

**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**

**PROJETO**  
**SETE LAGOAS - ABAETÉ**  
**ESTADO DE MINAS GERAIS**



BELO HORIZONTE  
2010

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@BH.CPRM.GOV.BR

Companhia de Pesquisa de Recursos Mineral-CPRM

Projeto Sete Lagoas-Abaeté, Estado de Minas Gerais: texto explicativo./Manoel Pedro Tuller, José Heleno Ribeiro, Nicola Signorelli, Wilson Luis Féboli, Júlio Murilo Martino Pinho, Orgs.- Belo Horizonte: CPRM-BH, 2009.

160p., 06 mapas geológicos, escala 1:100.000 (Série Programa Geologia do Brasil) versão impressa em papel e em meio digital, textos e mapas.

Conteúdo: Inclui as folhas geológicas de : Sete Lagoas, Baldim[parcial], Abaeté, Pompéu, , Bom Despacho[parcial], escala 1:100.000, Belo Horizonte [parcial]. Projeto Desenvolvido em SIG-Sistema de Informações Geográficas utilizando o GEOBANK-Bancos de Dados Geoespacial da CPRM.

1.Geologia de Minas Gerais. 2.Recursos Minerais- I – Título. II Tuller, Manoel Pedro. III- Ribeiro, José Heleno. IV –Signorelli, Nicola. V- Féboli, Wilson Luis. VI- Pinho, Julio Murilo Martino. VII. Série.

CDU 551 (815.1A/Z)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA CPRM-BH POR BIBL. M. MADALENA COSTA FERREIRA – CRB-MG1393

**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**

**PROJETO**  
**SETE LAGOAS - ABAETÉ**  
**ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Manoel Pedro Tuller**  
**José Heleno Ribeiro**  
**Nicola Signorelli**  
**Wilson Luis Féboli**  
**Júlio Murilo Martino Pinho**



BELO HORIZONTE  
2010

**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**  
**PROJETO SETE LAGOAS - ABAETÉ**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
Márcio Pereira Zimmermann  
*Ministro de Estado*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
Cláudio Scliar  
*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

Agamenon Sérgio Lucas Dantas

*Diretor-Presidente*

Manoel Barretto da Rocha Neto

*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

José Ribeiro Mendes

*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Fernando Pereira de Carvalho

*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Eduardo Santa Helena da Silva

*Diretor de Administração e Finanças*

Inácio de Medeiros Delgado

*Chefe do Departamento de Geologia*

Reginaldo Alves dos Santos

*Chefe da Divisão de Geologia Básica*

João Henrique Gonçalves

*Chefe da 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*

Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira

*Gerente de Geologia e Recursos Minerais*

Marcelo de Araujo Vieira

*Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Marcio de Oliveira Cândido

*Gerente de Geologia e Gestão Territorial*

Silvia Efigênia Vieira de Melo

*Gerente de Administração e Finanças*

**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

**CRÉDITOS DE AUTORIA DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA**

Manoel Pedro Tuller – Folha Sete Lagoas - SE.23-Z-C-II

José Heleno Ribeiro – Folha Baldim - SE.23-Z-C-III

Nicola Signorelli - Folha Abaeté SE.23-Y-D-III

Wilson Luis Féboli – Folha Pompéu - SE.23-Z-C-I

Júlio Murilo Martino Pinho - Folha Belo Horizonte SE.23-ZC-VI

José Heleno Ribeiro, Manoel Pedro Tuller, Nicola Signorelli e Wilson Luis Féboli

Folha Bom Despacho - SE.23-Y-D-VI

---

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO**

**Capítulo 1 — INTRODUÇÃO**

Manoel Pedro Tuller

**Capítulo 2 — ASPECTOS FISIOGRAFICOS,  
HIDROGRAFIA, CLIMA E VEGETAÇÃO**

Manoel Pedro Tuller

**Capítulo 3 — CONTEXTO GEOTECTÔNICO E  
GEOLOGIA REGIONAL**

Júlio Murilo Martino Pinho

**Capítulo 4 – GEOLOGIA/ESTRATIGRAFIA**

**4.1 INTRODUÇÃO**

Nicola Signorelli e José Heleno Ribeiro

**4.2 ESTRATIGRAFIA**

**4.2.1 COMPLEXO BELO HORIZONTE**

Wilson Luis Féboli

**4.2.2 COMPLEXO DIVINÓPOLIS**

Manoel Pedro Tuller e Wilson Luis Féboli

**4.2.3 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS**

Wilson Luis Féboli

**4.2.4 SUPERGRUPO MINAS**

Manoel Pedro Tuller

**4.2.5 SUPERGRUPO ESPINHAÇO**

José Heleno Ribeiro

**4.2.6 GRUPO MACAÚBAS**

Júlio Murilo Martino Pinho

**4.2.7 GRUPO BAMBUÍ**

Wilson Luis Féboli

**4.2.7.1 FORMAÇÃO CARRANCAS**

José Heleno Ribeiro

**4.2.7.2 FORMAÇÃO SETE LAGOAS**

José Heleno Ribeiro

**4.2.7.3 FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA**

Wilson Luis Féboli

**4.2.7.4 FORMAÇÃO LAGOA DO JACARÉ**

Nicola Signorelli

**4.2.7.5 FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE**

Nicola Signorelli

**4.2.8 FORMAÇÕES SUPERFICIAIS**

Wilson Luis Féboli

**4.2.9 ROCHAS DE POSICIONAMENTO DUVIDOSO**

Wilson Luis Féboli

**Capítulo 5 GEOLOGIA ESTRUTURAL**

Júlio Murilo Martino Pinho

**Capítulo 6 GEOQUÍMICA**

Eduardo Duarte Marques, Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro e Cláudio José Marques de Souza

**Capítulo 7 GEOFÍSICA**

Fernando A. R. de Oliveira, Michael G. P. Drews e Nicola Signorelli

**Capítulo 8 RECURSOS MINERAIS**

Manoel Pedro Tuller e Wilson Luis Féboli

**Capítulo 9 CONCLUSÕES**

Nicola Signorelli

**Capítulo 10 RECOMENDAÇÕES**

Nicola Signorelli

**Capítulo 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Wilson Luis Féboli, Júlio Murilo Martino Pinho

**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**

**PROJETO SETE LAGOAS - ABAETÉ**

**APOIO TÉCNICO DA CPRM**

INÁCIO MEDEIROS DELGADO  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

REGINALDO ALVES DOS SANTOS  
DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA-DIGEOP

JOÃO HENRIQUE GONÇALVES  
DIVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO-DIGEOP

EDIÇÃO DO PRODUTO  
ERNESTO VON SPERLING

DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO  
Ernesto von Sperling

DIVISÃO DE MARKETING-DIMARK  
José Márcio Henriques Soares

SUREG-BH  
MARCO ANTÔNIO FONSECA

FERNANDO ANTÔNIO RODRIGUES DE OLIVEIRA  
ANTONINO JUAREZ BORGES  
MICHAEL GUSTAV PETER DREWS  
FREDERICO ANDRÉ FAVRE  
MAGDA ELIANA G. DE OLIVEIRA  
SONIA APARECIDA PESSOA  
JOSIENE ORNELAS DE FREITAS  
GERÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS – GEREMI/ SUREG-BH

MARCELO DE ARAÚJO VIEIRA  
MÁRCIO ANTÔNIO DA SILVA  
BRYSA DE OLIVEIRA  
ELIZABETH DE ALMEIDA CADÊTE COSTA  
MÁRCIO FERREIRA AUGUSTO  
MARIA MADALENA COSTA FERREIRA  
MAURÍCIO ALVES FERREIRA SANTOS  
ROSÂNGELA GONÇALVES BASTOS DE SOUZA  
GERÊNCIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E  
DESENVOLVIMENTO - GERIDE/SUREG-BH

SILVIA EFIGÊNIA VIEIRA DE MELO  
GERÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS  
GERAFI/ SUREG-BH

MANOEL PEDRO TULLER  
CHEFE DO PROJETO

GEOLOGIA: JÚLIO MURILO MARTINO PINHO  
RECURSOS MINERAIS: VINICIUS JOSÉ DE CASTRO PAES  
SUPERVISOR TÉCNICO

JÚLIO MURILO MARTINO PINHO  
MARCO ANTÔNIO FONSECA  
JANE NOBRE LOPES  
REGINALDO ALVES DOS SANTOS  
REVISÃO DO TEXTO

JÚLIO M. M. PINHO  
WILSON LUIS FÉBOLI  
UNIKA EDITORA  
ORGANIZAÇÃO E EDITORAÇÃO

FREDERICO OZANAM RAPOSO  
PETROGRAFIA

EDUARDO DUARTE MARQUES  
CLÁUDIO JOSÉ MARQUES DE SOUZA  
GEOQUÍMICA

CRISTIANO CÉSAR SOUZA  
DREVISSON FERNANDO SOARES  
FRANCISCO MAGELA DIAS  
GERALDO SARAIVA  
JÚLIO DE FREITAS F. VASQUES  
LEONARDO PERDIGÃO  
MÁRCIO ALEXANDRE  
MARCO ANTONIO LEITÃO PIMENTEL  
MAURÍCIO VIEIRA RIOS  
VALTER GONÇALVES DE ARAÚJO  
TÉCNICOS EM GEOLOGIA/MINERAÇÃO

HENRIQUE GUIMARÃES PEDROSA  
MARCOS EDUARDO NILTON VIEIRA NERI  
ESTAGIÁRIOS DE GEOLOGIA

# 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. Esse programa tem por objetivo a ampliação acelerada do conhecimento geológico do território brasileiro, fornecendo subsídios para novos investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros, com a consequente geração de novas oportunidades de emprego e renda. Além disso, os novos dados de campo e laboratório obtidos na execução do trabalho podem ser utilizados em projetos de gestão territorial e de recursos hídricos, dentre inúmeras outras aplicações de interesse social.

Os resultados encontrados mostram um importante avanço no exercício de novas práticas, tanto na cartografia geológica quanto no estudo da potencialidade mineral e do conhecimento geológico em amplas áreas do território nacional. 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 outros.

O projeto foi totalmente desenvolvido em ambiente SIG e vinculado ao banco de dados geológicos da CPRM, o GEOBANK, incorporando o que existe de mais atualizado em técnica de geoprocessamento aplicada à cartografia geológica. Também encontram-se disponíveis para consulta e *download* no Portal da CPRM - [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br) - os mapas em formato PDF de todas as folhas que integram o projeto Sete Lagoas – Abaeté.

Este relatório contém o *Texto Explicativo do Projeto Sete Lagoas - Abaeté*, estruturado de forma integrada, abordando as especificidades mapeadas em todas as sete folhas *na escala 1:100.000* que integram o projeto (*SE.23-Y-D-III - Abaeté, SE.23-Z-C-I - Pompéu, SE.23-Z-C-II – Sete Lagoas, SE.23-Z-C-III - Baldim, SE.23-Y-D-VI – Bom Despacho, SE.23-Z-C-V - Contagem e SE.23-ZC- VI – Belo Horizonte*).

A área abrangida pelas folhas está inserida na Bacia do São Francisco, uma bacia intracratônica pouco deformada na parte central e limitada por suas faixas móveis compressionais a oeste (Faixa Brasília) e a leste (Faixa Araçuaí). O Grupo Bambuí é o mais importante conjunto litológico aflorante na área e principal objetivo deste mapeamento.

As atividades mineiras na área estão relacionadas a calcários, explotados para utilização na construção civil, produção de cimento, cal, brita, pedra para calçamento e pó de brita.

AGAMENON DANTAS  
Diretor Presidente

MANOEL BARRETTO  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais





## RESUMO

---

O mapeamento geológico das folhas Baldim (SE.23-Z-C-III, 80%), Sete Lagoas (SE.23-Z-C-II, 100%), Pompéu (SE.23-Z-C-I, 100%), Abaeté (SE.23-Y-D-III, 100%), Bom Despacho (SE.23-Y-D-VI, 50%), Contagem (SE.23-Z-C-V, 10%) e Belo Horizonte (SE.23-Z-C-VI, 15%), na escala 1:100.000, integrantes do Projeto Sete Lagoas – Abaeté, foi executado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Utilizou-se a metodologia estabelecida para os projetos do Programa Geologia do Brasil – PGB, executado pela CPRM, complementada por levantamentos de seções verticais compostas de detalhe. A área abrangida pelas folhas está inserida na Bacia do São Francisco, uma bacia intracratônica pouco deformada na parte central e limitada por suas faixas móveis compressionais a oeste (Faixa Brasília) e a leste (Faixa Araçuaí). O Grupo Bambuí, o mais importante conjunto litológico aflorante na área e principal objetivo deste mapeamento, é composto, da base para o topo: Formação Carrancas, representada pelas fácies conglomerática e pelítica; Formação Sete Lagoas, depositada em ambiente marinho plataformar, subdividida em dois membros, Pedro Leopoldo, inferior, constituído de calcilitos, calcissiltitos e siltitos, e Lagoa Santa, superior, composto de calcarenitos finos a médios localmente estromatolíticos; Formação Serra de Santa Helena, representada por siltitos argilosos e margas; Formação Lagoa do Jacaré, constituída de calcarenitos oolíticos e intraclásticos, localmente estromatolíticos, e a Formação Serra da Saudade, composta de siltitos e arenitos argilosos. Apesar de não ter sido objeto do trabalho, foram compiladas e descritas resumidamente as seguintes unidades litoestratigráficas: Grupo Macaúbas, Supergrupos Espinhaço, Minas e Rio das Velhas, e os Complexos Belo Horizonte e Divinópolis. As estruturas regionais mais marcantes podem ser visualizadas em imagens de satélite e em fotografias aéreas. São falhas de empurrão, de descolamento, falhas e ou fraturas indiscriminadas de direções NW e NE. Os trabalhos de campo permitiram caracterizar, regionalmente, acamadamentos, elementos lineares, dobras e clivagens de fratura. A área estudada foi dividida em domínios estruturais, de acordo com a magnitude da deformação, tendo sido individualizados quatro domínios de comportamento estrutural distintos. Os mapas aerogeofísicos magnetométricos permitem visualizar as estruturas regionais preenchidas por diques e, nos locais onde há levantamentos aerogamaespectrométricos, percebe-se os diferentes litótipos. Foram feitas amostragens de sedimento de corrente e de concentrados de bateia nas folhas Pompéu, Abaeté e Bom Despacho e reinterpretados os dados existentes nas folhas Sete Lagoas e Baldim. As atividades mineiras na área estão relacionadas a calcários, explotados para utilização na construção civil, produção de cimento, cal, brita, pedra para calçamento e pó de brita. Durante a execução do mapeamento geológico foram cadastradas 55 minas de ardósias, entre ativas e inativas. As propriedades físicas destas ardósias permitem sua utilização em revestimentos, pisos, telhados, decorações, móveis, etc. Foram cadastradas 16 ocorrências de quartzo, que ocorre geralmente em veios associados principalmente à Formação Serra de Santa Helena. São explotados sob a forma de garimpos, estando a maior parte inativos. Junto a estes veios são encontrados cristais euédricos de quartzo hialino utilizados para coleção e na indústria eletro-eletrônica. Também foram cadastradas 18 ocorrências de manganês, que ocorrem sob a forma de dióxido de manganês, geralmente no contato com o embasamento (Complexo Divinópolis); 10 ocorrências de argila, encontradas nas planícies de inundações, próximas às margens de córregos e rios da região e utilizadas para cerâmica vermelha, na fabricação de tijolos e telhas; 16 depósitos de areia, que são frequentes em rios e ribeirões da região e utilizados na construção civil, e inúmeras “casalheiras” de quartzo de veios e coberturas detrítico-lateríticas, próprias para encascalhamento e pavimentação de estradas.



## **ABSTRACT**

---

The geological maps of the Baldim (SE.23-Z-C-III, 80%), Sete Lagoas (SE.23-Z-C-II, 100%), Pompéu (SE.23-Z-C-I, 100%), Abaeté (SE.23-Z-B-III, 100%), Bom Despacho (SE.23-Z-B-VI, 50%), Contagem (SE.23-Z-C-V, 10%) and Belo Horizonte (SE.23-Z-C-VI, 15%) Quadrangles (1:100.000) comprise the Sete Lagoas - Abaeté Project. Field works are strictly in accordance with the mapping protocol of the Brazilian Geology Program (PGB) of Brazilian Geological Survey (CPRM). In addition to the regional mapping, 54 supplementary graphic vertical profiles were performed. The project encompasses an area of about 13.195 Km<sup>2</sup>, mostly covered by the Neoproterozoic intracratonic São Francisco Basin. This basin is bounded by NS trending fold and thrust belts (Brasília Belt, to the west, and Araçuaí Belt, to the east). The Neoproterozoic Bambuí Group is the main mapped lithological unit. Based on lithological, stratigraphic and paleoenvironmental data it may be conveniently divided into the following units from base to top: Carrancas Formation, represented by conglomerate and pelitic facies; Sete Lagoas Formation, that was deposited in platformal marine environment, with two members: basal Pedro Leopoldo (calclutites, calcisiltites and siltites), and the top Lagoa Santa member, composed of fine to medium calcarenites locally stromatolitic; Serra de Santa Helena Formation, represented by clayey siltites and marls; Lagoa do Jacaré Formation, that is constituted of oolitic and intraclastic calcarenites, locally stromatolitic; and Serra da Saudade Formation, composed of siltites and clayey sandstones. In spite of not being the focus of the project, the following lithostratigraphic units have been briefly reported: Neoproterozoic Macaúbas, Midproterozoic Espinhaço, Paleoproterozoic Minas, Archean Rio das Velhas Supergroups and Archean Belo Horizonte and Divinópolis Complexes. Most common mapped structures comprise bedding, cleavages, folds and brittle fractures. Most expressive regional structures are thrust faults, detachment faults, NW and NE normal faults and fractures and be easily observed in satellite images and aerial photographs. Magnetometric data showed the patterns of linear structures like dykes and faults. Where available, radiometric data have discriminated among some lithologies. Stream sediments and pan concentrates were collected in Abaeté, Pompéu and Bom Despacho Quadrangles. At the same time, older data of Sete Lagoas and Baldim Quadrangles were reinterpreted. Mining is mainly related to exploitation of calcareous rocks, used as raw materials to building construction, manufacture of cement, lime, broken stone, pavement and dimension stones. During the time of field works, 55 actives/ abandoned slate mines had been recorded, mainly concentrated in Papagaios region. The slate's physical properties allows their use as flooring tiles, wall cladding, roofing tiles, table tops, billiards table tops, etc. Sixteen quartz occurrences (mainly as Hyaline and well formed quartz crystals found in milked quartz veins) were reported. Most of them are currently abandoned. The main use is as crystal collections and in the electro-electronic industry. Eighteen oxide manganese occurrences were also reported most of them along the contact between Serra de Santa Helena Formation and the basement rocks (Divinópolis Complex). Ten clay occurrences were found in floodplains near the creeks and rivers margins. They are exploited for brick and tiling industry. Sixteen sand deposits, used in building industry, and a lot of quartz fragments and detritic-lateritic material used for road pavement are the main construction aggregates occurrences.



# SUMÁRIO

---

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 Objetivo e Métodos .....	17
1.2 Localização e Acessos .....	18
1.3 Aspectos Sócio-Econômicos .....	19
<b>2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS, HIDROGRAFIA, CLIMA E VEGETAÇÃO</b> .....	<b>21</b>
2.1 Clima.....	21
2.2 Vegetação.....	21
2.3 Solos .....	21
2.4 Geomorfologia .....	22
2.5 hidrografia .....	22
<b>3 – CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	<b>25</b>
<b>4 - GEOLOGIA/ESTRATIGRAFIA</b> .....	<b>27</b>
4.1 Introdução .....	27
4.2 Estratigrafia .....	28
4.2.1 Complexo Belo Horizonte - A3bh.....	28
4.2.2 Complexo Divinópolis - A3d .....	30
4.2.3 Supergrupo Rio das Velhas - A34rv .....	33
4.2.3.1 Grupo Nova Lima - A4rn34 .....	34
4.2.3.2 Grupo Maquiné - A4rm .....	36
4.2.4 Supergrupo Minas .....	38
4.2.5 Supergrupo Espinhaço.....	38
4.2.6 Grupo Macaúbas .....	41
4.2.7 Grupo Bambuí .....	42
4.2.7.1 Formação Carrancas - NP1bcd e NP1bcr .....	44
4.2.7.2 Formação Sete Lagoas - NP2spl - NP2sls .....	49
4.2.7.3 Formação Serra de Santa Helena - NP2sh.....	59
4.2.7.4 Formação Lagoa do Jacaré - Np2lj .....	65
4.2.7.5 Formação Serra da Saudade - NP2ss .....	73
4.2.8 Formações Superficiais.....	78
4.2.8.1 Coberturas Detríticas - Ndl.....	78
4.2.8.2 Terraços Aluviais - N34a .....	80
4.2.8.3 Aluviões - N4a .....	81
4.2.9 Rochas de Posicionamento Duvidoso .....	81
4.2.9.1 Diques Básicos - dm .....	81
4.2.9.2 “Diques”/Veios de Quartzo - qz .....	83
<b>5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL</b> .....	<b>85</b>
<b>6 – GEOQUÍMICA</b> .....	<b>95</b>
6.1 Introdução .....	95
6.2 Método de Trabalho.....	95
6.2.1 Trabalhos de Campo .....	95

6.2.2 Análises das Amostras .....	96
6.3 Resultados Obtidos .....	96
6.3.1 Sedimentos de Corrente .....	96
6.3.1.1 Análise de Variância .....	96
6.3.1.2 Sumário dos estimadores .....	97
6.3.1.3 Anomalias Geoquímicas.....	99
6.3.2 Concentrados de Bateia.....	101
6.3.3 Interpretação dos Dados Geoquímicos .....	103
6.3.4 Análise de Agrupamentos (Cluster Analysis) .....	105
6.3.5 Mapas de Distribuição .....	106
7 - GEOFÍSICA .....	113
7.1 Introdução .....	113
7.2 Método .....	114
7.3 Magnetometria.....	114
7.4 Radiometria .....	120
8 – RECURSOS MINERAIS.....	127
9 – CONCLUSÕES.....	135
10 – RECOMENDAÇÕES.....	137
11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	139
APÊNDICES.....	153
1 - Súmula dos Dados de Produção .....	155
2 - Seções Compostas Verticais.....	157

# **PROJETO SETE LAGOAS - ABAETÉ**

## **ESTADO DE MINAS GERAIS**

---





# 1 – INTRODUÇÃO

Este relatório faz parte do Programa Geologia do Brasil (PGB) que contempla a cartografia geológica e cadastramento dos recursos minerais de uma área de aproximadamente 13.195 km<sup>2</sup> da Bacia Neoproterozóica do São Francisco (Grupo Bambuí) e faixas móveis contíguas.

O relatório integra a cartografia geológica em escala 1:100.000 das folhas: Baldim (SE-23-Z-C-III, 80%), Sete Lagoas (SE-23-Z-C-II, 100%), Pompéu (SE-23-Z-C-I, 100%), Abaeté (SE-23-Y-D-III, 100%), Bom Despacho (SE-23-Y-D-VI, 50%), Contagem (SE-23-Z-C-V, 10%) e Belo Horizonte (SE-23-Z-C-VI, 15%), totalizando 13195 km<sup>2</sup> aproximadamente.

O Grupo Bambuí, principal objetivo deste mapeamento geológico, é abordado com detalhes da sua litoestratigrafia através de suas formações, membros e fácies, com seus respectivos sistemas e ambientes deposicionais. O Supergrupo Rio das Velhas (Grupos Nova Lima e Maquiné) foi mapeado nas folhas Pompéu e Bom Despacho e compilado na Folha Belo Horizonte. O Complexo Belo Horizonte foi mapeado na Folha Pompéu, devido à pequena área aflorante, e compilado nas folhas Contagem e Belo Horizonte. O Complexo Divinópolis foi mapeado nas áreas próximas dos contatos com o Grupo Bambuí na Folha Bom Despacho e compilado no restante da folha. Os Supergrupos Espinhaço e Minas, bem como o Grupo Macaúbas e o Complexo Caeté foram compilados nas folhas Baldim e Belo Horizonte com pequenos ajustes nos contatos.

O levantamento geoquímico para sedimentos de correntes e concentrados de bateia foi feito nas folhas Abaeté, Pompéu e Bom Despacho. Nas demais, Baldim, Sete Lagoas, Contagem e Belo Horizonte, as amostras foram aproveitadas do Projeto Geoquímica do Bambuí (Heineck *et al.*, 1977) e reinterpretadas.

Quanto à geofísica, os mapas apresentados fazem parte da reinterpretação de dados aeromagnetométricos do convênio DNPM/CGBA - Convênio Geofísica Brasil - Alemanha (1971 / 72) e parcialmente coberta pelos levantamentos mais recentes denominados Área 7 (convênio CPRM - Serviço Geológico do Brasil - e a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - CODEMIG) e Área 2 (realizada pela CODEMIG). Todas as informações estão registradas no banco de dados da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, denominado GEOBANK ([www.cprm.gov.br/](http://www.cprm.gov.br/) ou <http://geobank.sa.cprm.gov.br>).

## 1.1 OBJETIVO E MÉTODOS

O projeto teve por objetivo a continuidade dos estudos geológicos da Bacia do São Francisco, em concordância com o plano plurianual para o desenvolvimento do setor mineral (MME/ DNPM, 1994), elaborado sob a coordenação do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), que concluiu pela inclusão da **Província Mineral Bambuí**, dentre aquelas selecionadas como de 1ª prioridade para o desenvolvimento de ações governamentais (Quadro 1.1).

1ª PRIORIDADE	2ª PRIORIDADE
1. Quadrilátero Ferrífero (MG)	1. Caçapava do Sul (RS)
2. Carajás (PA)	2. Brusque/Itajaí (SC)
3. Serra de Jacobina (BA)	3. Estanífera de Pitinga (AM)
4. Centro-Norte de Goiás (GO)	4. Diamantífera de Roraima (RR)
5. Guaporé (RO e MT)	5. Aurífera Gurupi (PA e MA)
6. Vale do Ribeira (SP)	6. Rio Capim (PA)
7. Carbonífera do Sul (RS e SC)	7. Paragominas (PA)
8. Aurífera Alta Floresta/ Peixoto de Azevedo (MT)	8. Capanema (PA)
9. Aurífera Tapajós (AM e PA)	9. Baixo Jaru/ Pari (PA)
10. Aurífera Parauari-Amana (AM)	10. Aurífera Nordeste Oriental (PE e PB)
11. Aurífera do Parima (RR)	11. Plumbífera Boquirá (BA)
12. Pegmatítica Nordeste (BA, MG, PB e RN)	12. Aurífera Cuiabá (MT)
13. Bambuí (BA, GO e MG)	13. Chapada Diamantina Ocidental (BA)
14. Evaporítica do Médio Tapajós (AM)	
15. Costeira Nordeste Oriental (PE e PB)	
16. Serra do Navio/Ipitinga (AP e AM)	
17. Campo Alegre de Lourdes (BA)	
18. Apodi (CE e RN)	
19. Scheelitífera do Seridó (RN e PB)	
20. Alto Uruguai/ Salto do Jacuí (RS)	

Quadro 1.1 – Províncias minerais prioritárias para ações governamentais, selecionadas pelo Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral (DNPM, 1994).

A área do projeto faz parte de uma unidade maior, a Bacia do São Francisco, que possui 220.000 km<sup>2</sup> apenas no Estado de Minas Gerais, onde abrange 186 municípios com uma população próxima de 4 milhões de pessoas consumidoras, dependentes direta e/ou indiretamente de bens minerais, o que faz com que cada vez mais se tenha a necessidade de produzir mais trabalhos técnico-científicos de qualidade e com apoio dos governos Federal/Estadual para que esses possam viabilizar a oferta desses recursos minerais para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Os métodos utilizados neste projeto foram aqueles empregados em trabalhos de mapeamento geológico regional, acrescidos de levantamento de seções verticais compostas detalhadas (1:100), pré-selecionadas em áreas estratégicas. A classificação dos litótipos descritos no campo utilizou os critérios definidos por Wentworth (*in*: Suguio, 1982). Esta classificação também foi adotada para os litótipos carbonáticos, complementada pela proposta de Folk (1962), nos locais onde foram feitas lâminas delgadas.

Inicialmente foi feita a compilação bibliográfica envolvendo todo o material acerca da área do Projeto e adjacências bem como de áreas geologicamente similares. Posteriormente fez-se a integração das informações geológicas, geofísicas, geoquímicas, metalogenéticas e das cartografias geológicas em diversas escalas. Em paralelo, foram desenvolvidas análises e interpretações de fotografias aéreas (USAF – escala 1: 60.000 – 1964/67) e de imagens digitais de satélite (Landsat 7), com o intuito de se obter uma melhor visão regional das macroestruturas que se destacam nessas imagens. Utilizaram-se também imagens de aerogeofísica (CGBA (Convênio Geofísico Brasil-Alemanha), Área 7 (convênio CPRM - Serviço Geológico do Brasil - e Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - CODEMIG) e Área 2 (CODEMIG)) com a finalidade de se delimitar domínios magnéticos e estruturas regionais.

Concluindo esta etapa, obtiveram-se os mapas geológicos preliminares na escala 1: 100.000. Em seguida foi realizada viagem de reconhecimento de campo com a equipe do projeto, onde foram executados perfis geológicos regionais e/ou visitados pontos interessantes previamente selecionados com a finalidade de se identificar e/ou reconhecer as principais unidades geológicas e os traços estruturais apresentados pelas cartas fotogeológicas. Este trabalho permitiu a uniformização da linguagem técnica a ser utilizada e um planejamento mais adequado dos trabalhos a serem executados.

Na seqüência, foi aprimorada a carta fotogeológica com a reinterpretação dos dados coletados durante

o reconhecimento. De posse das fotografias aéreas, das cartas fotogeológicas e dos mapas geológicos devidamente reinterpretados, teve início o mapeamento geológico proposto, com previsão de seis etapas de campo.

As amostras de rochas coletadas no campo foram orientadas segundo base/topo e, quando utilizadas para a confecção de lâminas petrográficas, as mesmas não foram recobertas por lamínulas para permitir o teste com alizarina – red S para os carbonatos.

Todos os dados de campo, como descrição de afloramentos e cadastramento de recursos minerais, foram lançados nas suas respectivas bases (Aflora e Recursos Minerais) que constituem o banco de dados GEOBANK da CPRM, que pode ser acessado através dos sites [www.cprm.gov.br/](http://www.cprm.gov.br/) ou <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Todas as fotografias registradas no campo e também de lâminas petrográficas estão reunidas neste banco de dados, com suas respectivas legendas.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área do Projeto Sete Lagoas–Abaeté é delimitada pelas coordenadas geográficas 19°00' – 19°45' de latitude sul e 43°15' – 45°30' de longitude oeste de Greenwich, com uma área de aproximadamente 13.195 km<sup>2</sup> no extremo sudeste da Bacia do São Francisco, no Estado de Minas Gerais (Fig. 1.1).

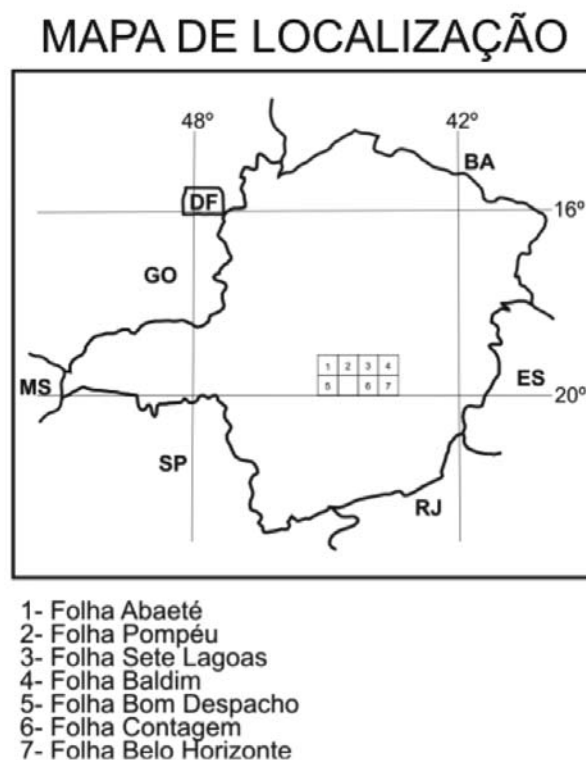


Figura 1.1 – Localização das folhas cartográficas no Estado de Minas Gerais

Dentro dos limites de cada folha, encontram-se as sedes de vários municípios, tais como Belo Horizonte, Baldim, Sete Lagoas, Pompéu, Abaeté, Bom Despacho, Inhaúma, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa.

A partir de Belo Horizonte, o acesso à área de cada folha se faz principalmente pelas BR-040 e 262 ligadas pelas MG-10, 323, 424 e 238 (todas pavimentadas) e outras estradas estaduais e municipais que se interligam sendo algumas de tráfego intermitente, principalmente nos períodos chuvosos.

Todas as cidades e vilas são servidas por serviços de telefonia.

### 1.3 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

O Estado de Minas Gerais é formado por 12 mesorregiões, a saber: Metropolitana de Belo Horizonte, Central Mineira, Oeste de Minas Gerais, Campo das Vertentes, Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Norte de Minas Gerais, Sul/Sudeste de Minas Gerais, Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata. Essas mesorregiões são constituídas por um total de 66 microrregiões, que juntas agregam os 853 municípios do Estado, porém a área do projeto abrange apenas partes das duas primeiras mesorregiões (Fig. 1.2).

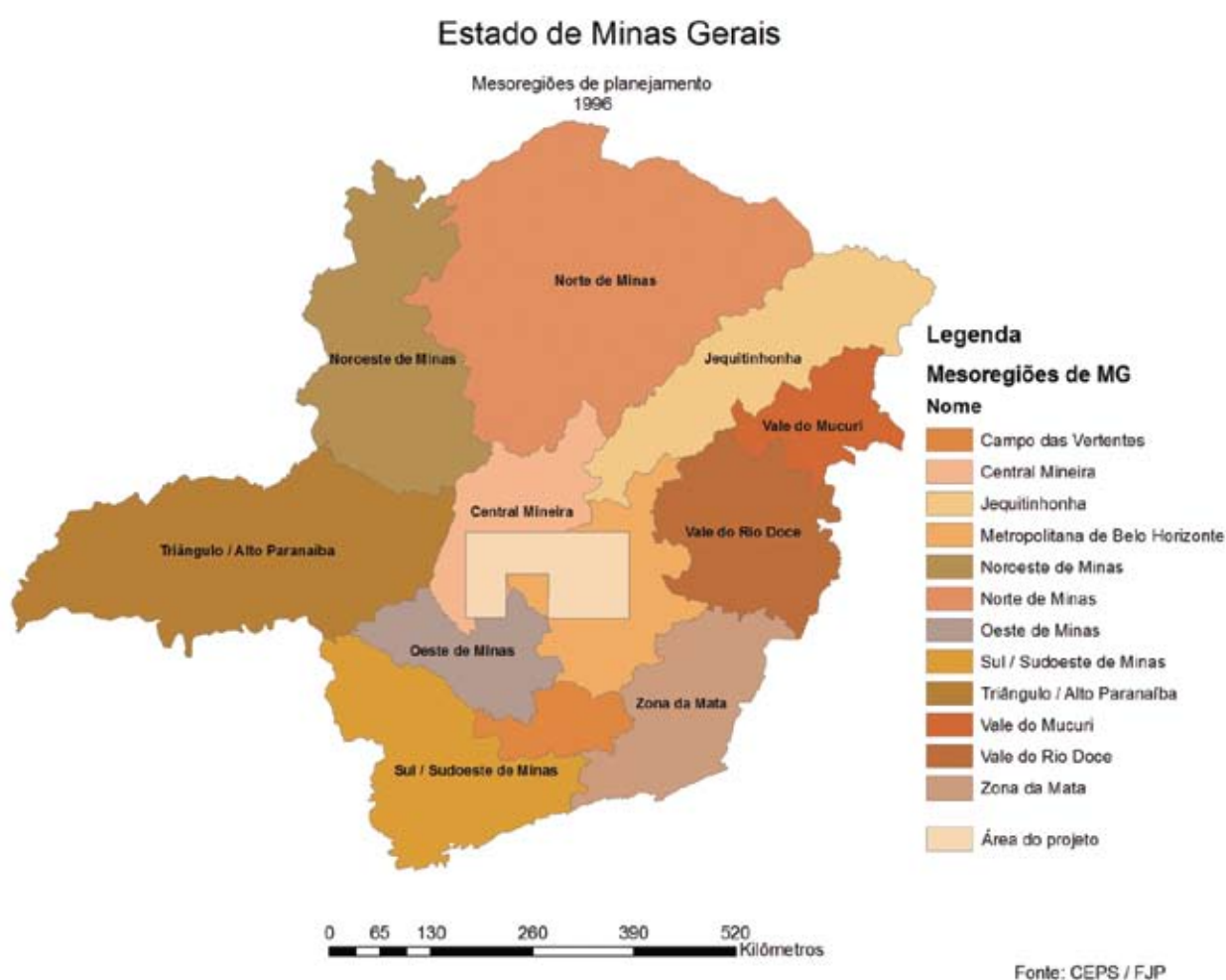


Figura 1.2 – Mesorregiões de Planejamento do Estado de Minas Gerais

As mesorregiões e microrregiões geográficas foram estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1990), com a resolução PR-11 de 1º de Janeiro de 1990.

