visitadas 1138 estações de campo, cuja distribuição é mostrada na Figura 1.3.

1.2 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A região é marcada por clima semi-úmido em domínio quente, com 4 a 5 meses de seca e temperatura média acima de 18° em todos os meses do ano (IBGE 2002), com precipitação média anual é de cerca de 1120 mm. A vegetação largamente predominante é o cerrado, caracterizado por vegetação gramíneo-lenhosa baixa, com galerias florestais ao longo das drenagens. Nos terrenos baixos, especialmente na porção central e SW da área, a vegetação primária foi totalmente obliterada pela ação antrópica, dando lugar a grandes eucaliptais e pastagens.

Na área da folha as cotas variam entre 958 m, no alto das chapadas do setor NW, e 550 m, na represa de Três Marias, no quadrante SW. Do ponto de vista geomorfológico, são reconhecíveis na área três domínios principais (Figura 1.4):

- Relevo plano elevado, sustentado pelas rochas psamíticas da Formação Três Marias, que funcionam como resistato ao desmonte erosivo. Ocorre principalmente nas serras e terras altas do quadrante NW da folha, em cotas usualmente superiores a 800 m;
- Encosta de transição, que representa o desmonte das serras e terras altas do domínio anterior, com geração de relevo movimentado

e maior incisão de drenagens, com frequentes processos de captura. Localmente as drenagens podem apresentar forte controle estrutural. Em linhas gerais ocorre entre as cotas 740 e 800 m;

- Relevo arrasado, plano a suave ondulado, com padrão de drenagens dendrítico a paralelo e textura lisa em imagens de sensores remotos.

Os domínios geomorfológicos observados apresentam correlação com unidades regionais de relevo descritas no Mapa de Relevo do Brasil (IBGE 2006) para a região. Neste sentido, as porções de relevo plano elevado e as encostas de transição da porção NW integram as “Chapadas do Rio São Francisco”, na porção denominada “Serra do Repartimento”, enquanto as demais regiões, mais baixas, fazem parte da Depressão do Alto-Médio São Francisco.

Pedologicamente, IBGE & Embrapa (2001) consideram para a região a ocorrência de cambissolos háplicos e latossolos vermelhos, estes últimos concentrados principalmente na porção central da folha.

1.3 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A folha abrange parcialmente as áreas de seis diferentes municípios: Morro da Garça, Felixlândia, Três Marias, Corinto, Pompéu e Curvelo (Figura 1.5). De acordo com a divisão atual de planejamento do IBGE, estes municípios integram a Mesorregião Central Mineira.

Tendo em vista os dados do Censo IBGE 2010, pode-se estimar para a região um PIB anual médio *per capita* aproximado de R\$ 14.800, valor próximo da média estadual. A média é elevada pelo PIB do município de Três Marias, anormalmente maior que os demais. O IDH médio para a região fica em torno

Tabela 1.1. Dados físicos de produção do mapeamento da Folha Morro da Garça

Estações de campo visitadas	1138
Amostras Coletadas	40
Lâminas delgadas descritas	6
Análises Litogeoquímicas	8
Análises Geocronológicas *	2

*Análises em realização

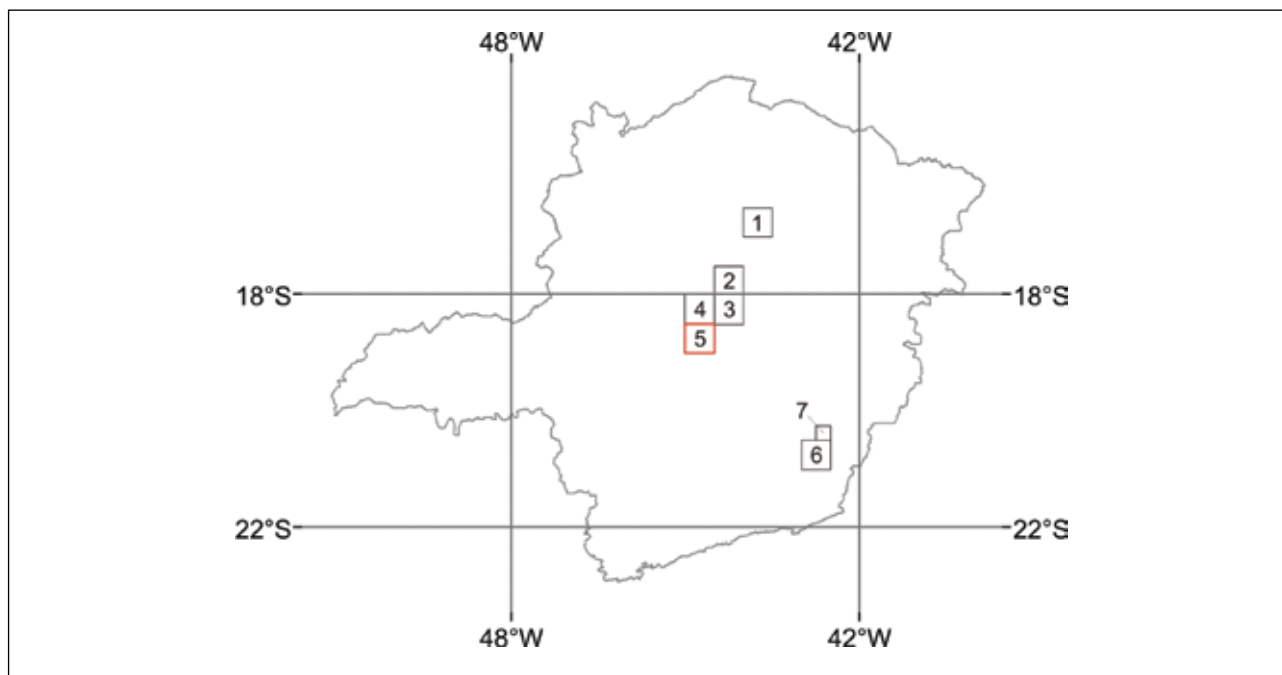


Figura 1.1 - Articulação do Convênio CPRM/UFMG 2010. 1 – Montes Claros, 2 – Serra do Cabral, 3 – Andrequicé, 4 – Corinto, 5 – Morro da Garça (Destaque), 6 – Viçosa, 7 – Jequeri.

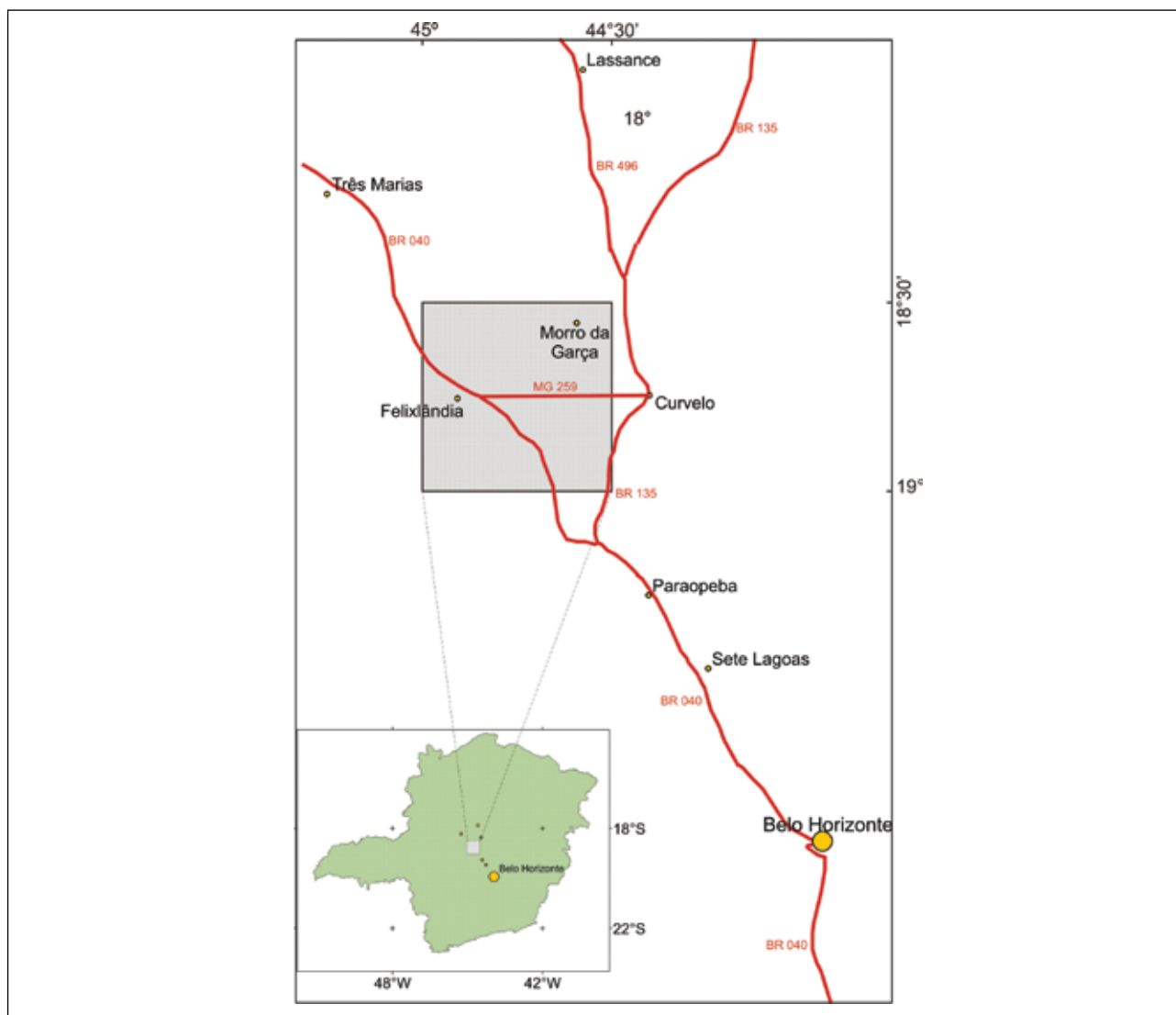


Figura 1.2 - Localização e principais vias de acesso à Folha Morro da Garça.

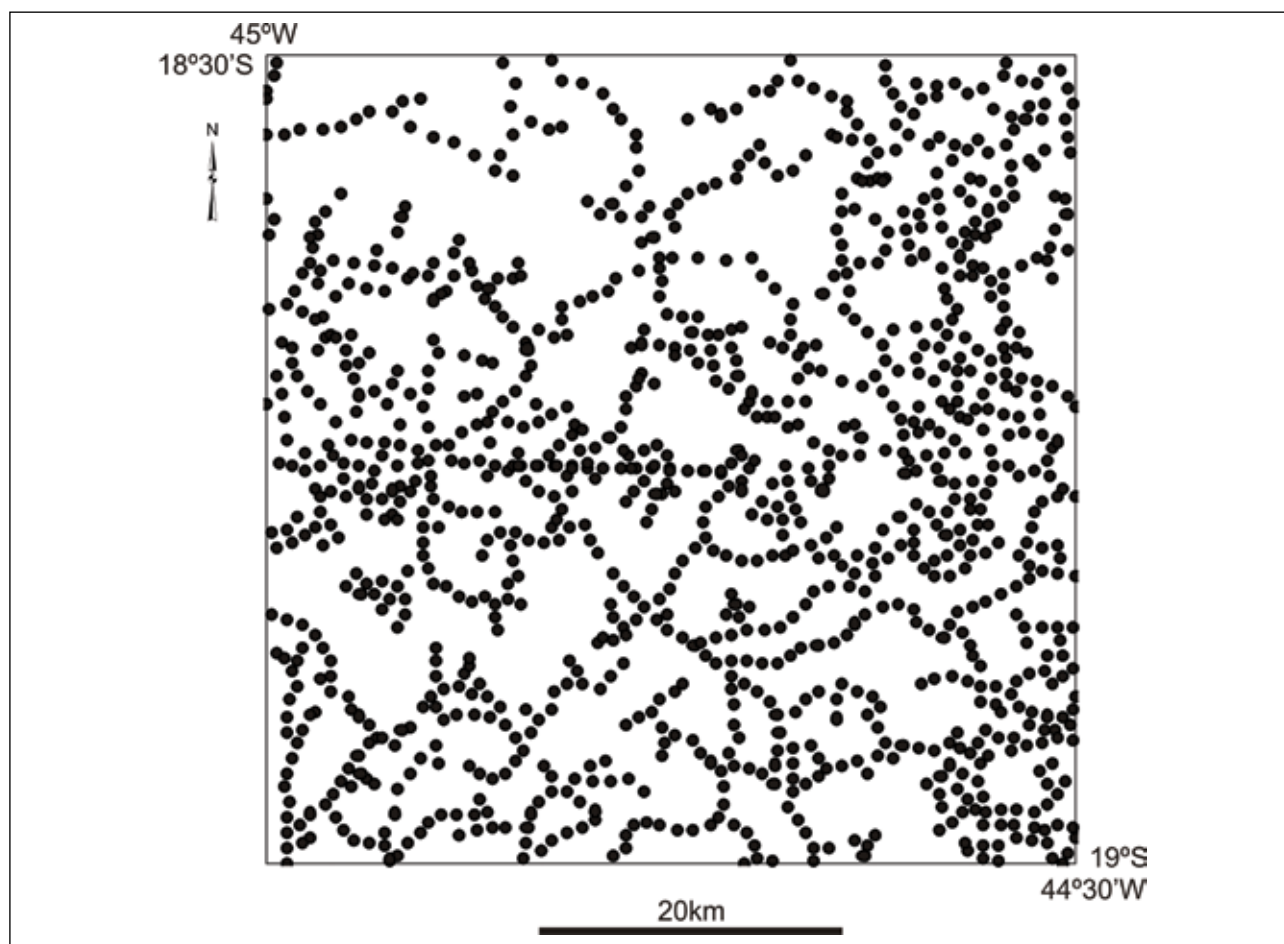


Figura 1.3 - Mapa simplificado de pontos realizados na Folha Morro da Garça.

de 0,736, pouco abaixo do IDH médio do estado de Minas Gerais. A densidade populacional em geral é média a baixa, concentrando-se nos núcleos urbanos, especialmente no município de Curvelo. A média entre os municípios gira em torno de 11,5 hab/km². A região apresenta vocação para o agronegócio, desenvolvido em maior escala especialmente na porção centro-sul da área mapeada, onde o eucalipto é plantado em grandes propriedades.

1.4 - INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS E GEOFÍSICA

Imagens de sensores remotos e mapas geofísicos foram utilizados como subsídio à programação e execução das etapas de campo. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat (Geocover), modelo digital de terreno MDT 30m e mapas magnetométricos, integrantes do Kit CPRM 2010 (Figura 1.6). O tratamento e as interpretações realizadas são brevemente descritos abaixo:

1.4.1 - Imagem de Satélite

A análise e interpretação da imagem de satélite permitiu a individualização dos domínios ge-

omorfológicos anteriormente descritos, bem como a confecção de um mapa de lineamentos de relevo e drenagem. Adicionalmente, foram identificadas estradas e localidades, facilitando o acesso aos diversos setores da folha.

A partir da análise da direção dos lineamentos obtidos, quatro domínios distintos foram delimitados. Para cada domínio foram confeccionados, com auxílio do software Photolin (Costa & Starkey 2001), diagramas de roseta da direção dos lineamentos ponderada pelo comprimento dos mesmos (Figura 1.7).

O Domínio 1 é caracterizado por um denso feixe de lineamentos de WSW, largamente predominante sobre os demais. Geomorfologicamente, ocorrem principalmente controlando a direção de escarpas e drenagens na região das serras do Grovão e da Marmelada. Aparentemente, tais lineamentos relacionam-se a uma importante direção de fraturas, especificamente ressaltada nesta região devido às características reológicas dos arenitos da Formação Três Marias.

De ocorrência restrita ao extremo NE da área, o Domínio 2 caracteriza-se por larga predominância de lineamentos de direção N-S a NNE. Tais feições estão associadas ao traço de planos de acamamento, que nesta região passam a exibir mergulhos mais altos devido à incipiente deformação das rochas.

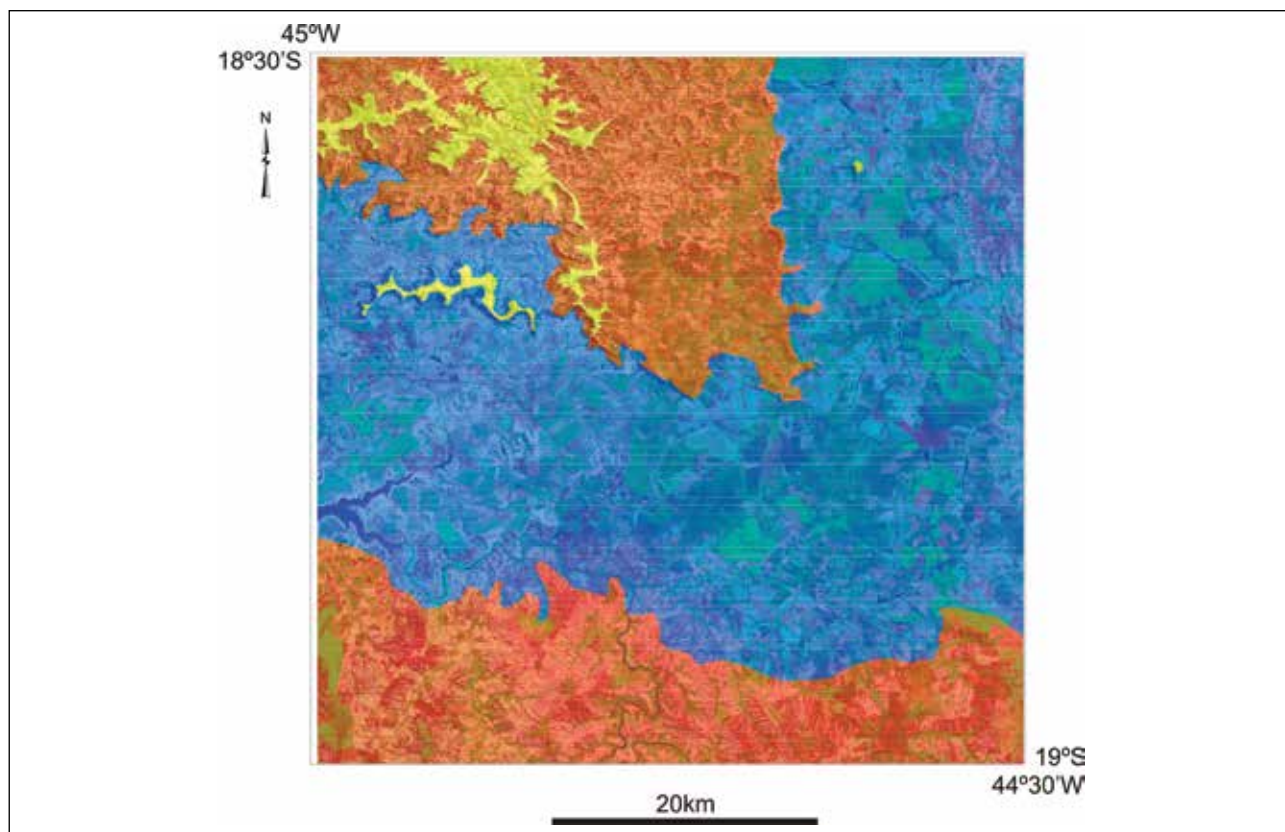


Figura 1.4 - Domínios geomorfológicos da Folha Morro da Garça. Amarelo – Relevo Plano Elevado; Laranja – Encosta de Transição; Azul – Relevo Arrasado.

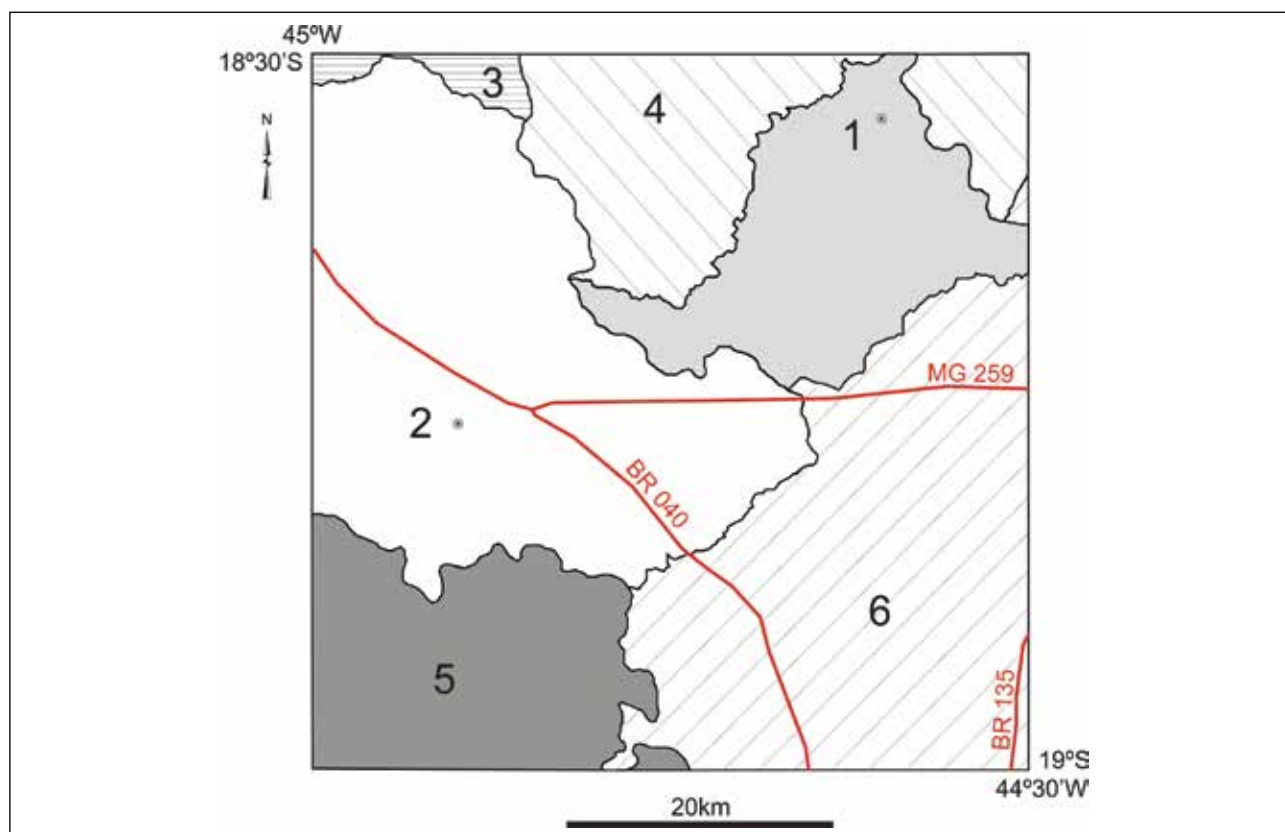


Figura 1.5 - Divisão administrativa da área mapeada. 1 – Morro da Garça; 2 – Felixlândia; 3 – Três Marias; 4 – Corinto; 5 – Pompéu; 6 – Curvelo. Os pontos indicam sedes municipais.

O Domínio 3, no extremo SW da área, é representado pela predominância de lineamentos de direção NE em detrimento dos demais. Aparentemente relacionados à ocorrência dos arenitos da Formação Três Marias a SW do Rio Paraopeba, tais lineamentos não correspondem a nenhuma feição importante identificada em campo.

Predominante na área, o Domínio 4 é marcado por duas direções principais de lineamentos, NE e NW. A ocorrência destas feições está relacionada às regiões baixas dominadas pelas coberturas terciárias e pelos pelitos da Formação Serra da Saudade, onde controla principalmente a direção de drenagens rasas e veredas. Apesar de sua forte expressão, estes lineamentos aparentemente não estão relacionados a nenhuma estrutura identificada largamente em campo.

1.4.2 - Modelo digital de elevação

Os dados do MDT 30 foram utilizados para a confecção de um modelo de relevo sombreado através do software ArcGIS. A superposição deste modelo com o MDT categorizado por classes de altitude permitiu a identificação de importantes lineamentos de relevo, auxiliando na confecção do mapa de lineamentos estruturais.

1.4.3 - Mapa Geofísico

O mapa geofísico analisado é produto do Convênio Geofísico Brasil-Alemanha (CBGA), levado

a cabo na década de 70. Através do mapa magnetométrico de campo total foi possível a identificação de um importante dipolo E-W na porção centro norte da área, além de um grande lineamento de direção NW e lineamentos diversos de menor expressão. O dipolo descrito, a exemplo de outras feições semelhantes que ocorrem na região, parece não ter expressão em superfície, podendo ser o reflexo de uma estrutura ou corpo profundo. Por outro lado, o grande lineamento de direção NW é semelhante a outras feições deste tipo que, em outras partes da bacia correspondem a diques básicos, provavelmente cretácicos, muito raramente encontrados em afloramentos (Kuchenbecker 2009, Seer *et al.* 2011).

1.5 - TRABALHOS ANTERIORES

Trabalhos geológicos anteriores desenvolvidos especificamente na região da Folha Morro da Garça são relativamente raros, e aqueles existentes são focados essencialmente no estudo das rochas do Grupo Bambuí.

Chaves *et al.* (2007) apresentam uma análise estratigráfica e geomorfológica da região do Morro da Garça, no nordeste da folha, considerando como aflorantes na região as formações Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias, do Grupo Bambuí.

Parenti-Couto (1981) descreve pela primeira vez os litotipos carbonáticos que ocorrem na Serra do Grotão, nomeando-os de Membro Felixlândia, cidade situada imediatamente a sul. Baseado na descrição de testemunhos de sondagem o autor posiciona tais rochas na base da Formação Três Marias.

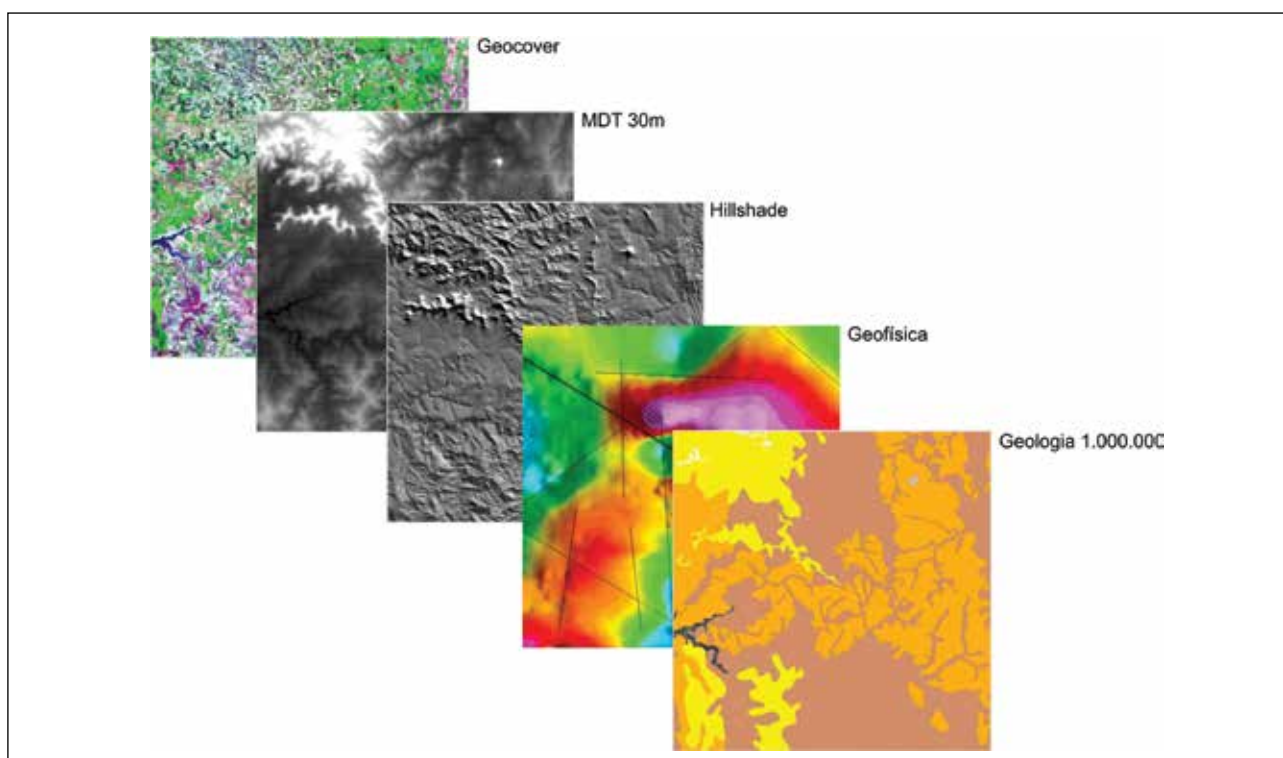


Figura 1.6 - Imagens de sensores remotos e geofísica utilizadas no mapeamento da Folha Morro da Garça.

Grossi-Sad *et al.* (1998) e Chiodi Fº *et al.* (2003) analisam o panorama econômico da Província de Ardósia de Minas Gerais, na qual se insere a região mapeada.

Chiavegatto (1992), em dissertação de mestrado, realiza a análise estratigráfica das sequências tempestílicas da Formação Três Marias em toda a porção central da bacia do São Francisco, incluindo a região mapeada.

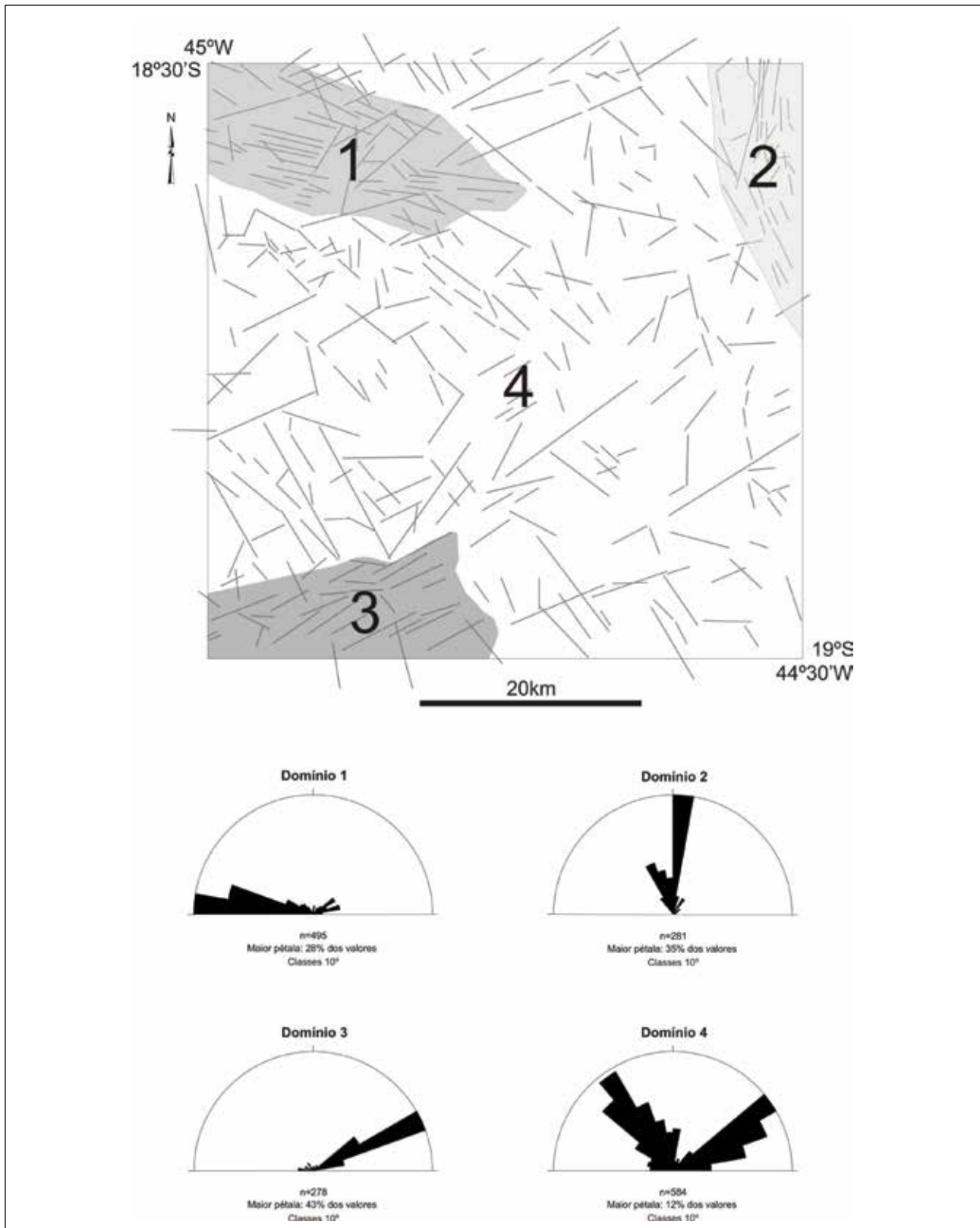


Figura 1.7 - Domínios de lineamentos da Folha Morro da Garça, com seus respectivos diagramas de roseta da direção ponderada pelo comprimento de cada segmento. “n” representa o número de segmentos de 7 pixels identificados pelo software Photolin em cada domínio, conforme Costa & Starkey (2001).

2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Folha Morro da Garça, bem como as folhas Andrequicé, Corinto, Serra do Cabral e Montes Claros, também mapeadas neste convênio, insere-se totalmente nos domínios do Cráton do São Francisco, em sua porção central (Figura 2.1).

2.1 - A BACIA DO SÃO FRANCISCO

A Bacia Sedimentar do São Francisco, que cobre quase integralmente porção mineira do cráton homônimo (Figura 2.2), encerra sucessivos ciclos baciais posteriores a 1,8Ga (Alkmim & Martins-Neto 2001). Inclui as unidades pré-cambrianas dos supergrupos Espinhaço e São Francisco (e correlatos), bem como os depósitos fanerozóicos dos grupos Santa Fé, Areado, Mata da Corda e Uruçuaia.

Nos últimos anos, grande esforço de mapeamento geológico básico vem sendo empreendido na região da Bacia do São Francisco. As folhas cartografadas, separadas pelos respectivos projetos (Figura 2.3), seguem listadas abaixo:

Projeto São Francisco (CPRM/COMIG)

Folhas 1:250.000

- Bom Despacho (Tuller & Silva 2003)
- Três Marias (Signorelli et al. 2003)

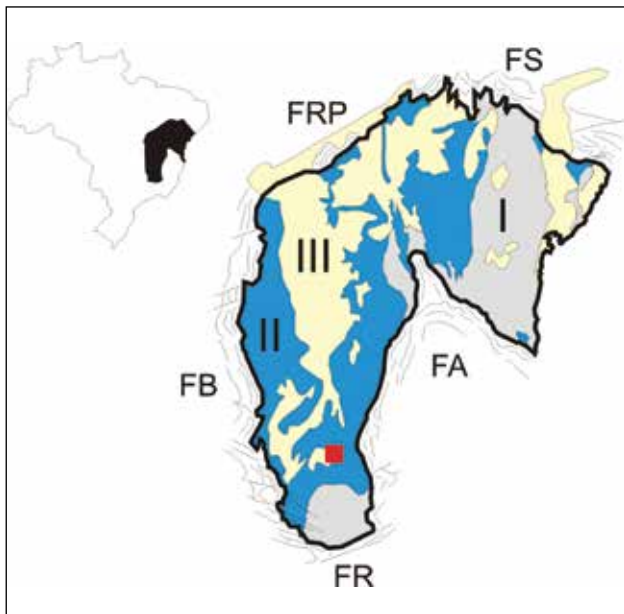


Figura 2.1 - A Folha Morro da Garça (vermelho) no contexto do Cráton do São Francisco. I - Embasamento (>1.8 Ga); II - Grupo Bambuí; III - Cobertura Fanerozoica; FA - Faixa Araçuaí; FR - Faixa Ribeira; FB Faixa Brasília; FRP - Faixas Rio Preto e Riacho do Pontal; FS - Faixa Sergipana. Modificado de Alkmim (2004).

- João Pinheiro (Oliveira et al. 2003)
- São Romão (Yamato et al. 2003)

Folhas 1:100.000

- Dores do Indaiá (Tuller & Silva 2003)
- Chapadão dos Gerais (Oliveira et al. 2003a)
- Rio do Sono (Oliveira et al. 2003b)
- João Pinheiro (Oliveira et al. 2003c)
- Serra do Jatobá (Oliveira et al. 2003d)
- Canabrava (Oliveira et al. 2003e)
- Bocaina (Oliveira et al. 2003f)
- Santa Fé de Minas (Ribeiro 2003)
- Bonfinópolis de Minas (Yamato & Araújo 2003)
- Serra do Boqueirão (Yamato & Araújo 2003a)
- São Romão (Ribeiro & Maciel 2003)
- Uruçuaia (Yamato et al. 2003a)
- Serra da Ilha (Yamato & Araújo 2003b)

Projeto Sete Lagoas-Abaeté (CPRM)

Folhas 1:100.000

- Bom Despacho (Ribeiro et al. 2009)
- Abaeté (Signorelli 2009)
- Contagem (Tuller & Ribeiro 2009)
- Baldim (Ribeiro 2008)
- Sete Lagoas (Tuller 2009)
- Pompéu (Féboli 2008)
- Belo Horizonte (Pinho 2008)

Convênio CPRM/UFRJ

Folha 1:100.000

- Piumhi (Ribeiro & Paciollo 2008)

Convênios CPRM/UFMG

Folhas 1:100.000

- Pará de Minas (Romano 2007)
- Bocaiuva (Chaves et al. 2009)
- Jequitai (Chaves 2007)
- Curvelo (Costa et al. 2009)

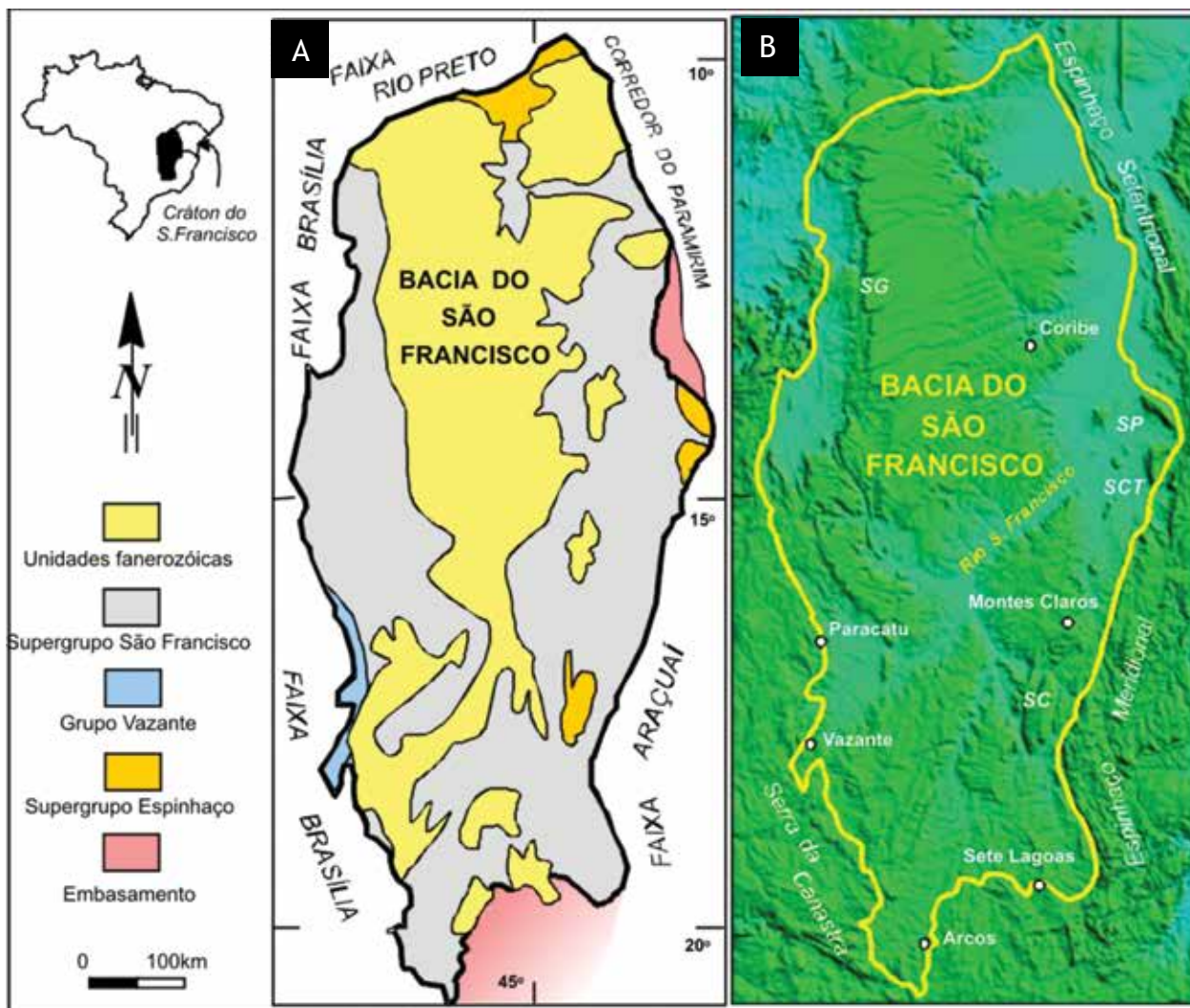


Figura 2.2 - A Bacia do São Francisco como parte do cráton homônimo. Em (a) o mapa geológico simplificado com as principais unidades de preenchimento. Em (b) o modelo digital do terreno, mostrando as principais feições de relevo e os limites da bacia. SC Serra do Cabral; SCT Serra Central; SP Serra de Palmas de Monte Alto; SG Serra Geral de Goiás.

Projeto Alto Paranaíba (CODEMIG/UFMG/CPRM)

Folhas 1:100.000

- Luz (Kuchenbecker 2011)
- Campos Altos (Seer & Morais 2011)
- São Gotardo (Dias et al. 2011)
- Carmo do Paranaíba (Uhlein et al. 2011)
- Serra Selada (Reis 2011)
- Morada Nova de Minas (Knauer et al. 2011)
- Presidente Olegário (Fragoso et al. 2011)
- Serra das Almas (Martins et al. 2011)
- Três Marias (Costa et al. 2011)

2.1.1 - Estratigrafia

As rochas com maior área aflorante na bacia pertencem ao Supergrupo São Francisco, e assentam-se discordantemente sobre os metassedimen-

tos do Supergrupo Espinhaço ao longo das serras do Cabral, Água Fria e Bicudo, na porção oeste da bacia. Localmente, o Supergrupo São Francisco é coberto, em discordância, pelas unidades fanerozóicas dos grupos Santa Fé, Areado, Mata da Corda e Urucuia (Figura 2.4).

Embasamento

Considerando as definições propostas por Alkmim & Martins-Neto (2001), fazem parte do embasamento da Bacia do São Francisco todas as unidades paleoproterozóicas e arqueanas mais antigas que 1,8Ga. As principais exposições do embasamento ocorrem no setor sul da bacia, ao longo do Alto de Sete Lagoas, a norte do Quadrilátero Ferrífero, e junto ao seu limite nordeste. Elas incluem complexos de gnaisses e migmatitos TTG (tonalito-trondhjemitó-granodiorito), corpos graníticos e seqüências do tipo greenstone belt, além de pacotes metassedimentares paleoproterozóicos (Pinho 2008, Noce et al. 2007).

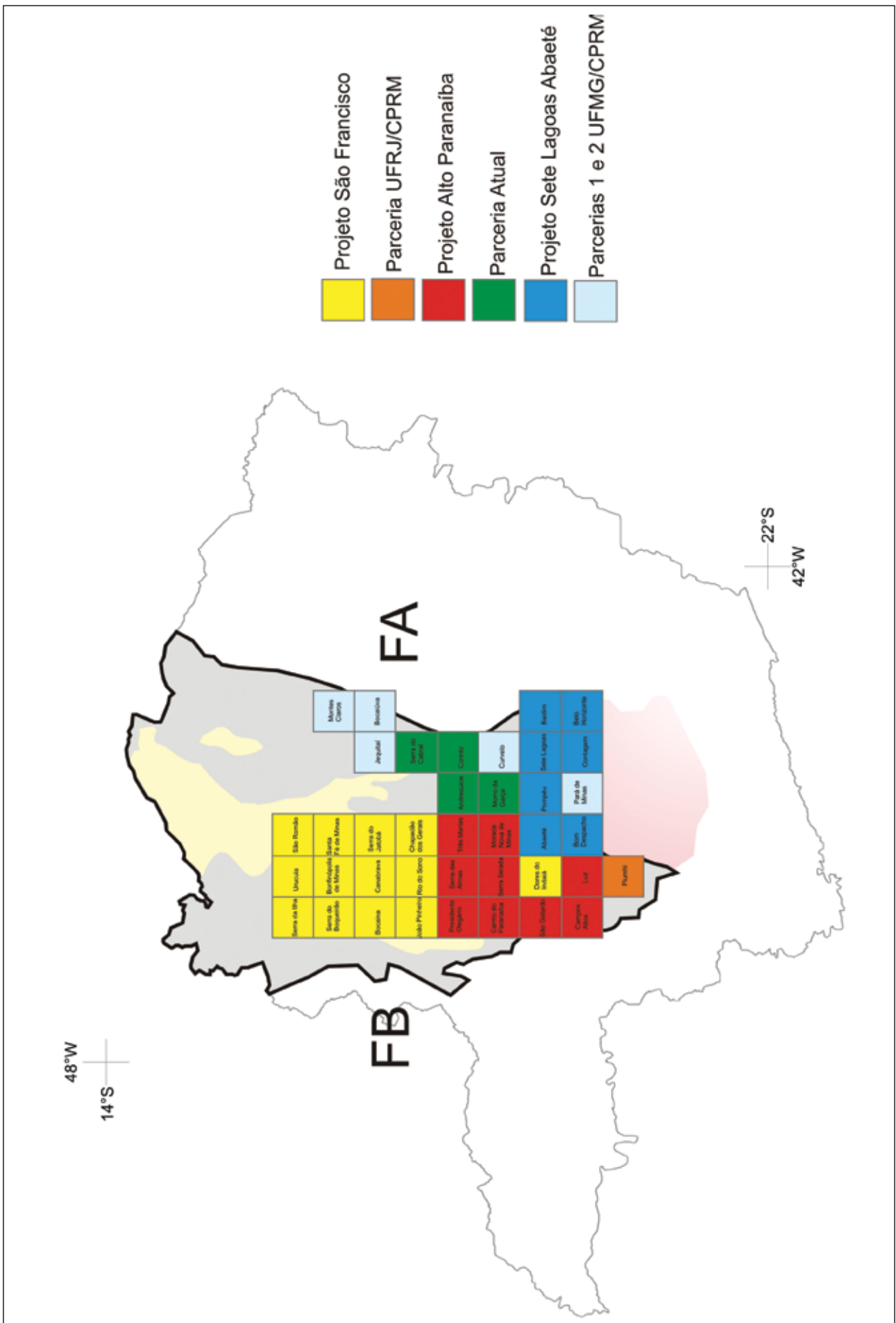


Figura 2.3 - O estado da arte do mapeamento geológico em escala 1:100.000 na Bacia do São Francisco.