As mesorregiões geográficas são regiões que correspondem a áreas individualizadas de cada unidade da Federação e apresentam formas de organização do espaço geográfico que lhes conferem identidade regional. Apresentam diversos aspectos

que demonstram a grande heterogeneidade econômica e social que caracteriza o Estado. Essa diferenciação pode ser explicada por questões históricas e políticas, pela concentração da produção e da população em determinadas áreas, pela proximidade de determinados centros, pela base física, capital humano e, em menor importância, pela grande extensão do Estado. As microrregiões geográficas são áreas territoriais menores, agrupando

municípios com características físicas, sociais e econômicas de certa homogeneidade dentro de um mesmo estado (IBGE, 1998). A seguir são descritas as mesorregiões onde está inserida a área do projeto.

**Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte:** é formada pelas microrregiões de Conceição do Mato Dentro, Conselheiro Lafaiete, Itabira, Itaguara, Ouro Preto, Pará de Minas, Sete Lagoas e Belo Horizonte, sendo que somente as duas últimas abrangem parte do projeto.

Nesta mesorregião concentra-se a maior parte da atividade produtiva do Estado (Fundação João Pinheiro, 2003). O setor industrial metropolitano é responsável pela maior parcela do PIB. O principal suporte econômico constitui-se nas indústrias ligadas à siderurgia, mineração, indústria automobilística e petroquímica.

A importância da atividade industrial deve-se ao fato da presença do capital da riqueza mineral. Isto tem marcado profundamente a paisagem, modificando os padrões de vida dos habitantes da região, visto que as atividades industriais absorvem grande parte da mão-de-obra disponível. Por outro lado, é notória também a degradação ambiental por conta de algumas atividades de mineração conduzidas sem os padrões técnicos adequados. Além da siderurgia e mineração, o parque industrial é caracterizado pelos ramos têxteis, alimentares, materiais de transportes, eletrônica, informática e minerais não metálicos.

O alto grau de industrialização e urbanização faz com que a participação do setor agropecuário seja pequena, pois outros setores da economia são mais dinâmicos. A pecuária é dedicada basicamente à produção de leite e queijo, com o objetivo de abastecer a cidade de Belo Horizonte, sendo que Sete Lagoas destaca-se como principal centro pecuário.

Na microrregião de Sete Lagoas, as indústrias siderúrgicas contribuíram para acelerar o desmatamento das florestas que existem ao sul e a leste da região, pela necessidade de obtenção de carvão ve-

getal. Atualmente o que existe é um desbravamento do domínio do cerrado, ao norte e a leste, com o mesmo intuito de suprir as siderúrgicas.

A indústria está centrada na extração de calcário, ardósia, areia e argila, sendo o destaque a produção de ferro-gusa.

O município de Sete Lagoas é o que mais se destaca entre os demais municípios desta microrregião. Possui 23 empresas siderúrgicas, 04 hospitais oferecendo 318 leitos, 19 hotéis, 09 instituições financeiras, ensinos de 1º, 2º grau e profissionalizantes, 08 cursos superiores (Administração de Empresas, Ciências, Ciências Econômicas, Direito, Geografia, História, Letras e Pedagogia), 03 emissoras de rádio e 05 jornais.

**Mesorregião Central Mineira:** é formada por trinta municípios, agregados nas microrregiões de Curvelo, Três Marias e Bom Despacho.

A criação de gado é uma das principais atividades de suporte para essa região. Ao sul, a expansão da pecuária essencialmente destinada à produção de leite tem levado a uma regressão da agricultura em favor da criação de gado, provocando um aumento considerável dos pastos com substituição de culturas como milho, algodão, cana-de-açúcar e mandioca.

Extensas áreas de matas têm sido derrubadas em função do extrativismo de madeira dos cerrados para a produção de carvão.

Um dos destaques dessa mesorregião é a microrregião de Bom Despacho, que se destaca pela produção de leite, com um rebanho bovino de 74.500 cabeças (IBGE - 2006) e ainda na indústria como: artigos de vestuários, edição, impressão e reprodução de gravações, fabricações de artigos de banho, plástico, de máquinas e equipamentos, de móveis, de produtos alimentícios e bebidas, de produtos minerais não metálicos, de produtos têxteis, metalurgia básica e preparação de couros e fabricação de artefatos de couro para artigos de viagens e calçados.

## 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS, HIDROGRAFIA, CLIMA E VEGETAÇÃO

### 2.1 CLIMA

O clima da região do projeto é tropical semi-úmido geralmente quente, com verões chuvosos e invernos secos. As temperaturas têm média máxima anual de 29,2°C, entre dezembro e janeiro, média mínima anual de 16,4°C (entre junho e julho) e média anual de 22,1°C. As chuvas ocorrem no período de outubro a março e a estação seca, nem sempre bem definida, nos meses de junho a outubro. O índice pluviométrico anual é de 1200mm a 1500mm (IGA-SECT, 1979).

A coexistência de núcleos de máxima intensidade pluviométrica sobre a Serra do Espinhaço e valores mínimos no Vale do São Francisco, mostra claramente a influência da orografia por meio da constituição de um anteparo físico ao transporte de umidade, interferindo significativamente na formação da precipitação pluviométrica média em alguns locais da área.

### 2.2 VEGETAÇÃO

No Estado de Minas Gerais ocorrem, segundo Rizzini (1997), cinco tipos de vegetação. Consistem no cerrado, matas secas e pluviais, campos limpos e caatinga. Na área do projeto ocorrem principalmente as duas primeiras. O cerrado é dominante e destaca-se como vegetação aberta constituída de árvores com alturas variáveis, podendo alcançar até 8 metros. A vegetação é espaçada e as copas não se tocam. As árvores e arbustos são geralmente tortuosos e têm folhas coriáceas e/ou pilosas (Ferri, 1980).

As matas secas são mais abertas e iluminadas que as matas úmidas, as árvores guardam maior distância entre si e apresentam deciduidade muito maior. A estrutura é inferior à das florestas pluviais (Rizzini, *op. cit.*). Com este tipo de vegetação observa-se grande quantidade de cipós e arbustos contendo espinhos. Geralmente ocorrem em áreas dominadas por rochas calcárias.

Ao longo das drenagens observa-se mata pluvial (ciliar) bem desenvolvida. Nas porções mais planas, a vegetação original foi toda substituída por grandes plantações de cana-de-açúcar e eucalipto, e culturas de subsistências tais como: milho, arroz, feijão, mandioca e abacaxi. As duas culturas de maior extensão na área são as de cana-de-açúcar

e eucalipto. A primeira para abastecer as usinas da região na produção de álcool combustível e açúcar. A segunda, para a produção de carvão vegetal para uso em siderurgia. Cita-se as empresas de reflorestamento ARCELLOR-MITTAL e V&M Florestal LTDA, que são as maiores na área do projeto. No restante da área predominam pastagens para a criação bovina. Nas áreas de ocorrência dos calcários, crescem as chamadas “florestas secas”, compostas de grandes árvores com folhas pequenas, que, de longe, aparentam árvores secas, e muitos arbustos e cipós contendo abundantes espinhos.

### 2.3 SOLOS

As diversas características climáticas, biogeográficas e geológicas do Estado de Minas Gerais são responsáveis pela grande diversidade dos tipos de solos.

As classes de solos predominantes no Estado são as de latossolos, argilossolos e neossolos (Amaral, 1993). Na área do projeto ocorrem principalmente as duas primeiras. As do tipo latossolo representam solos vermelhos, geralmente profundos, bem drenados, homogêneos, altamente intemperizados e lixiviados. Tendem a ter teores médios a altos de argila. São bastante ácidos e pobres em nutrientes, mas quando feita a “calagem” e adubação, tornam-se produtivos. Eram cobertos anteriormente por vegetação de cerrado, que foi, ao longo do tempo, transformada em carvão e deu lugar ao reflorestamento de eucalipto e também ao plantio de cana-de-açúcar, pastagens e em culturas de subsistência, como milho e feijão. Localmente, devido à remobilização e acumulação residual de ferro provocadas pela oxidação do nível freático, forma-se laterita, geralmente usada no encascalhamento das estradas.

Na porção sul da área do projeto, onde ocorrem rochas gnáissicas e graníticas pertencentes aos Complexos Belo Horizonte e Divinópolis, os solos são claros, relativamente profundos, bem drenados, geralmente mais arenosos, onde é comum também a formação de “voçorocas” (facilmente identificadas em fotografias aéreas).

Os solos desenvolvidos sobre as rochas da Formação Serra de Santa Helena são geralmente

claros, argilosos, pouco férteis, mas com correção, adubação e irrigação, tem boa produtividade.

Sobre os arenitos e siltitos da Formação Serra da Saudade, os solos são esbranquiçados, arenosos e/ou siltosos e têm fertilidade muito baixa. Como geralmente se desenvolvem em locais mais elevados e a permeabilidade é muito alta, a vegetação resume-se a gramíneas muito ralas e pequenos arbustos.

Os solos que se desenvolvem junto aos calcários da Formação Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré são geralmente marrom-escuros, bastante ricos em matéria orgânica e são geralmente de boa fertilidade, porém quando ocorrentes em terrenos de alta declividade se tornam inviáveis para a agricultura, principalmente mecanizada.

Ainda ocorrente na área tem-se os argilossolos que formam um grupo heterogêneo, mas muito importante no estado. Boa parte das pastagens de colônias encontradas nos vales dos rios São Francisco, Paraopeba e Pará, bem como algumas plantações de cana-de-açúcar, está embasada nos solos deste grupo. Outros solos de boa fertilidade são observados nos terraços aluviais antigos integrados também neste grande conjunto.

## 2.4 GEOMORFOLOGIA

A paisagem geomorfológica da área é resultante da dinâmica de diversos processos morfogenéticos atuando diretamente sobre um conjunto de litologias com variada diferenciação composicional e características estruturais também diferenciadas.

São observados cinco domínios geomorfológicos na área:

- 1 Domínio 1: corresponde às áreas de ocorrência dos Complexos Belo Horizonte e Divinópolis. Apresenta-se em uma área geomorfológicamente arrasada, com morros ondulados (ortognaisses, migmatitos e granitóides). Localmente ocorre uma morfologia na forma de cristas finas, alongadas, com comprimento variando de dezenas de metros a quilômetros (diques máficos). O domínio possui uma área de drenagem dendrítica, com vales abertos e geralmente assoreados.
- 2 Domínio 2: corresponde às rochas carbonáticas (formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré). Ocorre mais comumente na porção sudeste da área, diminuindo para oeste da mesma e é caracterizado por relevo cárstico. Na área ocorre em grande parte nas encostas das serra, às vezes com declividade abrupta, em morros isolados

em áreas rebaixadas na topografia, como observado no Morro do Cabeludo (sudeste da Folha Sete Lagoas) e também sustentando a topografia de serras, como observado na Serra de Baldim (centro-norte de folha homônima). Exibe um relevo cárstico originado de exposições subaéreas destas rochas, principalmente devido aos densos fraturamentos. Neste domínio formam-se estruturas tais como sumidouros, dolinas, vales cegos, relevo ruiforme, lapíais, galerias e grutas.

- 3 Domínio 3: corresponde às rochas siliciclásticas das formações Serra de Santa Helena e Serra da Saudade que recobrem quase toda a área do projeto. A primeira ocorre mais frequentemente na porção leste e a segunda na porção oeste da área. A Formação Serra de Santa Helena é caracterizada por relevo ondulado, colinoso e rebaixado, desenvolvido sobre rochas pelíticas de baixa permeabilidade, onde é comum a formação de lagoas. Possui vales abertos e a drenagem geralmente obedece a um padrão dendrítico, às vezes com condicionamentos estruturais por fraturas e/ou falhas com direções preferenciais NE e NW. Na área, as cotas variam de 750 a 1000 metros. A formação Serra da Saudade, caracterizada por um domínio de siltitos e arenitos de alta permeabilidade, exibe relevo ondulado com colinas baixas esculpidas por uma rede hidrográfica de geometria dendrítica, onde as cotas médias variam de 800 a 1100 metros.
- 4 Domínio 4: está representado nos extremos nordeste e sudeste da Folha Baldim extremo nordeste e sudeste da Folha Belo Horizonte, abrangendo os Grupos Espinhaço e Macaúbas (fora dos objetivos do trabalho), onde são registradas as maiores altitudes médias da área com cotas variando de 1100 a 1700 metros. A morfologia mostra um relevo colinoso com serras alongadas, vales bem encaixados mostrando um padrão de drenagem retangular controlado estruturalmente por um sistema de falhas e/ou fraturas preferencialmente na direção NW - NS.
- 5 Domínio 5: recobre parte de todas as unidades descritas anteriormente. Trata-se da unidade de maior extensão da área e é representada nos mapas geológicos graficamente com a sigla (Ndl). Foi esculpida durante longo período, atingindo grande uniformidade de aplainamento. Aparece como chapadas que se elevam sobre sistemas de vales e/ou planícies onduladas que podem ser também originadas por outros ciclos.

## 2.5 HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica de Estado de Minas Gerais é constituída por um sistema de bacias de grande,

médio e pequeno porte. As mais representativas são as do Rio São Francisco e do Paraná.

A Bacia hidrográfica do São Francisco, a maior de Minas, drena cerca de 40% das terras do estado (Carneiro & Fontes, 2005). O Rio São Francisco tem como principais tributários os rios das Velhas e Paracatu. A área do projeto insere-se em partes das bacias dos dois primeiros rios.

Os principais rios da área do projeto são: São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas e Cipó com seus respectivos tributários, tornando assim uma rede muito densa de cursos d'água, de diferentes portes e formas, mostrando um padrão de drenagem de acordo com as litologias presentes e/ou condicionamentos estruturais. Geralmente onde dominam rochas pelíticas e areníticas a drenagem é dendrítica, enquanto as áreas de alinhamentos

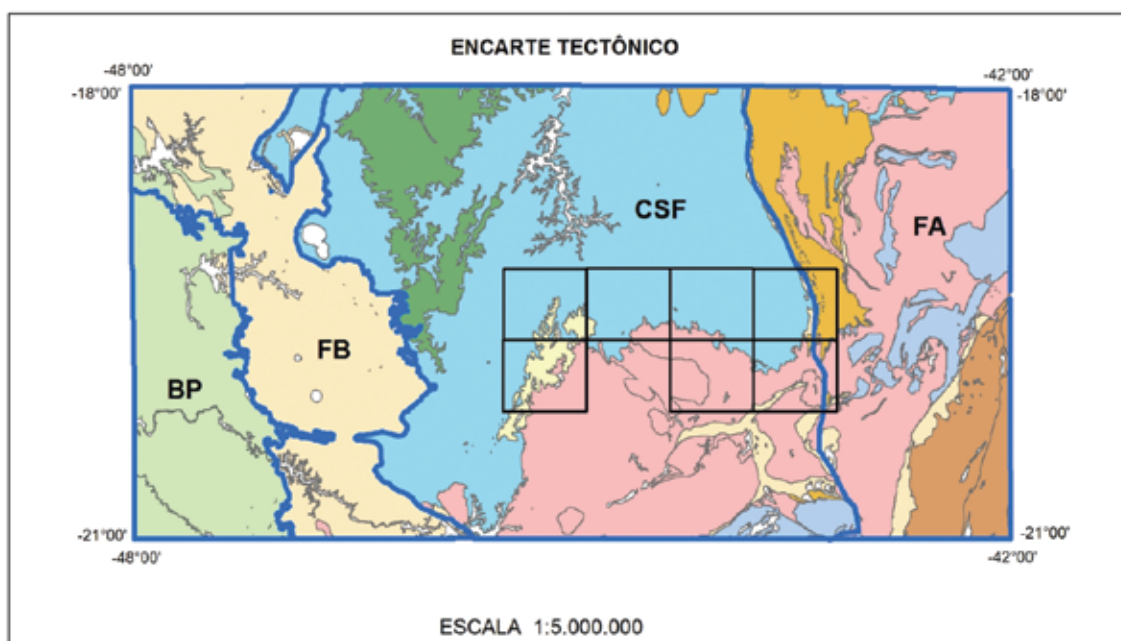
estruturais (fraturas e/ou falhas) exibem um padrão de drenagem retangular. Nas áreas de calcários, nos carstes, são observados sumidouros, dolinas, grutas e escarpas abruptas com a circulação e armazenamento de águas subterrâneas que, às vezes, podem abastecer cidades inteiras, como a cidade de Sete Lagoas, com mais de 200.000 habitantes. Nas áreas de cobertura, as drenagens, denominadas veredas, são mais retilíneas e geralmente têm em suas margens, principalmente nas cabeceiras, abundantes buritizeiros.

Do ponto de vista da qualidade das águas superficiais desses rios para o consumo humano, elas não são próprias, devendo ser tratadas, pois são poluídas pelo despejo de esgotos e lixos antrópicos. Em 2007 foi detectada a presença de algas azuis (cianobactérias) em trechos dos rios São Francisco e das Velhas.





## 3 – CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL



### LEGENDA











<b>BP</b>	Bacia do Paraná	<b>FA</b>	Faixa Araçuaí
<b>CSF</b>	Craton do São Francisco	<b>FB</b>	Faixa Brasília
 <span style="margin-left: 10px;">Limite tectônico</span>			
	Coberturas cenozóicas.		
	Bacia sedimentar intracratônica mesozóica.		
	Sedimentos e suítes magmáticas intraplacas, juro-cretácicas		
	Bacias sedimentares proterozóicas, compostas principalmente por associação arenitos e/ou pelitos e/ou carbonatos.		
	Orógenos proterozóicos, arcos magmáticos e bacias relacionadas. Suítes graníticas orogênicas.		
	Bacia sedimentar neoproterozóica, intracratônica e/ou de antepaís, pelito-carbonática.		
	Bacias sedimentares mesoproterozóicas, compostas principalmente por associação arenítica-pelítica. Tipo rifte-sinéclise.		
	Suítes magmáticas intraplaca, paleoproterozóica.		
	Blocos e domínios paleo a mesoarqueanos, compostos principalmente por ortognaisses TTG.		

Figura 3.1 Mapa esquemático mostrando a posição das folhas estudadas no projeto e sua inserção no contexto geotectônico. Modificado de Delgado et al., 2003.

A região estudada (Fig 3.1) está situada na porção sul-sudeste do Cráton do São Francisco, entidade geotectônica consolidada ao final da orogênese brasileira (1000 - 500 Ma., Almeida 1977, 1981; Alkmin et al., 1993; Schobennhaus & Brito Neves,

2003; Alkmin, 2004), limitando-se a leste com a Faixa Araçuaí (Almeida, 1977, Litwinski, 1985; Siga Jr. et al., 1987; Uhlein et al., 1990; Uhlein, 1991; Pedrosa Soares et al., 1992). Considerando-se o conceito de Províncias Tectônicas adotado pela CPRM, segundo

Bizzi et al. (2003) e Schobbenhaus & Brito Neves (2003), a região encontra-se totalmente inserida na Província São Francisco.

As rochas do Grupo Bambuí, objetivo deste projeto, foram depositadas sobre rochas arqueanas pertencentes aos complexos Belo Horizonte (Ribeiro et al., 2003, D'Arrigo, 1995; D'Arrigo & Alkmim, 1995) e Divinópolis (Romano, 2007), não envolvidas na deformação Brasileira, assim como sobre os metassedimentos do Supergrupo Espinhaço (Pflug, 1965; 1968; Pflug & Renger, 1973), de idade paleo-mesoproterozóica e sobre o Grupo Macaúbas (Pflug, 1965; 1968; Pflug & Renger, 1973), neoproterozóico. Durante o evento Brasileiro, a inversão parcial da Bacia Espinhaço se deu cavalgando as rochas dos grupos Macaúbas e Bambuí (Almeida, 1977).

A deformação brasileira foi melhor impressa, na região estudada, na região do contato faixa Araçuaí – cráton, acomodada por falhamentos e dobramentos, sem envolvimento do embasamento granito-gnáissico, caracterizando uma tectônica superficial (*thin skinned*) (D'Arrigo, 1995; D'Arrigo & Alkmim, 2005; Pinho et al., 2006, 2008).

Movimentos paralelos aos planos de estratificação acomodaram os esforços tectônicos,

causando transposição das superfícies de acamamento. Estes movimentos foram um dos principais mecanismos dissipadores das tensões advindas da colisão a leste (Alkmim & Martins Neto, 2001; Pinho et al., 2006, 2008).

À medida que se caminha para oeste as feições estruturais são menos expressivas e as feições sedimentares mais preservadas, principalmente a partir da Falha de Sete Lagoas, indicando que o evento colisional Brasileiro teve influência apenas secundária na estruturação do Grupo Bambuí na região central da bacia (domínio C2 de Alkmim et al., 1989; Alkmim et al., 1993). Esta região é caracterizada por superfícies de acamamento horizontalizadas, preservação das estruturas sedimentares e ausência de metamorfismo.

No limite oeste da área, na região de Abaeté, o aparecimento de dobras em *chevron* com vergência para leste indica influência da deformação brasileira, advinda de esforços compressivos que inverteram a Faixa Brasília (Almeida, 1977; Alkmim et al., 1989; Alkmim et al., 1993). Almeida, op. cit., coloca o limite Craton São Francisco – Faixa Brasília no leito do Rio São Francisco, a oeste de Martinho Campos, que separa as porções do Grupo Bambuí, pouco dobrado, da fortemente deformadas, a oeste.

# 4 - GEOLOGIA/ESTRATIGRAFIA

## 4.1 INTRODUÇÃO

O projeto tem por objetivo a continuidade dos estudos geológicos na Bacia do São Francisco através da integração de informações geológicas, geofísicas, geoquímicas e metalogenéticas, cartografia geológica de semi-detalhe (escala 1:100.000) das folhas:

Baldim (parte, 80%), Sete Lagoas, Pompéu, Abaeté, Bom Despacho (parte, 50%), Contagem (parte, 10%) e Belo Horizonte (parte, 15%).

O estudo visou caracterizar as litologias do Grupo Bambuí que afloram nas sete folhas estudadas e suas relações de contato com as unidades sub e sobrejacentes (Fig. 4.1).

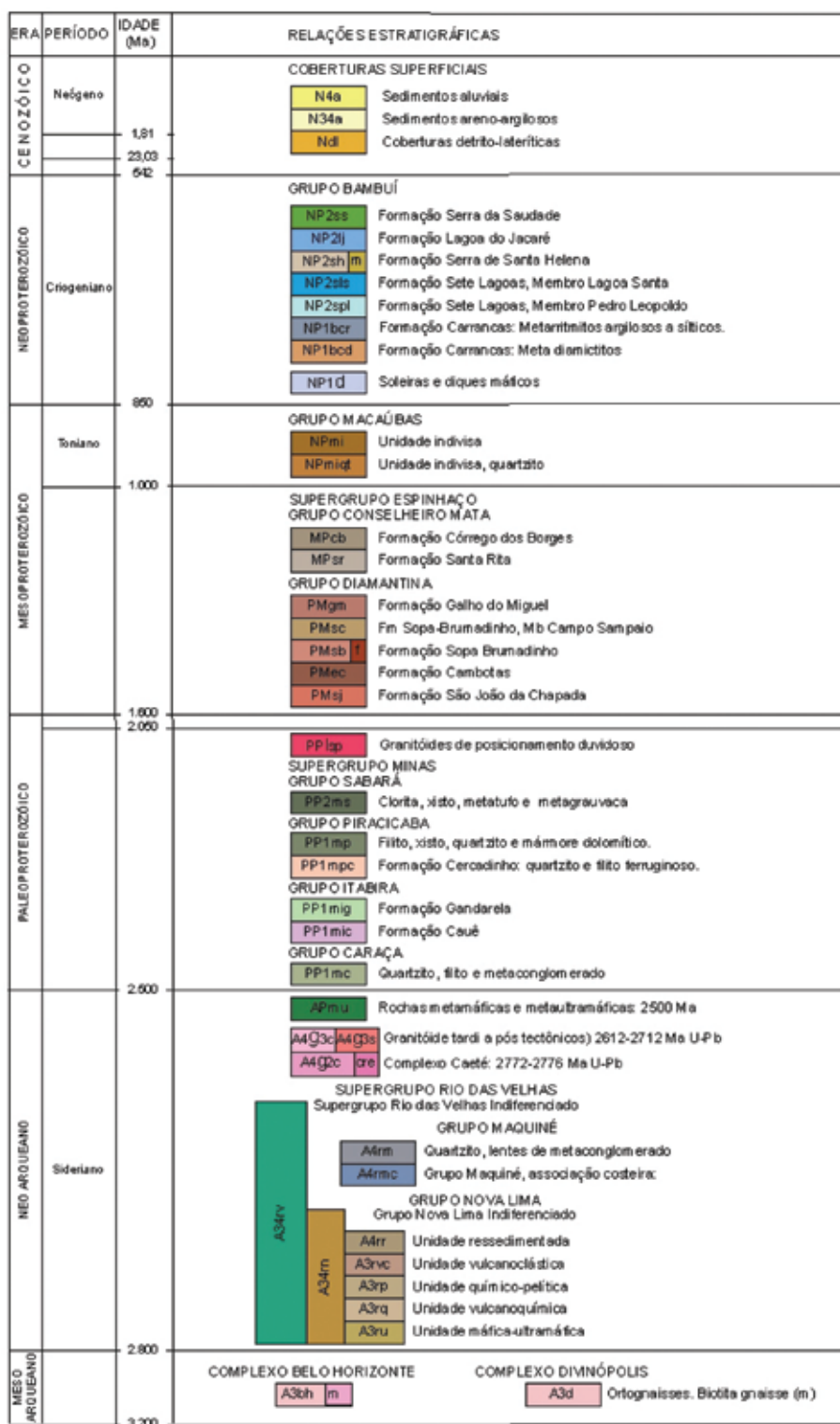


Figura 4.1 – Relações estratigráficas entre as unidades cartografadas no projeto

O Supergrupo Rio das Velhas (Grupos Nova Lima e Maquiné) foi mapeado nas folhas Pompéu e Bom Despacho e compilado na Folha Belo Horizonte. O Complexo Belo Horizonte foi mapeado na Folha Pompéu, devido à pequena área aflorante, e compilado nas folhas Contagem e Belo Horizonte. O Complexo Divinópolis foi mapeado nas áreas próximas dos contatos com o Grupo Bambuí na Folha Bom Despacho e compilado no restante da folha. Os Supergrupos Espinhaço e Minas, o Grupos Macaúbas e o Complexo Caeté foram compilados nas folhas Baldim e Belo Horizonte com pequenos ajustes nos contatos. As unidades compiladas serão descritas resumidamente, enquanto as mapeadas, mais detalhadamente.

O mapeamento de parte da borda sudeste da Bacia do São Francisco, onde as relações estratigráficas entre o embasamento cristalino e as rochas sedimentares que o recobrem estão bem definidas, permitirá definir a história evolutiva da sedimentação nessa área. O conhecimento obtido deverá subsidiar a prospecção de jazidas de vários bens minerais tais como Zn, Pb, fluorita, etc. Cumpre destacar a importância dos bens minerais não-metálicos, como calcário e dolomito utilizados para os mais diversos fins, argilas para cerâmicas e ardósias para revestimento, dentre outros.

## 4.2 ESTRATIGRAFIA

### 4.2.1 COMPLEXO BELO HORIZONTE - A3bh

Richter & Lacerda (1975), no reconhecimento geológico na Folha Pará de Minas durante o desenvolvimento do Convênio Geofísica Brasil – Alemanha (CGBA), denominaram as rochas gnáissicas da região de Maravilhas de Complexo Gnáissico de Maravilhas, de idade Pré-Minas.

O Complexo Belo Horizonte (Ladeira & Viveiros, 1986, *apud* Noce, 1995) é constituído por um gnaiss cinza-claro bandado tipo TTG, migmatizado, exibindo estrutura *schlieren* ou estromática e freqüentes enclaves máficos, denominados de Gnaiss Belo Horizonte por Noce *et al.* (1997) além de corpos granitóides intrusivos. A migmatização remonta a 2.860+14/-10Ma (Noce *et al.*, 1994, 1998), enquanto o posicionamento dos granitóides (Santa Luzia, General Carneiro e Ibitité) se deu por volta de 2712+5/-4Ma (Noce *et al.*, 1994). Idade de 2.041±5Ma foi interpretada como a do retrabalhamento (metamorfismo) do Evento Transamazônico impresso no Complexo Belo Horizonte. Pinson *et al.* (1967, *apud* Romano, 1989) encontraram uma isócrona

de 1,83 Ga (RI=0,724) para os gnaisses da região de Sete Lagoas, cujos dados foram reinterpretados por Cordani *et al.* (1980) e reposicionados em uma isócrona de 2,1 Ga e RI=0,715. Concluíram que estas razões iniciais sugerem fusão parcial de material de origem crustal. Teixeira *et al.* (2000) registram idades  $T_{DM}$  variando entre 3,4 e 3,1 Ga, indicando evolução prolongada para o Complexo Belo Horizonte. Análises químicas dos gnaisses menos migmatizados mostram composição predominantemente trondhjemitica e padrões terras raras semelhantes aos de outros gnaisses da região, como outras suítes tonalito-trondhjemito-granodiorito arqueanas mundiais.

Na região a sul de Papagaios, englobando as cidades de Maravilhas e Cachoeira da Prata, Oliveira (1999) isolou, do Complexo Belo Horizonte, o Maciço Granitóide Cachoeira da Prata, de composição granítica a tonalítica e granodiorítica e idade U-Pb = 2.714±2 (Oliveira *et al.*, 1998).

As estruturas mais importantes (Brandalise, 2000) são uma foliação de transposição e milonítica de baixo ângulo, que deforma estruturas migmatíticas, sendo aquela modificada por uma foliação de alto ângulo associada às zonas de cisalhamento N-S.

Endo & Machado (2002) reavaliam os dados geocronológicos (K-Ar, Rb-Sr, U-Pb e Pb-Pb) da região do Quadrilátero Ferrífero e adjacências, incluindo as rochas do Complexo Belo Horizonte, discutindo as diversas idades encontradas.

O Complexo Belo Horizonte (Fig. 4.2) ocorre na borda sudeste da área, nas proximidades das cidades de Papagaios, Inhaúma, Pedro Leopoldo, Santa Luzia e a sul e leste de Jaboticatubas. A exceção da Folha Pompéu, onde foi cartografado em detalhe, a sua cartografia foi compilada da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (Folha Belo Horizonte 1:1.000.000, Heineck *et al.*, 2004) e do Projeto Espinhaço (Folha Baldim 1:100.000, Oliveira *et al.*, 1997). Neste caso, foram executados pequenos ajustes nas zonas de contatos.

Os melhores afloramentos, na Folha Pompéu, estão a nordeste (região de Buritizinho) e sudeste (região de Buritis dos Porcos) de Papagaios.

Apresentam-se em grandes lajedos (Foto 1 WL-480) e, mais raramente, como pequenos morros tipo “pães de açúcar”. Macroscopicamente, trata-se de uma rocha gnáissica migmatítica (Foto 2 MP-23) de cor esbranquiçada, esverdeada, cinza e amarelada de granulação grossa a média, composta de quartzo, feldspato, pouca biotita e localmente, magnetita. Em geral, ocorrem lentes e faixas biotíticas (Foto 3 WL-471) e localmente, anfibolíticas (Foto 4 MP-23). Os cristais de quartzo apresentam-se lenticularizados e

estirados. Ocasionalmente, os cristais de feldspato (caulinizados) atingem até 3 cm de comprimento e geralmente são lenticularizados.

Ocorrem também veios de quartzo leitoso, concordantes e discordantes, muito fraturados.

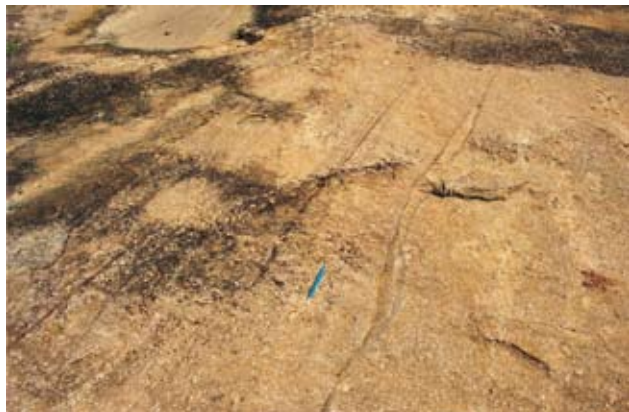


Foto 1 - Rocha gnáissica cinza-esbranquiçada grossa, migmatítica, composta de quartzo, feldspato e biotita. Unidade: A3bh - Complexo Belo Horizonte. Local: Córrego Extrema - Estação: WL-480 - UTM: 532989/7846777

Petrograficamente trata-se de um ortognaisse granítico, granodiorítico, tonalítico e monzogranítico de textura granolepidoblástica cuja foliação é dada por *ribbons* de quartzo (Foto 5 WL-048) e biotita.