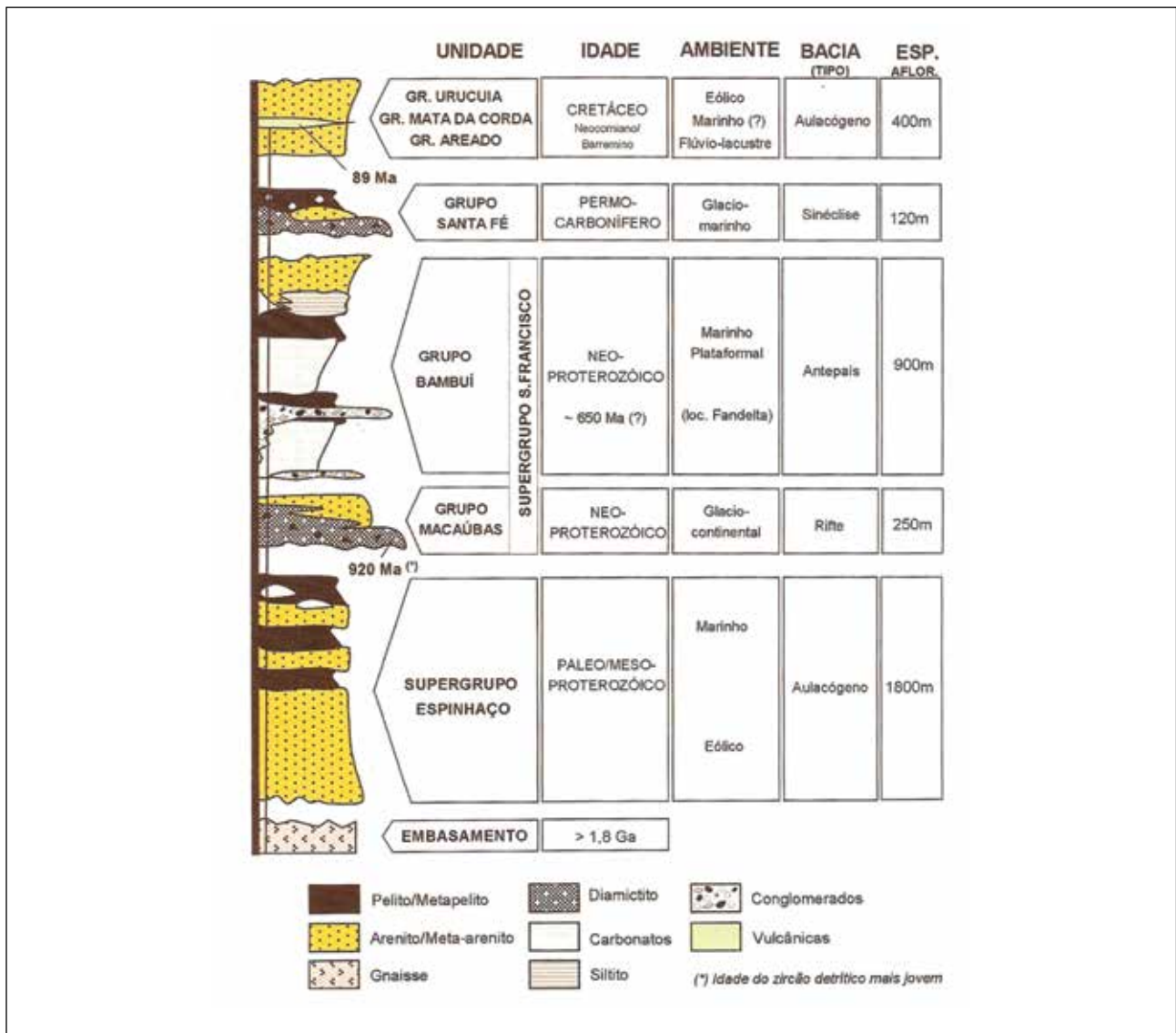


Figura 2.4 - Coluna estratigráfica simplificada da bacia do São Francisco mostrando suas principais unidades de preenchimento (Alkmim & Martins-Neto 2001).

Supergrupo Espinhaço

O Supergrupo Espinhaço engloba uma seqüência essencialmente metassedimentar aflorante ao longo da serra homônima, cujas principais exposições, nos domínios da Bacia do São Francisco, ocorrem nas regiões da Serra do Cabral, Serra da Água Fria e Serra do Bicudo (Souza F^o 1995, Hercos 2008). São descritas ainda exposições ao longo das serras Central (MG) e Palmas de Monte Alto (BA) (Alkmim & Martins-Neto 2001, Alkmim 2011).

De forma geral é representado por uma alternância de quartzitos, filitos e metarruditos, localmente intercalados por rochas metavulcânicas (Scholl & Fogaça 1979, Knauer 1990, Almeida-Abreu 1995) e cuja deposição se iniciou em torno de 1,71Ga, durante o Paleoproterozóico (Machado et al. 1989, Dussin & Dussin 1995, Renger & Knauer 1995). Embora interpretado por diversos autores

como uma única seqüência rifte-sinécise (Dussin & Dussin 1995, Martins-Neto 1999), correlações com outras unidades ao longo do Orógeno Araçuaí (Almeida-Abreu 1995, Knauer 2007) e estudos geocronológicos mais recentes (Chemale et al. 2010) podem indicar uma evolução mais complexa para o Supergrupo.

Supergrupo São Francisco

Inicialmente nomeada “Série São Francisco” por Derby (1880 apud Magalhães 1989) e redefinida com o status de grupo por Plfug & Renger (1973), esta unidade litoestratigráfica foi alvo de importantes trabalhos regionais ao longo das últimas décadas (e.g. Costa & Branco 1961, Dardenne 1978, Dardenne 1981). O Supergrupo São Francisco é dividido em duas grandes unidades litoestratigráficas, os grupos Macaúbas e Bambuí, que representam uma sucessão de sedimentos neoproterozóicos depositados,

predominantemente, em ambiente marinho plataformar, com contribuição glaciogênica.

Nos domínios da Bacia do São Francisco, o Grupo Macaúbas é representado principalmente pela Formação Jequitai (e.g.: Karfunkel & Hoppe 1988, Hercos 2008). Tendo O Grupo Bambuí Formação Três Marias (Dardenne 1978, Dardenne 1981). Conforme Costa & Branco (1961) e Castro & Dardenne (2000), são também incluídos no Grupo Bambuí os conglomerados Carrancas e a Formação Samburá.

Grupo Macaúbas

Nos domínios da Bacia do São Francisco, o Grupo Macaúbas é representado principalmente pela Formação Jequitai (e.g. Karfunkel & Hoppe 1988, Hercos 2008), que tem suas principais exposições na região homônima e ao longo das serras do Cabral, Água Fria e Bicudo (proximidades de Corinto – MG), na porção leste da bacia.

A unidade é composta, essencialmente, por diamictitos, pelitos e psamitos, de suposta gênese glacial (Karfunkel & Hoppe 1988, Uhlein *et al.* 2004, Hercos 2008), que se assentam discordantemente sobre as unidades superiores do Supergrupo Espinhaço (Dardenne & Walde 1979, Hercos 2008). Datações U-Pb em zircões detríticos indicam idade máxima de deposição em torno de 880 Ma (Rodrigues 2008).

Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí representa um espesso conjunto de rochas pelito-carbonáticas plataformais com eventuais ruditos basais que recobre grande parte do Cráton do São Francisco e de suas faixas marginais. A unidade apresenta espessuras que variam de poucas centenas de metros, na região de Montalvânia (MG), a mais de 2000 m, ao longo da borda ocidental da bacia (Dardenne 1981, Fugita & Clark F^o 2001, Zalán & Romeiro-Silva 2007).

Do ponto de vista tectônico, trabalhos recentes (e.g. Alkmim & Martins-Neto 2001, Reis 2011, Kuchenbecker 2011) indicam para a bacia um contexto *foreland*, relacionado à edificação da Faixa Brasília, na borda oeste do Cráton do São Francisco. A idade do Grupo Bambuí ainda é alvo de intensas discussões. Uma idade isocrônica Pb-Pb de 740 ± 22 Ma foi obtida em carbonatos da Formação Sete Lagoas na porção leste da bacia (Babinski *et al.* 2007). Por outro lado, Rodrigues (2008) descreve zircões detríticos de c. 630 Ma (U-Pb) em intecalações pelíticas na mesma formação, também na porção leste da Bacia, sugerindo que a unidade é substancialmente mais jovem.

A divisão litoestratigráfica vigente, definida na porção centro-leste da bacia, baseia-se, com poucas modificações, nos trabalhos pioneiros de Costa &

Branco (1961) e Dardenne (1978). Da base para o topo tem-se as formações Carrancas, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias. Em consonância com Castro & Dardenne (2000), são também incluídos no grupo os depósitos rudíticos da Formação Samburá (Figura 2.5).

Formação Carrancas

Restrita à porção sul da bacia, a unidade ocupa posição basal, ocorrendo em geral diretamente sobre o embasamento cristalino e sob os carbonatos da Formação Sete Lagoas. É composta por conglomerados polimíticos de matriz carbonática intercalados a lentes de arenitos com seixos (Vieira *et al.* 2007) e eventuais pacotes pelíticos (Tuller *et al.* 2008).

Estudos de proveniência sedimentar, baseados na datação de zircões detríticos, indicam os complexos TTG do embasamento como principal fonte dos sedimentos (Rodrigues 2008, Kuchenbecker 2011).

Formação Sete Lagoas

Ocorre principalmente na região de Sete Lagoas, com correlatos em Arcos (MG), na Serra de São Domingos (GO) e em alguns pontos da porção centro-norte da bacia. Na sua área tipo é composta por uma sucessão de margas, pelitos, dolomitos e calcários, que, localmente, contêm estromatólitos colunares e porções oolíticas (Dardenne 1981). Leques de pseudomorfo de aragonita são descritos em calcilitos da porção basal da unidade (Vieira *et al.* 2007, Kuchenbecker *et al.* 2011, Tuller *et al.* 2008)

A Formação Sete Lagoas é interpretada com uma seqüência de rampa carbonática dominada por tempestades e arranjada segundo dois ciclos transgressivos (Vieira *et al.* 2007). A seção basal, com leques aragoníticos, representa uma sucessão de carbonatos pós-glaciais, cujos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ passam de negativos a positivos, nas unidades sobrejacentes (Babinski *et al.* 2007, Kuchenbecker 2011).

Formação Samburá

A Formação Samburá, aflorante apenas no setor sudoeste da Bacia do São Francisco, é composta por orto e paraconglomerados, com seixos de quartzo, xisto, gnaisses, milonitos, quartzitos e filitos. Em direção ao topo, estes depósitos intercalam-se com siltitos e argilitos feldspáticos (Magaalhães 1989). Em estudos abrangendo as regiões da Serra da Pimenta e alto Rio São Francisco, Castro & Dardenne (2000) interpretam esta unidade como depósito de *fan delta*, tendo como fonte principal os domínios da Faixa Brasília.

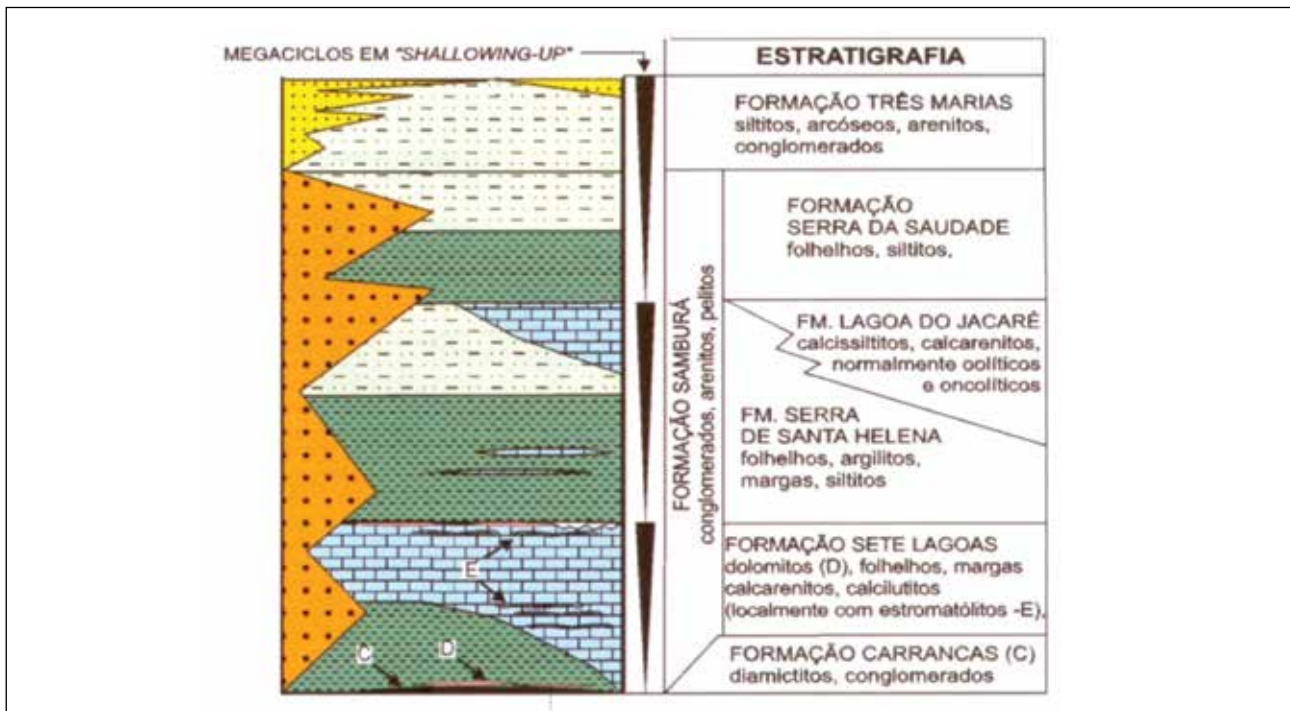


Figura 2.5 - Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí, mostrando as relações entre suas principais unidades, bem como os sucessivos ciclos em shallowing upward. Modificado de Martins-Neto & Alkmim (2001).

Em relação às demais unidades do Grupo Bambuí, os ruditos da Formação Samburá ocorrem ora sob os carbonatos da Formação Sete Lagoas (Dardenne 1978, 1981, Magalhães 1988) e ora sobre os mesmos (Castro & Dardenne 2000), sugerindo gênese relacionada a pulsos tectônicos na borda da bacia. Contatos tectônicos entre as duas unidades também são reportados (Ribeiro et al. 2008).

Dardenne *et al.* (2003) reportam para Formação Samburá zircões detríticos com idades entre 1,8 e 0,65Ga.

Formação Serra de Santa Helena

Tem suas principais exposições na porção sudeste da Bacia do São Francisco, onde jaz concordantemente sobre os carbonatos da Formação Sete Lagoas. Engloba folhelhos e siltitos cinza a cinza esverdeados laminados, frequentemente intercalados por arenitos finos e calcários acinzentados (Dardenne 1978, Dardenne 1981). Correspondem a sedimentos marinhos depositados em plataforma siliciclástica distal (Vieira *et al.* 2007).

Idades obtidas em zircões detríticos por Rodrigues (2008) mostram espectro similar ao da Formação Sete Lagoas, com picos em torno de 650 e 750Ma.

Formação Lagoa do Jacaré

Ocorre principalmente nas regiões leste e norte da bacia, assentando-se concordantemente so-

bre as unidades da Formação Serra de Santa Helena (Dardene 1978, 1981), ou ocorrendo como lentes de dimensões quilométricas em meio aos pelitos desta unidade (Costa et al. 2009, Kuchenbecker 2011a).

A Formação Lagoa do Jacaré é composta por uma alternância de calcários oolíticos e pisolíticos cinza-escuros, fétidos e ricos em matéria orgânica, siltitos e margas acinzentados.

Iglesias & Uhlein (2009) descrevem estratificações/laminações plano-paralelas, marcas onduladas, gretas de ressecamento e *hummockys*, considerando as rochas como depósitos plataformais de alta energia, sujeita a constante retrabalhamento e episódios de tempestade. Os mesmos autores reportam espessuras da ordem de 140 m.

Zircões detríticos obtidos em pelitos desta unidade mostram idades (U-Pb) entre 1800 e 650 Ma (Rodrigues 2008).

Formação Serra da Saudade

Aflora ao longo de toda a Bacia do São Francisco e, segundo Dardenne (1981), corresponde a siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos e verdes, intercalados por calcários negros, ricos em matéria orgânica, bem como bancos oolíticos e pisolíticos com estratificações cruzadas acanaladas.

Nos arredores de Cedro do Abaeté (MG), esta formação hospeda importantes ocorrências de fosforitos, as quais se associam a ritmitos pelito-arenosos verdes e ricos em glauconita (*verdetes*). Conforme

Lima *et al.* (2007) a Formação Serra da Saudade corresponde a uma seqüência plataformal influenciada por ondas de tempestade.

Datação U-Pb em zircões detríticos mostram idades em torno de 650 e 800Ma (Rodrigues 2008).

Formação Três Marias

Unidade de topo do Grupo Bambuí, a Formação Três Marias é composta predominantemente por arcóseos e siltitos verdes a cinza-esverdeados, depositados ambiente plataformal raso, sob intensa influência de ondas de tempestade (Chiavegatto 1992). Costa *et al.* (2011a) consideram para a unidade espessura mínima da ordem de 500 m, na região de Três Marias (MG).

O contato basal, com a Formação Serra da Saudade pode ocorrer de forma gradacional (Dardenne 1981) ou por discordância erosiva, quando então é marcado pela ocorrência de conglomerado oligomítico (Chiavegatto *et al.* 1997).

Zircões detríticos obtidos em arenitos desta unidade mostram idades principais entre 770 e 630 Ma.

Unidades Fanerozóicas

Recobrimo discordantemente as rochas neoproterozóicas do Grupo Bambuí ocorrem em grandes áreas da porção central da bacia rochas de idade mesozóica e, mais raramente paleozóica. Uma breve descrição destas unidades será exposta abaixo.

Grupo Santa Fé

Constituído por uma sucessão de sedimentos glaciogênicos continentais de idade permo-carbonífera, depositados em discordância erosiva sobre as unidades do Grupo Bambuí (Campos & Dardenne 1997a, Sgarbi *et al.* 2001).

É composto por tilitos, folhelhos com seixos pingados e arenitos, que ocorrem em afloramentos restritos ao longo do eixo central da Bacia do São Francisco. Espessura máxima da ordem de 180m é reportada na região de Santa Fé de Minas (MG) (Campos & Dardenne 1997a).

Grupo Areado

Aflora na porção central da bacia do São Francisco, e engloba os sedimentos das formações Abaeté, Quiricó e Três Barras, depositados em bacia desenvolvida no Eocretáceo através de um sistema de falhamentos normais (Fragoso *et al.* 2011).

Apresenta conglomerados, pelitos e arenitos depositados em sistemas aluvial, lacustre e eólico, em ambiente desértico (Sgarbi *et al.* 2001). Espessu-

ras da ordem de 130 m são reportadas na região de Presidente Olegário (Fragoso *et al.* 2011).

Grupo Mata da Corda

Restrito à porção sudoeste da Bacia do São Francisco, o grupo engloba as formações Patos e Capacete, sendo composto por rochas vulcânicas a sub-vulcânicas, depósitos vulcanoclásticos e sedimentos epiclásticos (Campos & Dardenne 1997a). Segundo Sgarbi *et al.* (2001) a espessura máxima fica em torno de 200 m.

Idade neocretácica é indicada por datações K-Ar em micas de corpos kamafugíticos da Formação Patos (Sgarbi 2011).

Grupo Urucua

As principais exposições do Grupo Urucua ocorrem na porção norte da Bacia do São Francisco, ao longo do vale do rio homônimo (Campos & Dardenne 1997a). É composto predominantemente por arenitos eólicos e aluviais, com espessura máxima de c. 200m na região de São Domingos (GO). A unidade é interpretada como neocretácica e assenta-se, em grande parte da bacia, discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Bambuí (Campos & Dardenne 1997a, Sgarbi *et al.* 2001).

2.2 - ARCABOUÇO ESTRUTURAL

Dados geofísicos, de campo e de poços (Magalhães 1989, Souza F^o 1995, Fugita & Clark F^o 2001, Zalán & Romeiro-Silva 2007, Coelho 2007, Hercos 2008), indicam que o embasamento da bacia do São Francisco encontra-se estruturado segundo altos (e.g. Sete Lagoas e Januária) e baixos (e.g. Pirapora) de escala regional, que desempenharam importante papel durante o evento tectônico que afetou a bacia no final do neoproterozóico.

A Bacia do São Francisco, sob o ponto de vista estrutural, compreende quatro compartimentos estruturais distintos (Alkmim *et al.* 1993), três deles deformados e um indeformado (Figura 2.6). Os compartimentos deformados leste, oeste e norte correspondem a cinturões de antepaís e representam a expressão intracratônica das faixas brasileiras Araçuaí, Brasília e Rio Preto, respectivamente. Exibem, de uma maneira geral, polaridade tectônica centrípeta, voltada para o interior cratônico.

Os compartimentos leste e oeste correspondem a cinturões de dobras e falhas com orientação geral N-S e envolvem somente as unidades pré-cambrianas de cobertura (Alkmim 2004). Tais cinturões são separados pelo compartimento central, onde as rochas neoproterozóicas do Grupo Bambuí ocorrem indeformadas (Figura 2.6).

Segundo Alkmim & Martins-Neto (2001), além das vergências opostas, os cinturões de antepaís destes compartimentos exibem diferenças significativas no que se refere ao metamorfismo e estilo deformacional. As principais diferenças se devem a ausência de metamorfismo e clivagens penetrativas no compartimento oeste. Neste setor, zonas transcorrentes desempenham importante papel na acomodação da deformação, marcando corredores de deformação sinistrais NW-SE em sua porção meridional e zonas transcorrentes dextrais NE-SW em seu setor extremo setentrional.

Por outro lado, no compartimento leste, as rochas dos supergrupos Espinhaço e São Francisco comumente exibem clivagem penetrativas e metamorfismo relativamente mais alto, alcançando, junto à Serra do Espinhaço, metamorfismo na fácies xisto verde. Neste compartimento são raras as falhas direcionais, sendo observáveis, frequentemente, pares de juntas conjugados de direção NE-SW e

NW-SE. Tais diferenças sugerem que os dois compartimentos estão expostos em níveis estruturais distintos. Aparentemente, o compartimento leste experimentou um soerguimento mais expressivo que o compartimento oeste.

Estruturas posteriores à deformação pré-cambriana ocorrem especialmente na porção central da bacia, localmente controlando a sedimentação das unidades fanerozóicas (Sawasato 1995, Fragoso et al. 2011, Fragoso 2011, Reis 2011). Ocorrem principalmente falhas normais e fraturas trativas de direção NW a NNW, além de dobras, falhas e fraturas aleatórias, associadas às intrusões cretácicas do Grupo Mata da Corda. Falhas normais de direção NE também ocorrem, afetando inclusive os arenitos do Grupo Areado. A reativação de estruturas proterozóicas parece ter tido grande influência neste período (Kattah 1991, Sawasato 1995, Reis 2011, Fragoso 2011).

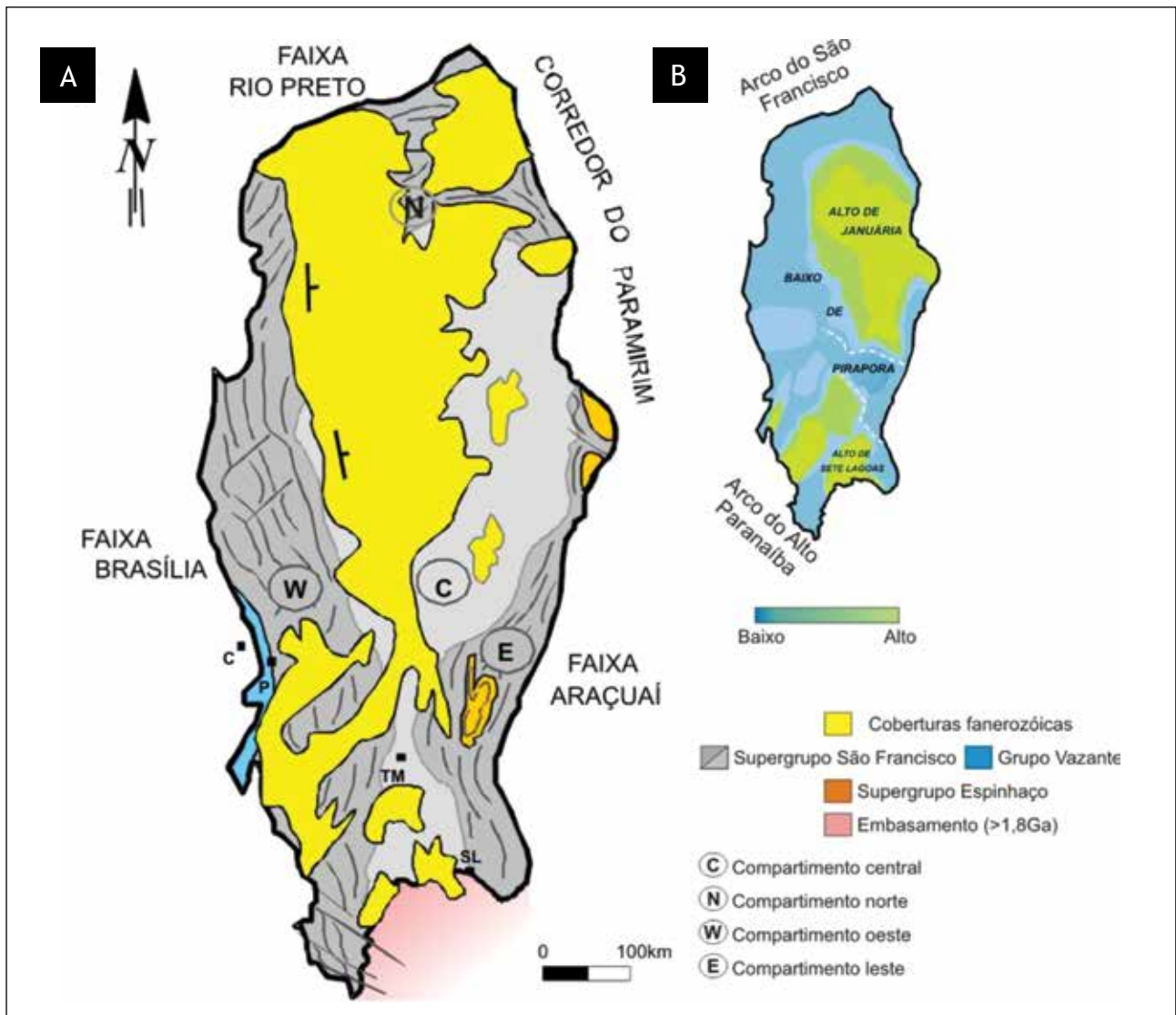


Figura 2.6 - (a) Mapa geológico simplificado da Bacia do São Francisco, enfatizando seus compartimentos estruturais. (b) Mapa esquemático com as principais feições do embasamento da bacia. Modificado de Alkmim (2004).

3 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Na área mapeada afloram basicamente unidades neoproterozoicas relacionadas ao Grupo Bambuí, recobertas discordantemente por depósitos sedimentares cenozóicos de naturezas diversas. A Figura 3.1 exibe a coluna estratigráfica sintética relativa à área mapeada.

Abaixo serão detalhadas as unidades descritas, bem como a relação entre as mesmas:

3.1 - GRUPO BAMBUÍ

Predominante na área mapeada, o Grupo Bambuí é representado por suas unidades de topo, as formações Serra da Saudade e Três Marias.

3.1.1 - Formação Serra da Saudade - NP3sd

Ocupando cerca de 40% da área mapeada, as rochas da Formação Serra da Saudade afloram preferencialmente nas encostas e leitos de vale em todos os quadrantes da folha. Seu contato de topo, com a Formação Três Marias ocorre com frequência de forma brusca, com a transição pelito-psamito bem marcada (Figura 3.2). Mais raramente, no entanto, este contato parece dar-se de forma gradacional, quando então é representado por um aumento na proporção de areia presente nos pelitos, em geral na forma de lentes e camadas arenosas. A espessura mínima estimada para a unidade na área é de 190 metros.

De maneira geral, os afloramentos encontram-se intensamente intemperizados, exibindo cores

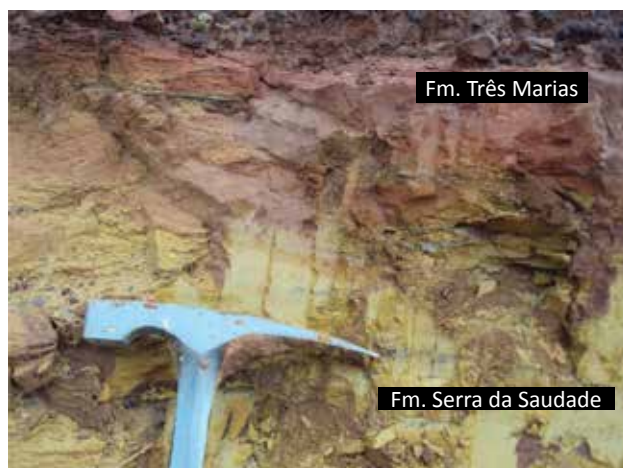


Figura 3.2 - Contato brusco entre pelito amarelo da Formação Serra da Saudade e arenito avermelhado da Formação Três Marias. Serra das Gerais, centro norte da folha (MK 1057 – 532916/7952045).

que variam entre bege e vermelho, podendo em alguns locais assumir tonalidades de roxo. Assim como em outras porções da bacia, observou-se que cores mais intensas ocorrem nas rochas com maior contribuição argilosa, enquanto as rochas mais siltosas apresentam cores mais “apagadas”. Afloramentos frescos ou pouco intemperizados são relativamente raros, e, quando encontrados, ocorrem em leitos de drenagem ou em locais com influência antrópica, como pedreiras, cortes de estrada e nos cortes da Usina Hidroelétrica Retiro Baixo, no Rio Paraopeba. Nestes casos, as rochas podem apresentar cores variando entre cinza, verde claro, azul claro e roxo.

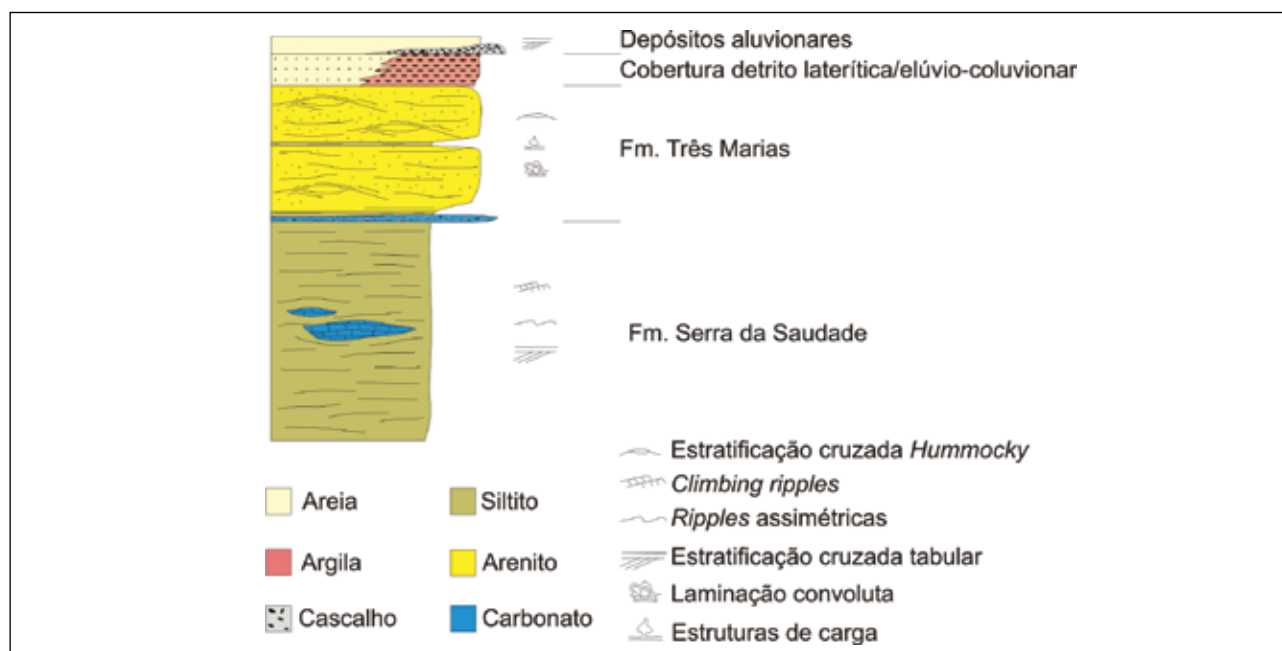


Figura 3.1 - Coluna estratigráfica simplificada da área mapeada. Fora de escala.

O litotipo mais comum é um pelito, com silte e argila variando em diferentes proporções e não raramente apresentando mica detrítica em cristais submilimétricos, que quando fresco exibe aspecto de ardósia. Com a larga predominância de uma ou outra granulometria, podem ocorrer verdadeiros siltitos e argilitos, onde localmente podem intercalarse camadas e/ou lentes de espessura milimétrica a centimétrica de areia fina/média, conferindo à rocha aspecto rítmico. Em alguns locais foram observadas camadas decimétricas, de coloração escura, possivelmente ricas em matéria orgânica e manganês (a ocorrência destas camadas será melhor discutida no item Ocorrências e Depósitos Minerais).

As rochas em geral apresentam laminação plano-paralela, passando a exibir estratos mais espessos quando a contribuição arenosa é maior. Especialmente nestes locais, é comum a observar-se *ripples* assimétricas (Figura 3.3), *climbing ripples* (Figura 3.4) e, mais raramente, estratificação



Figura 3.3 - Arenito fino da Formação Serra da Saudade exibindo pavimento de ripples assimétricas. Usina Hidroelétrica Retiro Baixo, Rio Paraopeba (MK 1422 – 523210/ 7911922).



Figura 3.4 - Siltito da Formação Serra da Saudade exibindo climbing ripples de porte centimétrico. Usina Hidroelétrica Retiro Baixo, Rio Paraopeba (MK 1422 – 523210/ 7911922).

cruzada do tipo hummocky. Laminação cruzada tabular também pode ocorrer, em geral em sets centimétricos a decimétricos.

Em lâmina delgada os siltitos exibem arcabouço formado por grãos angulosos a sub-angulosos de quartzo, envolvidos por matriz argilosa em proporções variáveis (Figura 3.5). Raramente são observados grãos angulosos de plagioclásio e fragmentos detríticos de moscovita. A matriz apresenta-se em grande parte oxidada, indicando a presença de argilominerais ricos em ferro. Mineraias opacos ocorrem dispersos por toda a rocha em finos cristais. A natureza detrítica da moscovita pôde ser comprovada pela ocorrência de cristais deformados por processos de compactação por carga.

3.1.1.1 - Calcário - NP3sd(c)

Na porção norte da área, em um leito de drenagem nas proximidades da Fazenda Extrema, foi encontrada uma lente carbonática de dimensões quilométricas, com espessura estimada em cerca de 35 m. O corpo, que ultrapassa os limites da folha e avança para a Folha Andrequicé, a norte, parece configurar uma pequena ondulação de geometria sinforme.

Trata-se de um calcilutito, localmente calcisiltito/calcarenito fino, em geral apresentando estratificação plano paralela, cinza-escuro quando fresco (Figura 3.6). Em algumas porções pode-se observar estratificação cruzada tabular em sets decimétricos. Localmente os litotipos ocorrem dolomitizados, com cristais submilimétricos euédricos de pirita dispersos. Camadas até métricas de pelito laminado ocorrem subordinadamente ao longo do pacote.

Em lâmina delgada observa-se que a textura original da rocha encontra-se obliterada por forte recristalização da calcita, que passa a formar uma massa cujos cristais frequentemente apresentam contatos poligonais. Estruturas incipientes de dissolução ocorrem, em geral paralelas ao acamamento.

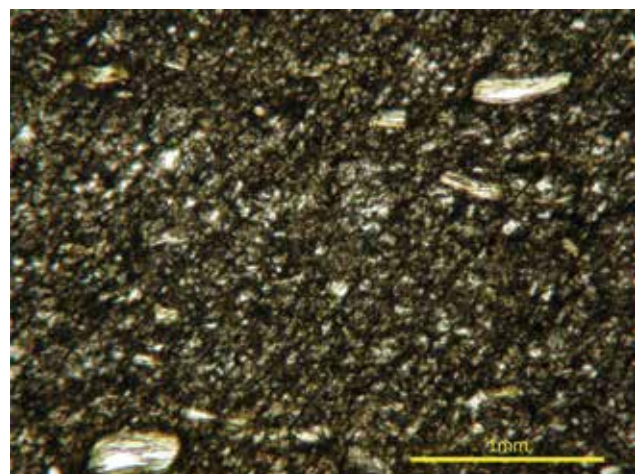


Figura 3.5 - Fotomicrografia de siltito argiloso da Formação Serra da Saudade. Luz analisada. Notar a presença de cristais detríticos de mica e o desenvolvimento incipiente de uma estrutura planar oblíqua ao SO.

3.1.1.2 - Membro Felixlândia

Apesar de não mapeável na escala de trabalho, merece menção a ocorrência dos litotipos atribuídos ao Membro Felixlândia, descrito por Parenti-Couto (1980) na Serra do Grotão, a norte de Felixlândia. Diferentemente do proposto por este autor, propõe-se aqui que este membro seja incluído na porção de topo Formação Serra da Saudade, tendo em vista que seu contato basal com os pelitos desta formação se dá de forma gradacional.

Quando encontrado, o Membro Felixlândia representa uma camada dolomítica contínua, de espessura em torno de 2 m, que ocorre de em meio aos pelitos da Formação Serra da Saudade. Sua coloração varia de bege a branco, causando grande contraste com as rochas adjacentes, usualmente mais escuras. A melhor área de exposição encontrada localiza-se em uma pedreira desativada, localizada na encosta da Serra do Grotão, em fazenda de propriedade da D^a Ione.

Apesar de sua pequena espessura, a camada apresenta variações litológicas bem marcantes. Da base para o topo, são reconhecidas 4 fácies distintas (Figura 3.7):

Fácies A – Camada de 13 cm de dolomito cinza claro, estratificado, com ondulações suaves. Seu contato basal com ardósia esverdeada se dá de forma gradacional, marcado pela alternância entre lentes carbonáticas e terrígenas.

Fácies B – Dolorrudito matriz suportado, composto por clastos de dololutito cinza claro, predominantemente grânulo a seixo, arredondados, alongados a esféricos, cujos maiores exemplares ocorrem orientados segundo o acamamento. A matriz é dolarenítica média, de cor cinza mais escura que os clastos. Camada de 33 cm, com contato basal irregular.

Fácies C – Dolorrudito matriz a clasto suportado, com arcabouço formado por clastos de dololutito cinza claro e calcita, em tamanho grânulo/



Figura 3.6 - Calcilutito da Formação Serra da Saudade, próximo ao Morro da Extrema, norte da área. Notar laminação plano-paralela bem definida, subhorizontal (MK 982 – 542470/7952440).

seixo, arredondados e esféricos, além de raros oólitos. Imersos na rocha ocorrem eventuais blocos/matacões de dolarenito estratificado, alongados, sub-angulosos, sem orientação preferencial. Camada de 42 cm, com contato basal transicional.

Fácies D – Dolorrudito matriz suportado, com predomínio de seixos (2-3 cm), mas com grânulos e alguns blocos. Clastos de dololutito e calcita preta. Matriz dololutítica a dolarenítica, em alguns locais largamente predominante sobre os clastos. Por todo o pacote ocorrem lâminas a estratos irregulares de dololutito branco, que por vezes contornam clastos dando a impressão de serem secundárias. Localmente ocorrem clastos com estruturação sugerindo estromatólitos bulbosos. Algumas porções encontram-se muito recristalizadas. Camada de aproximadamente 1 m, com contato basal transicional e contato de topo brusco e irregular com ardósia de coloração verde, de laminação ondulada, com pirita nos planos de acamamento.

3.1.2 - Formação Três Marias - NP3tm

Aflorando preferencialmente nas áreas topograficamente mais elevadas das porções norte e sudoeste da folha, onde sustenta serras e chapadas, a Formação Três Marias ocupa cerca de 20% da área mapeada, com uma espessura mínima estimada de 230 metros. Seu contato basal com a Formação Serra da Saudade, como dito anteriormente, se dá em geral de forma brusca, mas localmente parece haver uma passagem gradacional, marcada pelo aumento da contribuição arenosa nos pelitos.

O litotipo mais comum é um arenito fino a médio, micáceo, por vezes com matriz carbonática, que apresenta cor verde clara a cinza quando fresco, passando a róseo a avermelhado quando intemperizado (Figura 3.8). A rocha apresenta conteúdo variável de feldspato, que pode aumentar até ocorrer arenito arcossiano. Localmente observa-se a presença de camadas siltosas, que podem conferir à rocha aspecto rítmico. Litotipos menos comuns são arenito (arcossiano ou não) e argilito roxos quando frescos e róseos quando alterados. Pirita e óxidos ocorrem dispersos.

As rochas em geral apresentam-se maciças, mas não raramente exibem estratificação plano-paralela, estratificação cruzada tabulares ou tangencial e estratificação cruzada do tipo hummocky/swaley. Menos frequentemente ocorre laminação/estratificação convoluta, bem como estruturas de carga de porte centimétrico (Figura 3.9). Em decorrência do freqüente caráter maciço apresentado pelas rochas, uma feição intempérica característica é a disjunção esferoidal (Figura 3.10).

Ao microscópio observa-se arcabouço formado por grãos angulosos a sub-angulosos de quartzo e, em menor proporção, de feldspato (principalmente plagioclásio) e mica, com proporções variáveis de matriz argilosa a localmente carbonática (Figura 3.11). Os plagioclásios encontram-se usualmente alterados, por vezes dando lugar a massas sericitizadas.

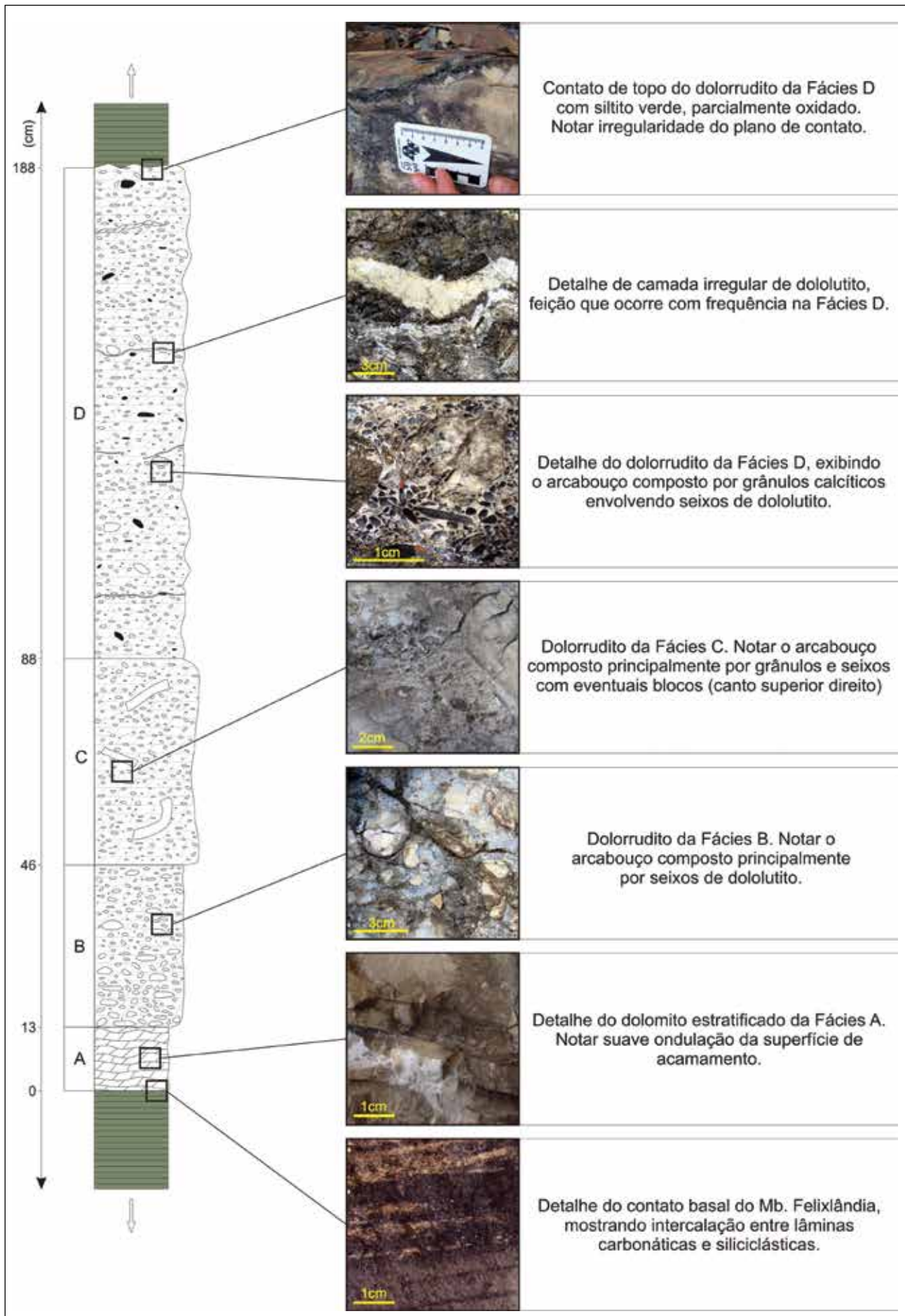


Figura 3.7 - Coluna sedimentar de detalhe do Membro Felixlândia, Serra do Grotão, noroeste da área.

3.2 - COBERTURAS CENOZÓICAS

Na área mapeada foram descritos três tipos distintos de coberturas cenozóicas, associadas respectivamente às porções mais baixas, de relevo arrasado, às áreas topograficamente elevadas, e às calhas dos principais cursos d'água que drenam a região.

3.2.1 - Coberturas eluvionares detrítico-lateríticas - Ndl

Largamente predominante na porção central da folha, as coberturas eluvionares detrítico-lateríticas ocupam cerca de 38% da área mapeada, configurando regiões de relevo plano a suavemente ondulado e textura lisa em imagens de sensores remotos, sobre as quais se desenvolvem grandes plantações de eucalipto.

Seu depósito mais característico é um colúvio argiloso de coloração vermelho intenso, que em alguns locais chega a atingir até 6 m de espessura



Figura 3.8. Detalhe de amostra de arenito da Formação Três Marias, exibindo típica coloração verde clara, passando a rósea nas partes mais intemperizadas (MK1251 – 540396/7945985).



Figura 3.9. Detalhe de amostra de arenito fino/siltito roxo, exibindo laminação convoluta em sua camada central. Notar estrutura de carga de porte milimétrico no canto superior esquerdo (MK 1057 – 532916/7952045).



Figura 3.10. Arenito da Formação Três Marias exibindo disjunção esferoidal (MK1251 – 540396/7945985).

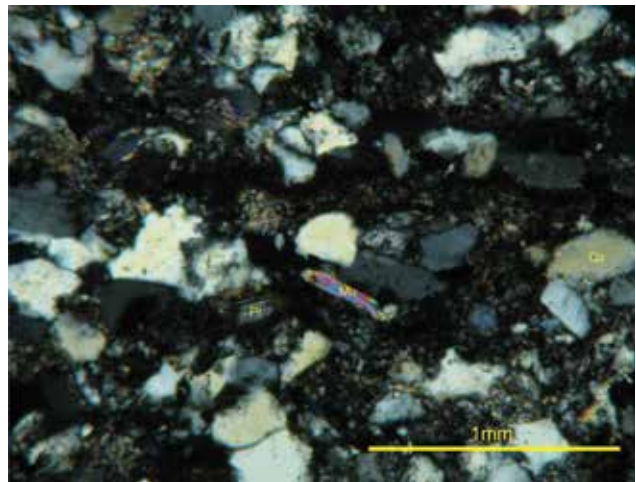


Figura 3.11. Fotomicrografia de arenito da Formação Três Marias, sob luz analisada. Notar a presença de grãos de plagioclásio (Pl), muscovita (Mu) e quartzo (Qz) e o aspecto impuro dado pela alteração dos feldspatos (MK 1378 – 502077/7913036).



Figura 3.12. Aspecto típico dos depósitos argilosos vermelho, atribuídos às Coberturas eluvionares detrítico-lateríticas. Eucaliptal na porção centro-leste da folha.

(Figura 3.12). Sobre estes depósitos é comum o desenvolvimento de uma capa laterítica, por vezes cascalhosa, que frequentemente é retirada como material de empréstimo para calçamento de estradas de terra (Figura 3.13). Localmente ocorrem feições coluvionares, como depósitos areno-rudíticos, cascalheiras quartzosas e paleocanais escavados sobre os sedimentos neoproterozóicos subjacentes.

Em parte constituem horizontes métricos de latossolos avermelhados, muito semelhantes aos depósitos argilosos descritos.

3.2.2 - Coberturas eluviais e coluviais - N34ec

Cobrindo cerca de 0,4% da área mapeada, as coberturas eluviais e coluviais atingem espessuras de até 3 m e ocorrem em regiões topograficamente mais elevadas, exclusivamente sobre as rochas da Formação Três Marias. Sua gênese pode estar relacionada ao desmonte dos arenitos da formação sobrejacente ou até mesmo ao completo desmonte de eventuais depósitos cretácicos.

São depósitos predominantemente quartzo-arenosos avermelhados a amarelados, com eventuais grãos de óxidos dispersos (Figura 3.14). Os grãos de quartzo em geral apresentam granulometria fina a média, são sub-arredondados a arredondados e esféricos. Associados a estes depósitos por vezes se desenvolvem capas lateríticas ferruginosas depósitos coluvionares areno-rudíticos pouco expressivos.

3.2.3 - Cobertura aluvionar - N4a

Ocorrendo em 0,8% da área mapeada, os aluviões encontrados representam depósitos arenosos, cascalhosos e argilosos, depositados principalmente na planície do Rio Paraopeba e mais raramente às margens de cursos d'água de menor porte, quando então não são mapeáveis.



Figura 3.13. Cascalho laterítico retirado como material de empréstimo para o calçamento de estradas (MK 1342 – 505248/ 7924317).