Foto 2 - Ortognaisse cinza, foliado, dobrado, com falhas e porções félsicas e máficas. Unidade: A3bh - Complexo Belo Horizonte. Local: MG-238 Estação: MP-23 - UTM: 565390/7841337



Foto 3 - Lentes de biotita e quartzo em gnaisse esbranquiçado de granulação grossa composto de quartzo, feldspato e biotita. Unidade: A3bh - Complexo Belo Horizonte. - Local: Cabeceira do Córrego Boa Vista Estação: WL-471 - UTM: 537101/7843930



Foto 4 - Restos de anfibolito no ortognaisse bandado, deformado, com dobras de vários estilos, inclusive isoclinais sem raiz. Unidade: A3bh - Complexo Belo Horizonte. Local: MG-238 - Estação: MP-23 - UTM: 565390/7841337

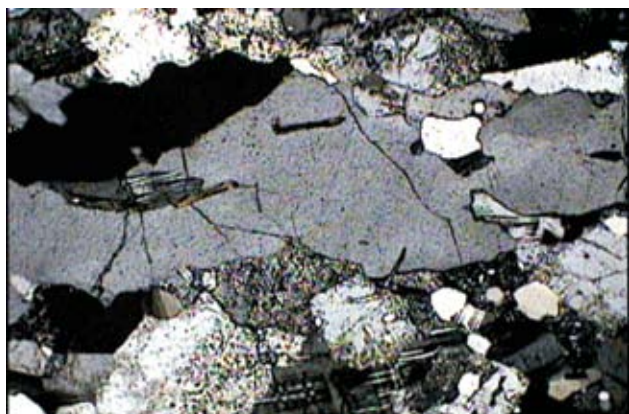


Foto 5 - Fotomicrografia mostrando ribbons de quartzo em gnaisse. NX-4x10 - Unidade: A3bh - Complexo Belo Horizonte. Local: Córrego Buriti Comprido - Estação: WL-048 UTM: 531007/7853867

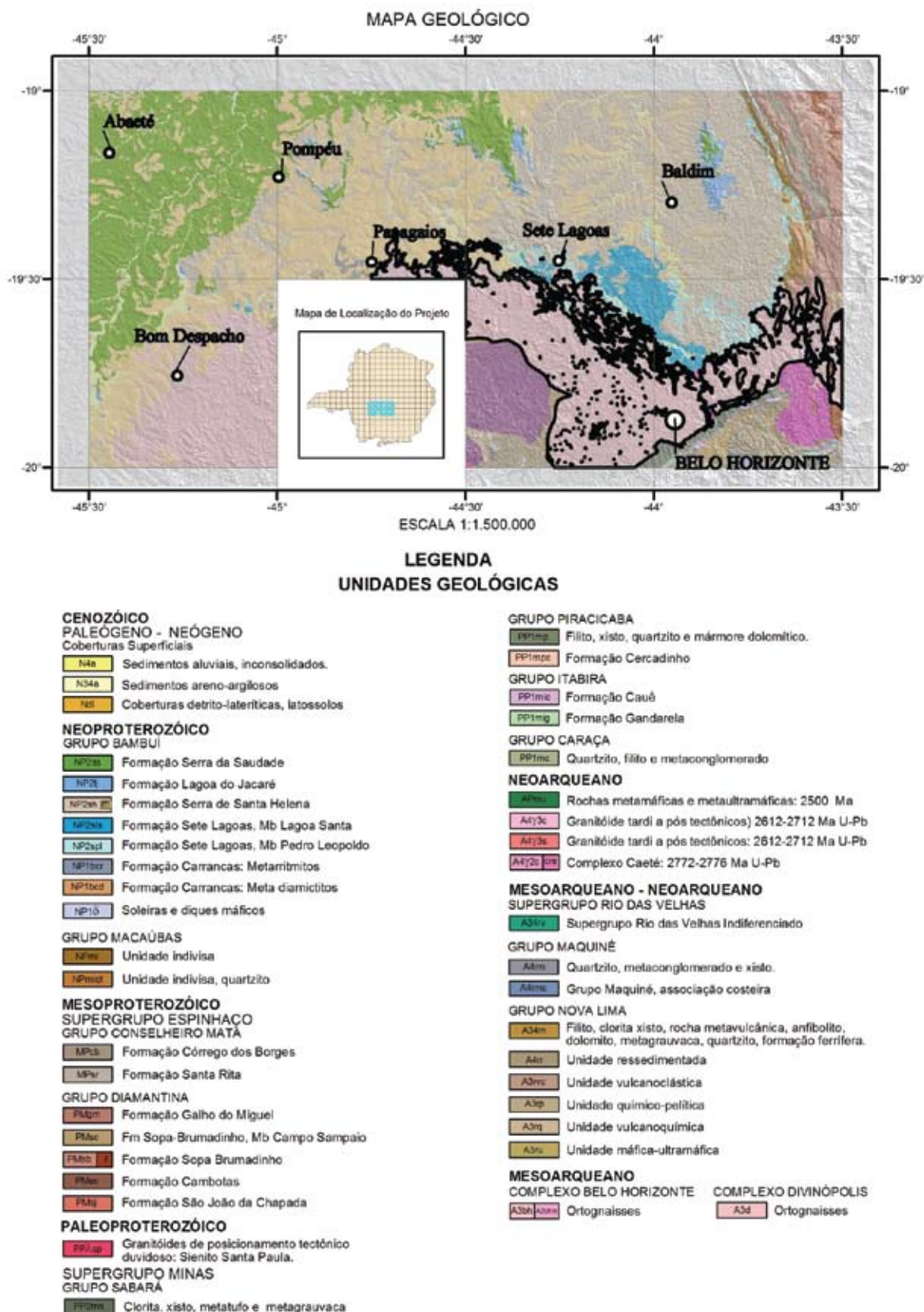


Figura 4.2: Região de afloramento do Complexo Belo Horizonte (moldura preta ressaltada).

#### 4.2.2 COMPLEXO DIVINÓPOLIS- A3d

Segundo Silva *et al.* (1978), são devidas a Derby, em 1882, as primeiras observações dos terrenos gnáissicos-migmatíticos da região do

vale do rio das Mortes até o alto curso do rio São Francisco.

Seguiram-se trabalhos de Harder & Chamberlein (1915) que posicionaram os gnaisses, granitos e xistos, da região próxima ao Quadrilátero Ferrífero, no

provável Arqueano. Aqueles autores denominaram de Complexo Gnáissico-Migmatítico as rochas ocorrentes a oeste e ao sul do Quadrilátero Ferrífero e em uma faixa ao sul de Carmo de Rio Claro (sul de Minas Gerais).

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (Machado Filho *et al.*, 1983), a partir de dados radiométricos, o Complexo Divinópolis foi posicionado no Arqueano, tendo sido parcialmente afetado pela tectônica do Ciclo Transamazônico, refletida em granitogênese e deformação, seguidas de metamorfismo, principalmente nas partes oriental e sul.

O Complexo Divinópolis está separado do Complexo Belo Horizonte por um “balizador” formado por rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas e os granitóides sin- a tarditectônicos (maciços Bom Jardim e Cachoeira da Prata). A leste do mesmo tem-se o Complexo Belo Horizonte e a oeste, o Complexo Divinópolis.

No mapa geológico da Folha Pará de Minas, escala 1:100.000, Romano (2007) divide o Complexo Divinópolis em três conjuntos litológicos: gnaiss protomilonítico a milonítico de composição granítica a tonalítica; gnaisses biotíticos e anfibolíticos de estrutura bandada grosseira e leucognaisses ortoderivados.

Como esta unidade não foi objeto-alvo do projeto, foi mapeada apenas no limite com as rochas do Grupo Bambuí, para constatação de contatos.

As rochas do Complexo Divinópolis ocorrem (Fig. 4.3) em toda a metade sudeste da Folha Bom Despacho, sempre na forma de grandes lajedos, e bons afloramentos podem ser vistos em toda a área.

Mesoscopicamente observam-se biotita gnaisses de granulação grossa, cinza-claros (Foto 6 HR-627), localmente miloníticos, muito quartzosos, com restos de micaxistos (Foto 7 WL-527) e de anfibolitos. Ocorrem faixas intensamente migmatizadas, com bandas biotíticas intercaladas com bandas quartzofeldspáticas, geralmente dobradas (Foto 8 WL-589\_1). Localmente observa-se a presença de xenólitos de biotita gnaiss silicificado de granulação muito fina (Foto 9 WL-589\_2). Em alguns locais os gnaisses apresentam notável sistema de clivagem de fratura.

Petrograficamente são ortognaisses de composição tonalítica (Foto 10 HR-641), granodiorítica (Foto 11 HR-633) e monzogranítica (Foto 12 HR-571) de granulação média a grossa, com textura granolepidoblástica, e foliação gnáissica dada pela orientação de cristais estirados de quartzo (que atingem até 6 mm de comprimento) e de palhetas de biotita, clorita e moscovita. O quartzo exibe forte extinção ondulante e bandas

de deformação. O plagioclásio, geralmente de composição oligoclásio, apresenta-se quase sempre sericitizado. O feldspato potássico é a microclina e os acessórios são titanita, apatita e opacos. Os minerais secundários são sericita e epidoto.

As porções miloníticas (Foto 13 WL-522) mostram granulação fina a média e textura granoblástica milonítica. Alguns fenoclastos de microclina atingem até 8 mm de comprimento. A rocha apresenta-se fortemente deformada, com foliação milonítica conspícua dada por *ribbons* de quartzo com extinção ondulante, bandas de deformação e subgranulação. Os porfiroclastos de microclina e de plagioclásio em geral se posicionam como elipsóides por entre a foliação anastomosada.

Os níveis anfibolíticos têm granulação fina a média, textura nematoblástica e apresentam hornblenda como principal constituinte, que atinge até 2 mm de comprimento. Estes cristais estão orientados numa mesma direção junto com os cristais de plagioclásio, em geral totalmente sericitizados. Apatita, titanita (Foto 14 WL-582) e allanita são os minerais acessórios.

Os xenólitos compõem-se principalmente de rocha xistosa cinza-esverdeada com foliação dada pela orientação de palhetas de biotita, clorita e prismas ou aglomerados de anfibólio. Plagioclásio é o mineral dominante e encontra-se fortemente sericitizado. Também foi observada antofilita.

Foram observados, localmente, diques de rochas básicas e “diques”/veios de quartzo cisalhados.

Sobre as rochas gnáissico-migmatíticas do referido complexo foram individualizados argilito/siltito pertencentes à Formação Serra de Santa Helena do Grupo Bambuí, distribuídos em pequenas ocorrências.



Foto 6 - Gnaiss de granulação grossa, foliado. Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Ribeirão Santa Luzia Estação: HR 627 - UTM:452385/7795605



Foto 7- Lentes de mica xisto intercaladas em biotita gnaisse. Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Sul de Lagoa Seca - Estação: WL-527B - UTM: 496572/7829772

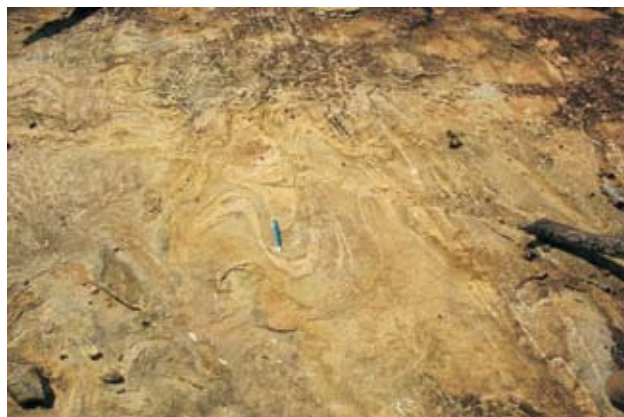


Foto 8 - Dobramento em biotita gnaisse migmatítico. Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Córrego Buritizinho - Estação: WL-589\_1 - UTM: 483072/7832635



Foto 9 - Enclave de biotita gnaisse silicificado muito fino em biotita gnaisse migmatítico. Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Córrego Buritizinho - Estação: WL-589\_2 UTM: 483072/7832635

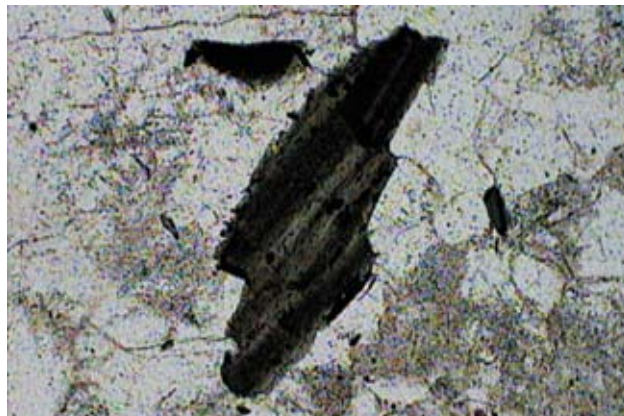


Foto 10- Biotita verde em leuco tonalito. LN-10x10 - Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Córrego Gonçalves - Estação: HR-641 - UTM: 461192/7807197

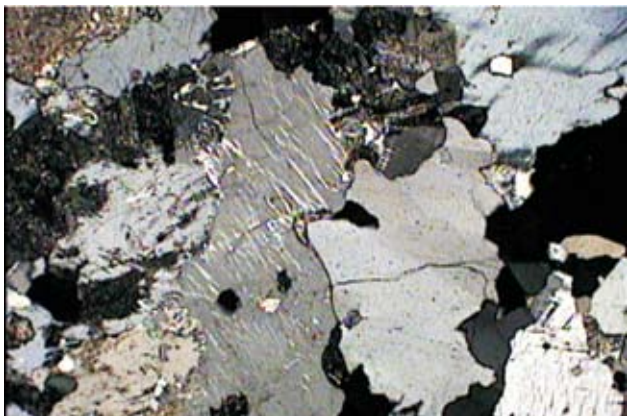


Foto 11- Perthita em granodiorito. NX-4X10 - Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Ponte sobre o rio Capivari. Estação: HR-633 - UTM: 479095/7808044

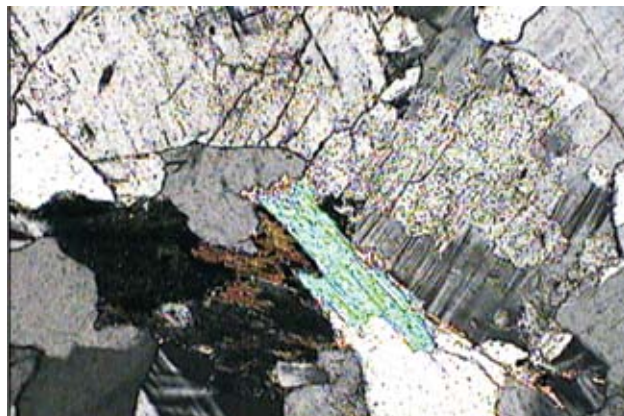


Foto 12- Gerações independentes de moscovita + biotita em leucomonzogranito. NX-10X10 - Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. - Local: Faz. São Jorge - Estação: HR-571 - UTM: 460248/7790587

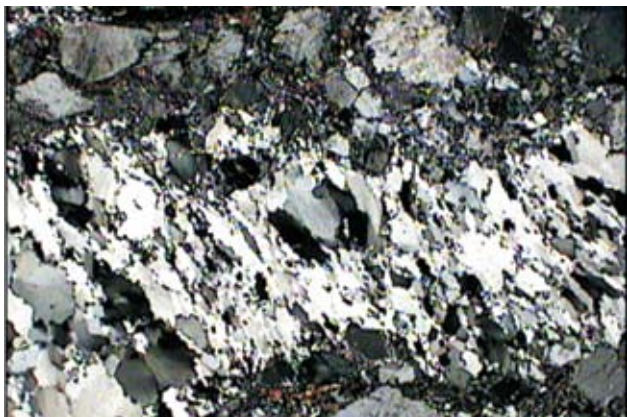


Foto 13- Milonito de gnaisse. NX-4X10 - Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Faz. do Saltinho - Estação: WL-522D UTM: 499305/7826181



Foto 14- Cristal de titanita em clorita-microclina-antofilita-quartzoplagioclásio gnaisse. NX-10X10 - Unidade: A3d - Complexo Divinópolis. Local: Faz. Olaria - Estação: WL-582 - UTM: 478101/7837127



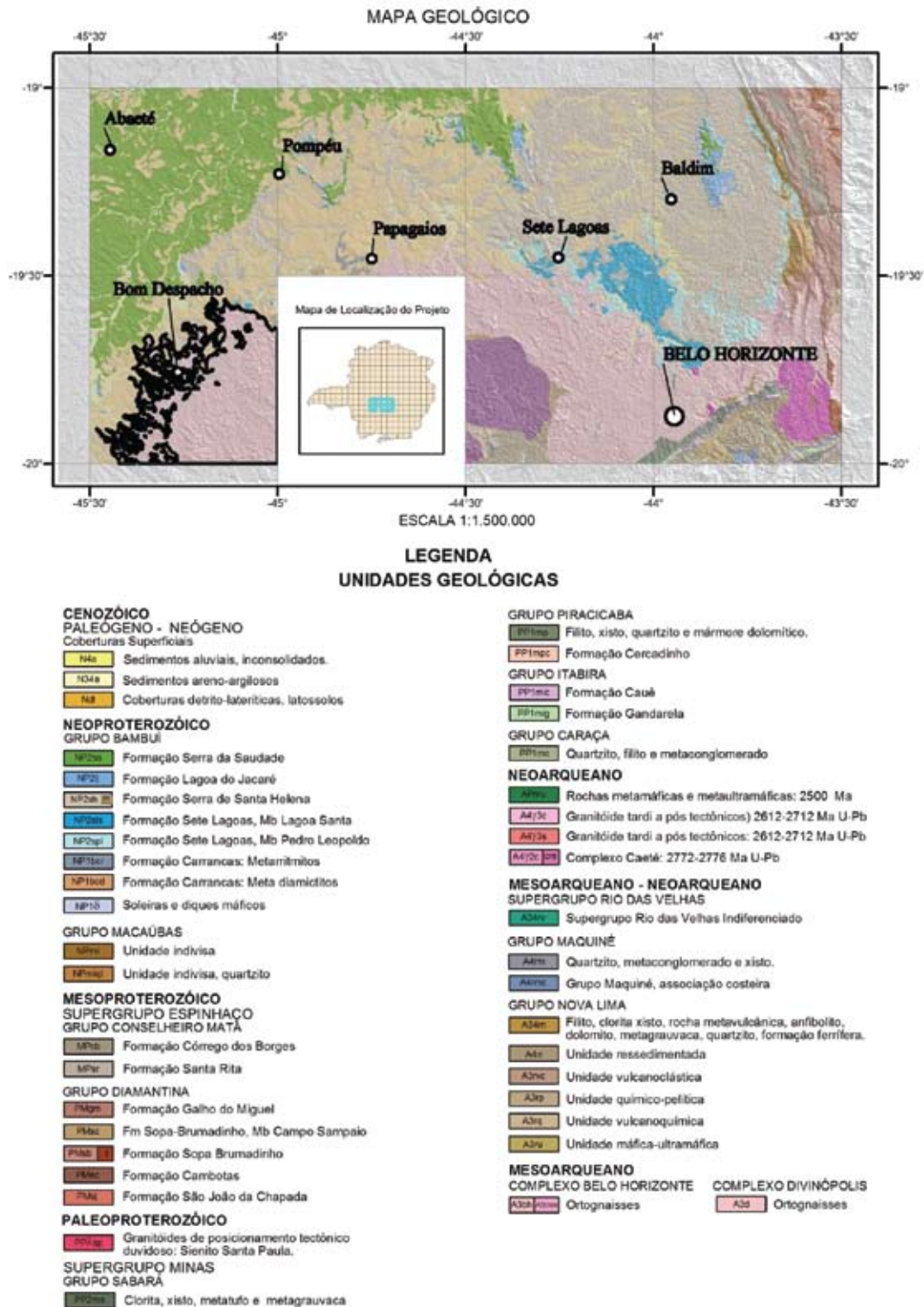


Figura 4.3: Região de afloramento do Complexo Divinópolis (moldura preta ressaltada).

#### 4.2.3 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS - A34rv

Dorr *et al.* (1957) denominaram de Série Rio das Velhas, no Quadrilátero Ferrífero, à associação basal de rochas metavulcânicas e metassedimentares anteriormente pertencentes à Série Minas de Derby (1906), com base em uma discordância erosiva e

angular pouco expressiva entre as duas seqüências, e subdividem a nova série em dois grupos (Nova Lima, na base, e Maquiné, no topo). Trabalhos posteriores substituíram o termo Série por Grupo, atendendo ao Código Estratigráfico, e este por Supergrupo (Ladeira, 1976, *in*: Loczy & Ladeira, 1976). Foi caracterizado como um *Greenstone Belt* por Almeida (1976) e Schorscher (1978).

Na região do projeto, os primeiros trabalhos de cunho geológico devem-se à Guimarães & Barbosa (1934) que consideraram as seqüências metassedimentares com minério de ferro bandado como pertencentes à “Série de Minas”, segundo conceito generalizado na época.

Costa & Romano (1976) e Romano (1989) incluem a seqüência de rochas metassedimentares associadas a rochas metavulcânicas da região entre Mateus Leme e Pitangui no Supergrupo Rio das Velhas.

Ladeira (1981) descreve as primeiras pillow-lavas encontradas no Supergrupo Rio das Velhas, no Quadrilátero Ferrífero e na região de Pitangui.

Uma parte das associações metassedimentares deste supergrupo foi interpretada por Schrank & Silva (1993) como uma seqüência turbidítica.

Segundo Alkmim & Marshak (1998), análises geocronológicas disponíveis para o Supergrupo Rio das Velhas, dão idades de 2.776 Ma. e 2.857 Ma. (obtidas pelo método U/Pb em cristais de zircão e monazita).

Para Endo & Machado (2002), o evento geológico melhor caracterizado no Quadrilátero Ferrífero (U/Pb, em zircão) está associado à deposição, metamorfismo e magmatismo do Supergrupo Rio das Velhas. O magmatismo associado ao evento metamórfico principal desta unidade se deu no intervalo entre 2.780 Ma e 2.730 Ma. A idade de 2.772±6Ma (Machado *et al.*, 1992, *in* Endo & Machado, 2002), que corresponde ao vulcanismo félsico (estágio final da seqüência máfica a ultramáfica da base do Grupo Nova Lima) é considerada como sendo a idade que melhor representa a instalação do *greenstone belt*. Zircões detríticos de rochas sedimentares dos grupos Nova Lima e Maquiné mostraram idades Pb/Pb de 2.877 – 3261 Ma (Machado *et al.*, 1996, *apud* Teixeira *et al.*, 2000).

#### 4.2.3.1 GRUPO NOVA LIMA - A4rn

O Grupo Nova Lima, (fig. 4.4) interpretado por Ladeira (1980) como sendo representativo de uma seqüência do tipo *greenstone belt*, foi subdividido em três unidades, da base para o topo:

- Unidade Metavulcânica: composta por serpentinitos, esteatitos, talco-xistos, anfibolitos metamorfizados, metabasaltos e metatufos, além de komatiitos com estrutura spinifex;
- Unidade Metassedimentar Química: representada por xistos carbonáticos, metacherts, formações ferríferas bandadas e filitos;

- Unidade Metassedimentar Clástica: representada por quartzo-xistos, quartzo filitos, quartzos impuros e metaconglomerados.

Padilha *et al.* (1985) propõem a divisão da unidade basal (Metavulcânica) na Unidade Córrego dos Boiadeiros, na base, e Unidade Metavulcânica Superior.

Oliveira (1986) dividiu o Grupo Nova Lima em cinco unidades, assim definidas, da base para o topo:

Unidade metavulcânica máfica-ultramáfica; Unidade metassedimentar pelítica; Unidade metavulcânica ácida/intermediária; Unidade metassedimentar; e Unidade metassedimentar psamítica (correspondendo à formação Palmital do Grupo Maquiné, de Dorr, 1969).

Silva *et al.* (1994), durante o desenvolvimento do Projeto Rio das Velhas (CPRM/DNPM), reconheceram três unidades vulcano-sedimentares no Grupo Nova Lima: uma unidade inferior básica-ultrabásica, uma unidade média químico-exalativa e uma superior vulcanoclástica.

Duas rochas vulcânicas félsicas do Grupo Nova Lima foram datadas por U/Pb em zircão em 2772±6 Ma e 2.776+23/-10 (Machado *et al.*, 1992; Endo & Machado, 2002). Dados obtidos por Noce *et al.* (2004) permitem limitar o evento eruptivo de natureza félsica no *Greenstone Belt Rio das Velhas* entre 2790±5 e 2751±9Ma. Datações SHRIMP e ID-TIMS U–Pb em zircões de três amostras de grauvaça (Noce *et al.*, 2005) evidenciaram um evento eruptivo a 2792±11, 2773±7 e 2751±9Ma, indicando um espaço de cerca de 40Ma para o magmatismo félsico. Vlach *et al.* (2003), analisando metapelitos do Grupo Nova Lima em aureola de contato, encontraram um evento metamórfico com idades variando entre 2,08 e 2,04±0,02Ga, que também ocorre nos metassedimentos do Grupo Sabará.

As associações litológicas do Grupo Nova Lima hospedam a maior parte das mineralizações de ouro do Quadrilátero Ferrífero. A idade destas mineralizações é estimada entre 2.698 e 2.670Ma. (Lobato *et al.*, 2001).

#### Geologia Local

A unidade aflora na porção centro-sul da Folha Pompéu, onde bons afloramentos podem ser vistos ao longo do Ribeirão das Areias e Córrego Veloso (centro-sul da Folha Pompéu), e na porção nordeste da Folha Bom Despacho.

Em afloramentos, observa-se uma rocha xistosa cinza a amarelada, roxa e avermelhada finamente laminada, argilosa, sericítica, com intercalações de níveis de granulação mais grossa, com grãos de quartzo. O quartzo ocorre como lentes concordantes, achatadas e estiradas (Fotos 15 e 16, WL-491). O acamamento ainda é visível na forma de finos níveis cinza-escuros a pretos e esbranquiçados (Foto 17, WL-

498). No campo de futebol do povoado de Veloso (centro-sul da Folha Pompéu) ocorrem intercalações até decimétricas de xisto carbonoso. A foliação geralmente apresenta valores elevados de mergulho.

Petrograficamente corresponde a quartzo-sericita xistos e plagioclásio-hornblenda xistos com textura lepidoblástica a nematoblástica. A foliação contorna as lentes de quartzo.

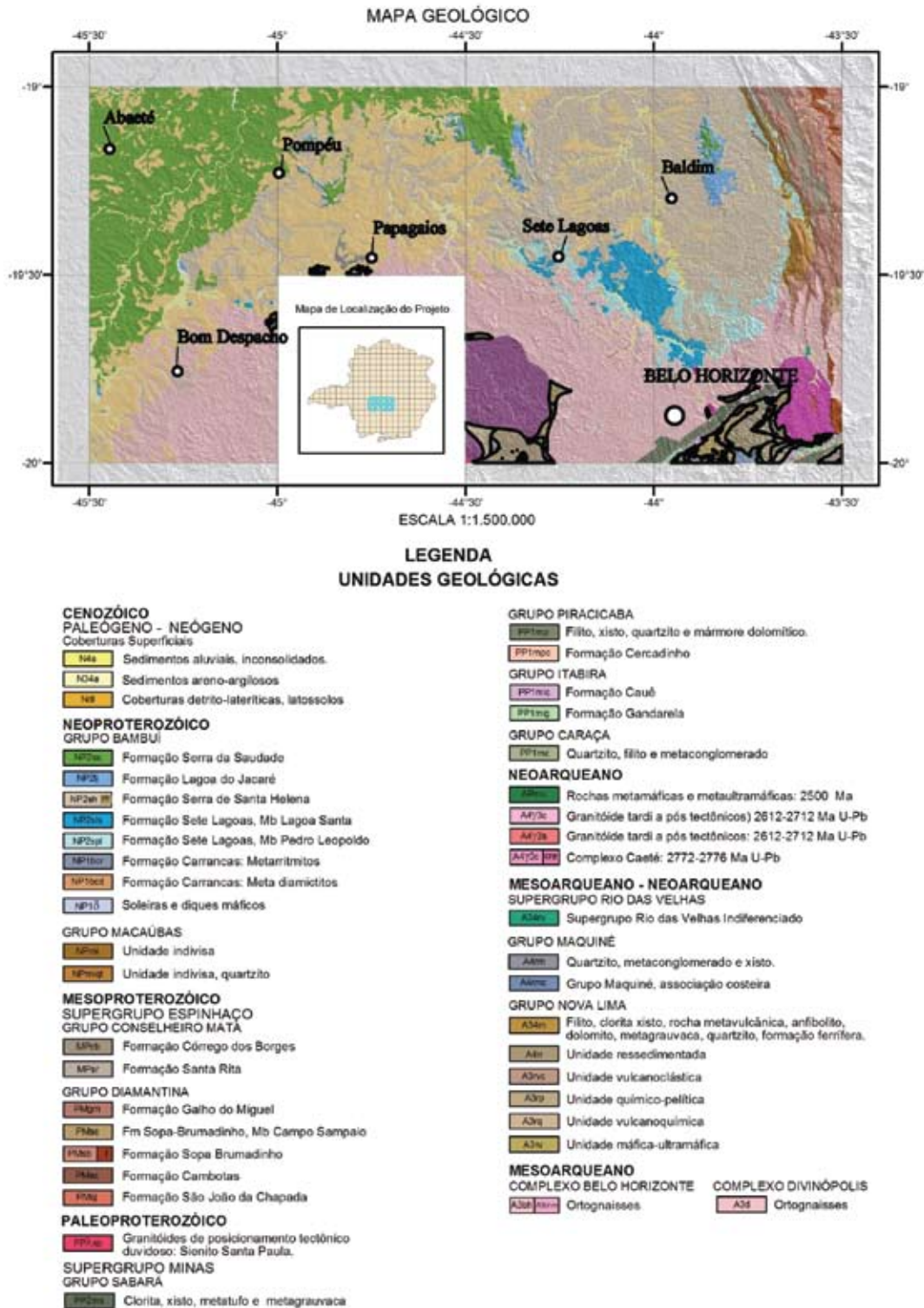


Figura 4.4: Região de afloramento do Grupo Nova Lima, sem diferenciar as unidades estratigráficas (moldura preta ressaltada).



Foto 15- Sericita xisto com veios lenticularizados de quartzo. Unidade: A4rns - Grupo Nova Lima. - Local: Riacho das Areias - Estação: WL-491 - UTM: 524840/7844361



Foto 16 - Detalhe dos veios de quartzo estirados e lenticularizados. Unidade: A4rns - Grupo Nova Lima. Local: Riacho das Areias - Estação: WL-491 - UTM: 524840/7844361



Foto 17 - Sericita xisto com acamadamento preservado (lapiseira), cortado pela foliação. Unidade: A4rns - Grupo Nova Lima. Local: Veloso - Estação: WL-498 - UTM: 512577/7845477



Foto 18 – Quartzito grosso esbranquiçado com estratificação cruzada. Unidade: A4rm - Grupo Maquiné. - Local: Pátio do Comércio de Pedras Solajão (Papagaios) Estação: WL-085 - UTM: 524901/7849134

#### 4.2.3.2 GRUPO MAQUINÉ - A4rm

O Grupo Maquiné (Fig. 4.5) foi subdividido por Dorr (1969) em duas formações:

- Formação Palmital (base), constituída por quartzitos sericíticos, filitos quartzosos e filitos. O contato desta formação com o Grupo Nova Lima apresenta-se ora discordante, ora concordante e ora gradacional;
- Formação Casa Forte, originalmente definida por Gair (1962), é constituída por quartzitos sericíticos, cloríticos a xistosos e filitos. O contato desta formação com a Formação Palmital é gradacional e marcado por uma camada de conglomerado.

#### Geologia Local

Ocorre apenas na Folha Pompéu, em sua porção centro-sul, formando a Serra da Boa Vista e como pequenos morros isolados sobre as rochas do Grupo Nova Lima.

Bons afloramentos podem ser vistos na estrada entre Pompéu e Papagaios (MG-060) no local denominado fazenda Cipó de Chumbo (UTM: 516900/7852400), no Ribeirão das Areias (sob a ponte da MG-423, UTM: 524200/7845300, e rio abaixo), e na Serra da Boa Vista.

É composto de quartzito cinza a esverdeado e esbranquiçado, de granulometria fina a média, bastante silicificado, com grãos e grânulos arredondados, dispersos, de quartzo cinza-escuro e de feldspatos, com mica dispersa. Observam-se níveis de granulometria areia grossa a seixo e bandamento dado por níveis com granulometria mais fina intercalados com níveis de granulometria mais grossa. Localmente ocorre quartzito ferruginoso, além de cristais de pirita dispersa em cubos.

Observa-se estratificação cruzada tabular com sets de até 20 cm de espessura, estratificação cruzada acanalada (Foto 18 WL-085) e estratificação cruzada acanalada (Foto 18 WL-085) e estratificação plano-paralela com gradação da granulometria, de grossa na base a fina no topo. Localmente a rocha apresenta-se cisalhada, com estruturas tipo

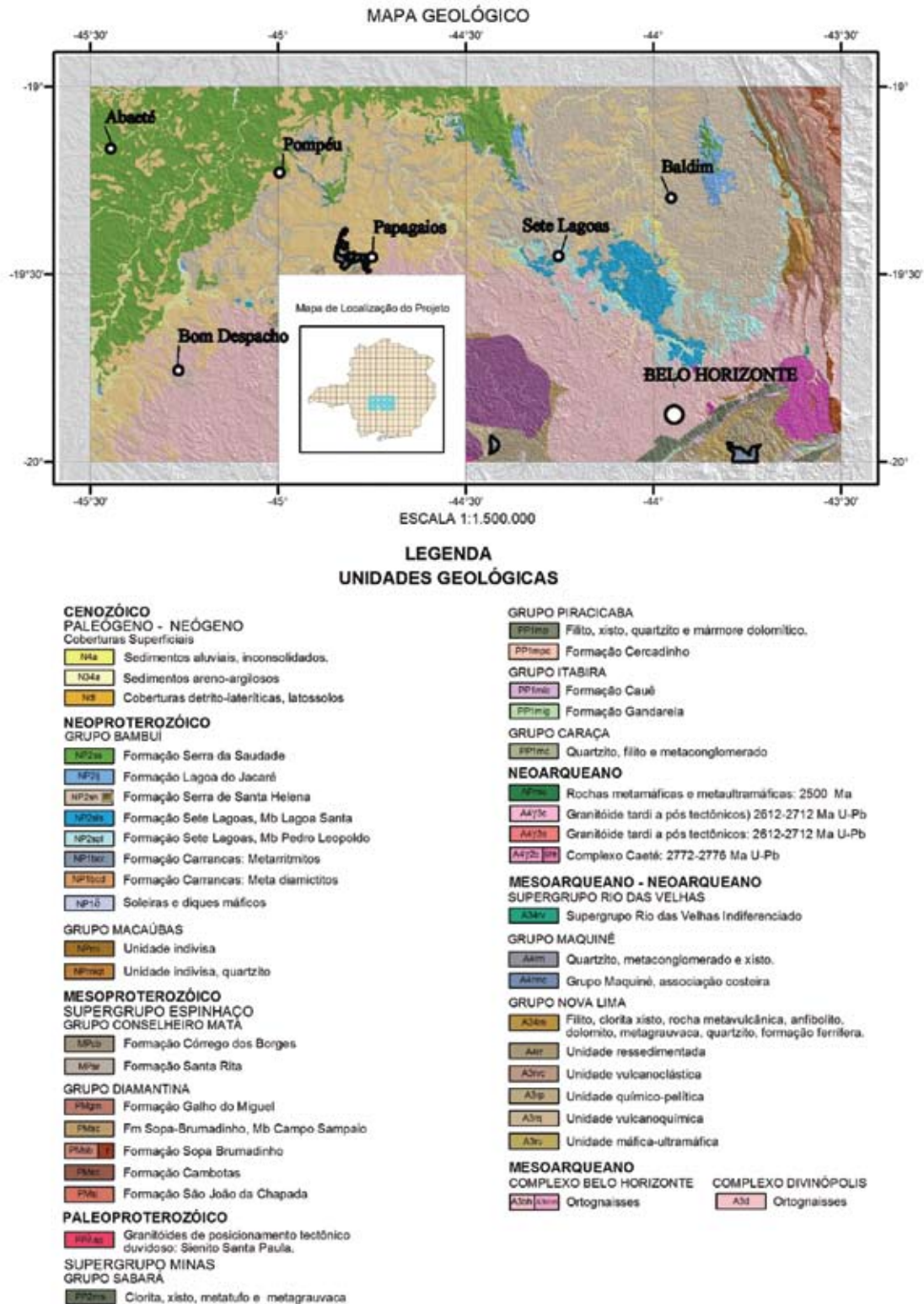


Figura 4.5: Região de afloramento do Grupo Maquiné sem diferenciar as unidades estratigráficas (moldura preta ressaltada).

S/C, e fortemente silicificada (Foto 19 WL-055), com intensa clivagem de fratura. Em alguns locais observam-se dobras abertas de pequeno porte.

Observam-se, localmente, intercalações de níveis até métricos de rocha xistosa cinza a amarelada untuosa ao tato.

Microscopicamente são constituídos de quartzo e pouca moscovita, localmente feldspáticos (Foto 20 WL-061). O quartzo geralmente tem bordas serrilhadas e lobadas e a moscovita ocorre em palhetas orientadas entre os grãos gerando uma foliação metamórfica. No geral pode-se dizer que

a rocha é mal selecionada embora apresente boa maturidade. Alguns grãos maiores, mesmo com as bordas serrilhadas, sugerem um bom grau de arredondamento primitivo.

#### 4.2.4 SUPERGRUPO MINAS

Derby (1906) definiu a Série Minas como uma seqüência composta de rochas xistosas e, de modo subordinado, quartzitos, quartzitos ferruginosos e calcários.

Posteriormente a este estudo pioneiro seguiram-se outros, tais como o de Harder & Chamberlin (1915), que verificaram ser a “Série Minas” constituída de cinco formações. Mais tarde, Dorr II *et al.* (1957) individualizaram três grupos contendo um total de nove formações.

Após o mapeamento de detalhe do Quadrilátero Ferrífero pela equipe do DNPM/USGS, Dorr II (1969) definiu uma série de subunidades formais e propôs um empilhamento que resultou na coluna estratigráfica que é utilizada até os dias atuais, com modificações.

Neste trabalho compilou-se a cartografia do Supergrupo Minas (Fig. 4.6) utilizada na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Belo Horizonte (SE.23) (Heineck *et al.*, 2004). Foi modificada apenas a Formação Sabará, originalmente pertencente ao Grupo Piracicaba e agora Grupo Sabará (Renger *et al.*, 1994).

A estratigrafia aqui utilizada, da base para o topo, foi a seguinte: Grupo Caraça, com as formações Moeda (quartzito) na base e Batatal (filito) no topo, Grupo Itabira, constituído pela Formação Cauê, na base, composta de itabirito e dolomito, e Formação Gandarela, no topo, composta de dolomito, itabirito, itabirito dolomítico e filito. Acima destas ocorre o Grupo Piracicaba, que apresenta, na base, a Formação Cercadinho, constituída de quartzito e filito ferruginoso, recobertos por filito, xisto, quartzito e mármore dolomítico, que corresponderiam à Formação Fecho do Funil. No topo da seqüência está o Grupo Sabará, que apresenta como litótipos, clorita xisto, metatufo e metagrauvaca.

A sedimentação da seqüência inicial do Supergrupo Minas, segundo Renger *et al.*, (*op. cit.*), está balizada entre 2650 Ma., idade mais nova dos zircões detríticos do quartzito Moeda, e 2420 Ma., idade de sedimentação do topo da Formação Gandarela. Babinski *et al.* (1993) sugerem idade de 2520 Ma. para o início da sedimentação Cauê

(formação ferrífera bandada), baseando-se em uma taxa de sedimentação da ordem de 50 metros/Ma. para as formações Gandarela e Cauê. Extrapolando este cálculo para as formações sotopostas à Formação Cauê, as formações Batatal e Moeda, obter-se-ia idade de 2620 Ma. para a base do Supergrupo Minas.



Foto 19 – Quartzito esbranquiçado fortemente cisalhado, com estruturas tipo S/C. Unidade: A4rm - Grupo Maquiné. - Local: Riacho das Areias - Estação: WL-055 UTM: 524242/7845269

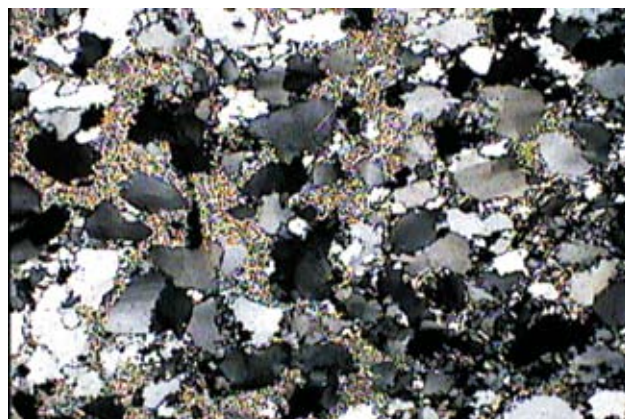


Foto 20 – Quartzito fino a médio com grãos de quartzo bastante recristalizados e deformados, com contatos serrilhados e lobulados. NX-4X10 - Unidade: A4rm - Grupo Maquiné. Local: Boa Vista - Estação: WL-061 - UTM: 522315/7847936

#### 4.2.5 SUPERGRUPO ESPINHAÇO

A primeira designação de Formação Espinhaço foi utilizada por Freyberg (1932 *in*: Renger, 1979) para nomear as seqüências de rochas quartzíticas e filíticas pertencentes à serra do Espinhaço.

Esta serra, posteriormente dividida em dois setores, meridional e setentrional, atravessa os estados da Bahia e Minas Gerais (*in*: Knauer, L.G., 2007). Houve uma maior concentração dos estudos geológicos no setor meridional devido à descoberta de depósitos diamantíferos, no início do século

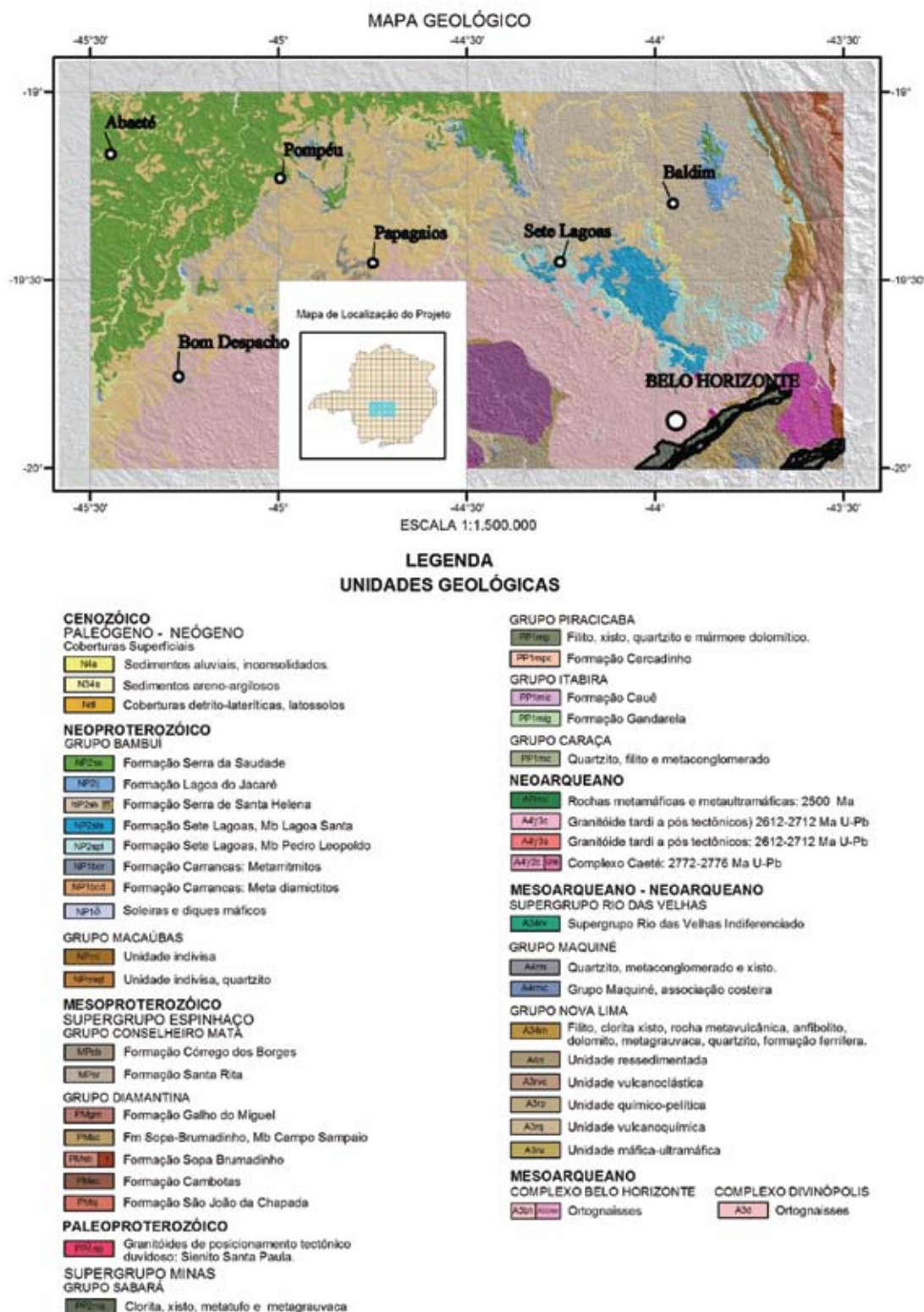


Figura 4.6: Região de afloramento do Supergrupo Minas sem diferenciar as unidades estratigráficas (moldura preta ressaltada).

XVIII, na região de Diamantina, MG. Para este setor foi estabelecida uma coluna litoestratigráfica por Pflug (1968) e Schöll & Fogaça (1979), que continua a vigorar com pequenas modificações. Esta coluna expõe uma divisão que engloba oito formações. Dossin *et al.* (1984); Knauer (1990); Almeida-Abreu

& Renger (2002) agruparam estas unidades em entidades maiores. A subdivisão do Supergrupo Espinhaço em grupos foi realizada por Dossin *et al.* (1984), que reuniram as formações superiores no Grupo Conselheiro Mata e as formações inferiores no Grupo Diamantina. Knauer (1990) propôs

englobar as formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho no Grupo Guinda, manter as formações superiores no Grupo Conselheiro Mata, e considerar a Formação Galho do Miguel como intermediária, não participando de nenhum dos dois grupos.

O Supergrupo Espinhaço (Fig. 4.7) é representado por metassedimentos psamíticos, homogêneos, com alguns metaconglomerados e filitos intercalados. Estas rochas foram intrudidas por diques e *sills* de metabasitos pós-tectônicos (Uhlein, 1982).

As colunas litoestratigráficas utilizadas nas folhas mapeadas Baldim e Belo Horizonte foram extraídas do Projeto Espinhaço, realizado pelo convênio UFMG-COMIG (1996) e da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, da CPRM-Serviço Geológico do Brasil (Heineck *et al.*, 2004).

Na Folha Baldim ocorrem as formações Sopa-Brumadinho, Sopa-Brumadinho (Unidade Rio Preto), Galho do Miguel, Santa Rita e Córrego dos Borges enquanto na Folha Belo Horizonte estão cartografadas as formações São João da Chapada, Cambotas, Sopa-Brumadinho, Sopa-Brumadinho (Membro Campo Sampaio) e Galho do Miguel.

As descrições das unidades litológicas que se seguem são exclusivamente pertencentes às folhas Baldim e Belo Horizonte e, quando comuns às duas folhas, seus dados foram integrados.

A Formação São João da Chapada corresponde a quartzitos, metaconglomerados polimíticos e metabrechas quartzíticas, filitos hematíticos, filitos e quartzo filitos.

A Formação Cambotas foi primeiramente descrita por Simmons & Maxwell (1961) na localidade-tipo, ao sul da serra das Cambotas, nas quadrículas Gongo Soco e Antonio dos Santos, em Minas Gerais. São quartzitos e xistos filíticos e quartzíticos da base do Grupo Tamanduá, a princípio inserido na Série Rio das Velhas. Grossi Sad & Vaz de Melo (1969; *in*: Uhlein, 1982) propuseram uma equivalência dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço com o quartzito Cambotas do Quadrilátero Ferrífero (Simmons & Maxwell, *op. cit.*). Em dissertação de mestrado, Crocco-Rodrigues (1991) também se refere aos quartzitos do Grupo Tamanduá da seção-tipo ocorrente na serra das Cambotas, como uma unidade geológica pertencente ao Supergrupo Espinhaço. Esta formação abrange mica quartzito, filito, xisto e metaconglomerado.

A Formação Sopa-Brumadinho é constituída por quartzitos, metapelitos, metaconglomerados polimíticos e hematita filito. A Unidade Rio Preto é composta de quartzitos finos e sericita xistos com níveis carbonáticos e fosfatados (apatíticos).

O Membro Campo Sampaio (Fogaça & Almeida Abreu, 1982), é constituído por filitos, metassiltitos, quartzitos finos e metabrechas diamantíferas de matriz filítica.

A Formação Galho do Miguel se compõe essencialmente por quartzitos, geralmente puros e localmente bimodais, às vezes feldspáticos e com filmes sericíticos.

A Formação Santa Rita apresenta-se com filitos, metassiltitos e quartzitos sericíticos e feldspáticos (por vezes esverdeados) em arranjo rítmico.

A Formação Córrego dos Borges é constituída por quartzitos laminados, branco-acinzentados e quartzitos brancos, de granulometria fina a média, por vezes feldspáticos ou com filmes sericíticos.

A deformação registrada nas rochas deste supergrupo corresponde a uma tectônica que colocou as unidades em faixas alongadas submeridianas e de direção NNW, em contato tectônico por empurrões, que colocam unidades mais antigas sobre outras mais novas, onde os cavalgamentos são responsáveis por inversões estratigráficas e/ou omitindo unidades inteiras. São também comuns ondulações N-S e dobramentos semi a apertados com vergência de leste para oeste. Trata-se de uma tectônica pertencente ao evento brasileiro e estas áreas estão inseridas dentro da Faixa Móvel Araçuai.

Segundo Dossin *et al.* (1990) as formações do Supergrupo Espinhaço foram depositadas em ambiente de sedimentação que vai desde continental a transicional até marinho.

Knauer (2007) considera a evolução do Supergrupo Espinhaço como um rifte abortado e com registros de deformação de idade brasileira (conforme Dossin & Dossin, 1995; Uhlein *et al.*, 1995) e com evolução para uma margem passiva que foi fechada nos tempos finais do Uruçuano (segundo Pflug *et al.*, 1980; Almeida Abreu, 1995; Knauer, 1990).

Martins Neto (1998) apresenta um modelo para a evolução tectono-sedimentar da Bacia Espinhaço em Minas Gerais através de estudos sedimentológicos, paleogeográficos, estratigráficos, estruturais e tectônicos integrados, nas porções central e ocidental da serra do Espinhaço Meridional, com o reconhecimento de quatro fases evolutivas, (pré-rifte, rifte, transicional e flexural) e a caracterização como uma bacia do tipo rifte-sag.

A idade destas rochas foi baseada em datações realizadas em metarriolitos intercalados nos sedimentos basais do Supergrupo Espinhaço, na região de Conceição do Mato Dentro, onde foi então revelada idade de 1,77Ga, segundo Brito Neves *et al.*, 1979. Estas metavulcânicas ácidas são



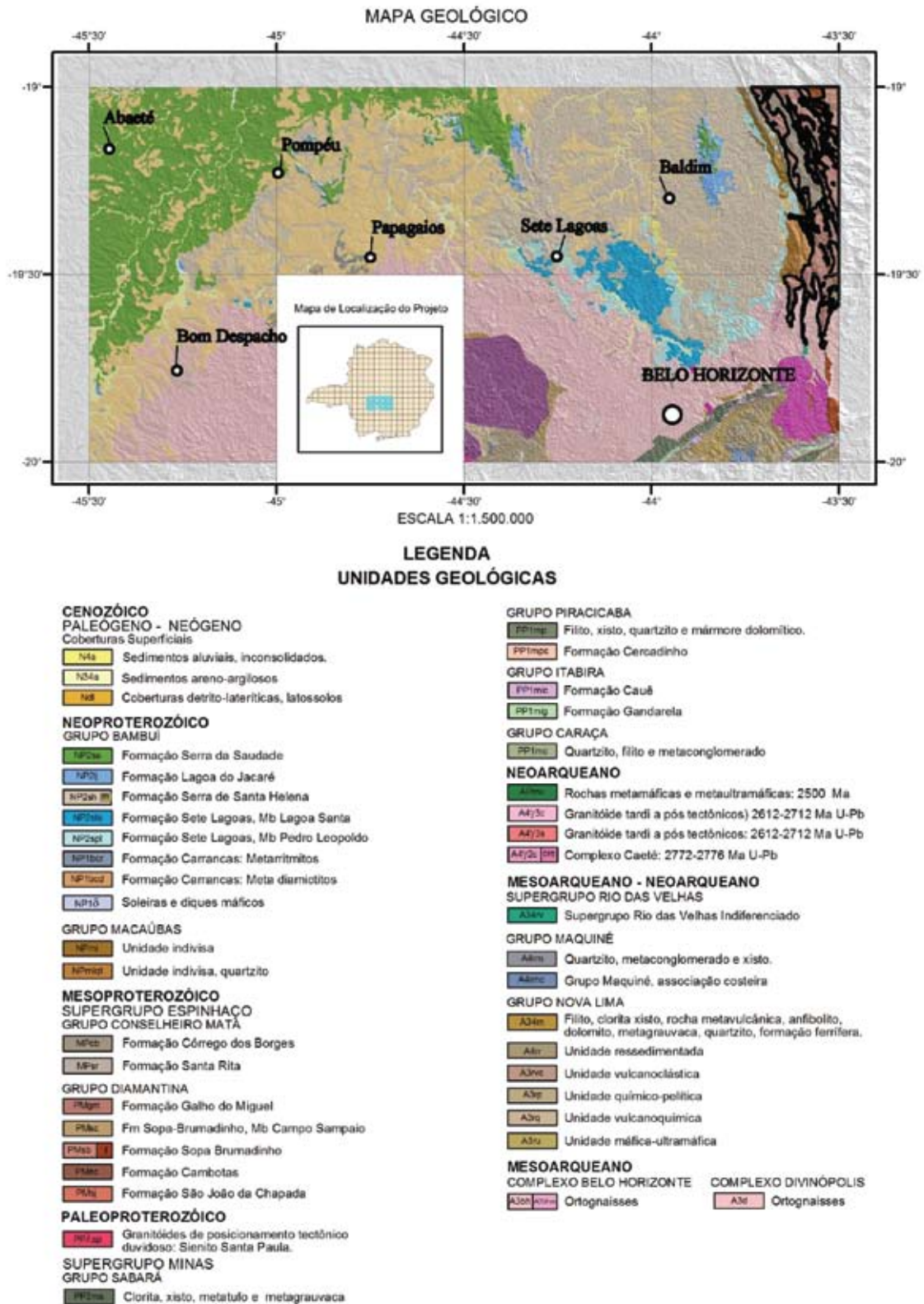


Figura 4.7: Região de afloramento do Supergrupo Espinhaço sem diferenciar as unidades estratigráficas (moldura preta ressaltada)

correlacionadas com aquelas da Chapada Diamantina na Bahia (nos grupos Rio dos Remédios e Santo Onofre) que possuem idade Rb/Sr de 1,6 a 1,7Ga (Jardim de Sá, 1981).

#### 4.2.6 GRUPO MACAÚBAS

O Grupo Macaúbas (Fig. 4.8) não foi objeto de mapeamento, tendo a sua cartografia sido compilada

da Folha Baldim do Projeto Espinhaço (Oliveira *et al.*, 1987) e da Folha Belo Horizonte do Projeto BH – Serro (Brandalise & Heineck, 2000). Será apenas considerada, neste relatório, a compilação referente a estas folhas.

Moraes & Guimarães (1930) trabalhando na região diamantífera do norte de Minas, denominaram a seqüência constituída de filitos conglomeráticos e arenitos como Formação Macaúbas, pertencente à Série Lavras, tendo como local tipo o Ribeirão Macaúbas. Esta série seria mais antiga que a Série de Bambuí, tendo origem glacial.

Scholl (1972) elevou a formação Macaúbas para a categoria de grupo.

Karfunkel *et al.* (1981) subdividiram o grupo em três formações, baseados na camada chave tilitos e sedimentos glácio-marinhos, que compõem a Formação Média. Abaixo desta, a Formação Inferior, é composta de quartzitos impuros com intercalações de conglomerados e a Formação Superior, de topo, é uma seqüência heterogênea de quartzitos, metassiltitos, filitos e xistos verdes.

O Grupo Macaúbas é constituído, principalmente, por diamictitos com matriz areno-argilosa esverdeada e grânulos, seixos e matações de quartzitos, quartzo, filitos, siltitos, carbonatos, granitos e gnaisses.

Segundo Brandalise (2000) esta unidade ocupa faixa de direção meridiana, com largura de poucos quilômetros, situada imediatamente a leste de Felipe, ocupando parte da serra da Contagem e atravessando a Folha Baldim, para norte. Para sul engloba o povoado de Contagem, limitando-se, a leste, no córrego da Contagem e terminando nas proximidades da Capela de Santo Antônio.

Oliveira *et al.* (1987) dividiram o Grupo Macaúbas em duas unidades: Indivisa, composta por quartzitos bandados; quartzitos ferruginosos e/ou feldspáticos; intercalações de metaparaconglomerados polimíticos e, raramente, de ortoconglomerados e metassiltitos com intercalações de quartzitos finos e Unidade Quartzítica, composta por quartzitos com intercalações de brechas conglomeráticas. Brandalise (2000), na Folha Belo Horizonte, não subdividiu o Grupo Macaúbas.

A unidade está em contato tectônico (cavalgamento) por sobre os pelitos e carbonatos do Grupo Bambuí. Esta imbricação tectônica também envolve quartzitos puros e conglomerados, extremamente fraturados, do Supergrupo Espinhaço. Internamente, o conjunto dos litótipos Macaúbas apresenta outras imbricações tectônicas. No lado oriental, os grandes lineamentos estruturais indicam contatos tectônicos.

A idade de  $906 \pm 2$  Ma do metabasito de Pedro Lessa pode ser preliminarmente utilizada como limite inferior para a deposição das rochas do Grupo Macaúbas (Machado *et al.*, 1989).

#### 4.2.7 GRUPO BAMBUÍ

As rochas do Grupo Bambuí vêm sendo descritas desde 1817, quando Eschwege, (*apud* Costa & Branco, 1961) denominou as “rochas calcíferas e ardorianas” aflorantes a oeste do Rio São Francisco de “Übergangsgebirge”. Somente em 1917 Rimann introduz o termo “Série” Bambuí, cuja primeira tentativa de subdivisão foi feita por Freyberg (1932). Informações detalhadas sobre o histórico do Grupo Bambuí podem ser vistas em Magalhães (1989), Nobre-Lopes (1995) e Uhlein *et al.* (2004). Os principais trabalhos de cunho estratigráfico foram desenvolvidos nas décadas de 60 e 70, sendo o principal o de Costa & Branco (*op. cit.*), que apresentaram a primeira coluna litoestratigráfica regional da “Série” Bambuí, subdividida nas Formações Carrancas (unidade basal), Sete Lagoas (intermediária) e Rio Paraopeba, grafada erroneamente de Rio Piracicaba, conforme constatado por Baptista *et al.* (1984), (unidade superior que inclui os membros Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Três Marias e Serra da Saudade). Almeida (1967) elevou esta “Série” à categoria de “Grupo”. Ao longo dos anos, vários autores, trabalhando em diversas áreas da bacia, modificaram esta coluna, introduzindo ou retirando unidades, como Schöll (1976) que, mapeando a região entre a Serra do Espinhaço e Curvelo, modifica a divisão de Costa & Branco (*op. cit.*) subdividindo a Formação Sete Lagoas em Fácies Carrancas, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa. Grossi Sad & Quade (1985) retiram os calciofilitos da Formação Carrancas, posicionando-os em uma unidade chamada Formação Vespasiano, abandonando o termo Carrancas, que passaria a nomear apenas o conglomerado (Conglomerado Carrancas) pois, conforme Braun (1968), o conglomerado “... não poderia ser classificado como uma formação, pois é de espessura insignificante e não tem expressão areal, nem mesmo na própria localidade tipo”. Atualmente, utilizam-se as denominações originais de Costa & Branco (*op. cit.*) com modificações (Fernandes *et al.*, RADAMBRASIL, 1982)

Os grandes projetos de mapeamento executados pela METAMIG/COMIG, CPRM/DNPM e RADAMBRASIL contribuíram muito para o conhecimento cartográfico das unidades que compõem o Grupo Bambuí. Alguns trabalhos propõem de forma simplificada o estudo segundo o conceito de estratigrafia de seqüências. Nos últimos

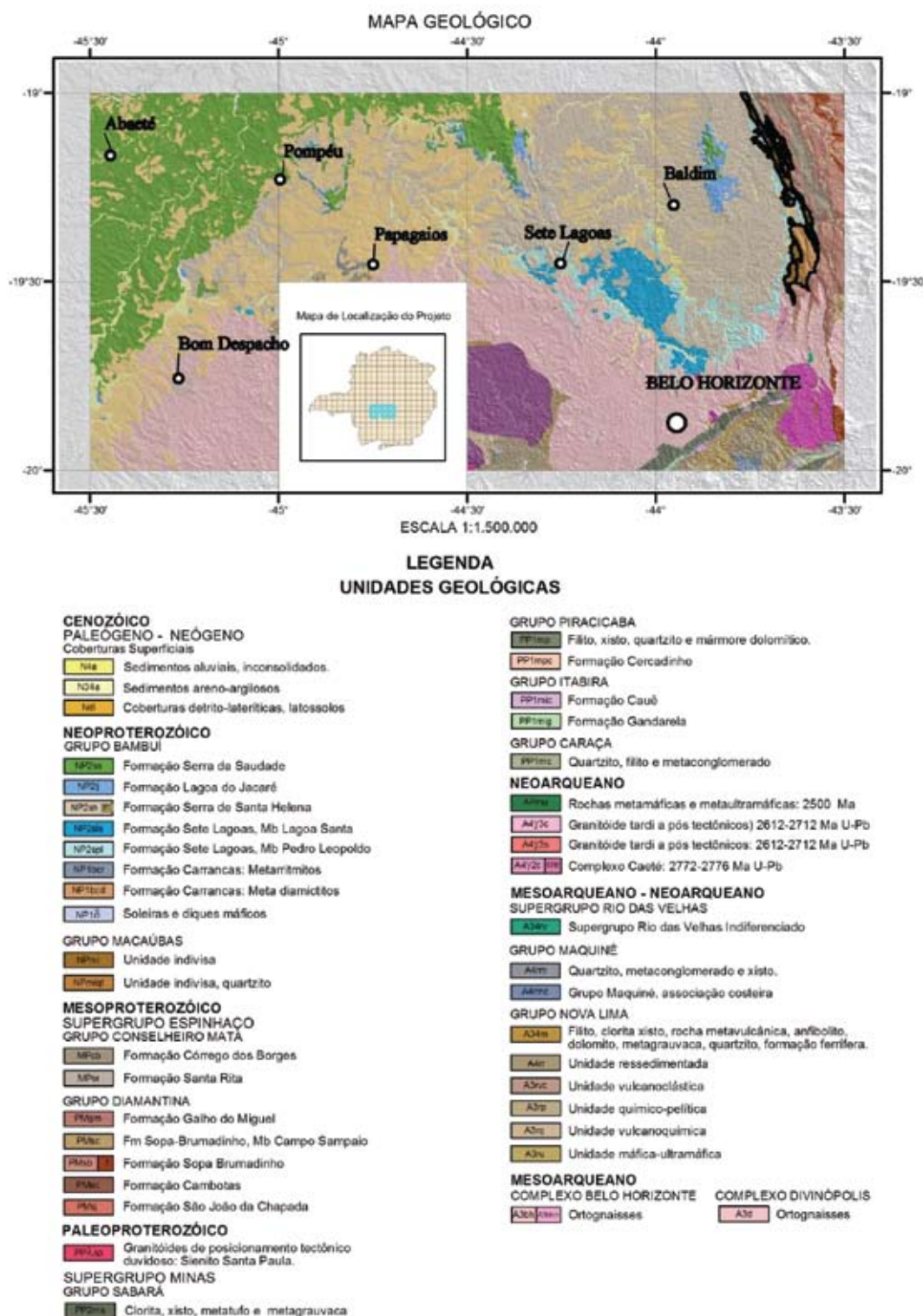


Figura 4.8: Região de afloramento do Grupo Macaúbas sem diferenciar as unidades estratigráficas (moldura preta ressaltada)

tempos, os estudos têm sido mais especializados, baseados em análises faciológicas, paleogeografia e sistemas deposicionais, como os de Nobre-Lopes (1995, 2002), Lima (1997, 2000), Chiavegatto (1992), Chiavegatto *et al.* (1997), Chiavegatto & Dardenne (1997), Guimarães (1997), Seer *et al.* (1989), Chiavegatto *et al.* (2003) e Dominguez (1993).

Diversos pesquisadores empenham-se em definir o tipo de bacia em que se depositaram as rochas do Grupo Bambuí (Chang *et al.*, 1988); Martins-Neto *et al.* (1997); Thomaz Filho *et al.* (1998); Pinto & Martins-Neto (2001); Martins-Neto & Alkmim (2001), e na caracterização da evolução tectônica da bacia (Chang *et al.*, 1988; Castro, 1997, 2000;

Alkmim *et al.*, 1989, 1993; Marshak & Alkmim, 1989; Uhlein, 1991; Chemale Jr *et al.*, 1993, *apud*: Vieira, L.C. *et al.*, 2007; Uhlein *et al.*, 1995; Martins-Neto, 1998; Castro & Dardenne, 1995, 2000; Carneiro *et al.*, 2000; Dardenne, 2000; Martins-Neto & Pedrosa-Soares, 2000; Martins-Neto *et al.*, 2001; Coelho *et al.*, 2006 e Pinho *et al.*, 2006.

Outros trabalhos enfocam a geoquímica de isótopos para datação e quimioestratigrafia, entre os quais Iyer, 1984; Iyer *et al.*, 1995; Chang *et al.*, 1993; Misi, 1993, 2001; Misi *et al.*, 2003, 2007; Misi & Veizer, 1996; Santos *et al.*, 1996, 1997, 2000; Alvarenga *et al.*, 1998, 2003, 2005; Babinski, 1993, 2001, 2005; Babinski *et al.*, 1999, 2007; Misi *et al.*, 2007; Babinski & Kaufman, 2003; Kaufman *et al.*, 2003; Vieira *et al.*, 2005, Rodrigues, 2008.

Análises e estudos também têm sido feitos na tentativa de explicar os modelos de evolução metalogenética e gênese das mineralizações sulfetadas (Beurlen, 1973; Lopes, 1979; Iyer *et al.*, 1992; Chang, 1997; Misi, 1999; Misi *et al.*, 2000, 2004, 2005; Nobre-Lopes, 2002, 2005). Os depósitos de fosfato foram estudados por Chaves *et al.* (1971) e, mais recentemente, por Araújo *et al.* (1992), Misi *et al.* (2005, 2006a, 2006b), Lima *et al.* (2005) e Gomes *et al.* (2006).

Geofísica também está sendo utilizada na tentativa de solucionar alguns dos problemas pendentes sobre a Bacia do São Francisco, inclusive. Dentre eles destacam-se os de Figueiredo & Trindade (2003), Vieira *et al.* (2004), Pinto *et al.* (2005) e Raposo *et al.* (2005).

#### 4.2.7.1 FORMAÇÃO CARRANCAS - NP1bcd e NP1bcr

Esta formação foi primeiramente estudada regionalmente por Costa & Branco (1961), que a posicionaram como formação basal. A partir daí surgiram novas propostas e comparações com outras regiões. Braun (1968) propôs considerá-la como Fácies Carrancas e o RADAMBRASIL (Fernandes *et al.*, 1982) como Formação Samburá/Carrancas, na base do Subgrupo Paraopeba (*apud* Nobre-Lopes, 1995).

Schöll & Souza (1970) descreveram o Grupo Macaúbas na borda ocidental da Serra do Cipó, próximo à Jaboticatubas, em situação estratigráfica idêntica à da Formação Carrancas da área-tipo. Schöll (1976) posiciona esta unidade como um conglomerado basal da Formação Sete Lagoas e a denomina de Fácies Carrancas enquanto os geólogos do IGA/SECT (1982), no mapeamento da Folha Cachoeira dos Macacos (Fiumari *et al.*, 1982), consideram-na como Membro Carrancas. Atualmente, esta unidade

tem sido alvo de inúmeros trabalhos isotópicos que enfocam a questão paleoambiental (considerando a deposição em ambiente glaciomarinho), e a atrelam aos calcários da base da Formação Sete Lagoas, considerados como *cap carbonates*. Karfunkel & Hoppe (1978) sintetizaram os conhecimentos sobre a glaciação no Cráton do São Francisco.

Sgarbi *et al.* (2003) sugerem para a formação Carrancas uma idade entre 750 e 580 Ma e a situam num dos quatro eventos de mudança climática brusca sofrida pela Terra. É considerada como registro, no Grupo Bambuí, do possível evento de glaciação *Snowball* da Terra. Resultados como estes são comparáveis e similares ao evento da Namíbia, onde se tem situação estratigráfica similar com o *cap carbonate* mostrando excursão similar de  $\delta^{13}\text{C}$  positivo. Babinski & Kaufman (2003) colocam esta formação no sistema glacial e atribuem idade Pb/Pb de 740 Ma para os calcários sobrejacentes. Os dados radiométricos acima apontam para o posicionamento da Formação Carrancas no evento glacial Sturtiano (~760-700 Ma), semelhante à Formação Maieberg do Grupo Otavi no Cráton do Congo.

Alvarenga *et al.* (2003) referem-se a um evento glacial que parece ter atingido áreas de baixas latitudes, como constatado no Brasil através da ocorrência de *cap carbonate*. Os diamictitos foram considerados de idade em torno de 700-800 Ma (Misi & Veizer, 1998; Santos *et al.*, 2000). A estratigrafia isotópica em calcários neoproterozóicos da América do Sul é válida para as rochas da bacia do São Francisco (Grupos Bambuí e Una) que recobrem os diamictitos glaciogênicos Sturtianos (Iyer *et al.*, 1995; Misi & Veizer, *op. cit.*; Martins, 1999; Santos *et al.*, *op. cit.*).

Uhlein *et al.* (2005), em estudo sobre a glaciação neoproterozóica no Cráton São Francisco-Congo, citam a ocorrência de extensas coberturas neoproterozóicas às vezes com registros glaciais neste bloco. No Brasil há a ocorrência de importante cobertura neoproterozóica, o Supergrupo São Francisco, com apresentação de seqüências de diamictitos glaciomarinhos na base. Colocam como de 800 a 750 Ma a glaciação do início do neoproterozóico sobre o Cráton do São Francisco.

Vieira *et al.* (2005) analisaram a matriz carbonática do diamictito Carrancas e encontraram valores mais empobrecidos em  $\delta^{13}\text{C}$ , que varia de -5,1 a -3,3‰, e em  $\delta^{18}\text{O}$ , de -13,5 a -12,0‰. O calcário imediatamente superior apresenta  $\delta^{13}\text{C}$  variando de -5,1 a -3,3‰ e  $\delta^{18}\text{O}$  variando de -4,5 a +0,8‰.

Vieira *et al.* (2007b), nas correlações estratigráficas regionais, sugerem que a Formação Sete Lagoas

tenha sucedido às rochas glaciomarinhas do Grupo Macaúbas. Os dados paleomagnéticos de rochas glaciais neoproterozóicas sugerem que as capas de gelo estenderam-se pelas latitudes do Equador.

### Geologia Local

Na área do projeto (Fig 4.9), a Formação Carrancas é pouco espessa e de distribuição descontínua, depositada discordantemente sobre rochas do Complexo Belo Horizonte. Torna-se mais constante nas cercanias da Serra do Espinhaço, centro-sul do Cráton do São Francisco. Na sua porção superior, faz contato brusco, irregular e discordante com os carbonatos basais do Grupo Bambuí.

Neste trabalho caracterizaram-se duas fácies nesta formação: uma basal, diamictítica, e outra superior, ritmítica, cartografadas, com exagero, na escala 1:100.000.

Afloramento bem expressivo da Fácies Diamictítica da Formação Carrancas ocorre no Km 30 da MG-424, à margem da rodovia, em contato com rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas. Outros bons exemplos podem ser encontrados na Fazenda Contagem, município de Jaboticatubas e arredores e na estrada para a fazenda do Sr Bené (Ribeiro *et al*, 2008).

Em Inhaúma, no bairro Miguelinho, repousa discordantemente sobre rochas do embasamento cristalino e acima está em contato (encoberto) com as rochas da fácies rítmica, que por sua vez estão sobrepostas pelos carbonatos basais do Grupo Bambuí. Por ser local de uma seção estratigráfica mais completa, Tuller *et al*. (2008) propuseram este afloramento como local-tipo desta formação.

Mesoscopicamente, o tipo litológico principal é um paraconglomerado polimítico mal selecionado, com seixos e *boulders* geralmente arredondados, subarredondados a angulosos de gnaisses (Foto 21a MP-495, 21b JM 003), rochas básicas, quartzitos, calcários e quartzo de veio suportados por matriz arenosa, cinza-claro a esverdeada e esbranquiçada, com algum cimento carbonático que ocupa o espaço intergranular e/ou substitui parte dos grãos do arcabouço, com precipitação esparsa de pirita autigênica.

Em lâmina delgada, a textura é clástica brechóide e contém grãos angulosos de dolomita, quartzo, plagioclásio e microclina envolvidos parcial ou totalmente por cimento calcítico. A matriz é arenosa, variando de areia fina a muito grossa, e a fonte de material parece ser de dois tipos diferentes.

No afloramento do Km 30 da MG-424, a classificação quanto à composição é de arcósio, granulometricamente areia grossa a cascalho fino, e brecha sedimentar quanto ao arredondamento, com grãos de fragmentos de rocha e grãos angulosos de quartzo, plagioclásio, microclina e calcita. Possui arcabouço de matriz suportada e grãos suportados. Trata-se de um diamictito (Foto 22 MP-373).

Já na cidade de Inhaúma, a rocha é cinza com matriz fina e grandes fragmentos angulosos predominantes de rocha de composição granítica e de quartzo. Em lâmina delgada, apresenta textura clástica granular brechóide, com arcabouço de grãos suportados onde os fragmentos se tocam, em matriz clástica e mais fina. A rocha possui aspecto clástico, com fragmentos angulosos e arredondados de basalto (Foto 23 MP-495), diabásio, granitóide (Foto 24 MP-495), além de fragmentos de quartzo, microclina, plagioclásio e raros de carbonato. Trata-se de uma rocha sem cimento, mas com matriz arenosa fina classificada de brecha sedimentar clástica (Foto 25 MP-495).

Estes diamictitos são correlacionados por muitos autores com os diamictitos do Grupo Macaúbas e das Formações Jequitaí e Bebedouro (Grupo Una).

A zona de contato com o embasamento cristalino ocorre na forma de preenchimento de calhas (Foto 21 b JM 003) (fig. 4.10), em afloramentos descontínuos.