As porções arenosas apresentam localmente estratificações cruzadas de porte até métrico, além de freqüentes intercalações cascalhosas (Figura 3.15). Nas porções de granulometria mais fina os sedimentos apresentam coloração brunada, e é notável a presença de mica branca detrítica. Nas drenagens de menor porte é comum a ocorrência de depósitos cascalhosos quase exclusivamente compostos por clastos achatados de ardósia, de tamanhos variados, que ocorrem comumente imbricados.



Figura 3.14. Depósito arenoso de coloração rósea, em corte de estrada na porção norte da folha.



Figura 3.15. Depósito areno-cascalhoso associado ao Córrego Jacarandá, assentado sobre pelito da Formação Serra da Saudade (MK 916 – 550728/ 7947900). Notar estratificação cruzada na porção rudítica.

4 – LITOGEOQUÍMICA

4.1 - INTRODUÇÃO

Foram encaminhadas para análise litogeoquímica amostras com baixo grau de alteração intempérica, representativas das formações Serra da Saudade e Três Marias, principais unidades aflorantes na área mapeada. A Figura 4.1 exhibe a localização das amostras analisadas, e a Tabela 4.1 relaciona cada amostra a sua unidade litoestratigráfica e fornece sua localização detalhada, além de uma breve descrição macroscópica.

As análises foram realizadas no Laboratório Acme (Canadá) via Goiânia (GO), onde a abundância total dos óxidos de elementos maiores e de vários elementos traços é determinada a partir da fusão de 0,2 g de amostra com metaborato/tetraborato de lítio, digestão com ácido nítrico diluído e análise por ICP-OES. A perda ao fogo é dada pela diferença de peso após fusão a 1000 °C. Metais preciosos e metais base foram determinados após digestão de 0,5g de amostra com Água Regia e pos-

terior análise em ICP-MS. A tabela 4.2 exhibe os resultados obtidos nas análises.

Os dados relativos a litotipos semelhantes foram tratados em conjunto, como se segue abaixo.

4.2 - CARBONATOS

Os carbonatos analisados possuem assinaturas litogeoquímicas muito distintas. O calcilito da Formação Serra da Saudade representa um calcário magnesiano (Ca/Mg entre 0,02 3 0,08, Kuchenbecker 2011), com alguma contribuição terrígena evidenciada pelos teores algo elevados de Al, Si, Fe e Ti. O dolomito do Membro Felixlândia representa um dolomito calcítico, cuja principal peculiaridade, quanto aos elementos maiores, é um teor algo elevado de Mn.

O calcário apresenta usualmente teores mais elevados de elementos traços do que o dolomito, à exceção de Pb, Cu e Mo (Figura 4.2). É notável o enriquecimento em As, Rb, Sr, Zn e Zr no calcário e em

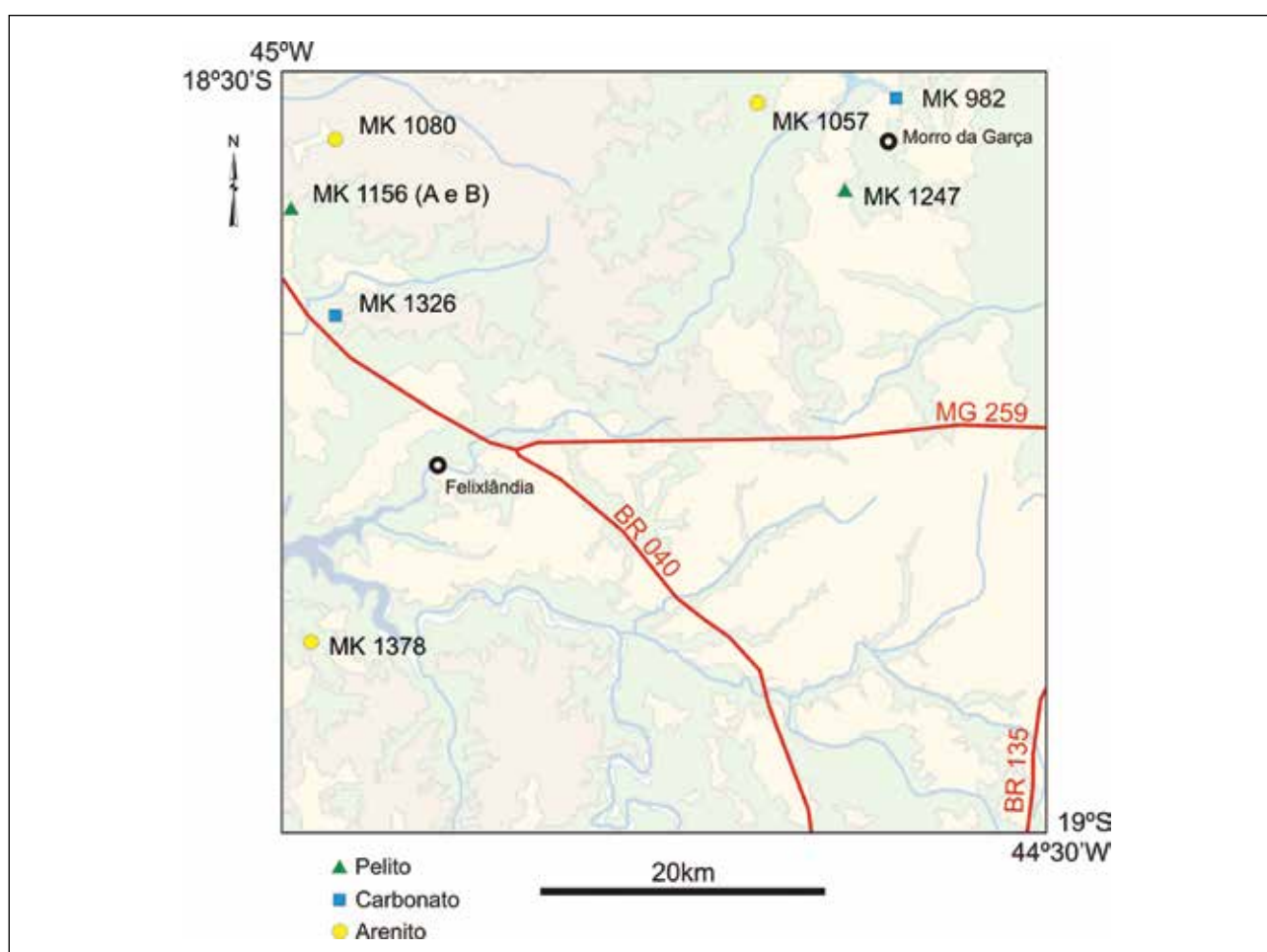


Figura 4.1 - Mapa de localização das amostras selecionadas para litogeoquímica. Notar simbologia diferenciando cada litotipo.

As, Cu, Pb e Rb no dolomito, em comparação com os valores médios esperados para carbonatos (segundo Krauskopf & Bird 1995 e Brownlow 1979).

As duas amostras são empobrecidas em REE em relação ao PAAS (Post Archean Australian Shale, valores segundo McLennan 1989), embora o calcário apresente concentrações mais elevadas que o dolomito (Figura 4.3). Feições comuns aos dois litotipos são o enriquecimento relativo dos terras raras pesadas em relação aos leves, com pequena anomalia positiva de Eu e, subordinadamente, de Y e Tm.

4.3 - PELITOS

Entre os pelitos, é notável o enriquecimento relativo em Ca e Mg na amostra MK1247, que pode ser classificada como um pelito carbonático. Nas duas variedades de ardósia (MK1256 A e B) há marcante homogeneidade química.

Todas as amostras apresentam, em linhas gerais, teores de elementos traços homogêneos e compatíveis com aqueles esperados para rochas pelíticas (segundo Krauskopf & Bird 1995 e Brownlow 1979).

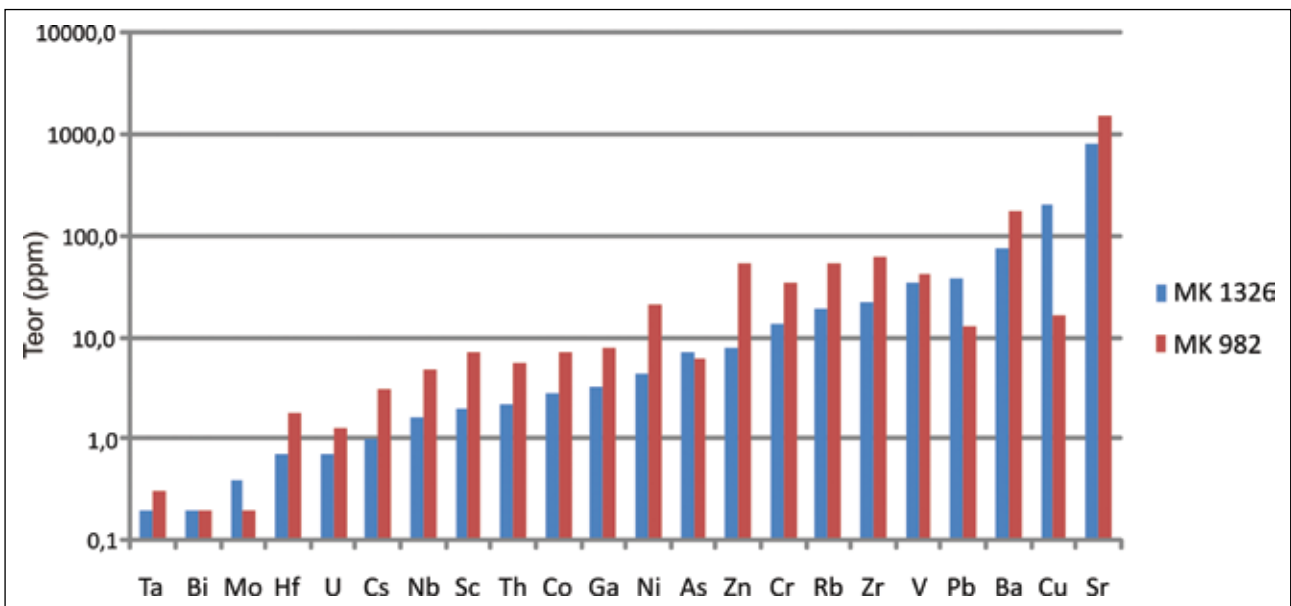


Figura 4.2 - Teores de elementos traços dos carbonatos analisados. Os elementos ausentes apresentam teores abaixo do limite de detecção.

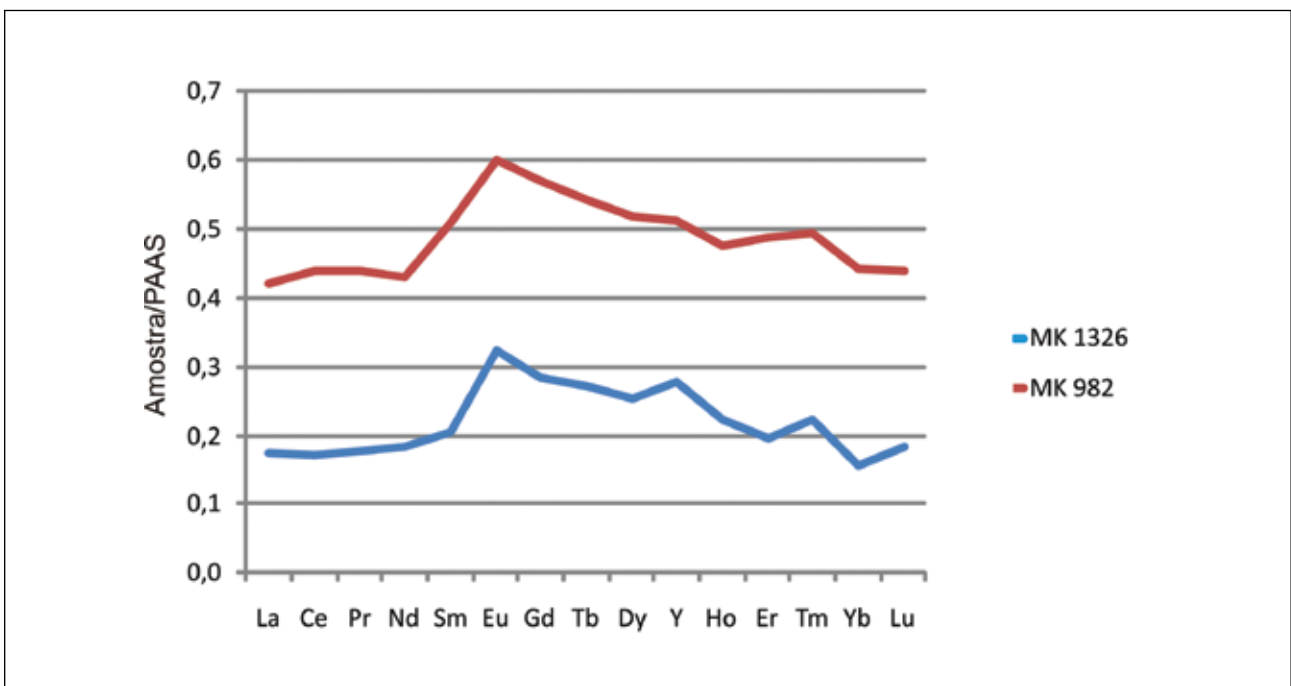


Figura 4.3 - Padrões de elementos terras raras dos carbonatos analisados. Normalização pelo PAAS (Post Archean Australian Shale), segundo McLennan 1989.

Tabela 4.1 - Relação de amostras selecionadas para litogeoquímica.

Ponto	UTM E	UTM N	Cota	Breve Descrição	Unidade
MK 982	542470	7952440	617	Calclutito cinza escuro, laminado, coletado em leito de drenagem nas proximidades do Morro da Extrema, no norte da folha.	Fm. Serra da Saudade
MK 1156B	500138	7944620	622	Ardósia de cor roxa, variedade também explotada na região. Coletada na Pedreira do Murilo, no noroeste da folha.	Fm. Serra da Saudade
MK 1156A	500138	7944620	622	Ardósia de coloração azulada, variedade mais comum explotada na região. Coletada na Pedreira do Murilo, no noroeste da folha.	Fm. Serra da Saudade
MK 1326	503807	7936603	644	Dolimito cinza claro, estratificado, coletado em pedreira abandonada dentro da Fazenda da D ^a Ione.	Mb. Felixlândia (Fácies A) Fm. Serra da Saudade
MK 1247	538904	7945797	687	Siltito verde claro, laminado a estratificado, com mica detrítica. Coletado na encosta sul do Morro da Garça, nordeste da folha.	Fm. Serra da Saudade
MK 1378	502077	7913036	596	Arenito fino a médio roxo, estratificado, micáceo, com ripples assimétricas. Coletado próximo ao Córrego do Riachão, sudoeste da folha.	Fm. Três Marias
MK 1057	532916	7952045	744	Arenito fino a médio, roxo, estratificado, coletado em alto de morro próximo à Fazenda Capivara, no norte da folha.	Fm. Três Marias
MK 1080	503791	7949489	861	Arenito fino a médio, verde claro, em geral maciço, localmente com <i>ripples</i> assimétricas. Coletado nas proximidades da Fazenda Vista Alegre, no noroeste da folha.	Fm. Três Marias

Tabela 4.2 - Resultados das análises químicas de elementos maiores, traços e terras raras de amostras selecionadas da Folha Morro da Garça.

	MK 1326	MK 982	MK 1247	MK 1156A	MK 1156B	MK 1057	MK 1080	MK 1378
SiO ₂	8,10	20,68	51,99	62,76	62,79	68,92	77,05	81,10
TiO ₂	0,11	0,28	0,78	0,82	0,84	1,03	0,56	0,49
Al ₂ O ₃	1,79	5,67	14,27	15,35	15,41	13,16	10,34	8,93
Fe ₂ O ₃	0,74	2,57	6,81	7,08	7,13	5,55	3,91	2,56
MnO	0,43	0,12	0,29	0,20	0,20	0,08	0,03	0,04
MgO	14,18	1,41	3,16	2,66	2,56	1,80	1,16	0,57
CaO	31,61	35,72	7,73	0,71	0,65	0,07	0,05	0,10
Na ₂ O	0,42	0,69	1,44	1,10	1,53	0,35	1,77	2,94
K ₂ O	0,48	1,32	3,32	4,47	4,34	2,87	1,99	0,92
P ₂ O ₅	0,04	0,09	0,17	0,16	0,17	0,25	0,14	0,06
LOI	41,7	31,2	9,7	4,5	4,2	5,7	2,8	2,2
Be	<1	<1	4	3	3	2	1	<1
Sc	2	7	16	17	17	12	7	5
V	35	42	114	104	110	73	51	46
Cr	13,68	34,21	88,95	88,95	88,95	82,10	47,89	47,89
Co	2,8	7,2	22,6	19,7	19,4	15,2	10,5	7,0
Ni	<20	<20	66	60	50	41	38	<20
Cu	207,1	16,1	31,8	1,0	1,8	3,4	3,8	3,1
Zn	8	53	134	98	90	117	62	26
Rb	18,8	54,6	129,4	193,6	185,4	119,8	75,5	37,8
Cs	1,0	3,1	5,1	11,7	12,2	6,4	3,1	1,9
Sr	791,9	1507,0	342,4	119,8	124,3	32,1	55,8	81,9
Ba	74	178	693	661	585	406	392	178
Y	7,5	13,8	81,6	29,1	28,6	44,2	57,3	22,0
Zr	22,5	62,6	169,8	184,4	211,8	517,4	283,6	214,7
Nb	1,6	4,7	13,3	13,8	15,0	18,2	10,5	8,2
Mo	0,4	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,4	0,1
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sn	3	<1	3	3	3	3	2	2
Hf	0,7	1,8	5,1	5,7	5,5	14,6	8,4	5,7
Ta	0,2	0,3	1,1	1,0	1,2	1,2	0,9	0,7
W	<0,5	0,7	1,9	1,8	2,2	2,2	0,8	1,2
Au	<0,5	<0,5	1,7	<0,5	1,1	2,4	<0,5	<0,5
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cd	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ga	3,3	7,7	20,5	19,7	21,9	15,4	11,1	7,9
As	7,3	6,2	1,7	<0,5	<0,5	2,0	0,7	<0,5
Sb	<0,1	0,2	<0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	<0,1
Pb	37,6	12,8	13,8	16,5	27,1	12,1	7,8	1,5
Bi	0,2	0,2	0,5	0,9	2,5	0,2	0,1	<0,1

Tabela 4.2 - Resultados das análises químicas de elementos maiores, traços e terras raras de amostras selecionadas da Folha Morro da Garça.

Se	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5
La	6,6	16,1	239,0	37,5	41,0	58,6	55,1	27,7
Ce	13,7	34,9	119,3	85,1	90,0	124,5	110,1	55,0
Pr	1,56	3,87	57,39	8,95	9,50	14,41	11,76	6,32
Nd	6,2	14,6	255,8	34,2	35,7	53,8	45,2	24,2
Sm	1,13	2,83	34,37	6,52	6,74	10,32	8,46	3,96
Eu	0,35	0,65	6,11	1,33	1,40	1,93	1,95	0,87
Gd	1,32	2,65	26,79	5,67	5,99	9,15	8,97	3,98
Tb	0,21	0,42	3,09	0,95	0,96	1,43	1,33	0,61
Dy	1,18	2,42	14,53	5,40	5,31	7,56	7,18	3,54
Ho	0,22	0,47	2,89	1,08	1,07	1,57	1,58	0,74
Er	0,56	1,39	8,32	3,33	3,31	4,47	4,53	2,29
Tm	0,09	0,20	1,13	0,46	0,45	0,64	0,57	0,33
Yb	0,44	1,25	7,56	3,09	3,06	4,25	3,59	1,95
Lu	0,08	0,19	1,20	0,47	0,50	0,64	0,57	0,33
Th	2,2	5,7	13,6	15,2	16,8	19,4	10,5	7,3
U	0,7	1,3	2,8	2,7	3,1	3,8	1,6	1,9

Exceção se faz ao Cu, que se encontra empobrecido nas amostras de ardósia (Figura 4.4).

As amostras de ardósia apresentam padrão de elementos terras raras extremamente homogêneo, bem próximo à assinatura do PAAS. Por sua vez, a amostra MK 1247 exibe padrão bastante anômalo, com grande enriquecimento dos ETR em relação ao PAAS e enriquecimento dos terras raras leves em relação aos pesados. A feição mais marcante para esta amostra, no entanto, é uma pronunciada anomalia negativa de Ce (Figura 4.5).

4.4 - ARENITOS

De acordo com a classificação de Pettijohn (1972), os arenitos analisados variam entre litoarenito e grauvacca (Figura 4.6), indicando grande imaturidade do ponto de vista composicional. Tal característica é ilustrada pelos altos teores de Al, Fe, Mg, Ti, K que ocorrem sobretudo na amostra MK 1057. Os altos teores de Al podem refletir também a presença freqüente de feldspato, principalmente plagioclásio, observada em lâmina delgada. Neste contexto, vale ressaltar que a proporção entre Ca, Na e K pode indi-

car uma composição mais albítica para as fases feldspáticas presentes nas amostras MK 1080 e MK 1378. Entre as três amostras analisadas, a MK 1057 figura como mais impura, enquanto a MK 1378, coletada no SW da folha, apresenta menos impurezas, o que é expresso por maiores teores de Si e menores teores de Al, Mg e Ti.

Entre os elementos traços, nota-se um enriquecimento em Ba, Co, Cr, Ni, V, Zn, Zr em relação aos valores médios esperados para arenitos (segundo Krauskopf & Bird 1995 e Brownlow 1979), especialmente nas amostras MK 1057 e MK 1080.

Quanto aos elementos terras raras, os arenitos analisados apresentam-se enriquecidos em relação ao condrito (valores segundo Taylor & McLennan 1985), exibindo um grande fracionamento, com expressivo enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP. O comportamento das três amostras é bem homogêneo, embora seja notável um empobrecimento da amostra MK1378 em relação às demais. Anomalia positiva de Eu é visível em todas as amostras, e pequena anomalia positiva de Y ocorre nas amostras MK1080 e MK1378 (Figura 4.7).

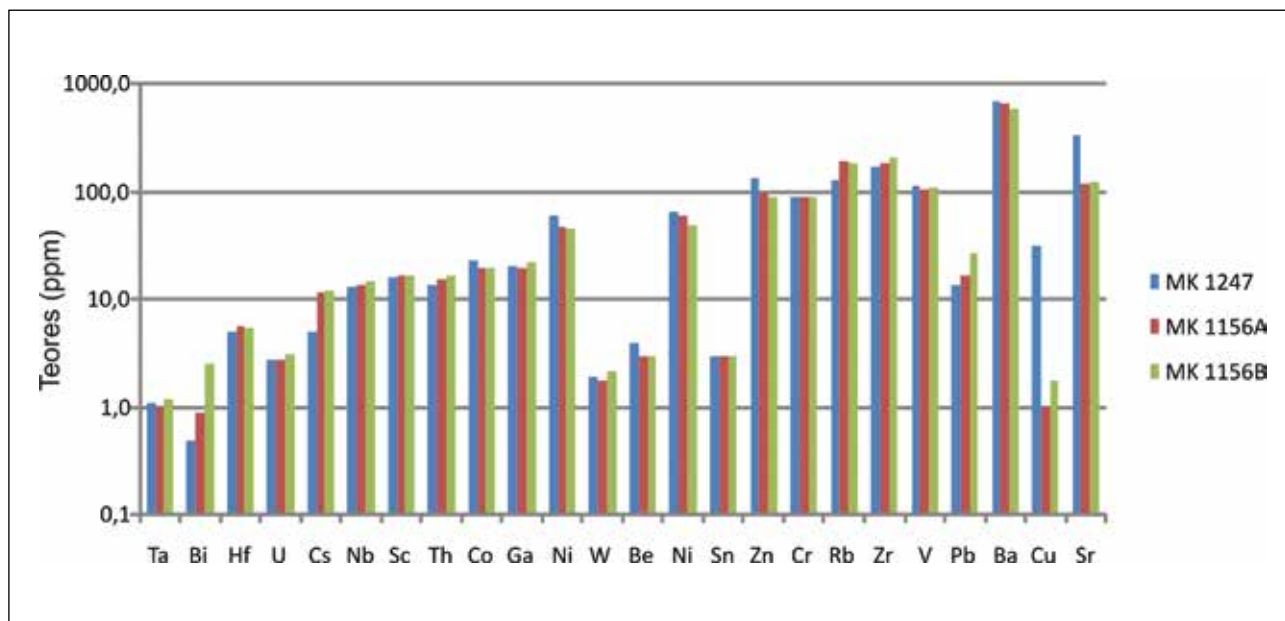


Figura 4.4 - Teores de elementos traços dos pelitos analisados. Os elementos ausentes apresentam teores abaixo do limite de detecção.