Segundo Uhlein *et al* (2007) “*um dos principais problemas da sedimentologia glacial é o reconhecimento seguro entre tilitos autênticos, depositados diretamente pela geleira no ambiente continental e diamictitos produzidos por fluxos gravitacionais que ocorrem na margem da geleira. Alguns critérios que favorecem a interpretação de tilitos são: (1) a existência de pavimentos estriados; (2) geometria lenticular, caráter não maciço e pequena espessura do diamictito; (3) ação glacioteclônica sobre o substrato e cominuição de clastos subglaciais (Boulton & Deynoux, 1981; Brodzikowski & Van Loon, 1991; Eyles, 1993, todos in Uhlein et al 2007). Critérios que favorecem uma origem por fluxo gravitacional na margem da geleira são: (1) associação com ritmitos e pelitos, que mostram clastos pingados (dropstones); (2) predomínio de diamictitos estratificados e com poucos clastos; (3) orientação dos eixos maiores paralelos ao fluxo; (4) gradação incipiente dos clastos; (5) estruturas de carga e de escape (Visser, 1983; Eyles & Eyles, 1992; Eyles, 1993, todos in Uhlein et al 2007)”.*

Não foram encontradas evidências de campo que comprovassem sua origem glacio-continental. Uma hipótese seria estarem associados a fluxos gravitacionais depositados em calhas do



Foto 21a – Paraconglomerado polimítico mal selecionado, com clastos de granitóide e quartzo, em matriz arenosa. Unidade: NP1bcd - Formação Carrancas. Local: Bairro Miguelinho, Inhaúma Estação: MP-495 UTM: 564650/7843696



Foto 21b: Falha normal separando diamictito Carrancas do embasamento (Complexo Belo Horizonte). Local: Filipe - Estação: JM-003 - UTM:7841582/639683



Foto 22 – Brecha diamictóide com microclina. NX-4x10 - Unidade: NP1bcd - Formação Carrancas. Local: MG-424, Km 30 - Estação: MP-373 UTM: 606925/7822201

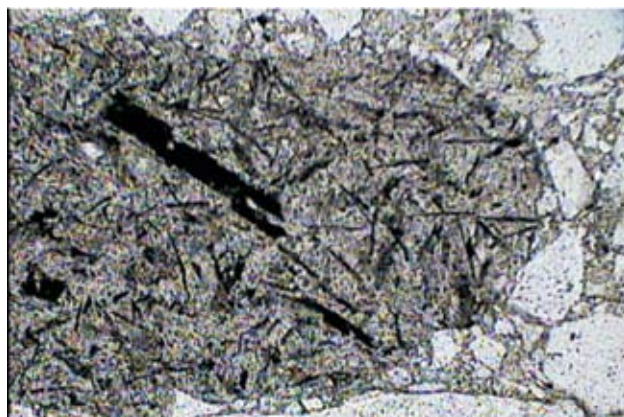


Foto 23 – Grão de basalto em paraconglomerado polimítico. LN-10x10 - Unidade: NP1bcd - Formação Carrancas. Local: Bairro Miguelinho, Inhaúma - Estação: MP-495 UTM: 564350/7843696

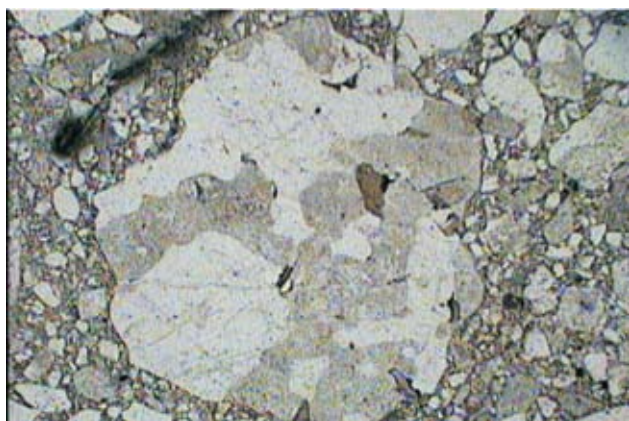


Foto 24 – Grão de granitóide em paraconglomerado polimítico. LN-4x10 - Unidade: NP1bcd - Formação Carrancas. Local: Bairro Miguelinho, Inhaúma - Estação: MP-495 - UTM: 564350/7843696



Foto 25 – Brecha sedimentar polimítica. NX-4x10. Unidade: NP1bcd - Formação Carrancas. Local: Bairro Miguelinho, Inhaúma Estação: MP-495 - UTM: 564350/7843696

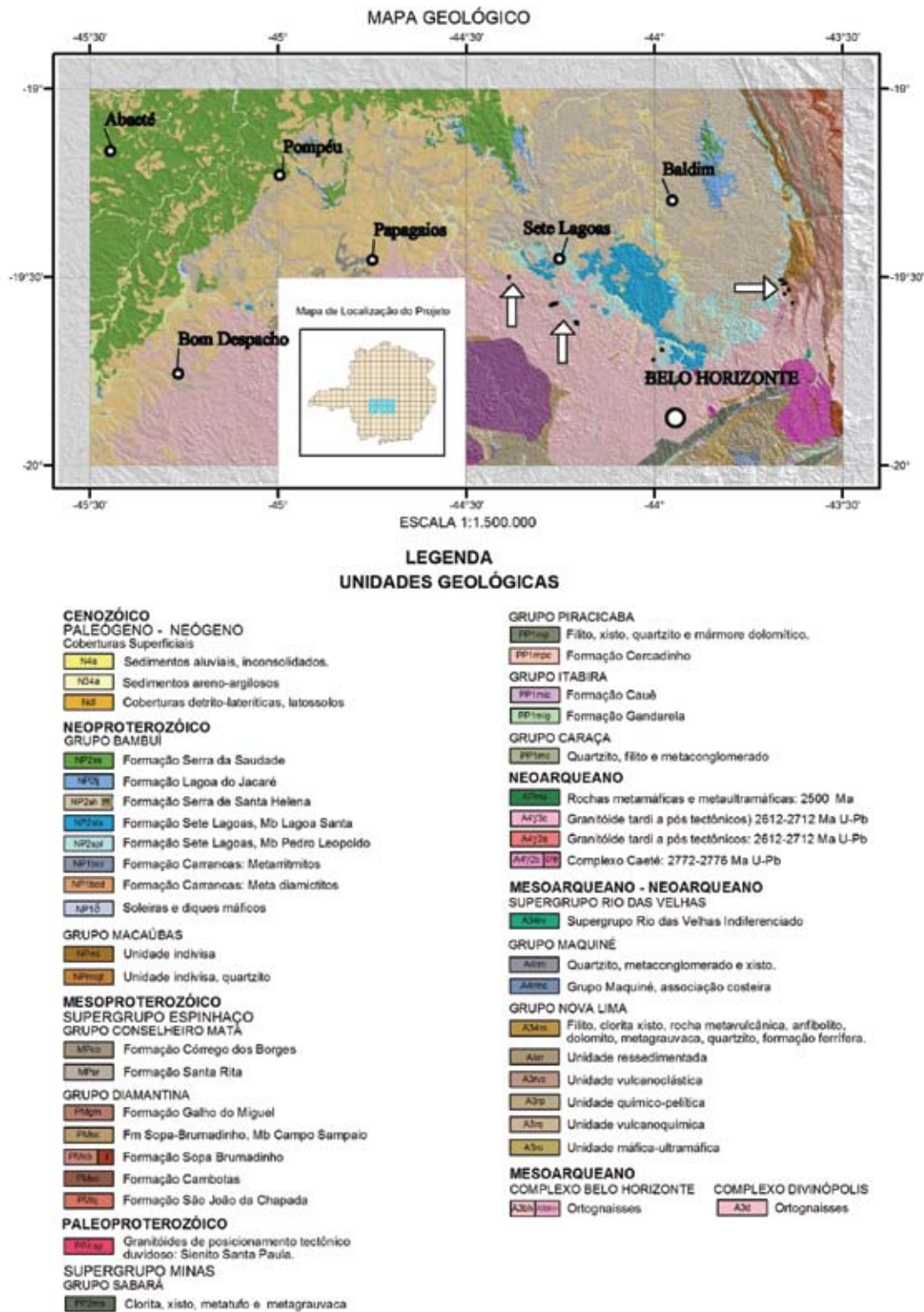


Figura 4.9: Regiões de afloramento da Formação Carrancas sem diferenciar as unidades estratigráficas. Observa-se que as regiões estão com molduras ressaltadas indicadas por setas brancas.

embasamento, em uma sedimentação de fácies glaciomarinhas, a partir da liberação de grande volume de sedimentos por degelo.

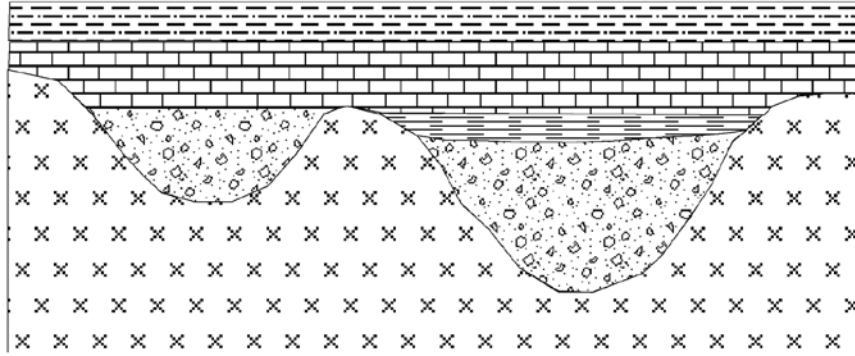
A Fácies Ritmítica ocorre em vários cortes da BR-040, entre os quilômetros 488 e 490 (Foto 26 MP-349), a sul de Mata da Cruz (Folha Sete Lagoas), onde apresenta um relevo na forma de morrotes, com uma forte clivagem de fratura perpendicular ao

acamadamento (Foto 27 MP-349), e em Inhaúma, sobre os diamictitos. Trata-se de um argilito cinza, prateado a esbranquiçado, com alternâncias de níveis cinza e marrom-avermelhados e níveis milimétricos de cor escura (Foto 28 MP-349). Estes níveis possuem contatos gradacionais, são descontínuos e de espessuras variáveis, não caracterizando, segundo Prof. Dr. Rocha Campos (comunicação verbal) um

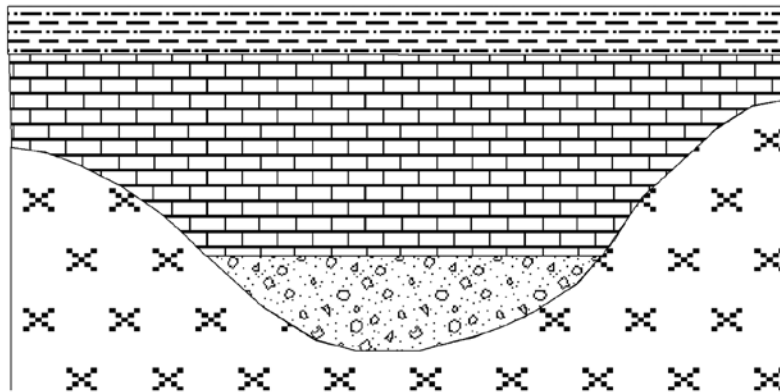
ambiente deposicional de origem glacial. A rocha apresenta-se sempre intemperizada, não permitindo confecção de lâmina petrográfica.

Apesar das grandes distâncias, a Formação Carrancas possui uma associação litológica deposicional que se

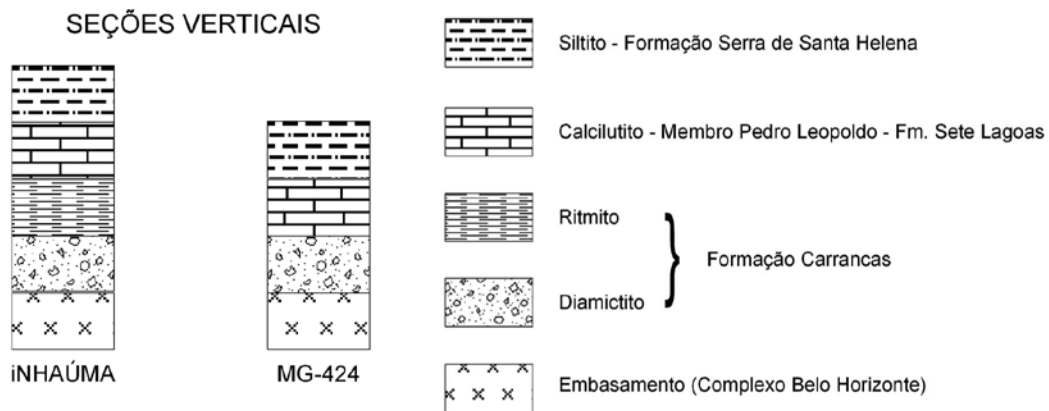
repete em quase todos os afloramentos visitados, onde mantém o mesmo empilhamento estratigráfico: diamictito, ritmito e calcário do Membro Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas, depositados em paleodepressões do embasamento.



a) Cidade de Inhaúma, bairro Miguelinho.



b) Perfil esquemático na rodovia MG-424



c) Seção vertical esquemática. d) Legenda

Figura 4.10





Foto 26 – Argilito esbranquiçado e ondulado com intensa clivagem de fratura. Unidade: NP1bcr - Formação Carrancas. Local: BR-040, Km 489 - Estação: MP-349 UTM: 582373/7830930

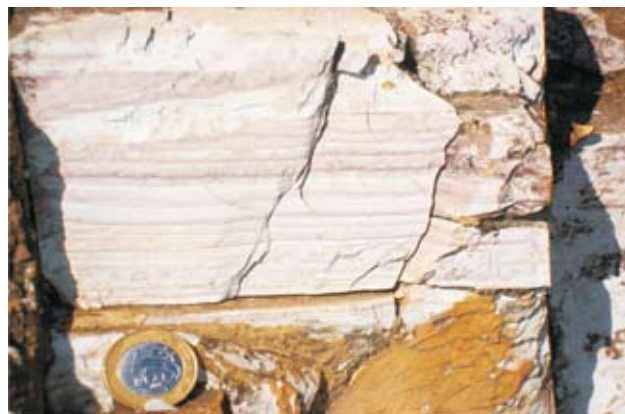


Foto 27 – Argilito esbranquiçado bandado. Unidade: NP1bcr - Formação Carrancas. Local: BR-040, Km 489- Estação: MP-349 UTM: 582373/7830930



Foto 28 – Contato entre argilito amarelado da Fm. Carrancas e granitóide do Complexo Belo Horizonte. Unidade: NP1bcr/A3bh - Local: BR-040, Km 489 Estação: MP-349 - UTM: 582394/7830921

#### 4.2.7.2 FORMAÇÃO SETE LAGOAS - NP2spl - NP2sls

A Formação Sete Lagoas tem como localidade-tipo a cidade de Sete Lagoas-MG, e correlaciona-se com outras unidades nos estados da Bahia, Goiás, Tocantins e Mato Grosso.

Costa & Branco (1961), definiram a Formação Sete Lagoas quando da realização de perfil geológico Belo Horizonte - Brasília, para o Congresso Brasileiro de Geologia em Brasília.

Barbosa (1965), Oliveira (1967), Barbosa *et al.* (1970), Schöll (1973), Grossi Sad & Quade (1985), Braun (1988) mantiveram em seus estudos a denominação de Formação Sete Lagoas, enquanto outros a enquadraram em novas divisões, como Braun (1968) que a considerou como uma fácies da Formação Paraopeba.

Costa (1969, *apud* Fiumari *et al.*, 1982) menciona *...“uma possível subdivisão da Formação Sete Lagoas com sua base constituída por metros a poucas dezenas de metros de calcário impuro, tendo acima um calcário cinza-escuro puro”*.

Schöll & Souza (1970), no mapeamento da Folha Baldim, dividiram a Formação Sete Lagoas em Membro Pedro Leopoldo (calcários impuros, cloríticos), Membro Lagoa Santa (calcário grafitoso, cinza escuro) e Membro Carrancas (diamictitos) como membro basal desta unidade. Apesar disso, não conseguiram cartografar estas rochas e alegaram como causa, a horizontalidade das camadas.

Schöll (1976), através de mapeamento geológico, estudos sedimentológicos e geoquímicos do Grupo Bambuí na porção sudeste do cráton do São Francisco, estudou a Formação Sete Lagoas, aplicando a divisão de Costa & Branco (1961) com pequenas alterações e acréscimos. Propôs a divisão em duas fácies: basal (Pedro Leopoldo), composta de calcários e margas, e superior (Lagoa Santa), com calcário cinza finamente laminado.

Dardenne (1978) definiu a coluna estratigráfica que atualmente é adotada nos estudos atuais pela maioria dos estudiosos. Nela a Formação Sete Lagoas é a parte imediatamente superior à formação mais basal da coluna (Formação Jequitai).

Dardenne (1979) denominou de Formação Januária os dolomitos e calcários ocorrentes na base

do Grupo Bambuí, na região entre Januária e Manga, vale do rio São Francisco, que corresponderiam à Formação Sete Lagoas.

A equipe do PROJETO RADAMBRASIL (Fernandes *et al.*, 1982) percorreu sobre o Grupo Bambuí e enquadraram a Formação Sete Lagoas na porção basal do Subgrupo Paraopeba.

Tibana & Alkmim (1986/1987, *apud* Magalhães, 1988) propuseram um modelo no qual a sedimentação Sete Lagoas se deve a um sistema prográdante dentro do ambiente plataformar, com representantes de zonas de infra e supra-maré.

Peryt *et al.* (1990) ocuparam-se em descrever os cimentos de crostas aragoníticas do neoproterozóico do Grupo Bambuí, na fácies Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas, em rochas horizontalizadas e com estruturas deposicionais preservadas.

Ribeiro *et al.* (1991) cartografaram a Formação Sete Lagoas na região homônima e adjacências, quando então dividiram e caracterizaram os Membros Pedro Leopoldo, na base, constituído de calcários finos, dolomitos, margas e pelitos, e Lagoa Santa, imediatamente superior, com calcários médios a grossos, pretos, carbonosos e laminados. Estes autores interpretaram a Formação Vespasiano (Grossi Sad & Quade (1985)) como um tectonofácies da base da Formação Sete Lagoas, originário do descolamento basal.

Guerra *et al.* (1994) e Vianna *et al.* (1994) estudaram as rochas da Formação Sete Lagoas do ponto de vista geoquímico na região de Arcos-MG e caracterizaram três unidades faciológicas nesta unidade.

Nobre-Lopes (1995), estudando o Grupo Bambuí na região de Arcos, subdividiu a Formação Sete Lagoas em fácies, efetuando correlações regionais.

Lima (1997) estudou testemunhos de furos de sonda e afloramentos da Formação Sete Lagoas nas proximidades de Montalvânia, Itacarambi e Lontra. Reconheceu três sistemas deposicionais: 1) depósitos de rampa interna; 2) depósitos de rampa intermediária; 3) depósitos de rampa externa, caracterizando um ciclo de *shallowing upward*.

Nobre-Lopes (2002) estudou sistematicamente a Formação Sete Lagoas na região de Januária, com vistas a determinar a relação dolomitos/mineralizações de Zn-Ag. A Formação Sete Lagoas foi informalmente dividida em sete membros, compondo três ciclos de sedimentação.

Trabalhos mais recentes pertinentes a esta formação focaram estudos isotópicos e análises paleomagnéticas.

Alvarenga *et al.* (2003) comentam os valores negativos no *cap carbonate* do Grupo Bambuí em valores isotópicos de C, O e Sr.

Babinski & Kaufman (2003) também apresentaram dados isotópicos em *cap carbonates* pós-glaciais neoproterozóicos da pedreira Samba, em Sete Lagoas/Inhaúma, onde encontraram idade Pb/Pb de 740±22 Ma para os calcários.

Vieira *et al.* (2004) estudaram a faciologia, estratigrafia magnética e química da Formação Sete Lagoas, no sul do cráton do São Francisco, individualizando 5 litofácies. Dados paleomagnéticos obtidos na fácies 2 indicam um paleolatitudes de 51° para a sedimentação desta seqüência, que coincide com os pólos obtidos nos sedimentos glaciais e carbonatos de capa Marinoanos da Austrália e seqüências correlatas do sul da China e da Namíbia, sugerindo contemporaneidade.

Babinski (2005) apresentou uma revisão dos dados geocronológicos do Grupo Bambuí e suas implicações na definição de glaciações neoproterozóicas. Foram consideradas as idades disponíveis nos carbonatos da Formação Sete Lagoas, considerados como *cap carbonate*.

Giustina *et al.* (2005) apresentam descrições de microfótilitos da Formação Sete Lagoas nas regiões de São Domingos/Divinópolis de Goiás e do norte do Distrito Federal.

Hope *et al.* (2005), em seu trabalho "Sítio Inhaúma-MG", descrevem as camadas aragoníticas pré-cambrianas da Formação Sete Lagoas, na pedreira Samba.

Raposo *et al.* (2005), trabalhando com tramas magnéticas dos carbonatos não deformados, investigaram o significado das mesmas em amostras da Formação Sete Lagoas, na porção SW da Bacia do São Francisco.

Misi *et al.* (2006a) utilizaram-se de dados isotópicos relativos à Formação Sete Lagoas, na região homônima, em trabalho de correlação quimioestratigráfica de sucessões neoproterozóicas na América do Sul.

Babinski *et al.* (2006) determinaram idade isocrônica Pb-Pb de 740±22 Ma. (MSDW=0.66) para a Formação Sete Lagoas, no cráton do São Francisco, que corresponde ao intervalo atribuído ao episódio Sturtiano.

Vieira *et al.* (2005, 2007b) realizaram estudos detalhados de fácies sedimentares e empilhamento estratigráfico na Formação Sete Lagoas, reconhecendo 11 fácies sedimentares nesta formação, 2 fácies no Conglomerado Carrancas e 3 fácies na porção basal da Formação Serra de Santa Helena. Sugerem um modelo de rampa carbonática dominada por

tempestade, dividida em ambientes de rampa interior, média e exterior, compreendendo dois ciclos retrogradacionais-progradacionais.

Vieira *et al.* (2007a) fizeram estudos sedimentológicos e isotópicos (C e O) que caracterizam os carbonatos da Formação Sete Lagoas como carbonatos de capa.

Babinski *et al.* (2007) executaram datações Pb-Pb em amostras das Pedreiras SAMBRA (740±22 Ma.) e Tatiana (681±50 Ma.) e os comparam com os dados isotópicos existentes para a Formação Sete Lagoas e unidades correlatas. O intervalo entre as idades encontradas sugere que a glaciação Sturtiana foi um evento bastante prolongado, de quase 80 Ma., ou pode representar vários pequenos eventos diferentes.

Como a base da Formação Sete Lagoas está posicionada logo acima da Formação Carrancas, composta de diamictitos e ritmitos, alguns autores consideram que os calcilitos da base do Membro Pedro Leopoldo corresponderiam a *cap carbonates* que provavelmente foram sedimentados dentro de ambiente glacial, global, do tipo glaciação “snowball earth” (Hoffman & Schrag, 2002), ou não. Os trabalhos de campo efetuados no decorrer do projeto não confirmaram a origem glacio continental destes diamictitos. No entanto, estão cada vez mais divulgados novos conhecimentos alicerçados em trabalhos recentes baseados em dados de análises isotópicas que indicam uma glaciação de idade Sturtiana na região (Babinski & Kaufman, 2003; Alvarenga *et al.*, 2003; Misi *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 2007a; Babinski *et al.*, 2007).

### Geologia Local

A Formação Sete Lagoas, dividida em dois membros, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa (Ribeiro *et al.*, 1991) se distribui em grande parte da área do projeto, bordejando a serra do Espinhaço em sua porção leste, na região de Cardeal Mota até Inhame (Folha Baldim), infletindo para sul, balizada por rochas do embasamento cristalino (Complexo Belo Horizonte) e passando a dominar na região de Sete Lagoas, onde atinge maior expressão areal. Continua bordejando o embasamento no sul, aflorando em Inhaúma até o sul de Caetanópolis, na região da serra da Lontra e adjacências. Praticamente se interrompe em direção a oeste, onde passa a ocorrer apenas em pequenos corpos pontuados, como nas proximidades do rio Paraopeba, região do ribeirão do Cedro, a norte de Vargem Grande (Folha Pompéu) e nas margens do rio Pará (Folha Abaeté). Mais para sudoeste são encontrados diversos corpos disseminados em regiões a noroeste de Pitangui, nas proximidades

do rio Lambari (Faz. Salobro e Curumbé), e também em Mato Seco (margem do rio Picão) e na região de Salitre (a norte de Vilaça), na Folha Bom Despacho.

Quanto ao contato da Formação Sete Lagoas com as rochas adjacentes, o único exemplo de contato direto dos calcários desta formação com os diamictitos basais da Formação Carrancas, localiza-se na MG-424 (km 30) onde este se dá de modo brusco, irregular e discordante. Na região de Inhaúma, os contatos entre o diamictito, o ritmito intermediário e o calcário imediatamente superior, encontram-se encobertos, identificando-se apenas esta sucessão estratigráfica.

Na borda da serra do Espinhaço, zona leste das folhas Baldim e Belo Horizonte, os calcários estão em contato tectônico com quartzitos do Grupo Macaúbas como se observa próximo à foz do rio Bocaína, vizinhanças de Cardeal Mota; a sul da cachoeira Vêu de Noiva (Pousada Chão da Serra), na estrada Santana do Riacho-Inhame, na região da Lapinha (Santana do Riacho), encravada na serra do Espinhaço e na região de Felipe (Oliveira *et al.*, 1997).

O contato com a Formação Serra de Santa Helena geralmente é encoberto, só se fazendo visível localmente, em contato brusco e discordante, no Posto da Polícia Rodoviária Federal de Sete Lagoas (BR-040) (Foto 29 MP-146), na Faz. Funil, margem oeste do rio Paraopeba e na Faz. Laguna, margem leste do rio Paraopeba, ambas na Folha Pompéu. No resto da área, é comum a presença de marga muito próximo ao contato, como ao longo do rio das Velhas, vizinhanças de São Vicente, Funilândia, Baldim e nas Pedreiras Lontra e Samba, sugerindo um contato gradacional.

O contato com as rochas do Complexo Belo Horizonte se faz de modo brusco (em *onlap*) e tectônico, onde quase sempre se observam freqüentes superfícies de descolamento, muitas vezes com a presença de milonitos, principalmente a leste de Sete Lagoas.

O Membro Pedro Leopoldo, porção basal da Formação Sete Lagoas (Fig. 4.11), é constituído por calcilitos e calcissiltitos em camadas tabulares delgadas e espessas, laminadas, contínuas e/ou lenticulares (Foto 30 WL-397), com a presença freqüente de siltito esverdeado (em parte clorítico) e intercalado numa disposição rítmica. Essas camadas variam de centímetros a poucos metros de espessura, geralmente horizontalizadas e bem preservadas. Ocorre também calcarenito muito fino subordinado, calcário dolomítico, dolarenito, níveis de marga, intraclastos e esteiras microbianas.

Neste membro são também observadas camadas com pseudomorfos de aragonita, cujas melhores exposições estão na pedreira Samba, município

de Inhaúma, com espessura centimétrica de suas camadas variando de 1 a 10 cm e que são delimitadas por lama micrítica, tanto na base quanto no topo (Foto 31 MP-219). Neste local observa-se uma frequência de 20 níveis e/ou camadas por metro linear, nos primeiros 15 metros na frente da pedreira. Deste intervalo para o topo ocorrem esporadicamente. Estes pseudomorfos também se destacam em pedreira na cidade de Inhaúma (Foto 32 MP-495).

Os carbonatos são, geralmente, beges a róseos, às vezes cinzas a cinza-claros. Boas exposições destas rochas podem ser vistas na MG-424 (Km 30); no bairro Miguelinho da cidade de Inhaúma, onde diamictito e ritmito são recobertos por calcilutitos/calcissiltitos; na área de preservação do IBAMA, desembocadura do rio Bocaína no rio Cipó, em Cardeal Mota, onde os calcilutitos estão em contato tectônico com quartzitos, assim como na estrada Santana do Riacho-Galho Grande; na pedreira Canaã em Sete Lagoas; na pedreira Paraíso; na pedreira Sucupira e próximo à estrada da fazenda Morro Grande, dentre outras.

Em lâmina delgada os calcilutitos e calcissiltitos foram classificados (segundo Dunham, 1962) em *mudstone* muitas vezes neomorfizados e recristalizados, com *packstone* compostos por fantasmas de pelóides subordinados. Ocorrem, ainda, dolomitos, calcários cristalinos e calcários cristalinos impuros milonitizados. Essas rochas apresentam textura granular neomorfizada muito fina a fina, cristalina, às vezes lamosa, laminada, bandada a maciça, com indícios de esteiras microbianas e estromatólitos. Foram afetadas por processos diagenéticos com estruturas de compactação, como estilólitos e *pressure seams*. É comum a ocorrência de grãos de quartzo, feldspato menos freqüente, ambos dispersos nos calcários, com grãos medindo de 0,1 a 0,8 mm. Os aloquímicos mais encontrados nestas rochas são pelóides e alguns fragmentos de esteiras microbianas. Notam-se ainda níveis muito escuros de provável matéria orgânica. Na parte leste do projeto, muito afetada pela deformação, predominam *mudstone*, *mudstone* dolomítico recristalizado (Foto 33 HR-660), calcário dolomítico cristalino a impuro e neomorfizado, calcário cristalino impuro (Foto 34 HR-651), calcário cristalino impuro milonítico e dolossiltito. Nas porções menos afetadas tectonicamente ocorrem *mudstone*, *mudstone* dolomítico recristalizado, *mudstone* neomorfizado e às vezes impuro; *wackestone*, *packstone* e *grainstone* compostos por pelóides e geralmente neomorfizados. A textura é granular a cristalina, microcristalina laminada a bandada. Apresentam estruturas diagenéticas de compactação como *pressure seams* (Foto 35 NS-418), estilólitos e dissolução sob pressão

entre grãos. Ocorrem grãos de quartzo dispersos na rocha com até 0,06 mm de tamanho e grãos de calcita variando de 0,01 a 0,05 mm, podendo atingir 0,07 mm. O grau de deformação é maior na porção leste da área do projeto, onde se localizam as folhas Baldim e parte da Folha Belo Horizonte, onde as rochas encontram-se extremamente afetadas pelo tectonismo e em grande parte milonitizadas.

O Membro Lagoa Santa (Fig. 4.12) é constituído, principalmente, de calcarenito fino a médio, calcirrudito, calcilutito, calcissiltito fino a grosso, esteira microbiana e construções estromatólíticas do tipo *gymnosolenides* (Marchese, 1974) (Foto 36 MP-146).

As cores predominantes destas rochas são cinza médio, escuro a preto, são fétidos quando quebrados e com muita matéria orgânica.

Ocorrem na região de Cordisburgo (Gruta de Maquiné); em Mocambeiro (a NE de Matozinhos) e na região ao redor de Sete Lagoas, como na BR-040 (Posto da Polícia Rodoviária Federal) e na Gruta Rei do Mato. Outras exposições representativas destas rochas estão no topo das pedreiras Canaã em Sete Lagoas; Sambra, município de Inhaúma; Lontra, divisa dos municípios de Sete Lagoas e Caetanópolis; Paraíso, município de Sete Lagoas; e ITAU, em Pedro Leopoldo.

As rochas são geralmente calcíticas, bandadas, laminadas, com camadas tabulares com aspecto homogêneo. Apresentam acamadamentogradacional normal, estratificação cruzada tabular e truncada por ondas (Foto 37 MP-219), barra de forma sigmoidal (região de Mocambeiro) e níveis de intraclastos (Pedreira Canaã, próximo à foz do Rio Lambari, em Leandro Ferreira (MG) (Foto 38 WL-534).

Em lâmina delgada observam-se *packstone* com pelóides, calcário cristalino, *mudstone* neomorfizado, *mudstone* dolomítico neomorfizado e *boundstone* (Dunham, 1962). A textura é granular fina a muito fina, cristalina, laminada e bandada. Notam-se, também, processos de dissolução por pressão (estilólitos – Foto 39 MP-363) e *pressure seams*. O tamanho dos grãos varia de 0,005 a 1,5mm e os aloquímicos observados são pelóides, fragmentos de estromatólitos (Foto 40 MP-331) e indícios de esteiras microbianas.

As estruturas diagenéticas mais freqüentes em ambos os membros, em escala macroscópica são as de compactação: estilólito, Foto 41 NS-411, e marca de carga.

Na região mais deformada (domínio 1, fig. 5.2), muitas estruturas primárias podem estar obliteradas e as rochas se mostram, em grande parte, dolomitizadas, destacando-se, basicamente, a estratificação plano-paralela, localmente com gradação granulométrica normal e, em lâmina delgada, com algum grão preservado ou fantasma de grão.



Foto 29 - Contato entre as formações Sete Lagoas (base) e Serra de Santa Helena (topo). Local: BR-040 perto da Polícia Rodoviária Federal - Estação: MP-146  
UTM: 574360/7846502



Foto 30 - Calcário laminado, ondulado e lenticularizado. Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Local: Fazenda Laguna - Estação: WL-397  
UTM: 547835/7865570

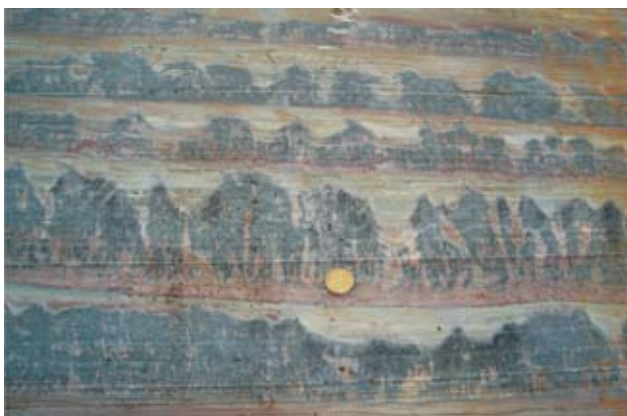


Foto 31 - Níveis com pseudomorfos de aragonita (entre 3,1 e 3,65m da base). Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Local: Pedreira SAMBRA (Sete Lagoas) - Estação: MP-219  
UTM: 565204/7851764



Foto 32 - Pseudomorfos de aragonita em calcilutito. Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Local: Bairro Miguelinho, Inhaúma  
Estação: MP-495 - UTM: 564350/7843696

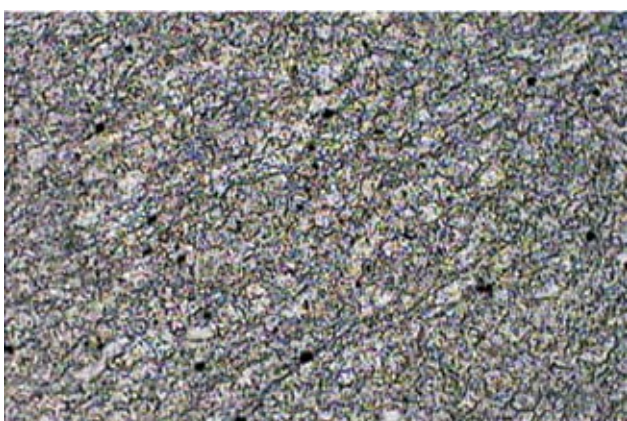


Foto 33 - Mudstone dolomítico recristalizado. LN-10x10. Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. - Local: Córrego Mata Capim  
Estação: HR-660 - UTM: 642375/7879550

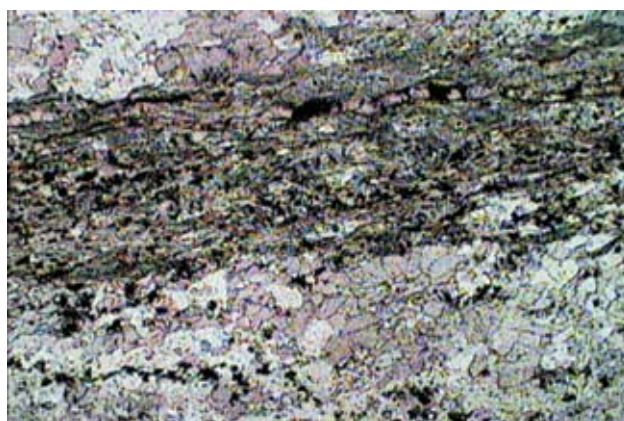


Foto 34 - Calcário cristalino impuro ou metamarga. LN-4x10 - Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. - Local: Derrubado de Baixo  
Estação: HR-651 - UTM: 638936/7844153

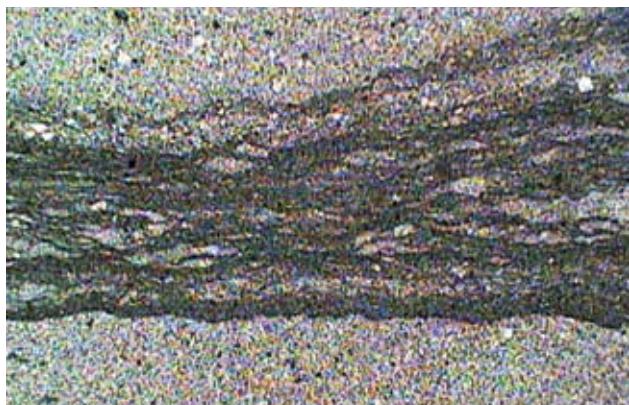


Foto 35 – Mudstone impuro neomorfizado, com pressure seam mais espessa. LN-4x10 - Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro - Leopoldo Local: Lagoa da Areia - Estação: NS-418 - UTM: 498649/7845061



Foto 36 – Estromatólitos colunares. Unidade: NP2sIs - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: Posto da Polícia Rodoviária Federal na BR-040 em Sete Lagoas. Estação: MP-146 UTM: 574360/7846502



Foto 37 – Estratificação cruzada acanalada truncada tipo hummocky em calcarenito fino. Unidade: NP2sIs - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: Pedreira Sombra em Sete Lagoas. - Estação: MP-219 - UTM: 565204/7851764



Foto 38 – Intraclastos tabulares de calcissiltito em calcarenito fino. Unidade: NP2sIs - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: Faz. Água Salgada. Estação: WL-534 UTM: 492453/7835335



Foto 39 – Estilólito em calcarenito. LN-4x10 - Unidade: NP2sIs - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: LAFARGE (Matozinhos) - Estação: MP-363 - UTM: 597098/7839803

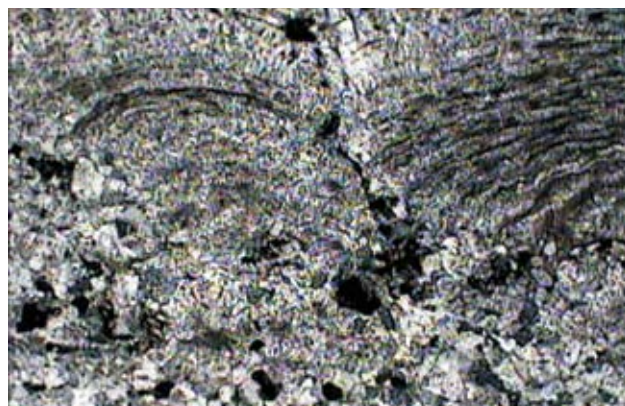
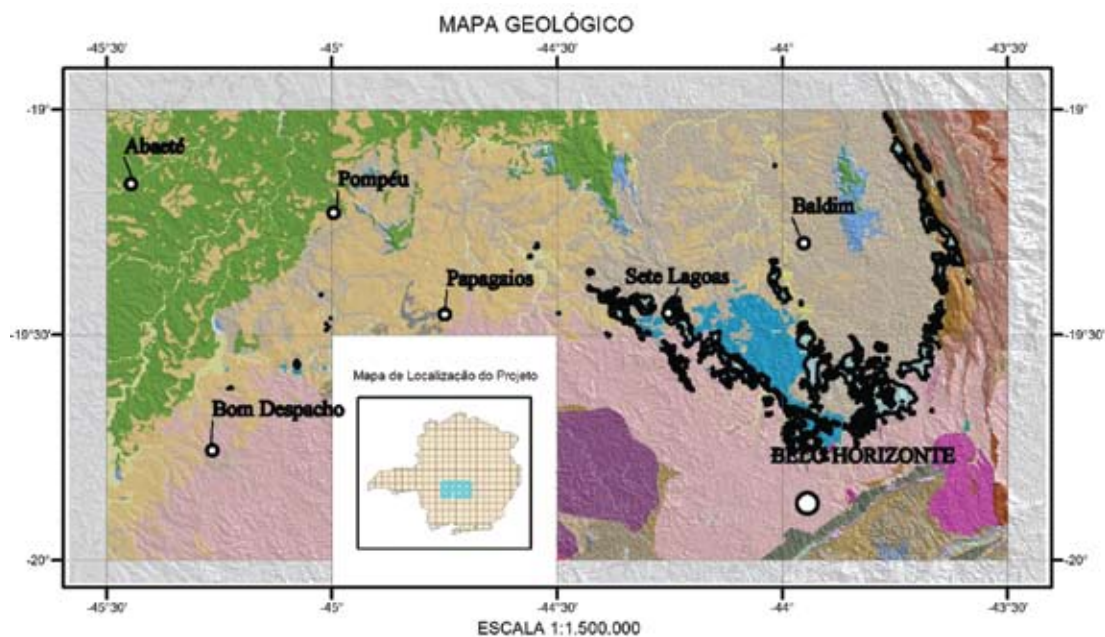


Foto 40 – Estromatólitos. NX-4x10 - Unidade: NP2sIs - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: Faz. Piripiri Estação: MP-331 - UTM: 599983/7842594



Foto 41 - Estilólitos em calcário da Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Observe a dobra isoclinal na porção superior da foto. Local: Fazenda da Lagoa Grande Estação: NS-411 UTM:499773/7848011



**LEGENDA  
UNIDADES GEOLÓGICAS**

<b>CENOZÓICO</b>		<b>GRUPO PIRACICABA</b>	
<b>PALEÓGENO - NEÓGENO</b>		PPIma Filito, xisto, quartzito e mármore dolomítico.	
Coberturas Superficiais		PPImpo Formação Cercadinho	
NAa Sedimentos aluviais, inconsolidados.		<b>GRUPO ITABIRA</b>	
NOa Sedimentos areno-argilosos		PPIca Formação Cauê	
NE Coberturas detrito-lateríticas, latossolos		PPIga Formação Gandarela	
<b>NEOPROTEROZÓICO</b>		<b>GRUPO CARAÇA</b>	
<b>GRUPO BAMBUI</b>		PPIca Quartzito, filito e metaconglomerado	
NP2a Formação Serra da Saudade		<b>NEOARQUEANO</b>	
NP2b Formação Lagoa do Jacaré		NP2a Rochas metamáficas e metaultramáficas: 2500 Ma	
NP2c Formação Serra de Santa Helena		AAT2a Granitóide tardi a pós tectônicos) 2612-2712 Ma U-Pb	
NP2d Formação Sete Lagoas, Mb Lagoa Santa		AAT2b Granitóide tardi a pós tectônicos: 2612-2712 Ma U-Pb	
NP2e Formação Sete Lagoas, Mb Pedro Leopoldo		AAT2c Complexo Caeté: 2772-2776 Ma U-Pb	
NP2f Formação Carrancas: Metarritmitos		<b>MESOARQUEANO - NEOARQUEANO</b>	
NP2g Formação Carrancas: Meta diamictitos		<b>SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS</b>	
NP2h Soleiras e diques máficos		AS2a Supergrupo Rio das Velhas indiferenciado	
<b>GRUPO MACAÚBAS</b>		<b>GRUPO MAQUINÉ</b>	
MAa Unidade indivisa		MAa Quartzito, metaconglomerado e xisto.	
MAb Unidade indivisa, quartzito		MAb Grupo Maquiné, associação costeira	
<b>MESOPROTEROZÓICO</b>		<b>GRUPO NOVA LIMA</b>	
<b>SUPERGRUPO ESPINHAÇO</b>		AN2a Filito, clorita xisto, rocha metavulcânica, anfíbolito, dolomito, metagrauvaca, quartzito, formação ferrífera.	
<b>GRUPO CONSELHEIRO MATA</b>		AN2b Unidade ressedimentada	
CM2a Formação Córrego dos Borges		AN2c Unidade vulcanoclástica	
CM2b Formação Santa Rita		AN2d Unidade químico-pelítica	
<b>GRUPO DIAMANTINA</b>		AN2e Unidade vulcanoquímica	
DM2a Formação Galho do Miguel		AN2f Unidade máfica-ultramáfica	
DM2b Fm Sopa-Brumadinho, Mb Campo Sampaio		<b>MESOARQUEANO</b>	
DM2c Formação Sopa Brumadinho		<b>COMPLEXO BELO HORIZONTE</b>	
DM2d Formação Cambotas		AB2a Ortognaisses	
DM2e Formação São João da Chapada		<b>COMPLEXO DIVINÓPOLIS</b>	
<b>PALEOPROTEROZÓICO</b>		AD2a Ortognaisses	
PP2a Granitídeos de posicionamento tectónico dividido: Sienito Santa Paula.			
<b>SUPERGRUPO MINAS</b>			
<b>GRUPO SABARÁ</b>			
SS2a Clorita, xisto, metatufo e metagrauvaca			

Fig. 4.11 Região de afloramento do Membro Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas (moldura preta ressaltada)

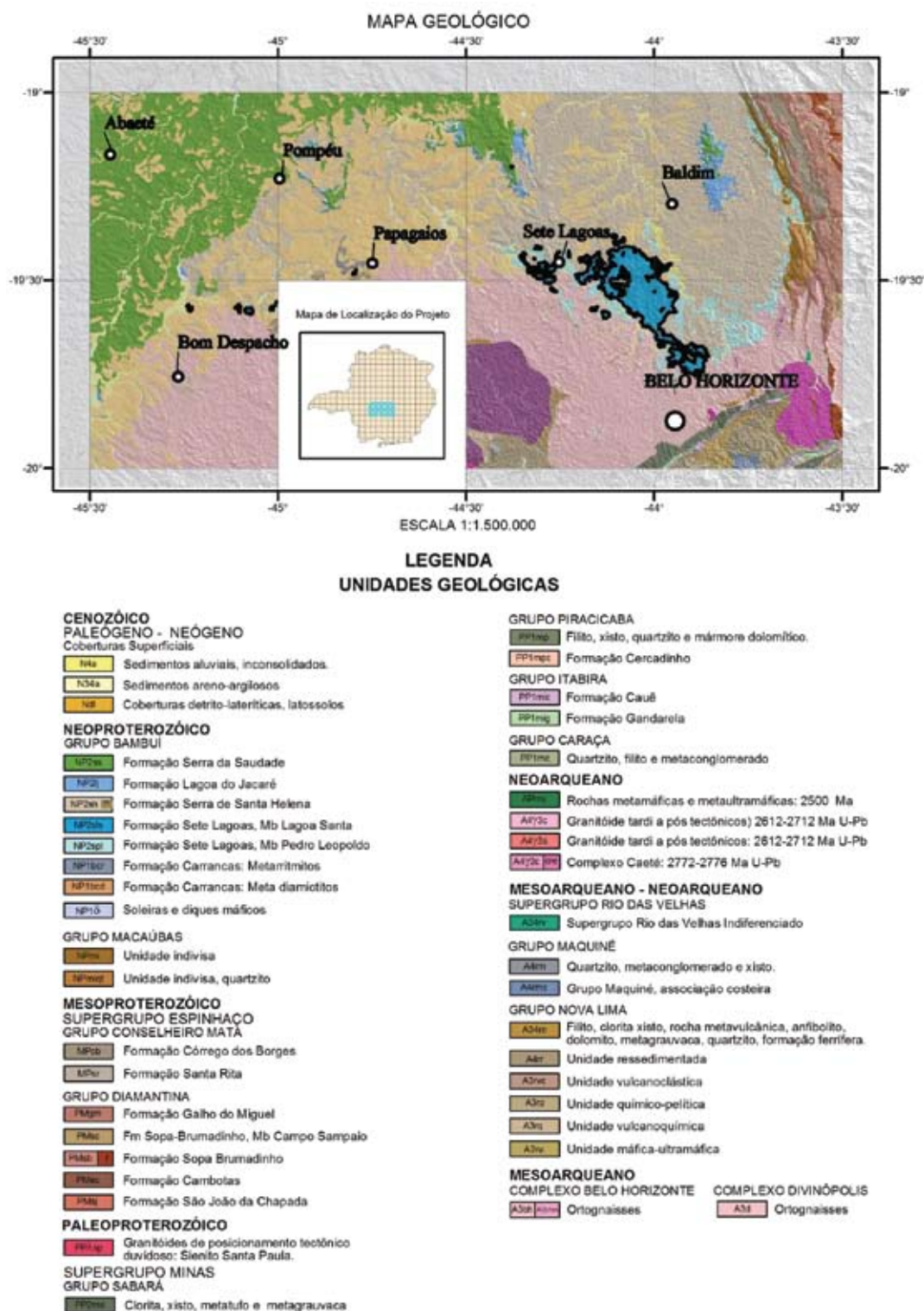


Fig. 4.12 Região de afloramento do Membro Lagoa Santa da Formação Sete Lagoas (moldura preta ressaltada)

No decorrer do mapeamento geológico foram levantadas seções compostas em várias pedreiras de carbonato com contribuição siliciclástica, com o intuito de se buscar uma melhor compreensão dos ambientes deposicionais e possíveis correlações estratigráficas. Assim, foram efetuadas 15 destas seções na Formação Sete Lagoas (apêndice 3), em locais convenientemente selecionados e distribuídos

em toda a área deste projeto. A finalidade foi adquirir subsídios para estudos de detalhe do ponto de vista litológico e deposicional.

Estas seções compostas, da Formação Sete Lagoas, não apresentaram um *datum* que possibilitasse correlações entre as respectivas associações de fácies observadas nestas seções. Foram notados também, nestes levantamentos de



seções, vários intervalos de calcário milonitizado que não permitiram a classificação dos carbonatos aí presentes. Entretanto, Vieira *et al.* (2007b) realizaram estudos detalhados de associações de fácies sedimentares e empilhamento estratigráfico em locais situados dentro da área do projeto, nas redondezas das cidades de Sete Lagoas e Vespasiano, nas formações Carrancas, Sete Lagoas e Serra de Santa Helena. Estes estudos se deram através de levantamento de seções verticais e corte de estrada, onde reconheceram três seqüências deposicionais, sendo duas destas associadas à sucessão carbonática da Formação Sete Lagoas. Baseados nestes dados levantados, estes autores sugeriram um modelo de plataforma carbonática em rampa dominada por tempestade, dividida em ambiente de rampa interior, média e exterior. Definiram 16 fácies, com base em características texturais, composicionais e estruturas sedimentares as quais foram agrupadas em seis associações de fácies, de acordo com a definição dos paleoambientes relacionados aos carbonatos e pelitos da Formação Sete Lagoas. Cada associação foi então relacionada à divisão ambiental do modelo de plataforma em rampa adotado. Foram considerados os seguintes tipos de rampa carbonática: supersaturada em  $\text{CaCO}_3$ ; média, dominada por tempestade; interna, dominada por maré; externa, mista, carbonato-siliciclástica; interna, estromatolítica, influenciada por onda e externa, inclinada.

Com os dados obtidos no Projeto Sete Lagoas-Abaeté, verificou-se, na Formação Sete Lagoas, a presença de algumas associações faciológicas e empilhamento estratigráfico que podem corresponder às do modelo apresentado por Vieira *et al.* (2007b) e podem ser enquadradas no modelo de rampa carbonática sugerido por estes autores. Assim, baseando-se em dados de cortes de estrada e de seções compostas levantadas em algumas pedreiras da área do projeto, pode-se propor a ocorrência de 6 destas associações de fácies, caracterizadas em afloramentos isolados e pedreiras como as Samba, Paraíso, Lontra, Canaã, Inhaúma, Sucupira e outras. Na pedreira Samba, todas as associações podem ser reconhecidas, estando as quatro primeiras localizadas no Membro Pedro Leopoldo e as duas finais no Membro Lagoa Santa.

A primeira associação de fácies é constituída por calcilutito cinza claro a bege com várias intercalações de pelito amarelado que ocorre em finos estratos e lentes com estratificação truncada por onda e com lentes apresentando ondulações cavalgantes (*climbing ripples* – Foto 42 MP-219) e *flaser* (Foto 43 MP-219).

Na serra da Lontra, segmento da serra da Pedreira Samba, são encontrados níveis não muito espessos de intraclastos (Foto 44 MP-24). As associações das estruturas primárias encontradas sugerem um ambiente de sedimentação de planície de maré eventualmente com influência de tempestade. Estas estruturas podem ser visualizadas em intervalos da Pedreira Lontra, divisa dos municípios de Sete Lagoas e Caetanópolis, assim como na Pedreira Samba, município de Inhaúma.

A segunda associação de fácies se restringe a um intervalo de sedimentação de cristais de aragonita (substituídos por calcita, formando pseudomorfos), constituindo leitões e/ou camadas tabulares e com continuidade lateral e sucessões verticais onduladas (Foto 32 MP-495). Estas agulhas ocorrem em forma de leques, e suas terminações são bruscas (Foto 45 MP-219\_B2), comumente seccionadas ou retas e, em seção ortogonal, são pseudo-hexagonais. Ocorrem expressivamente nas pedreiras Samba, Inhaúma e Tatiana, geralmente posicionadas na base da seqüência carbonática (calcilutitos) da Formação Sete Lagoas. Podem ser também encontradas, esporadicamente, para o topo e na MG-424 (Km 30) (Foto 46 MP-373). Além destes locais citados, os pseudomorfos de aragonita foram observados em outras regiões, através de análise petrográfica, como nas fazendas do Boi na Corda e Laguna (a norte da Fazenda do Cedro no rio Paraopeba)- Folha Pompéu e na Fazenda Pulador (margem do rio Picão), a oeste de Mato- Folha Bom Despacho. Este é um modelo de sedimentação que é também encontrado no depósito de *Coxco* do Grupo *MCArthur*, na Austrália (Winfield, 2000). São de ocorrência regional dentro da área do projeto. Trata-se de uma sedimentação marinha em águas profundas e/ou em ambiente protegido, capaz de preservarem estas agulhas.

A terceira associação de fácies é o intervalo onde dominam rochas dolomíticas, que se dispõem em bancos superpostos de espessura métrica a submétrica. As mais expressivas ocorrências destas rochas se dão na porção leste da área do projeto onde são mais abundantes, com continuidade lateral e se contrapõem com as rochas do Supergrupo Espinhaço.

A quarta associação de fácies se refere à ocorrência de calcilutitos beges a cinza- claros, com domínio de estratificação plano-paralela, e que se intercalam freqüentemente com pelitos cinza a cinza-esverdeados (sedimentação rítmica terrígena e carbonática) (Foto 47 NS-396). Vieira *et al.* (2007b) no levantamento de perfil vertical na pedreira Canaã, consideraram a base da seqüência carbonática aí exposta como ritmito dos depósitos de rampa externa mista, posicionando esta sedimentação

abaixo da base onda-tempestade. No entanto, na MG-424 (Km 30), pode se observar que a associação calcilitos intercalados ritmicamente com pelitos apresenta, localmente, estratificação acanalada truncada (Foto 48 MP-373). Sugere-se, então, uma sedimentação de águas calmas a pouco agitadas, em condições de baixa energia, com registro de evento de tempestade, possivelmente em zona de submaré rasa e/ou zona protegida.

A quinta associação de fácies corresponde aos calcarenitos/calcissiltitos pretos do Membro Lagoa Santa, com laminação plano-paralela, abundantes truncamentos por ondas, estratificações cruzadas tabulares de médio porte e baixo ângulo.

A sexta associação de fácies pode ser observada no Posto da Polícia Rodoviária Federal (BR-040, trevo de Sete Lagoas) e em Mocambeiro, onde é representada por estromatólitos ramificados, bem preservados, de ambiente de planície de maré.

Com todos estes dados e mais as divisões mostradas por Vieira *et al.* (2007b), sugere-se a existência de uma plataforma em rampa, com sedimentação carbonática-siliciclástica.

As primeiras tentativas isotópicas de datação da Formação Sete Lagoas se devem a Amaral & Kawashita (1967), quando obtiveram a idade de 600 a 680 Ma. como idade mínima para esta formação. Kawashita (1998, 1999) analisou amostras de calcários e dolomitos na região de Sete Lagoas e Bom Despacho onde obteve idade entre 600 a 680 Ma. para a sedimentação, com a razão Sr/Sr com valores entre 0,70720 a 0,70748. Dados de Sr/Sr na pedreira Sambra acusaram valores entre 0,70720 a 0,70740 confirmando os dados anteriores. Marchese (1974) datou estromatólitos do Supergrupo *Gymnosolenida*, que resultou numa idade de 900 a 650 Ma., característicos do Rifeano Superior. Bonhomme (1976) conseguiu idade de  $619 \pm 17$  Ma., compatível com a datação de Babinski *et al.* (1993), pelo método Rb/Sr na região de Januária. Parenti-Couto *et al.* (1981) atribuem idade para o Grupo Bambuí de  $640 \pm 15$ ;  $620 \pm 40$  e  $590 \pm 40$  Ma. para as formações Pirapora, Três Marias e Paraopeba, respectivamente, pelo método Rb/Sr. Kawashita *et al.* (1987) determinaram para os carbonatos, através do método Sr/Sr, idade de 680 e 570 Ma. para a deposição destas rochas. Babinski (1993) apresentou datação pelo método Pb/Pb para a Formação Sete Lagoas nas proximidades de Moema, com isócronas de  $686 \pm 69$  Ma como idade mínima para a deposição dos carbonatos. Na rodovia Arcos-Pains, registrou uma idade de  $520 \pm 53$  Ma. atribuída à homogeneização isotópica do Pb. Nobre-Lopes (1995) determinou idade isotópica Sr/Sr para os carbonatos da Formação Sete Lagoas em torno de 590 e 600 Ma. Kaufman (1998) traz resultado entre 600 e 680 Ma. para a sedimentação desta formação.

Babinski *et al.* (1999) dataram as rochas carbonáticas neoproterozóicas do Grupo Bambuí a sudeste da bacia São Francisco, pelo método Pb/Pb, com idades isocrônicas de  $686 \pm 69$  a  $520 \pm 53$  Ma., sendo a primeira delas a idade mínima deposicional para os carbonatos da Formação Sete Lagoas. Misi (2001) apresentou idade baseada em isótopos de C, Sr, O e S de 700-600 Ma. como a de sedimentação do Grupo Bambuí. Babinski e Kaufman (2003) conseguiram, pelo método Pb/Pb, idade isocrônica de  $740 \pm 22$  Ma. como primeiros resultados diretos de datação de um *cap carbonate* pós-glacial neoproterozóico. Esta idade corresponde ao intervalo comumente atribuído ao episódio Sturtiano. Trata-se de uma época glacial representada por depósitos ricos em ferro da Austrália, Namíbia e Canadá Ártico, que podem ter ocorrido entre 760-700 Ma. (conforme Hoffman *et al.*, 1996, *apud* Babinski & Kaufman, 2003). Em 2007, Babinski *et al.* publicam novo trabalho sobre a datação anterior e suas implicações nos eventos glaciais neoproterozóicos. Há a tentativa de correlação do evento do *cap carbonate* da Formação Sete Lagoas da pedreira Sambra com a Formação Maieberg do Grupo Otavi da Namíbia e equivalentes, mostrando que a época glacial Sturtiana abrange distintas idades de gelo (Kennedy *et al.*, 1998, *apud* Babinski & Kaufman, 2003).



Foto 42 – Calcilitito amarelado a avermelhado com intercalações de finos níveis pelíticos. Descolorações esbranquiçadas. Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo - Local: Pedreira Sambra, Sete Lagoas, a 67,7 m da base. Estação: MP-219 - UTM: 565204/7851764



Foto 43 – Calcilitito amarelado a avermelhado com lentes de calcarenito esbranquiçado (flaser), capeado por calcilitito róseo com raras lentes. Unidade: NP2sls - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: Pedreira Sambra, Sete Lagoas, a 67,7 m da base. Estação: MP-219 - UTM: 565204/7851764



Foto 44 – Calcilutito laminado com nível com intraclastos. Unidade: NP2sls - Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa. Local: Pedreira Lontra, Sete Lagoas. Estação: MP-24 - UTM: 560450/7855158

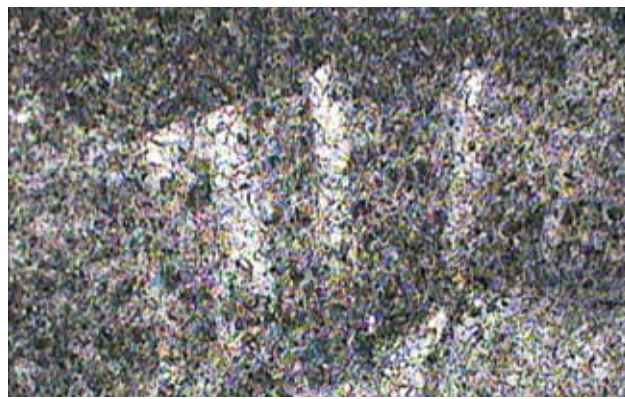


Foto 45 – Pseudomorfos de aragonita. LN-4x10 Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Local: Pedreira Sambra, Sete Lagoas. Estação: MP-219 - UTM: 565204/7851764



Foto 46 – Pseudomorfos de aragonita em calcilutito. Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Local: MG-424, Km 30 Estação: MP-373 - UTM: 606925/7822201

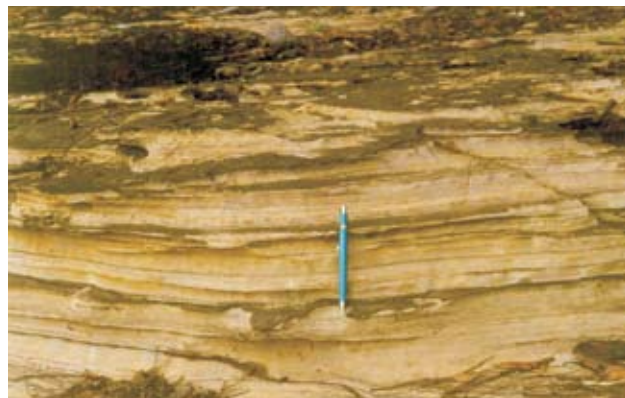


Foto 47 – Calcário laminado da Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Unidade: NP2spl Local: Rio Pará, margem direita. Estação: NS-396 - UTM:497300/7853650



Foto 48 – Estratificação cruzada acanalada truncada em calcisiltito. Unidade: NP2spl - Formação Sete Lagoas, Membro Pedro Leopoldo. Local: MG-424, Km 30 Estação: MP-373 - UTM: 606925/7822201

#### 4.2.7.3 FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA - NP2sh

Costa & Branco (1961) descreveram esta unidade, definindo-a primeiramente como um membro da Formação Rio Piracicaba (corrigido posteriormente para Paraopeba por Baptista *et al.*, 1984). A localidade-tipo situa-se na Serra de Santa Helena, na cidade de Sete Lagoas-MG, distribuindo-se até a Serra do Ramalho-BA. Tem espessura média de cerca de 200 m (Costa & Branco, *op.cit.*) e é a unidade do Grupo Bambuí com maior distribuição areal.

Barbosa (1965) elevou-a a categoria de formação denominando-a de Formação Serra Gineta.

Oliveira (1967) manteve a hierarquia de formação, mas adotou o nome de Formação Serra de Santa Helena, conforme Costa & Branco (*op. cit.*).

Braun (1968) dividiu o Grupo Bambuí em três formações, Paranoá, Paraopeba e Três Marias, e incluiu na Formação Paraopeba as fácies Samburá, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré.

Scholl (1976) dividiu a Formação Serra de Santa Helena em três subunidades, com a porção basal

englobando filitos, ardósias intercaladas com margas e calcários; a porção mediana com filitos e siltitos subordinados e o topo com siltitos e quartzitos finos intercalados com filitos.

Segundo Grossi Sad *et al* (1998) a Formação Santa Helena é constituída por três membros estratigráficos, Superior (extensa área de ocorrência, contendo folhelhos e siltitos, com cerca de 140 m de espessura), com rochas portadoras de notável clivagem ardosiana, Médio (margas e folhelhos, ocorrência mais restrita, 50 m de espessura) e Inferior (cerca de 90 m de espessura, ritmitos silto-argilosos, usualmente carbonáceo e carbonatado discretamente), com alojamento dos folhelhos escuros.

Segundo Lima *et al* (2007) a Formação Serra de Santa Helena, na região da Serra da Saudade e arredores, possui espessura superior a 250 m. Constitui-se da intercalação de ritmitos pelito-arenosos e camadas centimétricas e, às vezes, decimétricas, de siltitos argilosos e ocorrência esparsa de lentes de carbonatos detríticos. Cinco litofácies foram reconhecidas na Fm. Serra de Santa Helena: (1) Ritmito; (2) Siltito argiloso maciço; (3) Arenito muito fino com laminação cruzada; (4) Carbonatos; (5) Siltito com *hummocky*.

### Geologia Local

A Formação Serra de Santa Helena pode ser melhor observada nos paredões das diversas pedreiras, como as que funcionam ao longo do vale do rio Paraopeba.

Os contatos com a Formação Sete Lagoas, subjacente, são bruscos mas estruturalmente concordantes (como na Polícia Rodoviária Federal e na caixa d'água de Inhaúma), ou gradacionais como o que pode ser visto na área que bordejia o Rio das Velhas (Folha Baldim), observando-se, às vezes, a presença de marga (Foto 49 HR-423), que também ocorre no local denominado Brejo (Folha Sete Lagoas), onde a parte rebaixada corresponde ao topo da Formação Sete Lagoas e a porção alçada na topografia, à Formação Serra de Santa Helena. Com o embasamento granito-gnássico os contatos são bruscos, em discordância do tipo não conformidade; com as rochas do Grupo Macaúbas e Supergrupo Espinhaço, são tectônicos, por falhas de cavalgamento. Com a Formação Lagoa do Jacaré, sobrejacente, é transicional, localmente brusco. O contato com a Formação Serra da Saudade é brusco mas de difícil visualização devido à semelhança entre as rochas.

Na área estudada, a Formação Serra de Santa Helena (Fig. 4.13) é representada por siltitos e argilitos com níveis de arenito, que são mais freqüentes no topo. Estes níveis vão, em determinados locais, aumentando em proporção em direção a Formação Serra da Saudade.

As principais litologias encontradas são siltitos argilosos cinza, cinza-esverdeados e cinza-escuros, finamente laminados, mostrando ou não clivagem ardosiana. As principais estruturas sedimentares são laminação plano-paralela, *wavy*, *linsen* (Foto 50 NS-15), marcas de ondas e gretas de ressecção. Ocorrem intercalações milimétricas de argilitos e outras de arenito fino cinza-claro, geralmente descontínuas. Quando alterados apresentam-se finamente bandados, com bandas de espessura milimétrica a decimétrica de cor amarela, branca, bordô, bege, rósea, cinza e marrom (Foto 51 WL-544). Óxido de manganês e pirita são comuns nos planos de acamamento e em fraturas. Arenitos finos



Foto 49 – Rocha pelítica com intercalações de lâminas carbonáticas (marga). Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Rio das Velhas. Estação: HR-423 - UTM: 605489/7868443



Foto 50 - Siltito (ardósia) com linsen definido por lentes de arenito fino amarronzado e branco. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Córrego do Salobro. Estação: NS-15 - UTM:498060/7866570



Foto 51 - Siltito argiloso finamente laminado e bandado. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Faz. Margem do Lambari Estação: WL-544 - UTM: 499312/7839917

a muito finos, micáceos, friáveis, de cor esverdeada, rósea e amarelada são escassos, ocorrendo em lâminas e/ou camadas geralmente descontínuas intercaladas nos pelitos e cuja incidência aumenta para o topo, em níveis centimétrica a decimétricos. Nestas intercalações arenosas, que geralmente têm cimento carbonático

(calcítico), são comuns estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte e estratificações cruzadas tabulares de baixo ângulo, também de pequeno porte. Localmente (Pedreira Córrego do Salobro, a SSW de Pompéu) observam-se, também, níveis milimétricos a centimétricos de intraclastos.

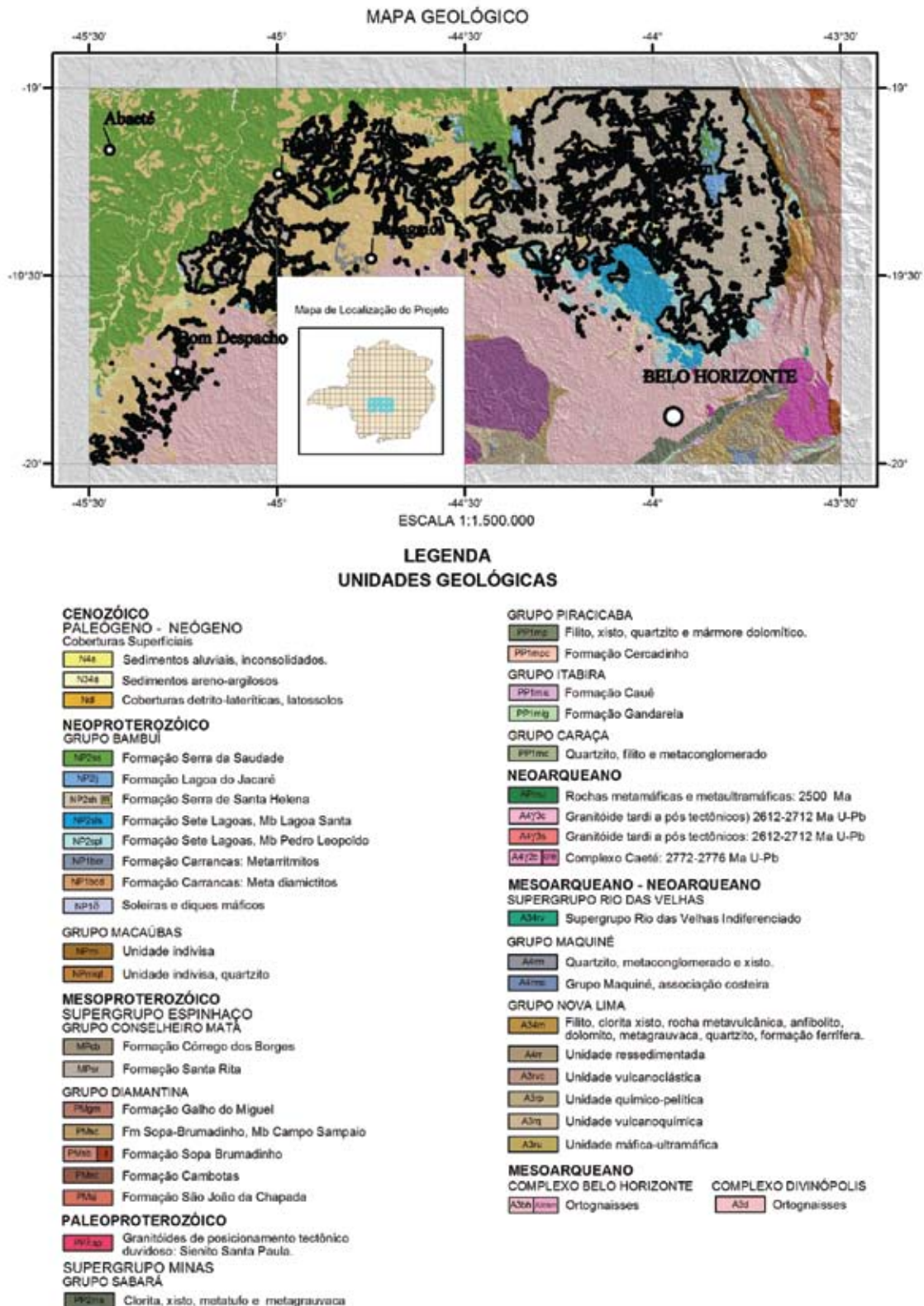


Figura 4.13: Regiões de afloramento da Formação Serra de Santa Helena (moldura preta ressaltada)

No topo da unidade geralmente ocorre um banco com cerca de 1 metro de espessura, de arenito fino a muito fino cinza-esverdeado, micáceo, de aspecto maciço, com abundantes estruturas de fluidização e esfoliação esferoidal. Em determinados locais observam-se arenitos ferruginosos friáveis, em lâminas e/ou camadas intercaladas em rochas pelíticas, além de lâminas submilimétricas de arenito avermelhado de aspecto maciço sobreposto às rochas pelíticas (Foto 52 HR-391).