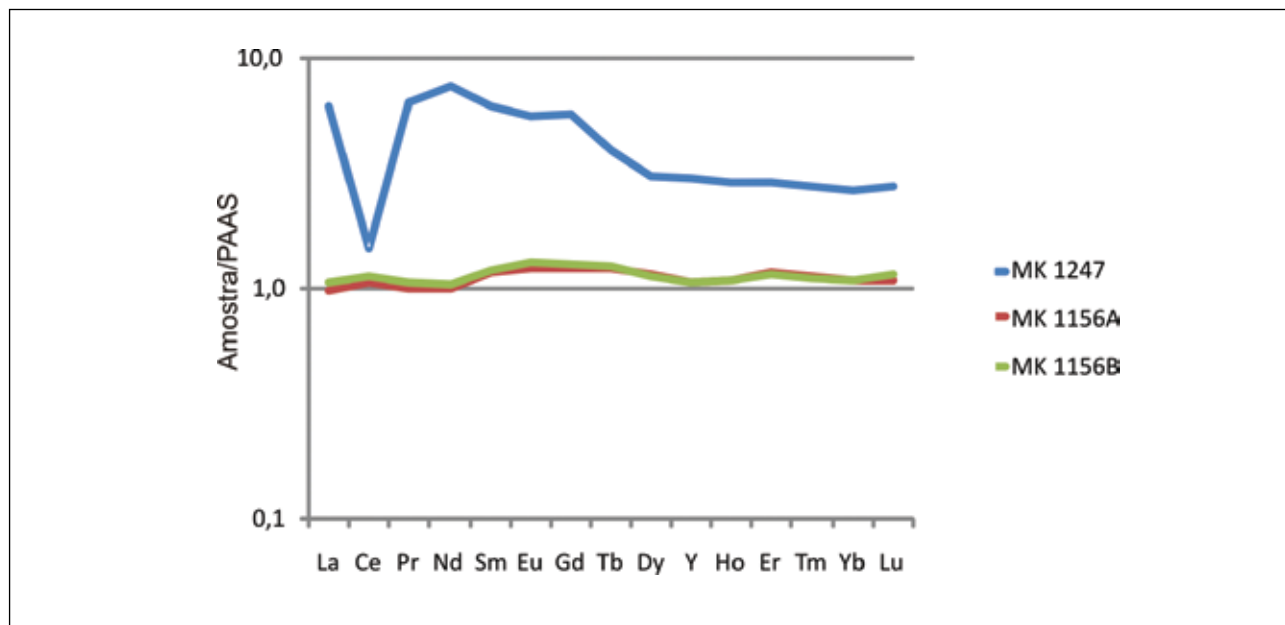


Figura 4.5 - Padrões de elementos terras raras dos pelitos analisados. Normalização pelo PAAS (Post Archean Australian Shale), segundo McLennan 1989.

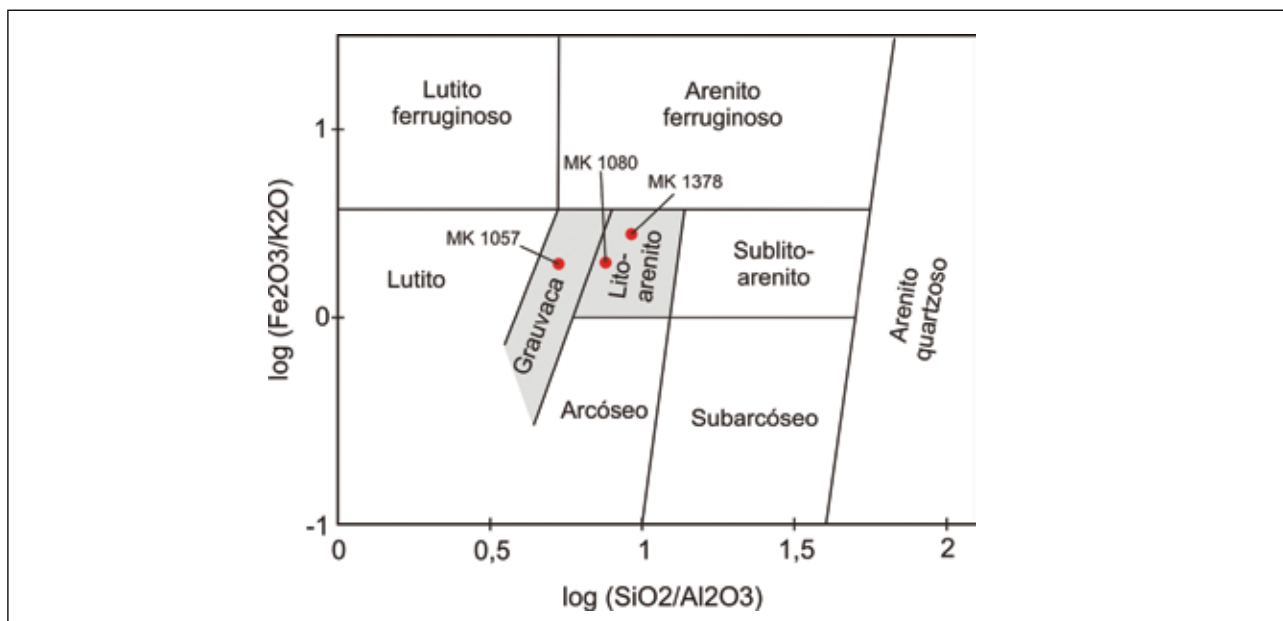


Figura 4.6 - Classificação química dos arenitos analisados, segundo Pettijohn (1972).

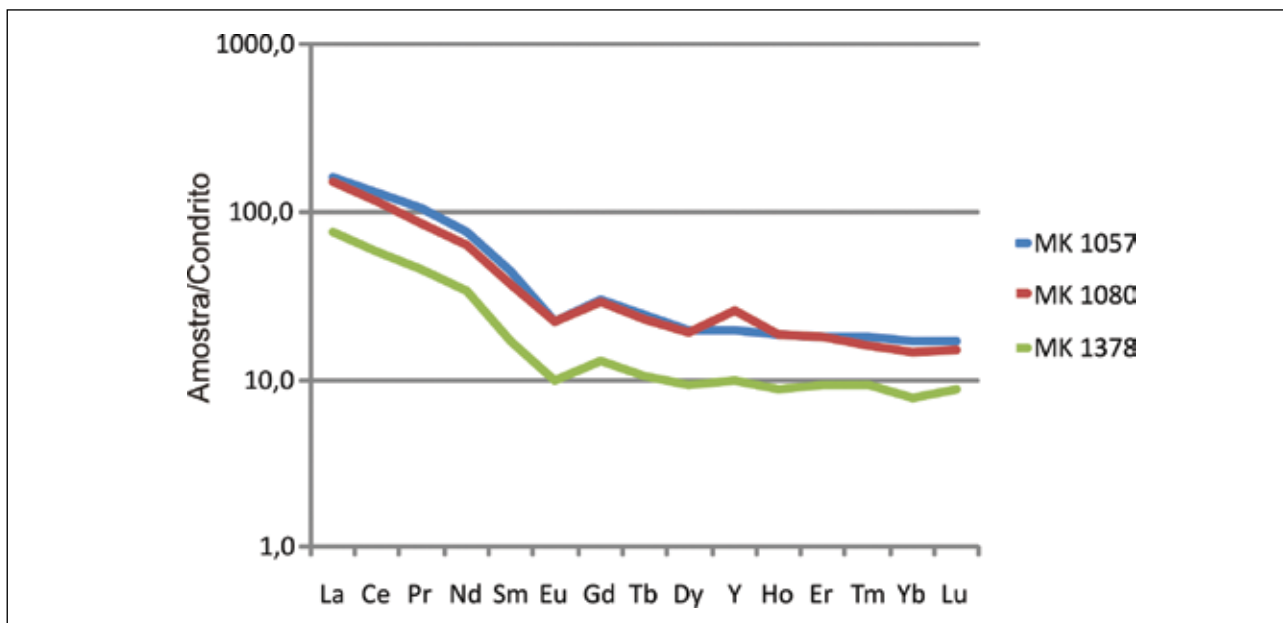


Figura 4.7 - Padrões de elementos terras raras dos arenitos analisados. Normalização pelo condrito, valores segundo Taylor & McLennan (1985).

5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

5.1 - INTRODUÇÃO

Por localizar-se quase totalmente no “Compartimento Estrutural Central” do Cráton do São Francisco (Figura 5.1), a área mapeada possui um acervo restrito de estruturas, composto essencialmente por planos de acamamento subhorizontalizados, cortados por planos de fratura em direções diversas. Como exceção, no extremo NE da folha passa a ocorrer um sutil sistema de dobramentos, evidenciando a transição para o “Compartimento Estrutural Leste” do Cráton, deformado sob influência da Faixa Araçuaí.

A despeito deste cenário, na porção sudoeste da folha, a sul do Rio Paraopeba foi descrito um intrigante padrão de dobramentos de eixo NW, aparentemente destoante do contexto regional.

5.2 - ANÁLISE ESTRUTURAL

A análise da distribuição espacial dos dados estruturais coletados – e em especial dos eixos de

dobra – permite a identificação de três domínios estruturais distintos (Figura 5.2).

5.2.1 - Domínio Horizontal Central

Em toda a porção central da folha predominam rochas com acamamento subhorizontal (usualmente $< 10^\circ$), o que fica evidente no estereograma de pontos polares de todas as medidas de acamamento coletadas (Figura 5.3). O caráter horizontal das camadas é observável na paisagem, a exemplo do que ocorre no Morro da Garça (Figura 5.4).

Embora sem expressão regional, localmente podem ocorrer zonas de cisalhamento direcionais de espessura centimétrica, por vezes marcadas por *tension gashes* (Figura 5.5).

Estruturas rúpteis resumem-se a fraturas, sempre presentes em duas famílias principais com direções NNE e WNW e mergulhos altos a subverticais (Figura 5.6 e 5.7). Preenchendo planos de fratura é comum a ocorrência de óxido de manganês, com típica coloração preta.

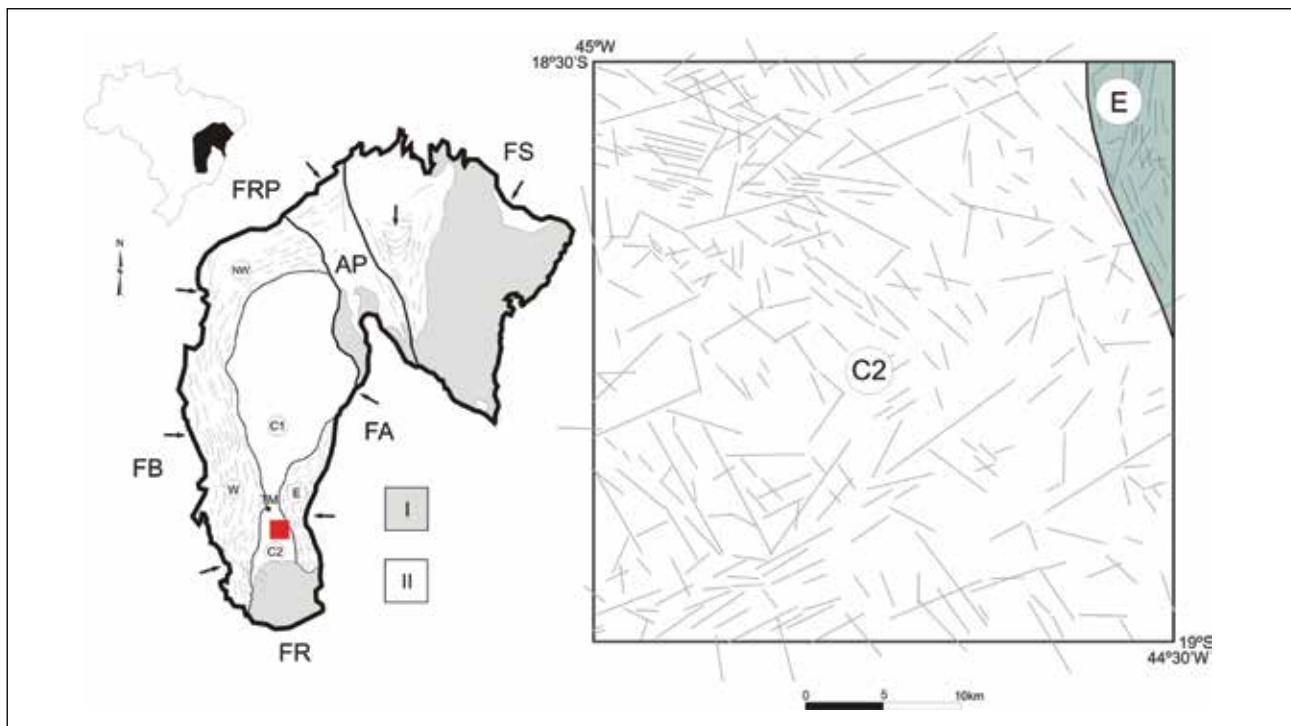


Figura 5.1 - Situação da Folha Morro da Garça em relação aos Compartimentos Estruturais do Cráton do São Francisco. I – Embasamento; II – Coberturas pré-cambrianas; FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FRP – Faixas Rio Preto e Riacho do Pontal; FS – Faixa Sergipana; AP – Aulacógeno do Paramirim; C (1 e 2), W, E e NW – Compartimentos Estruturais do Cráton do São Francisco. As setas indicam vergência tectônica. Modificado de Alkmim et al. (1993).

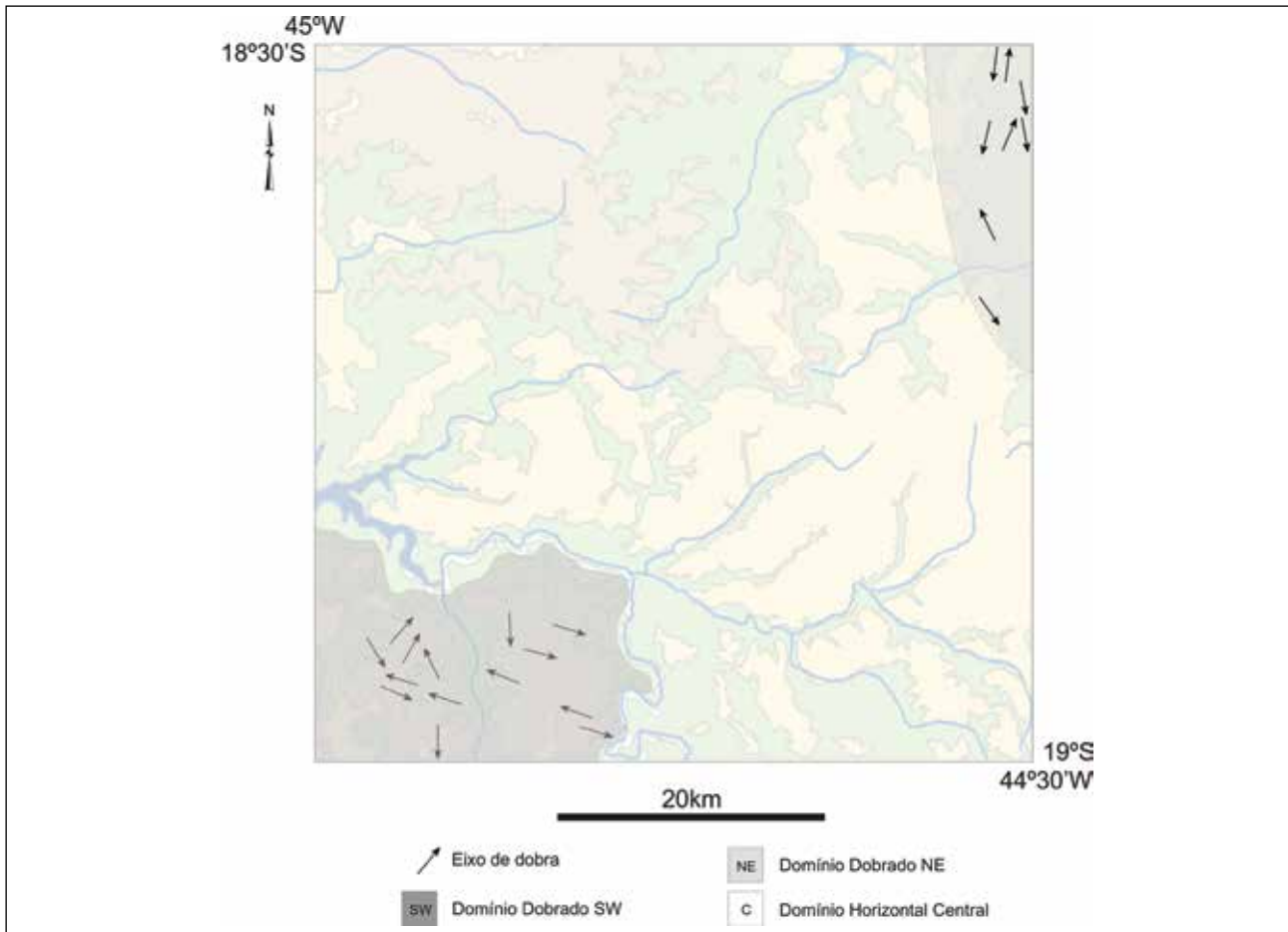


Figura 5.2. Compartimentos estruturais da área mapeada.

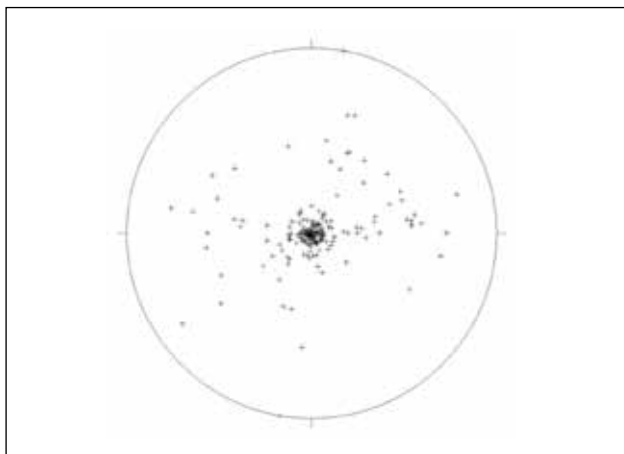


Figura 5.3 - Estereograma de pontos polares das medidas de acamamento do Domínio Horizontal Central. N=272; Hemisfério inferior.



Figura 5.4 - O Morro da Garça, na porção NE da folha, em vista para nordeste. Notar a horizontalidade das camadas marcada pelo contato entre as Formações Serra da Saudade e Três Marias, em sua encosta média.

5.2.2 - Domínio Dobrado NE

Em conformidade com o padrão regional do Cráton do São Francisco (vide Figura 5.1), na porção nordeste da folha passa a ocorrer um suave padrão de dobramentos, com eixos variando entre N e NW em função da inflexão para leste do *trend* deformacional da Faixa Araçuai (Figura 5.8).

Ocorrem principalmente dobras suaves a abertas, sem vergência definida, com comprimentos de ondas variando de decímetros a metros e

amplitudes até métricas (Figura 5.9). Os eixos são em geral subhorizontais, podendo apresentar caimento para norte ou sul. Em geral o dobramento não é acompanhado pelo desenvolvimento de nenhuma estrutura planar em posição plano axial, embora isto tenha sido observado localmente.

Neste domínio fraturas também ocorrem de maneira onipresente. Os dados coletados são coerentes com aqueles descritos no Domínio Horizontal Central, e indicam a existência de duas famílias principais nas direções N e WNW, ambas com mergulhos altos a subverticais (Figura 5.10).

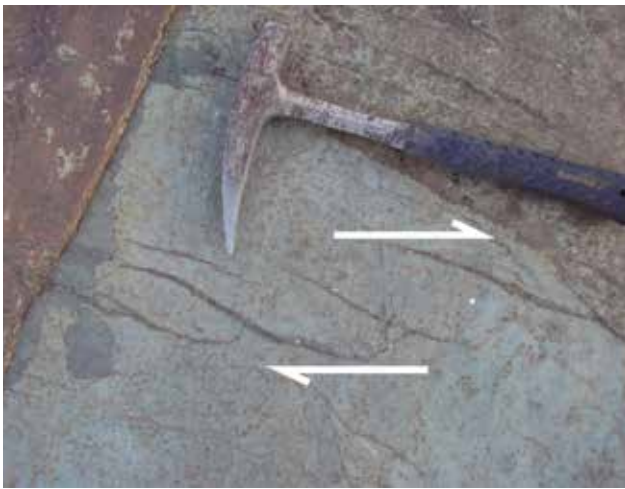


Figura 5.5. Zona de cisalhamento direcional de direção SE (Az100) marcada por tension gashes. Usina Hidrelétrica Retiro Baixo, Rio Paraopeba (MK 1422 – 523210/7911922).



Figura 5.7. Afloramento de ardósia alterada em leito de córrego, exibindo de forma marcante as duas famílias de fratura principais da área mapeada.

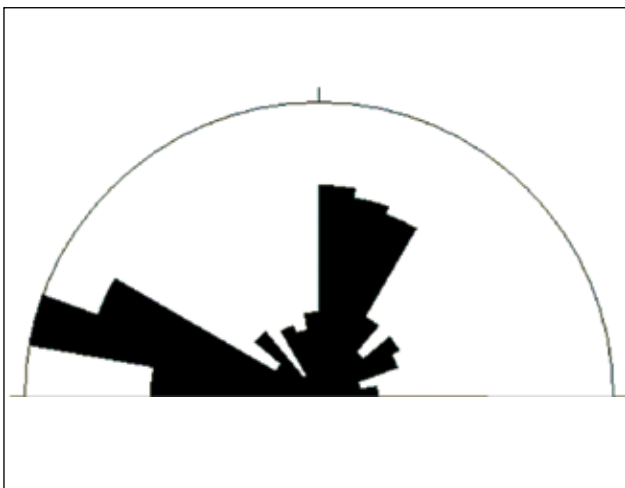


Figura 5.6. Diagrama de roseta da direção dos planos de fratura do Domínio Horizontal Central. N=252; Classes 10º.

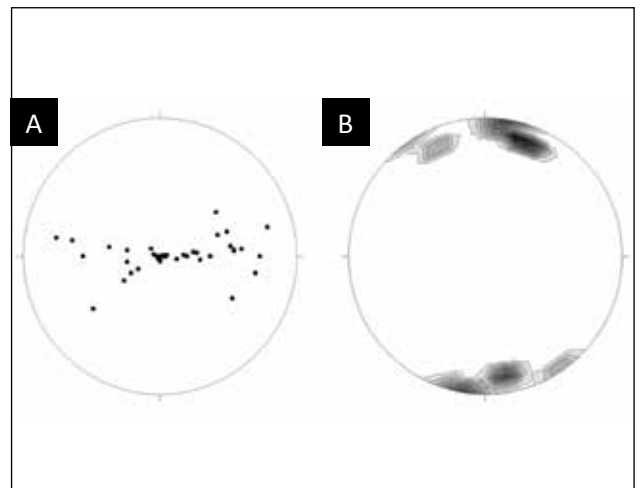


Figura 5.8. Estereogramas do Domínio Dobrado NE. (A) Estereograma de pontos polares das medidas de acamamento. N=40; Hemisfério Inferior. (B) Estereograma de densidade das medidas de eixo de dobra. N=9; Hemisfério Inferior. Notar a coerência entre as medidas apresentadas. A inflexão do *trend* deformacional para E é marcada pela dispersão apresentada pelas medidas de acamamento e eixo de dobra.

5.2.3 - Domínio Dobrado SW

Na porção SW da área, a sul do Rio Paraopeba, observa-se um intrigante padrão de dobramentos, desenvolvido principalmente nos litotipos da Formação Três Marias. As dobras descritas variam de suaves a fechadas, sem vergência definida, acilíndricas, com comprimentos de onda e amplitude métricos. Os eixos apresentam direção WNW em geral subhorizontais ou com caimentos baixos para WNW ou ESE. (Figuras 5.11 e 5.12).

O padrão de dobramentos observado é anômalo em relação ao contexto tectônico regional. Não se descarta a possibilidade de estas dobras serem produto de processos atectônicos, porém a coerência na direção dos eixos e a grande área de ocorrência destas feições são argumentos contrários a esta hipótese.

A exemplo dos outros domínios estruturais descritos, fraturas estão sempre presentes em duas famílias principais, a NNE e WNW, com mergulhos altos a subverticais (Figura 5.13).