A estrutura mais proeminente é a estratificação plano-paralela. Nos níveis arenosos observa-se, localmente, granodecrescência ascendente, começando com areia média, na base, e terminando com argila, geralmente contendo gretas de ressecção. Nestes níveis também são comuns estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte (Foto 53 WL-195). Estratificações cruzadas tabulares são menos comuns (Foto 54 WL-290). Foram observados pavimentos com marcas de ondas assimétricas com comprimento de onda variando de 2 a 10 cm (Foto 55 WL-395). As direções de corrente variam de pavimento para pavimento, não tendo regularidade. Ocorrem pavimentos com gretas de ressecção (Foto 56 WL-228). Estruturas de carga (Foto 57 WL-358) também são comuns.

Ao microscópio a rocha apresenta-se laminada, geralmente com lâminas pelíticas de aspecto lamoso intercaladas com lâminas silto-arenosas, de granulometria fina (Foto 58 WL-99). Em geral, o quartzo, cuja porcentagem varia entre 10 e 60%, apresenta tamanhos que variam de 0,01 a 0,12 milímetros; feldspato (5 a 10%), entre 0,02 e 0,15 milímetros; mica branca (3 a 10%), entre 0,03 e 0,30 milímetros; opacos (5%), entre 0,05 e 0,25 milímetros. Observa-se, também a presença de argilominerais (10 a 35%) e, localmente de calcita (5%). Em algumas lâminas ocorre clorita, turmalina, apatita, rutilo, zircão e biotita. Os grãos de quartzo e feldspato normalmente são angulosos a subangulosos e as palhetas de mica orientam-se na direção da estratificação. A laminação é dada pela alternância entre lâminas mais quartzosas e feldspáticas e lâminas mais argilosas e micáceas, cuja espessura varia entre 0,05 e 0,30 milímetros. Em algumas bandas observa-se gradação granulométrica, geralmente do tipo decrescente para o topo (*fining up* - Foto 59 HR-394). Localmente ocorre estrutura que sugere tratar-se de estratos cruzados planares. Em uma lâmina observaram-se bolsões arenosos dentro das lâminas lamosas (Foto 60 WL-224). A estratificação geralmente apresenta-se suavemente ondulada a muito dobrada (Foto 61 HR-89). A rocha foi classificada como argilito siltico a siltito, com variações locais para siltito arcossiano e grauvaquiano

(Foto 62 HR-553). No limite leste, na região mais deformada, localmente ocorre clorita, que indicaria um metamorfismo dinâmico, de grau muito baixo, associado ao Ciclo Brasileiro.

O acamadamento é sempre de baixo ângulo (até 10°). As camadas apresentam, em geral, um suave dobramento e, até mesmo, dobras abertas de pequeno a médio porte (a oeste), enquanto a leste observa-se dobramento intenso. Localmente observam-se dobras em “*kink*” (Foto 63 WL-384). Microfalhas são comuns, com deslocamento de alguns milímetros a poucos centímetros. Ocorre expressiva clivagem de fratura, com uma direção orientada a aproximadamente norte-sul e outra a leste-oeste, com mergulhos geralmente próximos de 90°. Nas folhas Baldim, Belo Horizonte e Sete Lagoas os pelitos mostram-se comumente foliados, com a foliação discordante e/ou concordante com o acamadamento (Foto 64 HR-435). Foram observadas dobras abertas assimétricas, apertadas do tipo chevron, kinks e fechadas assimétricas, com vergência geralmente para oeste (Foto 65 HR-154).

Estas rochas estão cortadas por enxames de veios de quartzo, que constituem grandes cascalheiras lavradas nas áreas a oeste para retirada de cristais facetados de quartzo e, em todas as áreas, utilizadas para encascalhamento de estradas. Nas áreas a leste ocorre grande quantidade de quartzo fibroso, indicador cinemático das falhas de empurrão (Foto 66 HR-435), e marcas de redução (Foto 67 HR-500).

O ambiente de sedimentação é marinho moderadamente profundo a raso, de baixa energia, abrangendo as zonas de inframaré a intermaré, com períodos de exposição subaérea.

A região de Felixlândia (norte da Folha Pompéu) e Papagaios (Folha Pompéu) está inserida na “Província de Ardósia de Minas Gerais” (Grossi Sad *et al.* 1998, 2002) posicionada na Formação Serra de Santa Helena, com uma área de aproximadamente 7.000 Km<sup>2</sup>. Nessa região são exploradas rochas pretas, cinza, verdes e roxas para aplicação em revestimentos.



Foto 52 –Contato entre pelito cinza bandado, com estratificação plano-paralela (na base) e arenito muito fino, bandado, com dobras isoclinais rompidas (no topo). Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Lajes. Estação: HR-391 - UTM: 625292/7884518



Foto 53 – Nível de arenito fino com estratificação cruzada acanalada. Unidade: NP2sh Local: Córrego do Boi Morto. Estação: WL-195 - UTM: 504468/7855716



Foto 54 – Estratificação cruzada planar em arenito fino. Unidade: NP2sh Local: Rio Paraopeba/Barreiro do Meio. Estação: WL-290 - UTM: 523061/7898824



Foto 55 – Pavimento com marcas de ondas assimétricas em arenito fino (direção da corrente indicada pela seta da escala). Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Barragem São Jorge, no Ribeirão do Chico. Estação: WL-395 - UTM: 545301/7870309

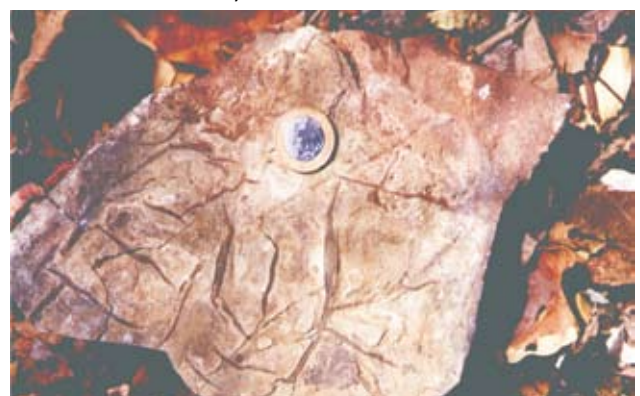


Foto 56 – Gretas de ressecção em siltito argiloso. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Mato Grosso/Serra das Perobas. Estação: WL-228 - UTM: 505157/7876073

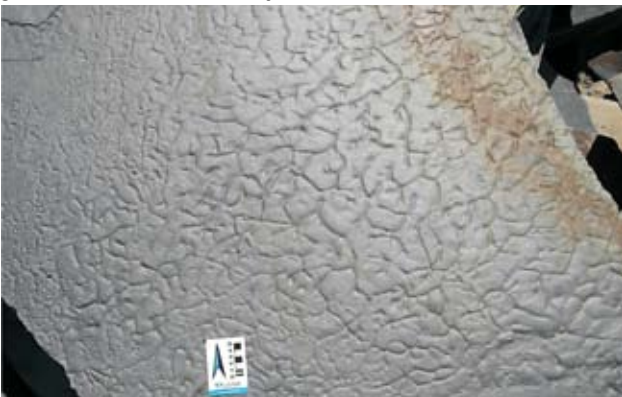


Foto 57 – Estrutura de carga em siltito argiloso. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Mineração São José da Lagoa. Estação: WL-358 - UTM: 538714/7874215



Foto 58 – Ritmito com lâminas de argilito em siltito, com espessuras que variam de 0,03 a 3mm. LN-4x10 Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Faz. Poço D'Anta Estação: WL-99 - UTM: 540119/7856244



Foto 59 – Bandamento em ritmito com variação de siltito grosso a arenito muito fino, com estratificação plano-paralela. NX-4x10 Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: rio Cipó Estação: HR-394 - UTM: 630345/7886543



Foto 60 – Lentes arenosas dentro de lâminas lamosas. LN-4x10 Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Mineração ARCAL, Porto Mesquita Estação: WL-224 - UTM: 530138/7879883

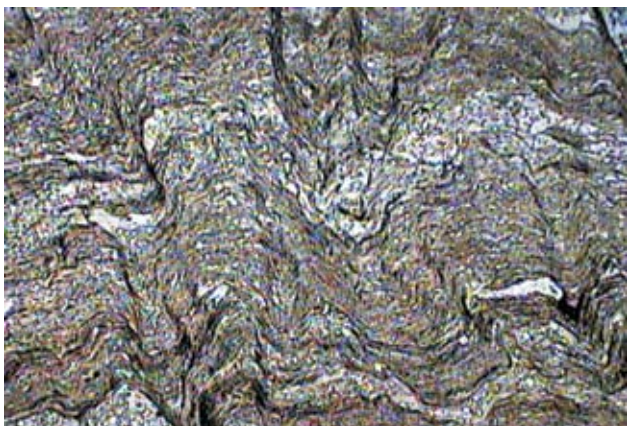


Foto 61 – Metapelite dobrada mostrando intensa crenulação. LN-4x10 Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: rio de Pedras Estação: HR-89 - UTM: 629714/7895008

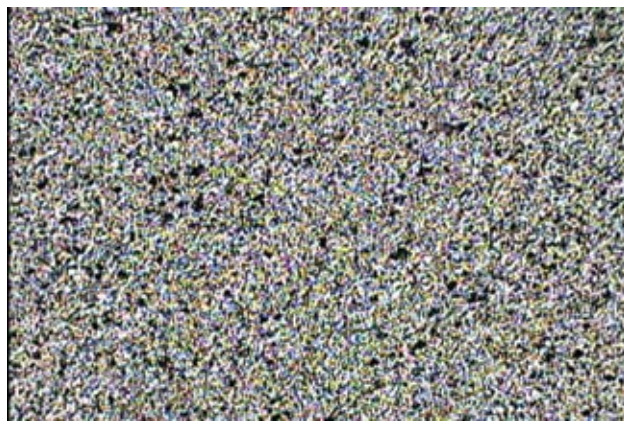


Foto 62 – Wake siltico com grãos de opacos, quartzo e feldspato em matriz argilosa (>65%). LN-4x10 Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: MG-252 Estação: HR-553 - UTM: 461807/7800662



Foto 63 – Dobra em Kink em arenito fino estratificado. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Ribeirão do Chico. Estação: WL-384 UTM: 542136/7869783



Foto 64 – Siltito em finas camadas amareladas, com bandamento perpendicular à foliação, cujo dip orienta-se segundo a lapiseira). Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Estrada Almeida - Barreiro Grande. Estação: HR-435 - UTM: 623948/7846917



Foto 65 – Grandes dobras recumbentes com plano axial de baixo ângulo em ritmitos. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: MG-010. Estação: HR-154 - UTM: 621880/7850321



Foto 66 – Pelito com veio de quartzo leitoso com cristais fibrosos resultantes do estiramento provocado pelo empurrão E-W. Unidade: NP2sh - Formação Serra de Santa Helena. Local: Estrada Almeida - Barreiro Grande. Estação: HR-435 - UTM: 623948/7846917



Foto 67 – Manchas de redução avermelhadas e alongadas no plano de foliação de siltito (a lapiseira indica o mergulho). Unidade: NP2sh Local: Faz. Saco do Boi. Estação: HR-500 - UTM: 625196/7889527



#### 4.2.7.4 FORMAÇÃO LAGOA DO JACARÉ - Np2lj

A denominação foi criada por Costa & Branco (1961) que designaram de Membro Lagoa do Jacaré uma seqüência de siltitos com matriz clorito-calcífera, contendo leitos de calcários oolíticos.

Barbosa (1965) aplicou a nomenclatura de Lagoa do Jacaré a calcários oolíticos, ardósias e siltitos.

Dardenne (1978) utilizou a denominação de Formação Nhandutiba para essa seqüência na região do vale do São Francisco.

Alvarenga (1978) dividiu esta formação, na região de São Domingos, em dois níveis. O basal constituído por siltitos cinza-escuros, calcíferos, margosos e finamente laminados. O nível superior é formado por calcários cinza-escuros com laminações argilosas e intercalações de níveis oolíticos e pisolíticos.

Miranda & Silva (1978) subdividiram a Formação Lagoa do Jacaré, na região da Serra do Ramalho, em duas fácies ou membros. Membro inferior como um domínio carbonático-pelítico e o membro superior, com calcarenito oolítico preto.

Misi (1979) sintetizou a litologia desta formação na Serra do Ramalho como sendo integrada por calcarenitos, calcilutitos e calcários recristalizados, de coloração negra e quase sempre muito fétidos, aos quais se intercalam níveis de calcários oolíticos e pisolíticos.

Uhlein (1991) considera a Formação Lagoa do Jacaré como correspondente a grandes lentes de carbonatos com dezenas de quilômetros de comprimento, geralmente alongadas na direção norte-sul, posicionadas entre um "mar" de pelitos, apresentando como litofácies principais: calcarenitos oolíticos grosseiros, com estratificação cruzada de médio porte; calcarenitos com *hummocky*, calcilutitos com ondulações por onda, intraclastos de calcário e laminações plano-paralelas; siltitos calcíferos; siltitos argilosos, calcirruditos e dolorruditos. Admite que a sedimentação desta unidade ocorreu em uma plataforma siliciclástica-carbonática de alta energia sujeita à constante retrabalhamento e episódios de tempestades, intercaladas com períodos de relativa calmaria.

Ocorre em forma de lentes, intercaladas entre as formações Serra de Santa Helena, na base, e Serra da Saudade, no topo. No vale do rio São Domingos-MG essa seqüência atinge 600 m de espessura (Alvarenga, 1978), enquanto que a leste da serra homônima tem espessura variando de 300 a 360 m. Em sondagem na Serra do Ramalho-BA, foram detectadas espessuras variando de 60 a 100 m (Misi, 1979).

#### Geologia Local

Na área em questão, a espessura média da Formação Lagoa do Jacaré, entre a sua base e o topo, é de cerca de 25 metros, mas pode chegar a 100 metros na Serra de Baldim. Ocorre (Fig. 4.14), na porção mais ocidental da área, localizada nas proximidades de Abaeté, mais precisamente na fazenda Bandeira e no Britador de Abaeté; nas fazendas do Porto e de Olavo L. Medeiros às margens do Rio Picão; na localidade de Saco; na fazenda Taquari à margem do córrego da Barra do Deus-me-livre; na fazenda São Bento à margem esquerda do Rio São Francisco; à margem do ribeirão Santo Antônio; na margem direita do Rio São Francisco sob a BR-262; e nos córregos da Pedreira e Seco. Na parte central da área é observada nas encostas das serras Mucambinho, Salobro, da Bocaina, Capoeira da Serra, Morro Vermelho e Serra das Perobas; morros do Mandacaru e Capão Grande; nas imediações da fazenda Grota do Saco; na rodovia BR-135 entre as vilas de São José da Lagoa e Bananal (serras do Crioulo e da Boa Vista); e nas adjacências das cidades de Cordisburgo e Paraopeba. No setor mais oriental da área, é encontrada na Serra de Baldim e imediações.

As melhores exposições estão localizadas na pedra da GMD, situada próximo a Paraopeba, na pedra Alcindo Vieira, próximo ao trevo da BR-040 para Pompéu, e na pedra do Chumbo, ao lado da antiga ponte da MG-252 que liga a BR-262 à Moema.

Exibe uma morfologia peculiar em relação às outras unidades. Sobre as rochas calcárias desenvolve-se uma vegetação especial do tipo mata seca, que ocorre em solos rasos e férteis.

Esta formação é recoberta de modo concordante, transicional, por depósitos siliciclásticos da Formação Serra da Saudade. A transição é constatada pela presença de arenito com cimento carbonático no contato, sendo o mesmo, sobreposto por uma alternância de siltitos e arenitos que caracterizam a Formação Serra da Saudade. Este contato pode ser observado na Fazenda Bandeira (Foto 68 NS-001) e no Britador de Abaeté, próximo à Abaeté; na MG – 164, próximo à Fazenda da Lapa; no Morro da Coruja; nos córregos da Aroeira e dos Caetanos, na localidade de Pontal, nas serras do Mucambinho e da Boa Vista. A Formação Lagoa do Jacaré sobrepõe-se à Formação Serra de Santa Helena em contato também transicional, confirmado pela presença de uma sucessão de siltitos, margas e calcários, como observado na serra do Mucambinho e de Baldim (Foto 69 HR-68).

Foram realizadas 36 seções compostas com o objetivo de caracterizar-se as fácies e o ambiente

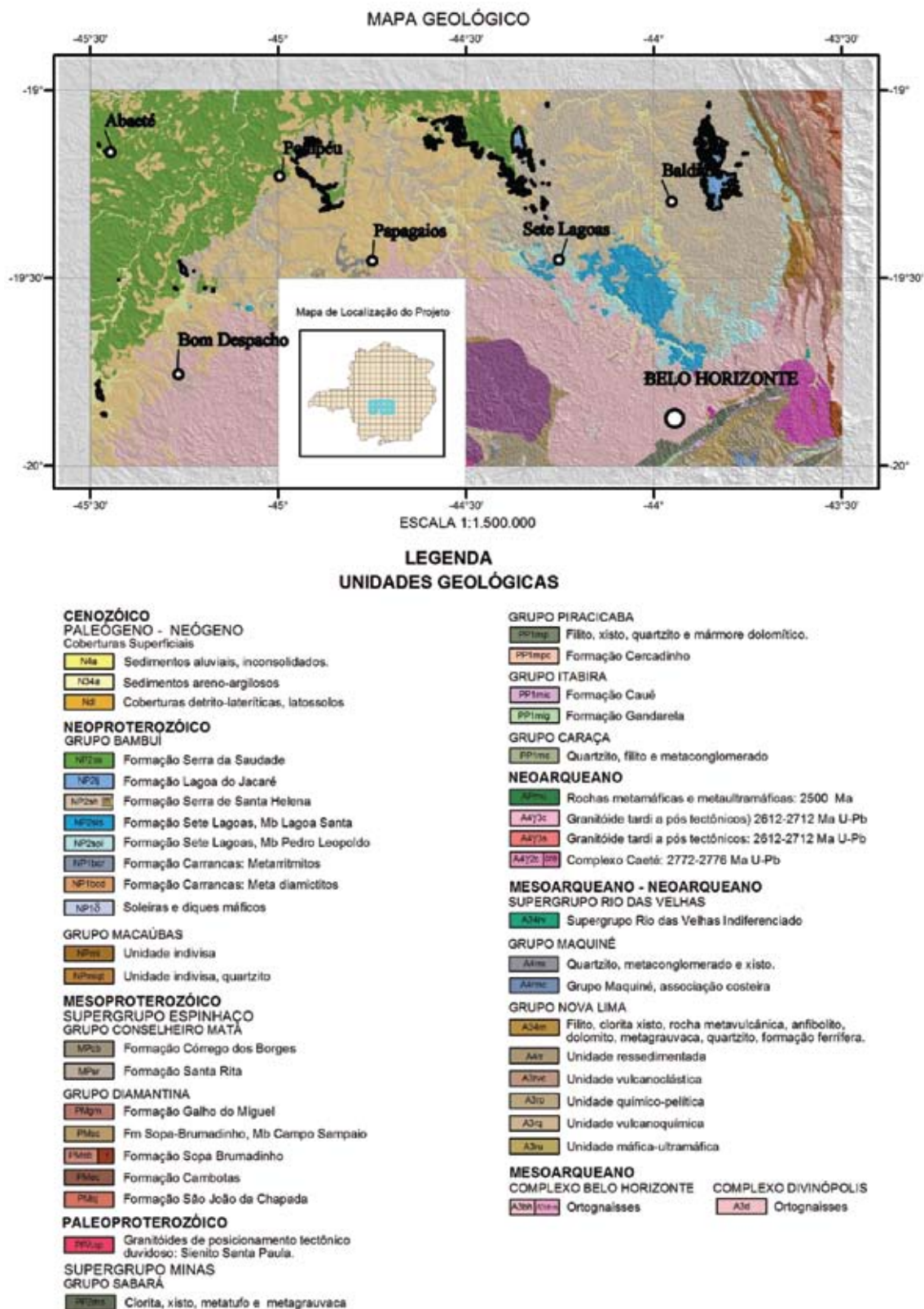


Figura 4.14: Regiões de afloramento da Formação Lagoa do Jacaré (moldura preta ressaltada).

de sedimentação (ver perfis no Apêndice 3). Uma das seções compostas é mostrada abaixo, na figura 4.15.

A Formação Lagoa do Jacaré é constituída por uma sucessão de bancos de calcarenitos finos a

médios freqüentemente oolíticos (Foto 70 WL-001) a intraclásticos (calcirruditos), e bancos de calcissiltitos (Foto 71 WL-165) que, no conjunto, correspondem a ciclos de granodrecência ascendente contendo, próximo ao topo, marcas de ondas e, no topo, gretas de ressecção. Localmente ocorrem níveis de margas

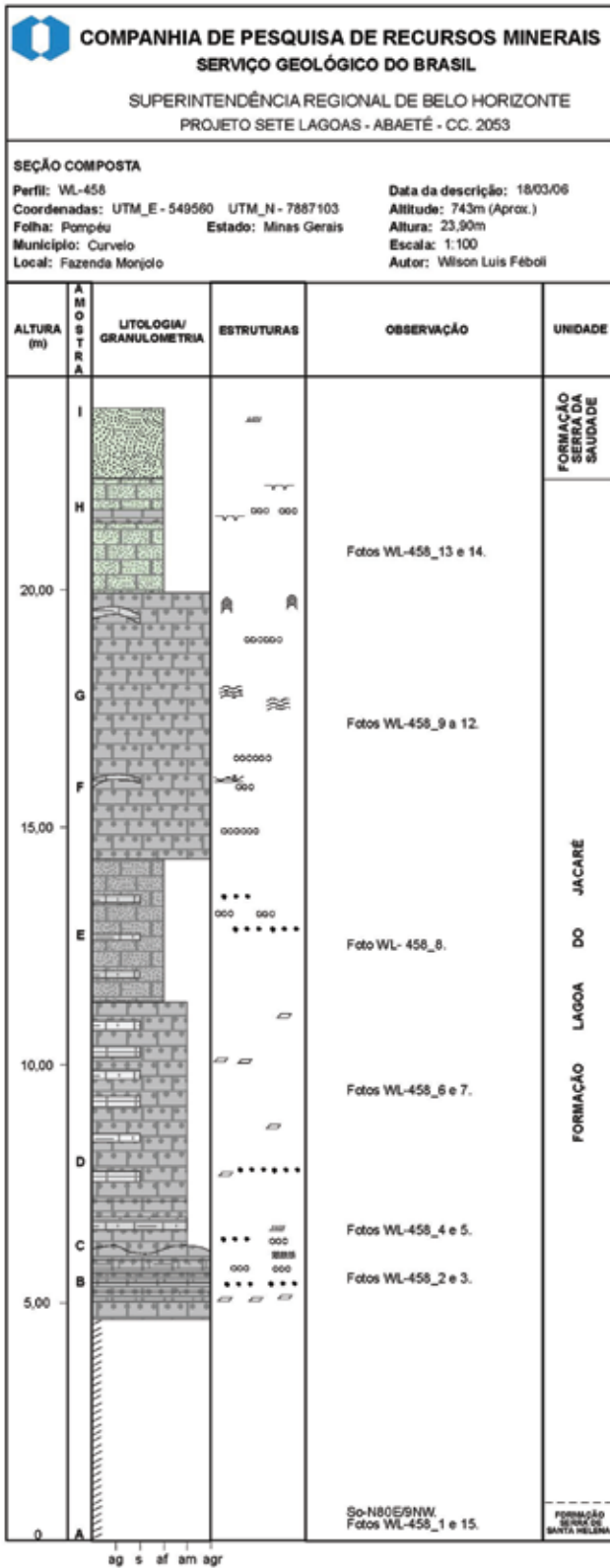


Figura 4.15: Seção composta da Formação Lagoa do Jacaré obtida na Fazenda Monjolo, Curvelo.

(Foto 72 HR-365), siltitos cinza e cinza-escuros, arenitos finos cinza e cinza-esverdeados, às vezes com cimento carbonático, e argilitos. Em poucos locais foram observados níveis dolomitizados e níveis com estromatólitos (Foto 73 MP-412) às vezes associados com pelitos carbonosos.

Mesoscopicamente, os calcarenitos são cinza a cinza-claros, têm granulometria fina a média, são bem laminados e geralmente lenticulares. Apresentam estratificação ondulada, marcas de ondas simétricas e assimétricas (Foto 74 MP-001) e, no topo, gretas de ressecção (Foto 75 NS-002). Os calcários oolíticos constituem bancos com até 10 metros de espessura, que ocorrem em contato nítido e ondulado com as litologias sobre e sotopostas. Os bancos são, em geral, mais espessos na base do pacote. Têm granulometria grossa, cor cinza e cinza-escuro a preto, são clasto sustentados, apresentam estratificação plano-paralela (Foto 71 WL-165\_11), wavy e linsen (Foto 76 NS-001) mais próximo da base; estratificações cruzadas planares (Foto 77 WL-426), acanaladas de pequeno porte (Foto 78 NS-446) e estratificação ondulada, cruzada, truncada por ondas de pequeno porte (Foto 79 WL-426), na porção média e superior. Os calcários intraclásticos (Fotos 80 NS-436 e 81 WL-372) são cinza a cinza-escuros, laminados, têm matriz tamanho areia fina e intraclastos tabulares, subarredondados e lamelares, milimétricos a centimétricos, de calcissiltitos cinza-claros a cinza-esverdeados. Estilólitos e estruturas de carga são comuns. Em alguns locais, ocorrem nódulos e níveis de chert preto, maciços e laminados. São comuns fraturas milimétricas a centimétricas irregulares preenchidas por calcita branca e preta, e pirita disseminada.

Em geral, as rochas carbonáticas apresentam-se subhorizontalizadas, porém na Serra de Baldim, as mesmas mostram-se muito deformadas (Foto 82 HR-57\_1), até milonitizadas. Mesmo nas áreas aparentemente subhorizontalizadas observam-se, localmente, alguns dobramentos. São dobras decimétricas a métricas, abertas (Foto 83 NS-446\_2), provavelmente do tipo flexural, pois se observam lineações correspondendo a estrias causadas por deslizamentos interestratais. São estrias nos planos de acamamento, formadas simultaneamente às dobras flexurais.

Em lâminas delgadas, os calcários foram classificados, texturalmente, segundo a classificação de DUNHAM (1962), como packstones a grainstones (Foto 84 WL-165) calcíticos e dolomíticos (Foto 85 NS-227) de granulometria grossa, que se apresentam fortemente

neomorfizados e, localmente, deformados (*Foto 86 HR-372*). Os *packstones* são grão suportados e apresentam fantasmas de pelóides arredondados a ovóides sem estrutura radial, envoltos por pouca matriz ou cimento microesparítico turvo impregnada de diminutos grãos de opacos. Os *grainstones* também são grão suportados, com grãos mal a moderadamente selecionados compostos de oóides, fragmentos de oóides, pelóides (*Foto 87 WL-179*), agregados de pelóides, agregados de agregados de pelóides, oólitos (*Foto 88 WL-372*), agregados de oólitos (*Foto 89 WL-163*), agregados de agregados de oólitos (*Foto 90 NS-228*), agregados botrioidais de oólitos (*Foto 91 NS-436*), fragmentos de oólitos, agregados com grãos quebrados e retrabalhados, oncólitos(?), pisólitos, intraclastos (*Foto 92 WL-372*), esteiras microbianas (*Foto 93 NS-436*), *grapestones* e agregados de *grapestones*.

Observam-se franjas isópacas aciculares (*Foto 94 NS-228C*) em torno dos grãos e porosidade secundária.

Os calcirruditos são calcíticos e dolomíticos, apresentam granodecrescência ascendente e bandamento discreto; observam-se ainda fantasmas de pelóides neomorfizados.

Os calcissiltitos foram descritos como calcários cristalinos neomorfizados, impuros (*Foto 95 WL-365*), calcíticos e dolomíticos (*Foto 96 HR-612*), localmente com discreto bandamento. Na Serra de Baldim estes calcários apresentam-se deformados e milonitizados (*Foto 97 HR-543*).

Nas lentes e nódulos de *chert* encontrados em alguns afloramentos (*Foto 98 NS-64*), ainda se observam fantasmas de pelóides, de oólitos e de agregados de pelóides, oólitos e esteiras microbianas (?).

Devido à forte variação lateral de fácies e à falta de um nível-guia regional dentro da unidade, não se conseguiu obter informações adequadas sobre a ordem seqüencial dos eventos ocorridos durante a deposição desta unidade. Por isso, utilizou-se o conjunto de dados para uma indicação geral de ambiente deposicional.

Assim, a presença de grãos oolíticos, principalmente na base do pacote, sinaliza que os calcários formaram-se em condições ambientais de águas limpas, claras, mornas e agitadas, com disponibilidade de grãos detríticos.

As estruturas observadas ao microscópio, como de colapso (*half-moon*, *Foto 99 WL-372H*), bem como franjas isópacas aciculares a redor de oólitos, sugerem

que os sedimentos carbonáticos permaneceram, na maior parte do tempo, submersos.

A ocorrência de marcas de ondas com comprimento de onda pequeno, a presença de esteiras microbianas e a porosidade fenestral sugere um ambiente de águas rasas para a deposição dos calcários.

A presença de estratificação ondulada cruzada truncada por ondas mostra que o ambiente foi diretamente influenciado pela ação de ondas de tempestades, o que é indicado, também, pela ocorrência de grãos oolíticos dispersos em alguns *mudstones*, (trazidos em suspensão pelas correntes de tempestades). Níveis de intraclastos (derivados da ação erosiva de correntes), provavelmente também estão relacionados com eventos de tempestades, de alta energia. Os estratos cruzados, observados em alguns locais, revelam também zonas de alta energia, equivalentes a regiões de intermaré baixa.

A gradação inversa dos grãos em alguns calcários evidencia que ocorreu uma regressão do mar e a gradação normal já registra um avanço do nível do mar em alguns locais.

A impureza constatada em alguns calcários pode indicar que, provavelmente, ao mesmo tempo em que depositava calcário, material siliciclástico aportava nesta plataforma, como constatado na Pedreira Alcindo Vieira (BR-040, trevo para Pompéu), onde se pode observar intercalações entre ciclos de sedimentação carbonática e terrígena. Esta ciclicidade se deu, provavelmente, em ambiente de plataforma rasa, com variações do nível do mar e energia relativamente alta (Souza *et al.*, 1992).

Os estromatólitos, que ocorrem geralmente na porção superior da unidade, indicam que os mesmos se desenvolveram em ambiente de águas rasas, quentes e com substrato oceânico bem iluminado.

Gretas de ressecção no topo de alguns ciclos indicam exposição subaérea temporária.

Estilólitos são comuns (*Foto 100 WL-007*), bem como microestilólitos em rede e estruturas de dissolução (*dissolution seams*), e representam compactação após soterramento. Geralmente são recobertos por uma película de material argiloso a carbonoso.

O conjunto de estruturas e feições sedimentares observadas, tanto em afloramentos, quanto em microscópio, conduz a interpretar, para a Formação Lagoa do Jacaré, um ambiente marinho raso, abrangendo as zonas de intermaré e supamaré, com a sedimentação tendo ocorrido em uma plataforma

siliciclástica-carbonática do tipo rampa ou banco isolado, de baixa a alta energia, com episódios de tempestades e períodos de exposição subaérea.

Dados isotópicos de Sr, C e O, realizados em onze amostras de calcário, apontam idade entre 600 a 680 Ma para a sedimentação da Formação Lagoa do Jacaré (Kaufman, apud Misi, 2001).