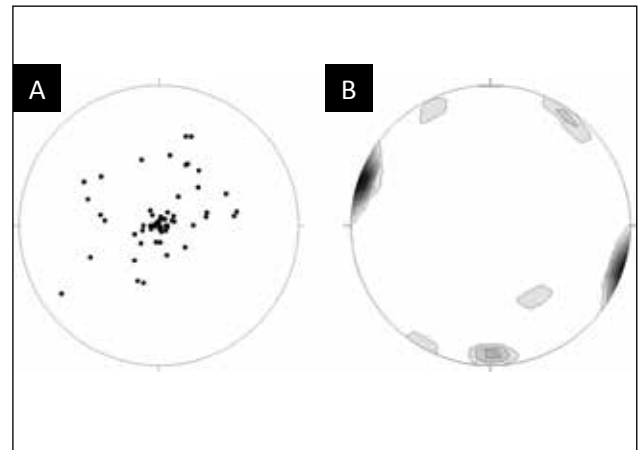


Figura 5.11 - Estereogramas do Domínio Dobrado SW. (A) Estereograma de pontos polares das medidas de acamamento. N=80; Hemisfério Inferior. (B) Estereograma de densidade das medidas de eixo de dobra. N=14; Hemisfério Inferior. Notar a coerência entre as medidas apresentadas. Em (A), a grande dispersão lateral das medidas de acamamento é função do grau de acilindricidade das dobras.



Figura 5.9 - Dobras de porte decimétrico em siltito da Formação Serra da Saudade no Domínio Dobrado NE (MK 960 – 550704/7953305).



Figura 5.12 - Afloramento de arenito exibindo dobra de porte métrico na porção SW da folha.

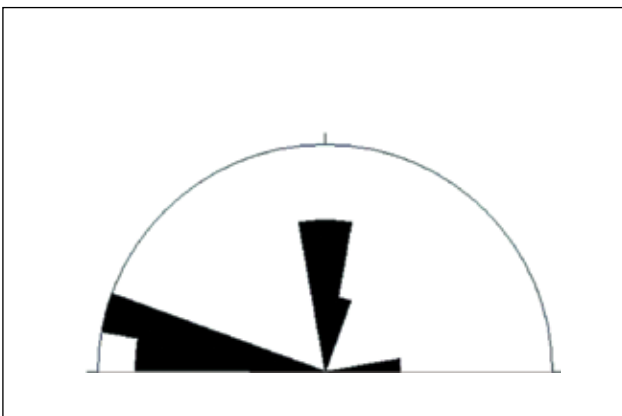


Figura 5.10 - Diagrama de roseta das direções de planos de fratura do Domínio Dobrado NE. N=23.

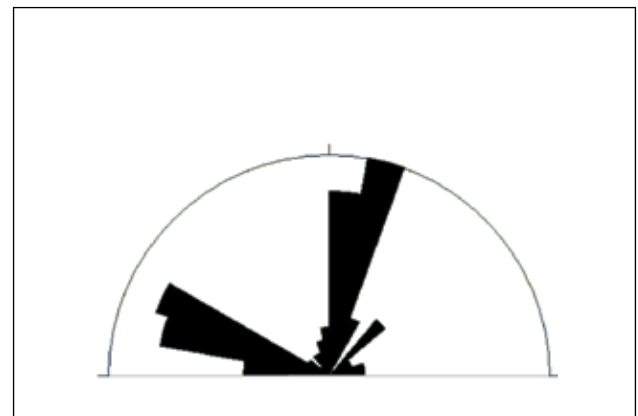


Figura 5.13 - Diagrama de roseta das direções de planos de fratura do Domínio Dobrado SW. N=104.

6 – DIAGÊNESE E METAMORFISMO

Apesar de, em suas porções NE e SW, a área já apresentar-se afetada pelo front deformacional do Orógeno Araçuaí, feições metamórficas são aparentemente inexistentes em toda a região mapeada. Por outro lado, a exemplo do que é reportado em outras partes da bacia (Gomes 1988, Paula *et al.* 2009) feições diagenéticas são expressivas e permitem a análise de diversas fases deste processo.

Os processos de compactação, evidenciados pela deformação de cristais de mica detrítica (Figura 35) são exemplos de processos atribuídos à Eodiagenese. A precipitação de carbonato, freqüente nos litotipos detríticos, deve ter ocorrido durante o fim desta fase. Neste processo, a química dos fluidos intersticiais e, conseqüentemente, o ambiente deposicional, devem ter exercido papel importante.

A cristalização de pirita euédrica dispersa em pelitos e carbonatos exemplifica os processos mesodiagenéticos, enquanto a oxidação destes mesmos cristais, provavelmente sob influência de fluidos meteóricos, gerando limonita, representa a atuação de processos telodiagenéticos. Conforme descrito anteriormente, é constante nos siltitos e

nos arenitos uma “massa” de oxi-hidróxido de ferro envolvendo os grãos do arcabouço, provavelmente resultante da oxidação de argilominerais da matriz, durante a telodiagenese.

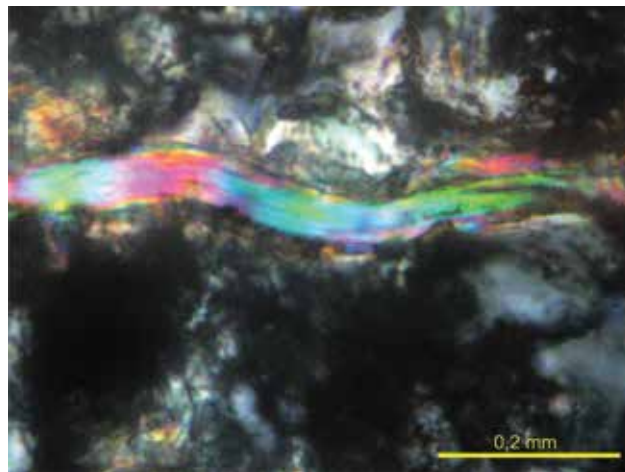


Figura 6.1. Fotomicrografia de siltito da Formação Serra da Saudade, exibindo cristal detrítico de mica deformado por compactação. Luz analisada.

7 – RECURSOS MINERAIS

7.1 - DIREITO MINERÁRIO

A Folha Morro da Garça apresenta 67 requerimentos minerários ativos junto ao DNPM, cujos polígonos concentram-se principalmente nos quadrantes noroeste e sudeste da área mapeada (Figura 7.1). A grande maioria dos processos encontra-se em fase de autorização de pesquisa, e apenas uma pequena parte apresenta-se efetivamente em fase de extração (Figura 7.2 b).

As principais substâncias requeridas ou pesquisadas são fosfato, minério de cobre, areia e ardósia, e, subordinadamente, quartzo, quartzo industrial, diamante, minério de manganês, cascalho e argila (Figura 7.2 a).

Apesar da heterogeneidade apresentada pela matriz de requerimentos da área, o principal recurso mineral presente é a ardósia, que ocorre largamente na folha e é explorada em alguns pontos. Adicionalmente, a área apresenta-se como possível alvo de exploração para calcário, sulfetos, hidrocarbonetos e insumos para a construção civil. Abaixo serão descritos sucintamente os recursos minerais

encontrados e aqueles que apresentam potencialidade para pesquisa na área mapeada.

7.2 - ARDÓSIA

A Folha Morro da Garça encontra-se na porção norte da Província de Ardósia de Minas Gerais (Grossi Sad *et al.* 2001, Chiodi Filho *et al.* 2003), na zona de ocorrência da Fácies das Ardósias Verde e Roxa (Figura 7.3).

Na região estudada, a ardósia ocorre como siltito ou argilito, em geral de coloração verde clara a acinzentada, apresentando diferentes graus de alteração e fissilidade, o que condiciona sua possibilidade de exploração. Afloramentos frescos são relativamente raros, ocorrendo principalmente em leitos de drenagem e encostas de morros em toda a extensão da folha, com exceção de seu extremo NW, onde dominam os arenitos da Formação Três Marias. São dignos de nota os afloramentos que ocorrem ao longo do leito do Rio Paraopeba, especialmente nas proximidades da Usina Hidroelétrica Retiro Baixo (Figura 7.4).

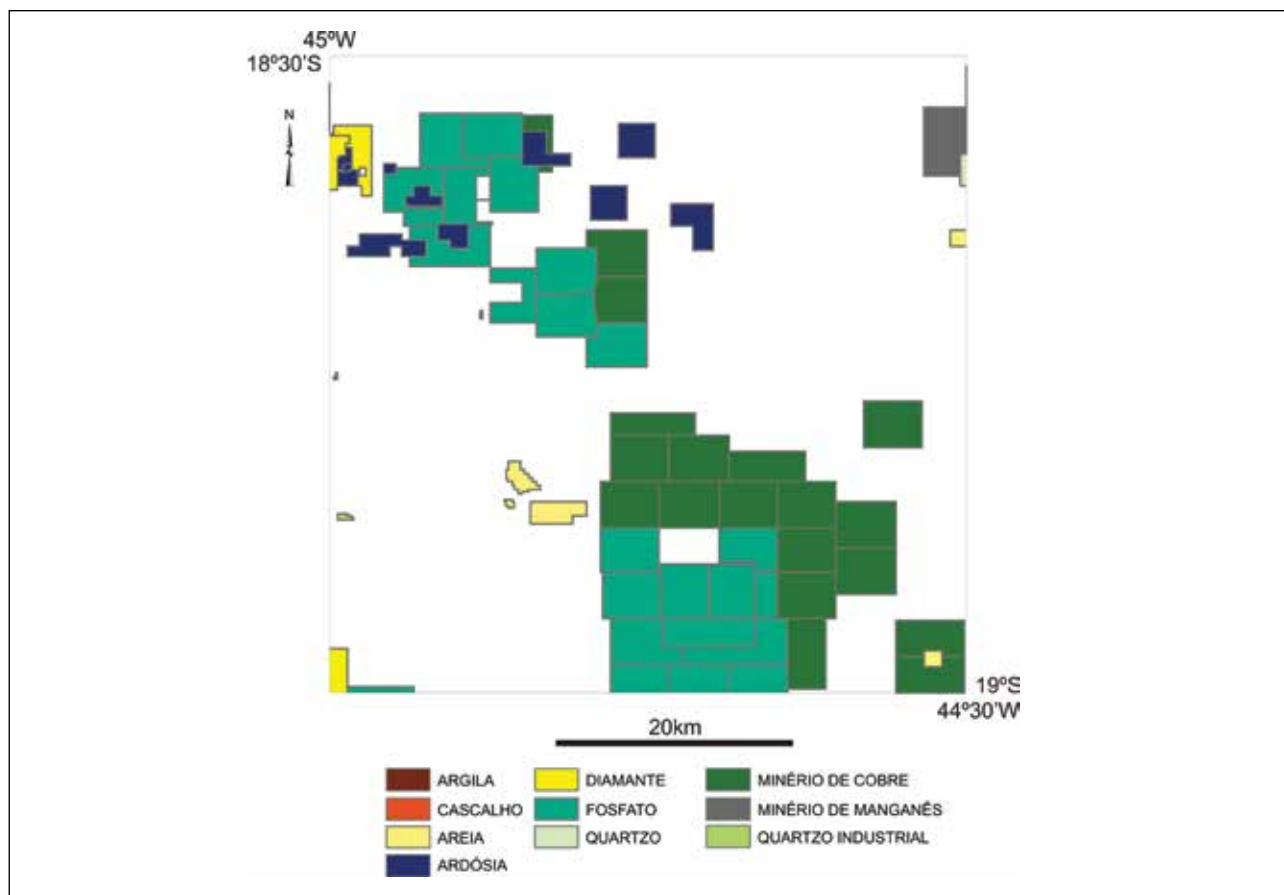


Figura 7.1 - Mapa de requerimentos minerários da Folha Morro da Garça. Fonte: <http://www.sigmine.dnmp.gov.br> Acesso em 02/03/11.

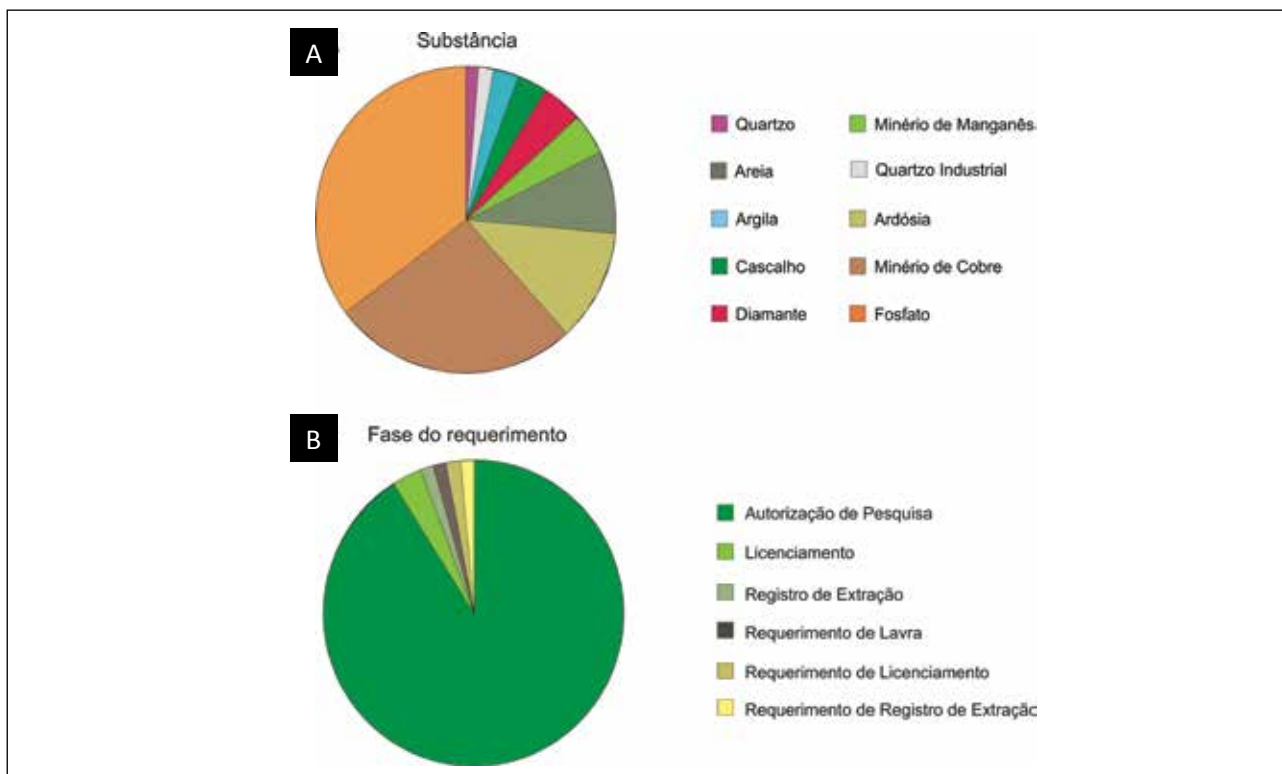


Figura 7.2 - Substâncias minerais (A) e fases dos requerimentos ativos junto ao DNPM (B) na área da Folha Morro da Garça. Fonte: <http://www.sigmine.dnpm.gov.br> Acesso em 02/03/11.

Na área existem poucas pedreiras em atividade, ainda que pontos de exploração artesanal da rocha ocorram localmente. Dentre estas, são dignas de nota as pedreiras da Arar Pedras Mineração Ltda (Pedreira do Murilo), no quadrante NW da folha, onde são explotadas as variedades verde e roxa de ardósia (Figura 7.5).

7.3 - INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Além da ardósia fresca, outros litotipos também são explotados, principalmente com vistas à utilização em construção civil. Em diversos pontos, na porção norte da folha, foram encontradas pequenas pedreiras de siltito alterado (chamado pelos moradores locais de “toá”), nas quais a extração se dá de forma artesanal (Figura 7.6). Nestes casos, o material extraído é principalmente utilizado para calçamento de estradas de terra, em especial nos meses chuvosos.

Cascalho proveniente de coberturas lateríticas é extraído nas regiões baixas dominadas pelas coberturas terciárias e subordinadamente em altos de morro nas serras da porção NW da folha. Sua principal utilização é em calçamento de estradas de terra.

Apesar de representarem, na maior parte das vezes, sedimentos bastante impuros, as planícies aluvionares presentes na área podem apresentar algum potencial enquanto depósitos de areia, argila ou cascalho. Os principais exemplos são a

planície de inundação do rio Paraopeba e os depósitos areno-cascalhosos encontrados na região do Ribeirão do Peixe.

7.4 - CALCÁRIO

Apesar de ser um recurso até então inexplorado na região da folha, a descrição de afloramentos de calcário no leito do Córrego Genipapo faz deste bem mineral um interessante alvo para pesquisas futuras. O corpo de calcário descrito (Figura 7.7) configura uma lente de espessura decamétrica em meio aos pelitos da Formação Serra da Saudade, que se estende lateralmente por centenas de metros.

Para a delimitação segura do corpo encontrado, bem como para a identificação de possíveis outros corpos aflorantes, serão necessárias pesquisas mais detalhadas e mapeamento geológico em maior detalhe.

7.5 - SULFETOS

Em alguns dos depósitos de ardósia citados, principalmente na região da Pedreira do Murilo, foram verificadas concentrações de sulfetos, em geral na forma de cristais euédricos a subédricos, variando de poucos milímetros até 7-8 centímetros. Em aná-

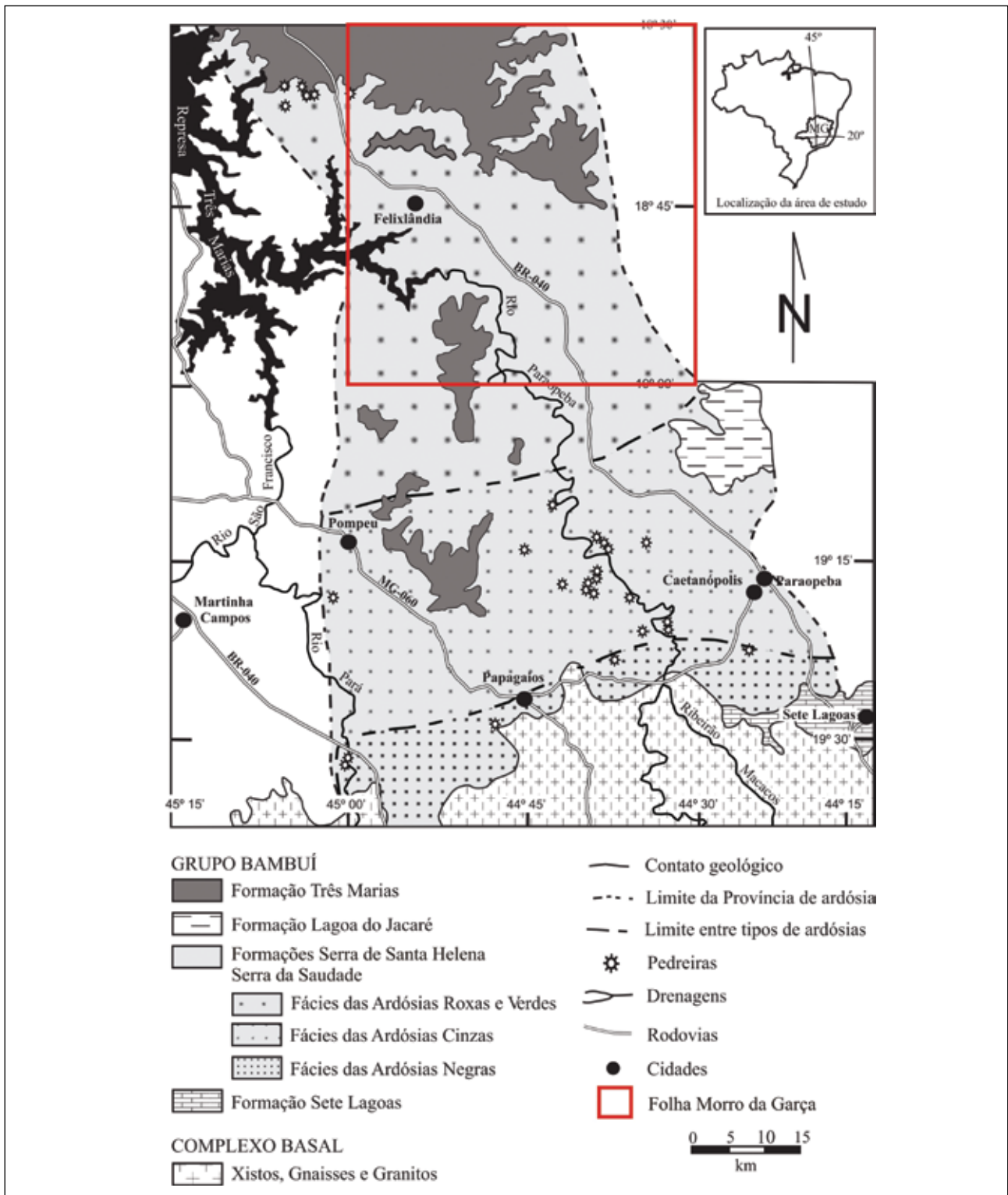


Figura 7.3 - Mapa geológico esquemático da Província de Ardósia de Minas Gerais. Modificado de Chiodi Filho et al. (2003).

lise macroscópica os minerais identificados foram pirita e, possivelmente, mas de ocorrência muito subordinada, bornita e calcopirita.

Apesar da baixa concentração em que foram encontrados, pesquisas relacionadas a sulfetos podem ser futuramente desenvolvidas na área.

7.6 - HIDROCARBONETOS

O contexto geológico da área, bem como sua proximidade com áreas onde ocorrem exsudações de gás, coloca a Folha Morro da Garça como potencial alvo de pesquisa para hidrocarbonetos.

No ponto MK 1045 (539876 E / 7947715 N) foram encontradas em meio aos pelitos do Grupo Bambuí camadas decimétricas de rocha escura, friável, já em elevado estado de decomposição (Figura 7.8).

O material, rico em manganês, foi amostrado e encaminhado ao Laboratório de Paleontologia do Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa – UFMG, sob coordenação da Prof^a Karin Elise Bohns Meyer, para análise palinológica.

Em análise preliminar foram realizadas lâminas palinológicas com metodologia padrão, cuja análise revelou a presença de matéria orgânica amorfa grumosa no sedimento. Futuramente as amostras serão analisadas sob luz azul refletida – fluorescência e será analisado o teor de carbono orgânico total.



Figura 7.6 - Pedreira de siltito alterado no Morro da Extrema (MK 980 – 543751/7951678).



Figura 7.4 - Paredão de siltito no canal da UHE Retiro Baixo (MK 1422 – 523210 / 7912842).



Figura 7.7 - Afloramento de calcário da Formação Serra de Santa Helena em leito de drenagem próximo ao Morro da Extrema (MK 982 – 542470/7952440).



Figura 7.5. Vista geral da “Pedreira do Murilo”, localizada na porção NW da folha (MK 1156 - 500138/ 7944620) .

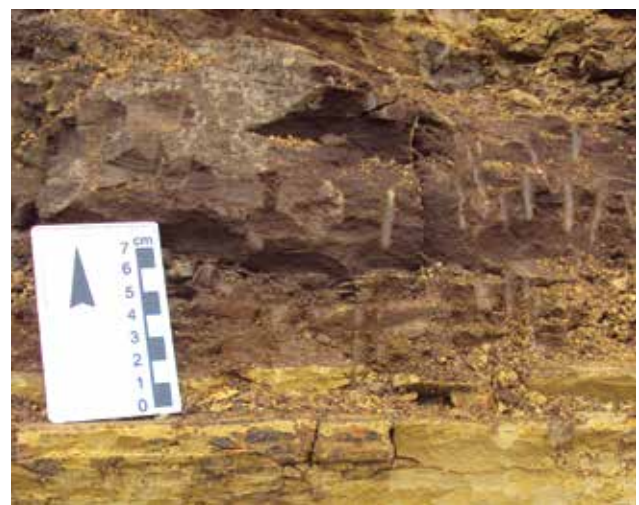


Figura 7.8 - Camada de rocha escura, friável, rica em manganês e matéria orgânica. Ponto MK 1045.

8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O mapeamento da Folha Morro da Garça, em escala 1:100.000, permitiu a individualização, da base para o topo, das formações Serra da Saudade e Três Marias, do Grupo Bambuí, além de três diferentes tipos de Coberturas Cenozóicas.

Do ponto de vista sedimentar as unidades neoproterozóicas mostram características compatíveis com aquelas descritas na literatura a nível regional. Os depósitos predominantemente pelíticos da Formação Serra da Saudade, devido à assembléia de estruturas presente, parece ter gênese em ambiente plataformal não muito profundo, sob influência local de correntes e ondas. A ocorrência de grandes lentes carbonáticas, a exemplo da descrita no norte da área, também aponta neste sentido. Especialmente no topo desta unidade as rochas passam a exibir características diagnósticas de deposição sob influência de ondas de tempestade.

Apesar de sua não mapeabilidade, a ocorrência dos litotipos atribuídos ao Membro Felixlândia merece grande atenção. Os dolomitos desta unidade foram aqui posicionados na porção de topo da Formação Serra da Saudade, devido à natureza de seus contatos. Estas rochas apresentam características singulares, muito contrastantes com as das rochas adjacentes, o que pode ser o registro de um evento importante a nível bacinal, seja ele climático ou tectônico. São, portanto, altamente recomendados estudos com foco no Membro Felixlândia, no sentido de se elucidar seu verdadeiro significado geológico.

A Formação Três Marias apresenta sedimentos imaturos, em depósitos caracteristicamente plataformais, sob influência de correntes e ondas de tempestade. A ocorrência local de ritmitos arenosiltosos e pelitos, com estruturas de carga e convoluções, pode ser indício de sedimentação por correntes de turbidez associadas a porções de declividade mais alta na plataforma.

Os três tipos de cobertura cenozóica descritos possuem gênese muito distinta. As “Coberturas eluviais detrito-lateríticas”, depósitos argilosos avermelhados que ocorrem caracteristicamente nas baixadas, estão aparentemente relacionadas ao retrabalhamento e redeposição dos sedimentos do Grupo Bambuí. A pouca contribuição arenosa nesta unidade, esperada dada a proximidade das serras sustentadas pelos arenitos Três Marias, su-

gere que processos de dissolução da sílica podem ter desenvolvido (e estar desenvolvendo) importante papel na gênese destes depósitos.

As “Coberturas eluviais e coluviais”, que ocorrem apenas nas terras altas, representam o desmonte, praticamente *in situ*, das rochas da Formação Três Marias, dando origem a depósitos essencialmente arenosos. Dado o contexto regional, não se descarta a possibilidade de ao menos parte destes depósitos terem origem no desmonte das rochas cretácicas da Bacia Sanfranciscana, que poderiam estar ali depositadas.

Os depósitos aluvionares descritos têm sua gênese relacionada aos principais cursos d’água que atualmente drenam a região, em especial o Rio Paraopeba, e podem ocorrer como aluviões recentes ou, não raramente, como terraços abandonados. A ocorrência de depósitos incompatíveis com o porte da drenagem a que se associam (*e.g.* Córrego Jacarandá), indicam uma dinâmica fluvial muito mais intensa que a atual, o que pode ser indício da atuação de processos neotectônicos. Dada a importância deste tema no entendimento da evolução geológica da região, são recomendados estudos de detalhe tendo a Neotectônica da Bacia do Rio São Francisco como foco.

Do ponto de vista estrutural, constata-se que o limite entre os compartimentos estruturais Central e Leste do Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.* 1993) é bem marcado na porção NE da Folha Morro da Garça, separando um domínio de camadas horizontais, predominante na porção central da área, de um domínio dobrado, a NE.

Na porção SW da Folha Morro da Garça foi identificado um padrão de dobramentos de eixo NW, anômalo em relação ao contexto regional. Tal estruturação, por seu caráter anômalo, é merecedora de estudos específicos.

Dentre os recursos minerais descritos na área mapeada, merecem destaque aqueles relacionados à construção civil, especialmente ardósia, calcário e pedras para calçamento. Ocorrências isoladas mostram ainda algum potencial para a pesquisa de mineralizações associadas a sulfetos.

A existência de camadas de pelito carbonoso na Formação Serra da Saudade, fato já relatado em outras porções da bacia, a coloca como importante tema de pesquisas na área de hidrocarbonetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKIMIN, F. F. O que faz de um cráton um cráton?: o cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: MANTESSO NETO, Virgínio (Org.) et al. **Geologia do continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 17-34.
- ALKMIM, F. F. Geologia e Tectônica da porção sudoeste da Bacia do São Francisco. In: SOARES, A. C. P. (Coord.). **Projeto Alto Paranaíba**. Belo Horizonte, CODEMIG, 2011. p. 10-67.
- ALKMIM, F. F.; MARTINS NETO, M. A. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C. P.; MARTINS NETO, M. A. (Ed.). **Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais**. Belo Horizonte, SBG/MG, 2001. p. 09-30.
- ALKMIM, F.F. at al. Arcabouço tectônico do cráton do São Francisco: uma revisão. In: DOMINGUEZ, José Maria Landim; MISI, Aroldo (Ed.). **O cráton do São Francisco: trabalhos apresentados na reunião preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco**, realizada em Salvador, Bahia, 8 e 9 de maio de 1992. Salvador: SBG Núcleo Bahia-Sergipe, 1993. 215 p. il.
- ABREU, P. A. A. O supergrupo espinhaço da serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o rifte, a bacia e o orógeno. **Geonomos**, v. 3, n. 1, 1995. p. 1-18.
- BABINSKI, M., VIEIRA, L.C., TRINDADE, R. I. F. Direct dating of the Sete Lagoas Cap Carbonate (Bambuú Group, Brazil), and implications for Neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, n. 19, 2007. p. 1-6.
- BRANCO, José Jaime Rodrigues (Ed.). **Roteiro para a Excursão Belo Horizonte-Brasília: Contribuição ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia**. [Itinerary for the excursion from Belo Horizonte to Brasília]. Belo Horizonte: Instituto de Pesquisas Radioativas; UFMG, 1961. 119 p. (Publicação, 15).
- BROWNLOW, H. A. **Geochemistry**. Boston: Prentice-Hall, 1979. 498p.
- CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n.3, 1997. p. 269-282.
- CASTRO, P. T. A.; DARDENNE, M. A. The sedimentology, stratigraphy and tectonic context of the São Francisco supergroup at the southern boundary of the São Francisco craton, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 30, 2000. p. 345-437.
- CHAVES, M. L. S. C. **Carta geológica da Folha Jequi-taiá**: escala 1:100.000 – SE.23-X-C-II. Minas Gerais: CPRM/UFMG, 2007.
- CHAVES, M. L. S. C. at al. Estratigrafia e Evolução Geomorfológica do Grupo Bambuí na Região de Morro da Garça (MG). **Geonomos**, v. 15, 2007. p. 43-52.
- CHAVES, M. L. S. C.; BENITEZ, L. M.; ANDRADE, K. W. **Carta geológica da Folha Bocaiúva**: escala 1:100.000 – SE.23-X-C-III. Minas Gerais: CPRM/UFMG, 2009.
- CHEMALE JR, F. at al. The Espinhaço supergroup in Minas Gerais: a stenian basin? In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM OF ISOTOPE GEOLOGY, 7, 2010, Brasília. **Anais**. p. 552- 555.
- CHIAVEGATTO, J. R. S. **Análise estratigráfica das sequências tempestíticas da Formação Três Marias (Proterozóico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco**. Ouro Preto, 1992. 216 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 1995.
- CHIAVEGATTO, J.R.S.; GOMES, N. S.; DARDENNE, M. A. Conglomerados Oligomíticos da Formação Três Marias na Serra do Gurutuba: Norte de Minas Gerais. **Boletim SBG/Núcleo MG**, 14, 1997. p. 83-84.
- CHIODI, F. C.; RODRIGUES, E. P.; Artur A. C. Ardósias de Minas Gerais, Brasil: características geológicas, petrográficas e químicas. **Geociências**, v. 22, n. 2, p.119-127. 2003
- COELHO, J. C. C. **Estilos estruturais e evolução tectônica da borda oeste da Bacia do São Francisco, com base na integração de dados de superfície, sub-superfície, litogeoquímica e isótopos**. Ouro Preto, 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 1995.
- COSTA, R. D.; STARKEY, J. PhotoLin: a program to identify and analyze linear structures in aerial photographs, satellite images and maps. **Computers & Geosciences**, n. 27, 2001. p. 527-534.
- COSTA, R. D. at al. **Carta geológica da Folha Curvelo**: escala 1:100.000 – SE.23-Z-A-V. Minas Gerais: CPRM/UFMG, 2009.
- COSTA, R. D. at al. **Carta geológica da Folha Três Marias**: escala 1:100.000 – SE.23-Y-B-III. Minas Gerais: CODEMIG/CPRM, 2010. (Projeto Alto Paranaíba)
- DARDENNE, M. A. **Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, nov. 1978, Recife. **Anais**. Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1978. v.2. p. 597-610.

- DARDENNE, M. A. Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 1, [1981], Salvador. **Anais**. Salvador: SBG/Núcleo BA, [1981] p. 140-157.
- DIAS, P. H. A. et al. **Carta geológica da Folha São Gortardo**: escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-I. Minas Gerais: CODEMIG/CPRM, 1981. (Projeto Alto Paranaíba).
- DUSSIN, I. A.; DUSSIN, T. M. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, v.3, n.1, 1995. p. 19-26.
- FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Pompéu**: escala 1:100.000 – SE.23-Z-C-I. In: TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W. L.; PINHO, J. M. M. Projeto Sete Lagoas-Abaeté. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. (Programa Geologia do Brasil).
- FRAGOSO, D. G. C. **Geologia da região de Presidente Olegário e evolução tectono-sedimentar do Grupo Areado, Eocretáceo da Bacia Sanfranciscana, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Geologia), Minas Gerais, 2011. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- FRAGOSO, D. G. C. (Coord.). **Carta geológica da Folha Presidente Olegário**: escala 1:100.000 – SE.23-Y-B-I. Minas Gerais: CODEMIG/CPRM. 2010. (Projeto Alto Paranaíba)
- FRAGOSO, D. G. C. Geologia dos grupos Bambuí, Areado e Mata da Corda na Folha Presidente Olegário (1:100.000), MG: registro deposicional do neoproterozoico ao neocretáceo da Bacia do São Francisco. **Geonomos**, v. 19, n.1, 2011. p. 28-38.
- FUGITA, A. M.; CLARK FILHO, J. G. Recursos Energéticos da Bacia do São Francisco: Hidrocarbonetos Líquidos e gasosos. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.) **Bacia do São Francisco**: geologia e recursos naturais. Belo Horizonte: SBG/MG, 2001. p. 265-284.
- GOMES, N. S. Contribuição à petrologia à diagênese dos arenitos da Formação Três Marias, Bacia do São Francisco, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988. **Anais**. Belém: SBG, 1988. p. 961-974.
- GROSSI, Sad J. H.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K. Província de ardósia de Minas Gerais. In: PINTO, C.P.; MARTINS NETO, M.A. (Ed.). **Bacia do São Francisco**: geologia e recursos naturais. Belo Horizonte: SBG/MG, 2001. p. 235-243.
- GROSSI, Sad J. H.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K. **Panorama do setor de ardósias do Estado de Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: Cia. Mineradora de Minas Gerais - COMIG. 2002, 1 dvd. v. 2.
- HARALYI, N. L.; HASUI, Y. 1985. The gravimetric information and the Archean-Proterozoic structural framework of eastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 12, n. 1-3, 1985. p. 160-166.
- HERCOS, C.M. **Arcabouço Tectono-Estratigráfico da Bacia do São Francisco nos arredores das Serras da Água Fria e da Onça, porção centro norte do Estado de Minas Gerais**. Ouro Preto, 2008. 207 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 2008.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA & EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária. **Mapa de Solos do Brasil. 1:5.000.000**. Disponível em http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php. Acesso em 12/11/09
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Climas do Brasil**. 2002. 1 mapa. Color. Escala: 1:5.000.000. Disponível em http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php. Acessado em 12/11/09
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 2004. 1 mapa. Color. Escala: 1:5.000.000. Disponível em http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php. Acessado em 12/11/09
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil**. 2006. 1 mapa. Color. Escala: 1:5.000.000. Disponível em http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php. Acessado em 12/11/09
- IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do Rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 2, 2009. p. 256-266.
- KARFUNKEL J., HOPPE, A. Late proterozoic glaciation in Central-Eastern Brazil: synthesis and model. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 65, n. 1-2, may, 1988. p. 1-21.
- KATTAH, S. S. **Análise faciológica e estratigráfica do Jurássico Sup./Cretáceo Inf. na porção meridional da Bacia do São Francisco, oeste do estado de Minas Gerais**. Ouro Preto, 1991. 127 p. Dissertação (Mestrado em Geologia)- DEGEO/Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1991.
- KNAUER, L. G. **Evolução geológica do Pré-Cambriano na porção centro-leste da Serra do Espinhaço Meridional e metalogênese associada**. 1990. 298p. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.
- KNAUER, L. G. Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos**, v. 15, n. 1, 2007. p. 81-90.

- KNAUER, L. G., COSTA, R. D., FREIMANN, M., FERREIRA, M. P. **Carta geológica da Folha Morada Nova de Minas: escala 1:100.000 – SE.23-Y-B-VI.** Minas Gerais: CODEMIG; CPRM, 2010. (Projeto Alto Paranaíba).
- KRAUSKOPF, K. B.; BIRD, D. K. **Introduction to Geochemistry.** New York: McGraw-Hill, 1995. 647p.
- KUCHENBECKER, M. Características aerogeofísicas da Folha Luz: interpretações e dados preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 11, 2009. **Anais.** São Pedro: SBG: 2009. p. 20.
- KUCHENBECKER, M. **Químioestratigrafia e proveniência sedimentar da porção basal do Grupo Bambuí em Arcos (MG).** 2011. 91 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.
- KUCHENBECKER, M. **Carta geológica da Folha Luz, escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-V.** Minas Gerais: CODEMIG/CPRM, 2011. (Projeto Alto Paranaíba).
- KUCHENBECKER, M. at al. Estratigrafia da porção basal do Grupo Bambuí na região de Arcos (MG): uma contribuição a partir de testemunhos de sondagem. **Revista Geologia- USP**, v. 11, n. 2, 2011. p. 45-54. (Série Científica)
- LIMA, O. N. B., UHLEIN, A., BRITTO, W. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, 2007. p. 204-215. Suplemento.
- MACHADO, N., at al. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço meridional. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 5. **Anais.** Minas Gerais: SBG-Núcleo MG, 1989. p. 171-174. (Boletim 10).
- MAGALHÃES, P.M. **Análise estrutural qualitativa das rochas do Grupo Bambuí, na porção sudoeste da Bacia do São Francisco.** 1989. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 1995.
- MARTINS, M. S., LOPES, T. C., MARTINS, F. R., SANTOS, R. L., SENA R. T., Pedrosa, A. C. Soares. **Carta geológica da Folha Serra das Almas, escala 1:100.000 – SE.23-Y-B-II.** Minas Gerais: CODEMIG/CPRM, 2010. (Projeto Alto Paranaíba)
- MARTINS NETO, M. A. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rifte-sag do Paleó/Mesoproterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 2, 1999. p. 151-168.
- MCLENNAN, S. M. Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. **Rev. Mineral.**, n. 21, 1989. p. 169-200.
- NOCE, C. M., at al. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. **Genomos**, v. 15, n. 1, 2007. p. 17-23.
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha João Pinheiro: escala 1:250.000 – SE.23-V-D.** Minas Gerais: CPRM/COMIG, 2003. (Projeto São Francisco)
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Chapadão dos Gerais: escala 1:100.000 – SE.23-V-D-VI.** Minas Gerais: CPRM/COMIG, 2003a. (Projeto São Francisco).
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Rio do Sono: escala 1:100.000 – SE.23-V-D-V.** Minas Gerais: CPRM/COMIG, 2003b. (Projeto São Francisco).
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha João Pinheiro: escala 1:100.000 – SE.23-V-D-IV.** Minas Gerais: CPRM/COMIG, 2003c. (Projeto São Francisco).
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Serra do Jatobá: escala 1:100.000 – SE.23-V-D-III.** Minas Gerais: CPRM/COMIG, 2003d. (Projeto São Francisco).
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Canabrava: escala 1:100.000 – SE.23-V-D-II.** Minas Gerais, CPRM/COMIG: 2003e. (Projeto São Francisco).
- OLIVEIRA, A. A. K.; VALLE, C. R. O.; FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Bocaina: escala 1:100.000 – SE.23-V-D-I.** Minas Gerais: CPRM/COMIG, 2003f. (Projeto São Francisco).
- PARENTI, J.G. Couto. Nota sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí na região de Felixlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10, n. 4, 1980. p. 292-296.
- PAULA, F. L., DUARTE, F. T., TEIXEIRA, L. F. **Mapeamento geológico da porção norte da Folha Três Marias: – SE.23-Y-B-III.** 2009. 141 p. Trabalho de Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- PETTIJOHN, F. G., POTTER, P. E., SIEVER, R. **Sand and sandstones.** Berlin: Springer Verlag, 1972. 618 p. il.
- PINHO, J. M. M. **Carta geológica da Folha Belo Horizonte (Porção centro-norte): escala 1:100.000 – SE.23-Z-C-VI.** Minas Gerais: CPRM, 2008. (Projeto Sete Lagoas-Abaeté).
- REIS, H. L. S. **Carta geológica da Folha Serra Selada: escala 1:100.000 – SE.23-Y-B-V.** Minas Gerais: CODEMIG/CPRM. 2011. (Projeto Alto Paranaíba).
- REIS, H. L. S. **Estratigrafia e tectônica da Bacia do São Francisco na zona de emanações de gás natural**

- do baixo Rio Indaiá (MG).** 2011. 126p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 1995.
- RENGER, F. E.; KNAUER, L. G. Espinhaço. **Quo vadis? (Onde está?-Aonde vai?):** a evolução dos conhecimentos sobre a Cordilheira do Espinhaço Meridional em Minas Gerais entre 1979 e 1995. *Geonomos*, v. 3, n.1, 1995. p. 31-39.
- RIBEIRO, J. H. **Carta geológica da Folha Santa Fé de Minas:** escala 1:100.000 – SE.23-V-B-VI. Minas Gerais: CPRM;COMIG. 2003. (Projeto São Francisco).
- RIBEIRO, J. H. **Carta geológica da Folha Baldim (Faixa W):** escala 1:100.000 – SE.23-Z-C-III. In: TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W. L.; PINHO, J. M. M. PROJETO SETE LAGOAS-ABAETÉ. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. (Programa Geologia do Brasil).
- RIBEIRO, J. H., MACIEL, J. D. **Carta geológica da Folha São Romão:** escala 1:100.000 – SE.23-V-B-III. Minas Gerais: CPRM;COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P. **Carta geológica da Folha Piumhi:** escala 1:100.000 – SF.23-V-D-II. Rio de Janeiro: CPRM;UFRJ, 2008.
- RIBEIRO, J. H., TULLER, M. P., SIGNORELLI, N., FÉBOLI, W. L. **Carta geológica da Folha Bom Despacho:** escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-VI. In: TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W. L.; PINHO, J. M. M. Projeto Sete Lagoas-Abaeté. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. (Programa Geologia do Brasil).
- RODRIGUES, J. B. **Proveniência dos sedimentos dos grupos Canastra, Ibia, Vazante e Bambui:** um estudo de zircões detriticos e idades modelo SM-Nd. 2008. 129 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- ROMANO, A. W. **Carta geológica da Folha Pará de Minas:** escala 1:100.000 – SE.23-Z-C-IV. Minas Gerais: CPRM;UFMG, 2007.
- SAWASATO, E.Y. **Estruturação da porção meridional da Bacia Alto-SanFranciscana, Cretáceo do Oeste de Minas Gerais.** Ouro Preto, 1995. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 1995.
- SCHÖLL, Walter Uwe; FOGAÇA, Antônio Celso C. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina (MG). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 1. 1979, Diamantina. **Atas.** Belo Horizonte: SBG Núcleo Minas Gerais, 1979. p. 55-73. (Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Minas Gerais. Boletim 1)
- SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Carta geológica da Folha Campos Altos:** escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-IV. Minas Gerais: CODEMIG;CPRM. 2010. (Projeto Alto Paranaíba).
- SEER, H. J.; MORAES, L. C. CARNEIRO, M. A. Geologia e litogeoquímica dos diques toleíticos ATI vinculados aos lineamentos magnéticos de direção NW do arco do Alto Paranaíba em Abadia dos Dourados (MG). In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 5., 2011, Goiás. **[Anais].** Goiás: [s.n], 2011.
- SGARBI, G. N. C. et al. Bacia Sanfranciscana: o registro Fanerozóico da Bacia do São Francisco. In: PINTO, C. P.; MARTINS NETO, M. A. (Ed.). In: **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais.** Belo Horizonte: SBG/MG, 2001. p. 93-138.
- SGARBI, P. B. A. Magmatismo do Cretáceo na Região Sudoeste da Bacia Sanfranciscana: o Grupo Mata da Corda. In: PEDROSA, A. C. Souza et al.(Ed.). **Projeto Alto Paranaíba.** Belo Horizonte, CODEMIG, 2011. p. 147-227. No prelo.
- SIGNORELLI, N. **Carta geológica da Folha Abaeté:** escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-III. CPRM. 2009. In: TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W. L.; PINHO, J. M. M. Projeto Sete Lagoas-Abaeté. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. (Programa Geologia do Brasil).
- SIGNORELLI, N., TULLER, M. P., SILVA, P. C. S., JUSTO, L. J. E. C. **Carta geológica da Folha Três Marias:** escala 1:250.000 – SE.23-Y-B. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).
- SOUZA FILHO, R. G. **O Arcabouço Estrutural da porção externa da Faixa Aracuaí na Serra do Cabral (MG) e o contraste de estilos deformacionais entre os supergrupos Espinhaço e São Francisco.** Ouro Preto, 1995. 150 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 1995.
- TAYLOR, S. R.; MCLENNAN, S. M. **The Continental Crust:** its composition and evolution. Oxford: Blackwell, 1985. 312 p.
- TULLER, M. P.; SILVA, P. C. S. **Carta geológica da Folha Bom Despacho:** escala 1:250.000 – SE.23-Y-D. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).
- TULLER, M. P.; SILVA, P. C. S. **Carta geológica da Folha Dores do Indaiá:** escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-II. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).
- TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H. **Carta geológica da Folha Contagem (Faixa NE):** escala 1:100.000 – SE.23-Y-D-VI. In: TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W. L.; PINHO, J. M. M. Projeto Sete Lagoas-Abaeté. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. (Programa Geologia do Brasil).

- TULLER, M. P. **Carta geológica da Folha Sete Lagoas**: escala 1:100.000 – SE.23-Z-C-II. In: TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W. L.; PINHO, J. M. M. Projeto Sete Lagoas-Abaeté. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. (Programa Geologia do Brasil).
- TULLER, Manoel Pedro et al. **Proposta de uma nova seção-tipo da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, na região de Inhaúma, Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 26-31 out. 2008, Curitiba, PR. Anais. Curitiba, PR: SBG, 2008.
- UHLEIN, A. et al. Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais (Roteiro Geológico). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, 2004, Araxá, Minas Gerais. **Anais**. Araxá, MG: SBG, 2004. 1 dvd.
- UHLEIN, A. et al. **Carta geológica da Folha Carmo do Paranaíba**: escala 1:100.000 – SE.23-Y-B-IV. Minas Gerais, CODEMIG/CPRM, 2011. (Projeto Alto Paranaíba).
- VIEIRA, L. C. et al. A Formação Sete Lagoas em sua área tipo: fácies estratigrafia e sistemas deposicionais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, 2007. p. 1-14.
- YAMATO, A. A., ARAÚJO, M. C. **Carta geológica da Folha Bonfinópolis de Minas**: escala 1:100.000 – SE.23-V-B-V. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).
- YAMATO, A. A., ARAÚJO, M. C. **Carta geológica da Folha Serra do Boqueirão**: escala 1:100.000 – SE.23-V-B-IV. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003a. (Projeto São Francisco).
- YAMATO, A. A., ARAÚJO, M. C. **Carta geológica da Folha Serra da Ilha**: escala 1:100.000 – SE.23-V-B-I. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003b. (Projeto São Francisco).
- YAMATO, A. A., RIBEIRO, J. H., MACIEL, J. D., ARAÚJO, M. C. **Carta geológica da Folha São Romão**: escala 1:250.000 – SE.23-V-B. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).
- YAMATO, A. A., RIBEIRO, J. H., MACIEL, J. D., ARAÚJO, M. C. **Carta geológica da Folha Urucuia**: escala 1:100.000 – SE.23-V-B-II. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003a. (Projeto São Francisco).
- ZALÁN, P. V.; Romeiro, P. C. Silva. Bacia do São Francisco. **Boletim de Geociências Petrobrás**, v. 15, n. 2, 2007. p. 561-571.