Foto 68 – Contato entre o calcário da Formação Lagoa do Jacaré (base) e siltito com níveis de arenito da Formação Serra da Saudade (topo). Unidade: NP2lj/NP2ss Local: Pedreira da Faz. Bandeira. Estação: NS-001 - UTM: 449472/7883192



Foto 70 – Nível de calcarenito oolítico. Unidade: NP2lj Local: BR-135, Serra do Leitão. Estação: WL-001 UTM: 548035/7889608



Foto 72 – Intercalação de nível margoso bem laminado em calcário cinza e homogêneo. Unidade: NP2lj Local: Faz. da Serra. Estação: HR-365 - UTM: 620807/7875696



Foto 69 – Zona de contato entre Formação Serra de Santa Helena (base) e Formação Lagoa do Jacaré (topo). Unidade: NP2sh/NP2lj Local: Cabeceira do Córrego Monjolinho, em Raiz. Estação: HR-68 UTM: 620183/7891023



Foto 71 – Aspecto geral de nível de calcissiltito finamente laminado e ondulado entre dois pacotes de calcarenito oolítico. Intervalo de 26,20 a 28,90m. Unidade: NP2lj Local: Serra Capoeira da Serra Estação: WL-165 - UTM: 515630/7864616



Foto 73 – Estromatólitos colunares de largura centimétrica. Unidade: NP2lj Local: Morro Alto. Estação: MP-412 - UTM: 450280/7808656



Foto 74 – Pavimento com marcas de ondas assimétricas em calcarenito fino. Unidade: NP2lj Local: Pedreira GMD (Paraopeba). Estação: MP-001 - UTM: 564190/7871216



Foto 75 - Gretas de ressecção em calcário. Unidade: NP2lj Local: Britador de Abaeté Estação: NS-002 - UTM:451578/7881269



Foto 76 - Calcarenito com estruturas wavy e linsen. Unidade: NP2lj Local: Pedreira da Faz. Bandeira Estação: NS-001 - UTM:449472/7883192

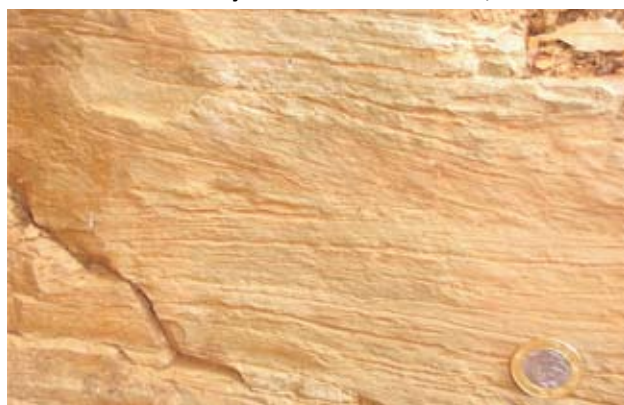


Foto 77 – Estratificação cruzada planar em calcarenito fino. Intervalo de 0,90 a 4,80m. Unidade: NP2lj Local: Serra Capoeira da Serra Estação: WL-426 - UTM: 549187/7889744



Foto 78 - Estratificação cruzada acanalada em calcário da Formação Lagoa de Jacaré. Unidade: NP2lj Local: Piraquara Estação: NS-446 - UTM:451876/7827833



Foto 79 – Estratificação cruzada por ondas com truncamentos, em calcarenito fino. Intervalo de 7,70 a 8,60m. Unidade: NP2lj Local: Serra Capoeira da Serra Estação: WL-426 - UTM: 549187/7889744



Foto 80 - Níveis de brechas intraclastos em calcarenito. Local: Pedreira da Mineração Vale do Picão Unidade: NP2lj Estação: NS-436 - UTM:471025/784086271



Foto 81 – Bancos lenticulares de calcarenito oolítico intercalados em calcissiltito finamente laminado. Unidade: NP2lj Local: Pedreira Alcindo Vieira, BR-040 - trevo para Pompéu (Faz. da Serra). Estação: WL-372 - UTM: 541313/7883814



Foto 82 - Vênulas de calcita em calcário muito deformado com transposição e pequenas dobras intrafoliais. Unidade: NP2lj Local: Estrada Faz. Bocaina - Serra de Baldim Estação: HR - 57 - UTM: 618087/7886025



Foto 83 - Dobra aberta em calcário. Unidade: NP2lj Local: Piranguara Estação: NS-446 - UTM:451876/7827833

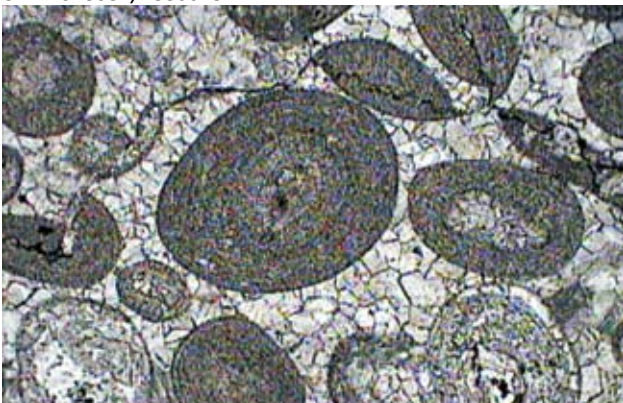


Foto 84 - Grainstone oolítico com oólitos de até 1,8 mm. Alguns oólitos apresentam textura espastolítica. Intervalo de 28,90 a 47,50m, a 30,70m da base. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Serra Capoeira da Serra Estação: WL-165 - UTM: 515630/7864616

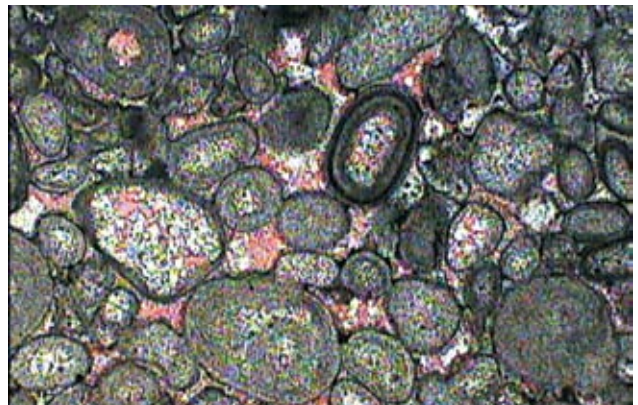


Foto 85 - Dolograinstone ou grainstone dolomitizado. LN-4x10 Local: Faz. do Porto Unidade: NP2lj Estação: NS-227 - UTM: 472690/7846126

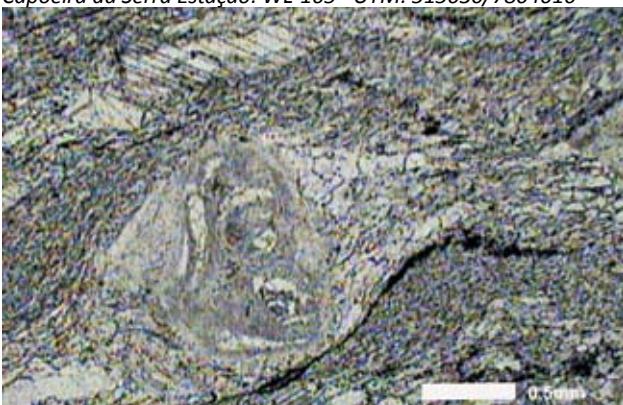


Foto 86 - Porfiroclasto com rotação sinistral de fantasma de agregado do oólito. NX-4x10 Unidade: NP2lj Local: Tiririca Estação: HR-372 - UTM: 616972/7882996

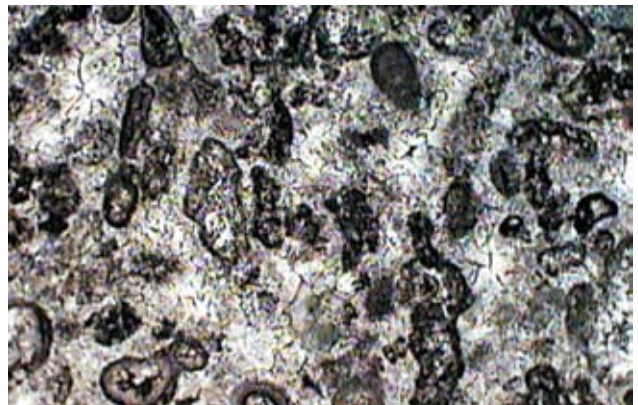


Foto 87 - Grainstone neomorfizado composto de fantasmas de pelóides e agregados de pelóides e oólitos. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. Mata da Jabuticabeira. Estação: WL-179 - UTM: 511708/7871064



Foto 88 - Detalhe de oólito em grainstone oolítico. LN-10x10 Unidade: NP2lj Local: Pedreira Alcindo Vieira, BR-040 - trevo para Pompéu (Faz. da Serra). Estação: WL-372 - UTM: 541313/7883814

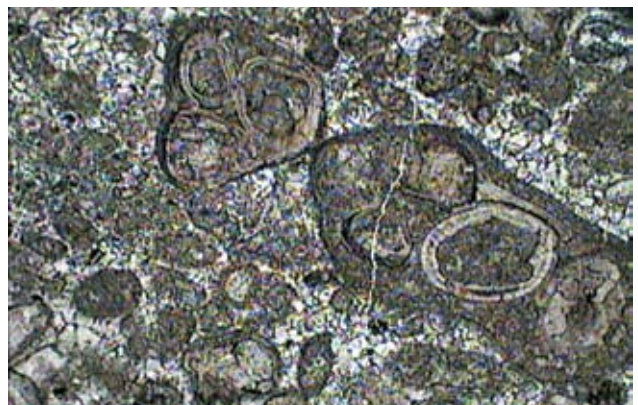


Foto 89 - Grainstone composto de agregados e oólitos. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. Capoeira Estação: WL-163 - UTM: 514219/7871189



Foto 90 – Agregados de agregados de oólitos em grainstone. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. do Porto. Estação: NS-228 - UTM: 473108/7846836

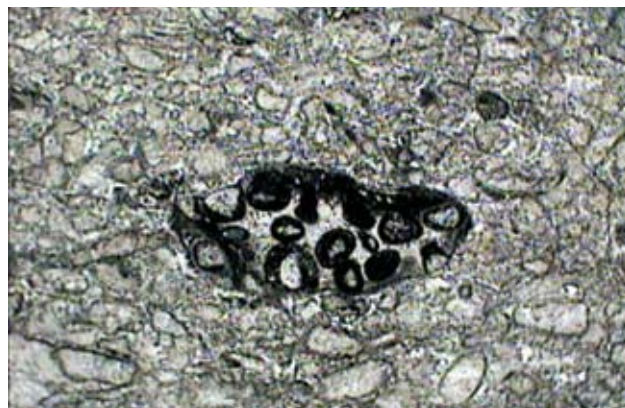


Foto 91 – Grãos e agregado botrioidal em grainstone. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. Taquari. Estação: NS-228 - UTM: 471025/7840862

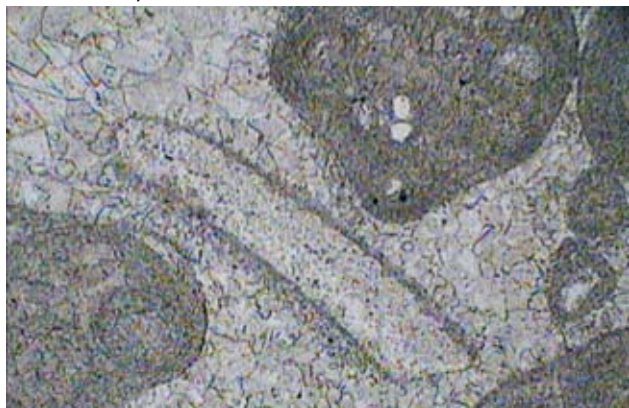


Foto 92 – Intraclasto em packstone oolítico e de intraclastos. LN-10x10. Unidade: NP2lj Local: Pedreira Alcindo Vieira, BR-040 - trevo para Pompéu (Faz. da Serra). Estação: WL-372 - UTM: 541313/7883814

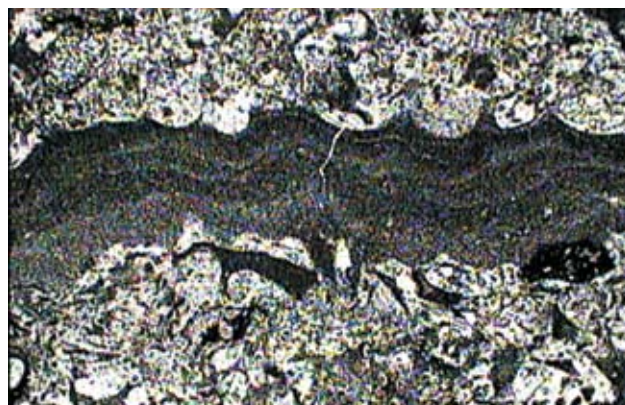


Foto 93 – Esteiras microbianas em grainstone de oólitos. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. Taquari. Estação: NS-436 - UTM: 471025/7840862



Foto 94 – Franja isópaca de calcita fibrosa em grainstone de agregados de pelóides. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. do Porto. Estação: NS-228 - UTM: 473108/7846836

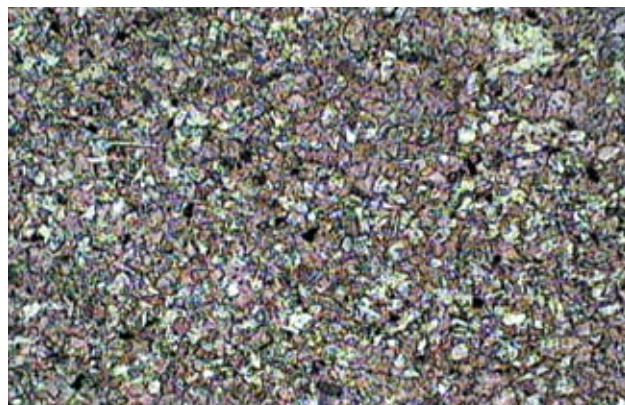


Foto 95 – Calcário cristalino. LN-10x10. Unidade: NP2lj Local: Faz. Jandaia. Estação: WL-365 - UTM: 541943/7884893

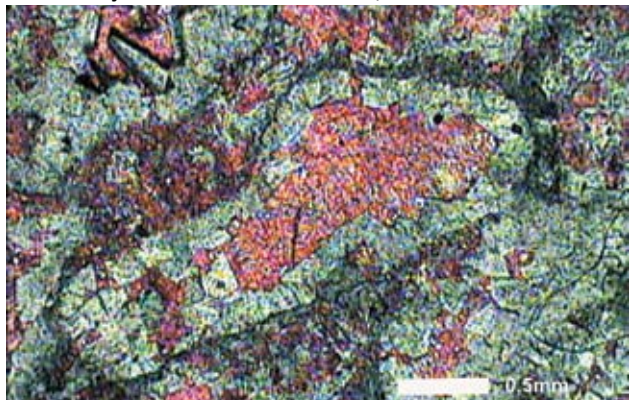


Foto 96 – Grainstone com agregado de oólitos substituído por calcita com dolomitização parcial. LN-10x10 Unidade: NP2lj Local: Ribeirão Santo Antônio. Estação: HR-612 - UTM: 451492/7803361



Foto 97 – Calcário cristalino deformado. LN-4x10 Unidade: NP2lj Local: Faz. Velha. Estação: HR-543 - UTM: 626078/7869601



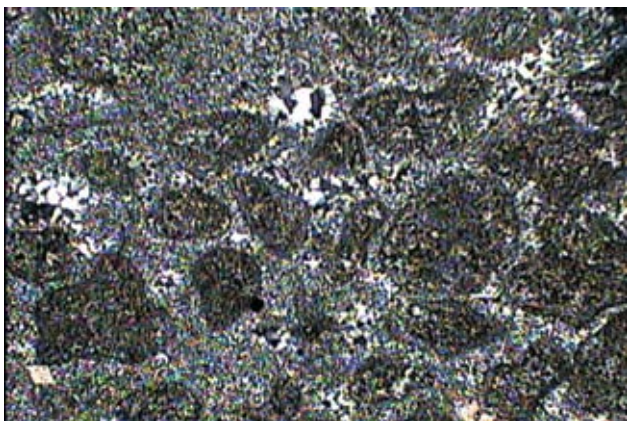


Foto 98 – Chert com pelóides, oólitos e agregados. LN-4x10  
Unidade: NP2lj Local: Faz. do Porto. Estação: NS-64 - UTM:  
473583/7847098

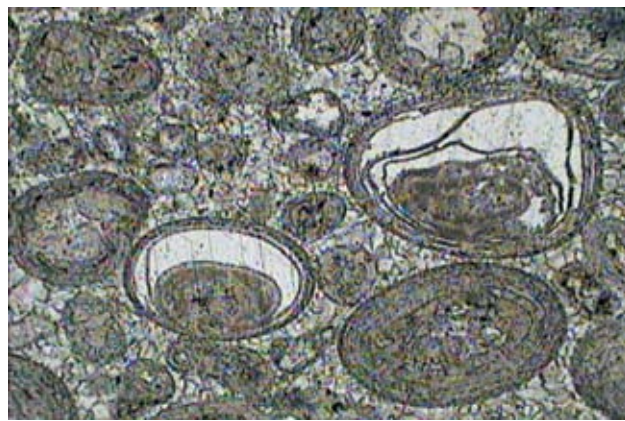


Foto 99 – Grainstone oolítico onde se observam feições de half-moon. LN-4x10. Unidade: NP2lj Local: Pedreira Alcindo Vieira, BR-040 - trevo para Pompéu (Faz. da Serra). Estação: WL-372 UTM: 541313/7883814

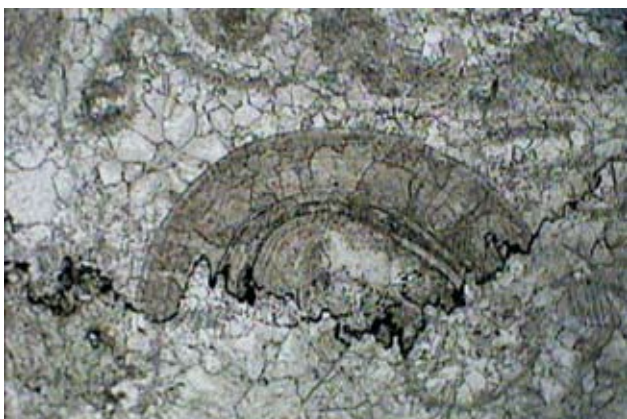


Foto 100 – Calcarenito oolítico neomorfizado com vestígios de grãos bem arredondados, pseudooóides, e um deles afetado por estilólito. LN-4x10. Unidade: NP2lj Local: Pedreira CACAL (Pompéu) Estação: WL-7 - UTM: 504300/7878608

#### 4.2.7.5 FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE - NP2ss

Costa & Branco (1961) denominaram de Membro Serra da Saudade um conjunto de siltitos, ardósias verdes e calcíferas que ocorrem na Serra da Saudade – MG e na região de Cedro do Abaeté – MG, tendo sido o mesmo posicionado em posição estratigráfica superior aos arcóseos da Formação Três Marias. Entretanto, as relações de campo comprovaram que essa unidade se situava abaixo dos arcóseos, tanto nesta região como em outras áreas de Minas Gerais e Goiás (Alvarenga & Dardenne, 1978; Dardenne, 1978, 1979; Dardenne *et al.*, 1978).

Dardenne (1978) promoveu este membro para formação. Alvarenga (1978) caracterizou-a como sendo constituída por siltitos argilosos cinza a cinza-esverdeado, com raras lentes de calcários cinza-claro e apresentando espessuras em torno de 350 metros no lado oeste da Serra de São Domingos – MG e aproximadamente 300 metros no lado leste da mesma.

Miranda & Silva (1978) denominaram de Formação Serra da Saudade a unidade, que só ocorre na parte setentrional, e mais elevada, da Serra do Ramalho – BA, constituída por folhelhos

e siltitos, com intercalações de margas, que predominam na parte inferior. Próximo da parte média da seqüência, segundo os autores, ocorrem intercalações de calcários, passando a dominar no topo, calcarenitos finos, calcilitos laminados e calcários recristalizados.

Teixeira (1985) considera que a sedimentação do Subgrupo Paraopeba, onde os pelitos da Formação Serra da Saudade estão inseridos, tem idade aproximada de 600 Ma (método Rb/Sr) e idades aproximadas de 540 e 440 Ma para a diagênese tardia ou alterações hidrotermais intempéricas, na região de Cedro do Abaeté – MG.

A Formação Serra da Saudade é caracterizada por depósitos pelíticos de cor verde, tradicionalmente conhecidos como verdetes, e depósitos e ocorrências de rocha fosfática, conhecidos, principalmente, na região de Quartel São João e Cedro do Abaeté, em Minas Gerais. Essa região foi alvo de pesquisa por parte da CPRM no início de 1970, quando foram investigados os verdetes, que podem mostrar teores superiores a 10% de K<sub>2</sub>O, devido à alta concentração de illita e glauconita (Costa & Oliveira, 1970, Chaves *et al.*, 1971). Já os depósitos de fosfato (Oliveira *et al.*, 1970) constituem camadas e lentes de espessuras centimétricas a métricas, interdigitadas ou intercaladas em siltitos e argilitos

verdes (verdetes). As lentes de minério são em geral pequenas, raramente atingindo 500.000 toneladas e o mineral-minério é, principalmente, carboapatita microcristalina. As reservas totais são inferiores a 2 milhões de toneladas de minério, com teores variáveis entre 10 e 35% de  $P_2O_5$ .

Lima *et al.* (2005) reconheceram cinco litofácies na Formação Serra da Saudade, agrupadas conforme a filiação genética, que são: ritmito pelito-arenoso; carbonatos retrabalhados; ritmito pelito-arenoso verde (verdete); arenito fino com *hummocky*; e ritmito fosfático. Estudos petrográficos e sedimentológicos mostraram que os minerais hospedeiros de  $P_2O_5$  são minerais primários, diagenéticos e supergênicos (Lima, 2005). A mineralização do ritmito fosfático pode ser resumida em quatro diferentes fases. A primeira fase representa a precipitação de francolita em ambiente de baixa energia. A segunda fase é responsável pela erosão dos sítios de deposição primária, retrabalhamento das partículas fosfáticas e formação dos depósitos alóctones. A terceira fase, essencialmente diagenética, é responsável pela formação de apatitas e fluorapatitas a partir de francolitas. A quarta fase corresponde à fase final, intempérica, responsável pela formação de wavellitas supergênicas a partir da transformação de minerais fosfáticos pré-existentes.

### Geologia Local

Na área mapeada, essa formação tem sua maior expressão na porção mais ocidental da área, distribuindo-se numa faixa contínua de direção nordeste-sudoeste, que se estende desde o Rio São Francisco sob a BR-262, passando por Engenho do Ribeiro, Martinho Campos, Abaeté, Pompéu e Silva Campos, onde sofre uma inflexão para leste, abrangendo as localidades de Cachoeira do Choro e Bananal, indo até as adjacências de Cordisburgo (Signorelli *et al.*, 2008) (Fig. 4.16).

Ocorre também de maneira isolada nas imediações da localidade de Saco e capeia as serras Mucambinho, das Perobas e Boa Vista, do Crioulo e adjacências, além da Serra de Baldim, recobrando os sedimentos da Formação Lagoa do Jacaré.

A unidade apresenta um relevo suavemente ondulado a ondulado, com colinas baixas. Nas porções mais elevadas da área, onde os níveis arenosos ocorrem em maior proporção, observa-se, em fotografias aéreas e no terreno, uma morfologia “em bancadas” (Foto 101 WL-331). Os solos são castanho-claro, castanho-amarelados e esbranquiçados, silto-arenosos, areno-argilosos, silto-argilosos, e com fertilidade muito baixa. A rede hidrográfica dessa

unidade mostra uma geometria, preferencialmente, dendrítica por se tratar de uma área onde dominam rochas pelíticas.

O contato da Formação Serra da Saudade com as unidades subjacentes é gradacional e feito, quase que na totalidade de sua extensão, com a Formação Serra de Santa Helena. A ausência da Formação Lagoa do Jacaré entre estas duas formações pode ser explicada pela não deposição, bem como pelas descontinuidades das lentes que a representam. Sobrepe-se, através de contato concordante brusco à Formação Lagoa do Jacaré (Foto 102 NS-19). O contato é marcado pela ocorrência de um calcário fino de cor esverdeada e de arenito fino também esverdeado. Este contato pode ser observado na Fazenda Bandeira e no Britador de Abaeté, nas proximidades de Abaeté - MG; na MG-164, próximo à Fazenda da Lapa; no Morro da Coruja; nos córregos da Aroeira e dos Caetanos, na localidade de Pontal e nas serras do Mucambinho, da Boa Vista e dos Crioulos.

As melhores exposições da unidade podem ser vistas ao longo das estradas MG-176, que liga Abaeté à Quartel Geral, da BR-352 no trecho entre Abaeté e Martinho Campos e da MG-164 no trecho ligando Martinho Campos à Pompéu. Boas exposições também ocorrem ao longo de estradas secundárias, como as que ligam Dores do Indaiá à Fazenda dos Gerais; Silva Campos à MG-060, passando pela Fazenda do Buji; na estrada que liga a MG-060 à Morada Nova de Minas e na estrada ligando Engenho do Ribeiro à Dores do Indaiá, no trecho entre a ponte sobre o Rio São Francisco e o limite da área do projeto, e na estrada que passa sobre a Serra do Mucambinho.

A Formação Serra da Saudade representa um conjunto siliciclástico, constituído por siltitos, arenitos e argilitos.

Os siltitos são predominantes e, em geral, apresentam-se alterados, de cor cinza-esverdeada passando a amarelo e róseo, à medida que se alteram. Apresentam laminação plano-paralela, *linsen*, *wavy*, estratificação ondulada, cruzada, truncada por ondas centimétricas (Foto 103 WL-322), estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte e tabular de baixo ângulo e de pequeno e médio porte.

Os arenitos ocorrem intercalados nos siltitos, na forma de lentes, com espessuras centimétricas a métricas (Foto 104 NS-457). São mais resistentes ao intemperismo, estando mais preservados, principalmente nas drenagens, onde ocorrem na forma de grandes lajedos. Possuem cor cinza-esverdeada, e amarela e rósea quando alterados. São finos a muito finos, micáceos, com mica branca; localmente apresentam cimento carbonático e pirita;

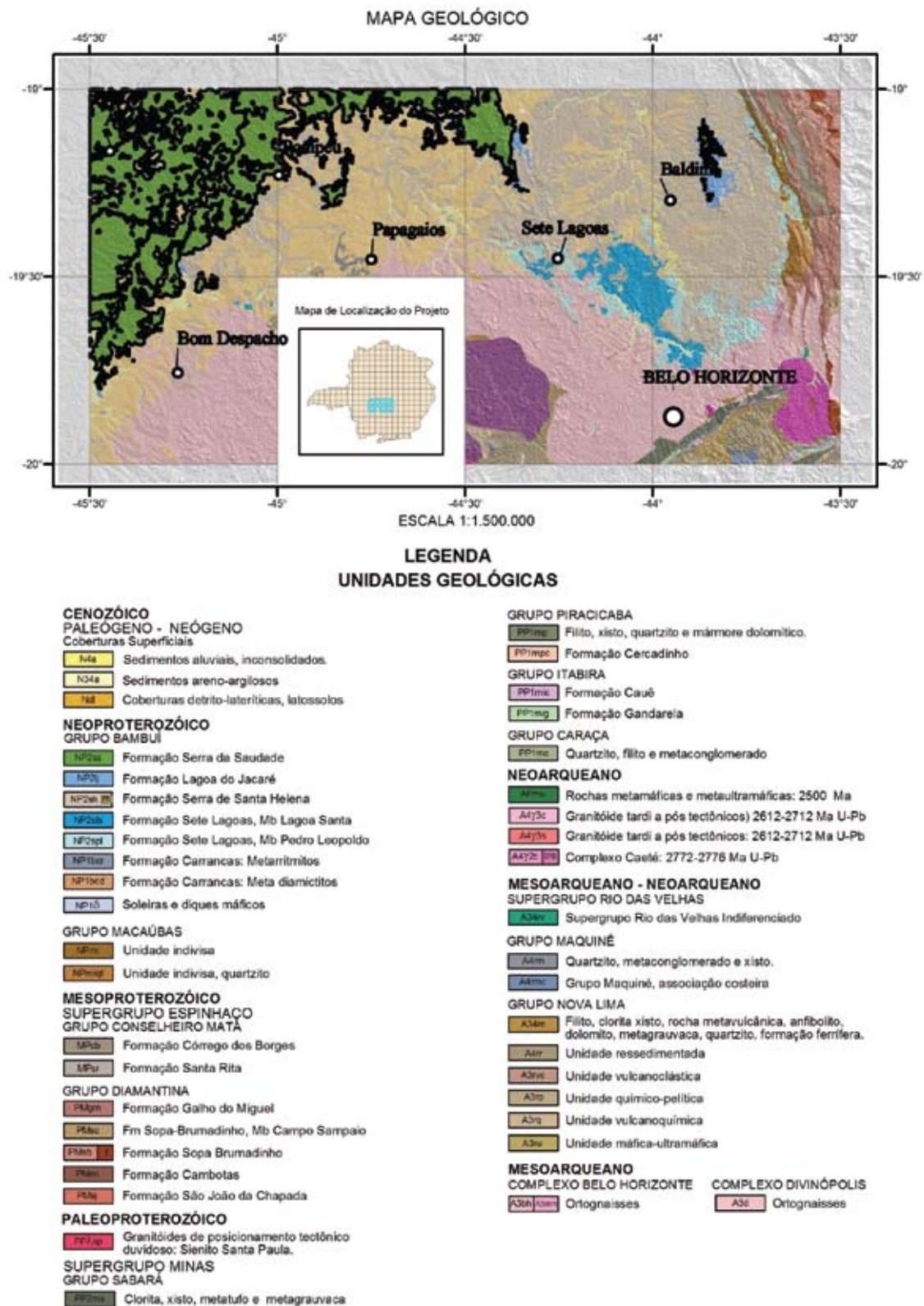


Figura 4.16: Regiões de afloramento da Formação Serra da Saudade (moldura preta ressaltada)

às vezes são maciços ou apresentam laminação plano-paralela, superfícies onduladas (Foto 105 NS-247), marcas de ondas simétricas e assimétricas (Foto 106 WL-424), estratificação cruzada acanalada centimétrica a métrica, estratificação ondulada, cruzada, truncada por ondas centimétricas,

estratificação cruzada tabular de baixo ângulo centimétrica a métrica, *drape* de argila, gretas de ressecção (Foto 107 WL-332), níveis centimétricos de intraclastos, estrutura de carga (Foto 108 WL-445), estruturas de fluidização (Foto 109 WL-445) e esfoliação esferoidal.

Associados nesta seqüência ocorrem, de maneira subordinada: argilitos alterados de cores amarela e rósea com laminação plano-paralela, *linsen* e estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, centimétrica a decimétrica; ritmitos sílto-argilosos com laminação plano-paralela dada por lâminas argilosas amareladas alternadas com lâminas róseas sílticas, e ritmo pelito-arenoso formado pela repetição de níveis centimétricos de arenitos finos, separados por camadas centimétricas sílto-argilosas, finamente laminadas.

Uma característica marcante observada nas exposições é que, nas folhas Abaeté, Pompéu e Bom Despacho, elas se apresentam dobradas, o que não ocorre com as unidades subjacentes. Ocorrem dobras decimétricas a decamétricas abertas (Foto 110 MP-415), assimétricas, com flancos curtos e longos. Quando os sedimentos desta unidade estão subhorizontalizados, muitas vezes pode-se estar num flanco longo de um destes grandes dobramentos. Ocorrem também dobras simétricas, apertadas, do tipo *chevron* (Foto 111 NS-377), decimétricas a métricas, com planos axiais subverticais e eixos subhorizontais. Estes possuem, em geral, direção aproximada norte-sul, com caimento de baixo ângulo, ora para norte ora para sul.

Microscopicamente os siltitos (Foto 112 NS-224) apresentam textura laminada, que é dada pela alternância de lâminas quartzosas com abundância de grãos de quartzo angulosos a subangulosos e lâminas mais argilosas e micáceas, oxidadas; localmente, mostram estratificação gradacional. São constituídos de quartzo, mica branca, clorita, minerais de argila, feldspato, turmalina, apatita, zircão, óxido de ferro e opacos.

Os dados texturais e mineralógicos dos arenitos mostram uma baixa maturidade, podendo os mesmos serem petrograficamente classificados, segundo Dott (1964) e Folk (1954), como arcóseos, grauvas, quartzo-arenitos e ritmitos.

Os arcóseos (Foto 113 WL-190) são de granulometria fina a muito fina, apresentam texturas granular clástica fina, laminada e bandada, com bandas maciças, constituídos de quartzo, feldspato (plagioclásio), mica branca, biotita, opacos, minerais de argila, zircão, turmalina, rutilo, apatita e clorita. Os grãos de quartzo são angulosos a subangulosos, de média a baixa esfericidade. As plaquetas de mica branca tendem a se orientar segundo os planos de estratificação.

As grauvas (Foto 114 NS-434A) apresentam texturas granular clástica fina e maciça, são compostas de quartzo, mica branca, clorita, albita, plagioclásio, k-feldspato, opacos, zircão, apatita, titanita, turmalina,

rutilo, minerais de argila e calcita. São maciças ou laminadas e, nesse caso, a laminação é dada por lâminas compostas de micas orientadas. Em alguns locais, observa-se cimento carbonático. Os grãos de quartzo são subangulosos a subarredondados. A mica branca ocorre em palhetas relativamente bem desenvolvidas, orientadas segundo uma mesma direção.

Os quartzo-arenitos são de granulometria fina a muito fina, mostram texturas laminada e maciça, e são constituídos por quartzo, mica branca, opacos e localmente plagioclásios (Foto 115 NS-293). Os grãos de quartzo são angulosos a subangulosos, bem selecionados, de média a baixa esfericidade.

Os ritmitos mostram textura laminada, com lâminas ora mais micáceas, argilosas, ora mais quartzosas. São compostos de quartzo, clorita, mica branca, biotita, turmalina, opacos, plagioclásio, feldspato alterado e zircão. A mica branca e clorita ocorrem principalmente nas bandas mais argilosas. Alguns leitos apresentam estratificação gradacional normal ou inversa, outros são interrompidos bruscamente e com fragmentos arrancados. Localmente, observam-se marcas de carga, com material mais arenoso penetrando no material mais argiloso, micáceo. Os grãos de quartzo e feldspato são angulosos a subangulosos. O feldspato é bem mais raro que o quartzo. As palhetas de mica e clorita se orientam segundo a estratificação.

As estruturas primárias observadas na unidade, como estratificações cruzadas acanalada e tabular de pequeno a médio porte, laminação plano-paralela, marcas de ondas com comprimento de onda pequeno, gretas de ressecção, níveis de intraclastos e estratificação ondulada cruzada truncada por ondas, sugerem um ambiente marinho raso, de baixa a alta energia, com ação de correntes uni e bidirecionais, eventos de tempestades e períodos de exposição subaérea.



Foto 101 – Erosão em arenito fino formando degraus nas encostas, típicos da Formação Serra da Saudade. Unidade: NP2ss Local: Caixão do Choro Estação: WL-331 - UTM: 532913/7896482

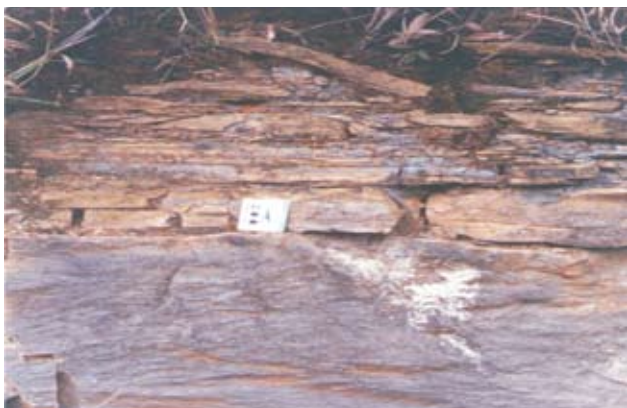


Foto 102 - Contato entre o calcário da Formação Lagoa do Jacaré (base) e o arenito da Formação Serra da Saudade (topo). Local: MG-164, Próximo da Fazenda da Lapa Estação: NS-19 - UTM: 494156/7871063

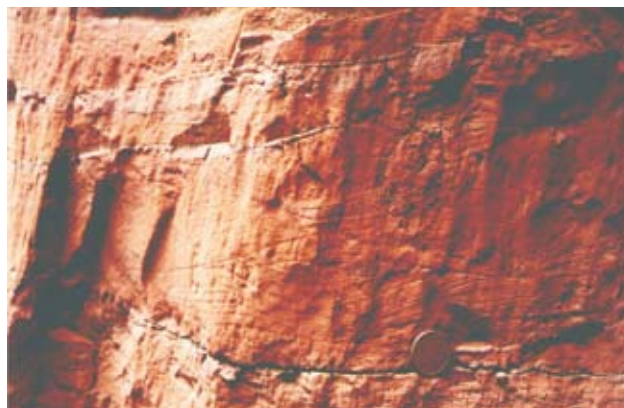


Foto 103 – Estratificações cruzadas acanaladas. Unidade: NP2ss Local: Vossoroca na cabeceira do Córrego Pau D'Ouco Estação: WL-322 - UTM: 532731/7887151



Foto 104 - Níveis de arenito intercalados em siltito. Local: Faz. dos Ferreiras Estação: NS-457 - UTM: 453972/7840797



Foto 105 – Superfícies onduladas em arenito fino. Local: Rio São Francisco Estação: NS-247 - UTM: 465250/7864400



Foto 106 – Pavimento com marcas de ondas assimétricas em arenito fino. Unidade: NP2ss Local: Cabeceira do Ribeirão do Leitão. Estação: WL-424 - UTM: 552220/7890340



Foto 107 – Gretas de ressecção em nível pelítico preenchidas por arenito fino. Unidade: NP2ss Local: Córrego Silvânia Estação: WL-332 - UTM: 535600/7896754



Foto 108 – Estrutura de carga em arenito fino. Unidade: NP2ss Local: Córrego Banguela (Faz. da Serra). Estação: WL-445 - UTM: 552085/7884835



Foto 109 – Estrutura de fluidização em arenito fino. Unidade: NP2ss Local: Córrego Banguela (Faz. da Serra). Estação: WL-445 - UTM: 552085/7884835



Foto 110 – Dobramento aberto em arenito fino. Unidade: NP2ss  
Local: Sul da Faz. São Bento. Estação: MP-415 - UTM: 454572/7842575



Foto 111 - Dobra do tipo "chevron" em siltito da Formação Serra da Saudade, com eixo horizontal na direção N-S. Unidade: NP2ss Local: Fazenda do Machadinho Estação: NS-377 - UTM:449135/7877334



Foto 112 - Siltito com níveis arenosos. LN-4x10 Unidade: NP2ss  
Local: Margem esquerda do Rib. da Marmelada. Estação: NS-224 - UTM:452284/7880364

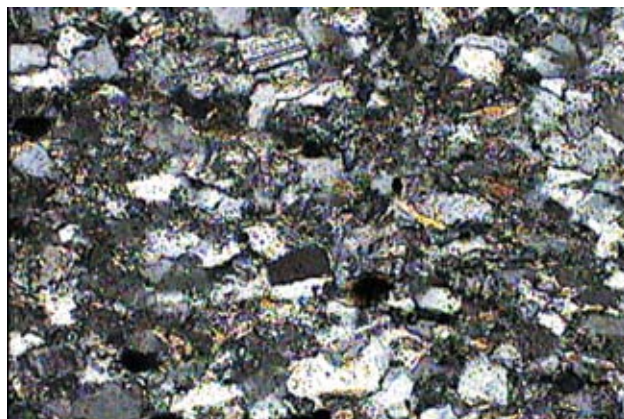


Foto 113 – Arcósio siltítico composto de quartzo, feldspato, mica branca e opacos. NX-20x10 Unidade: NP2ss Local: Aflente do Rib. Pedro Moreira. Estação: WL-190 - UTM: 515848/7869024



Foto 114 -Grauvaca. LN-10x10 Unidade: NP2ss Local: Cór. Deus me Livre. Estação: NS-434 - UTM:468938/7840504

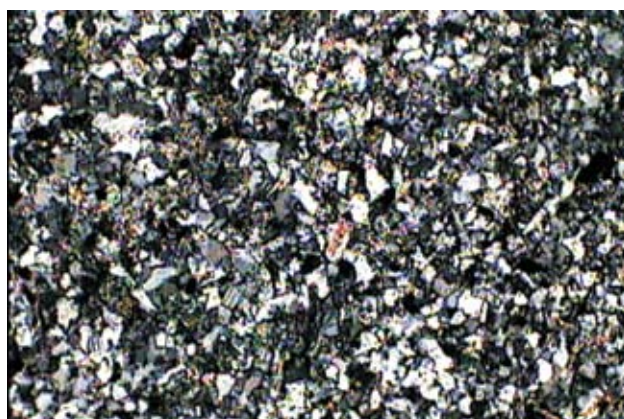


Foto 115 - Arenito feldspático. LN-10x10 Unidade: NP2ss Local: Faz. da Barra. Estação: NS-293 - UTM:480425/7871920

## 4.2.8 FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

### 4.2.8.1 COBERTURAS DETRÍTICAS - NdI

Sob esta denominação genérica foram agrupados os sedimentos inconsolidados de cor

predominantemente vermelha, areno-argilosos com níveis de cascalho (Foto 116 HR-70), que ocorrem indistintamente sobre todas as unidades, mas principalmente sobre as rochas da Formação Serra de Santa Helena (Fig. 4.17). Em geral são bastante espessos. Localmente apresentam-se endurecidos e de aspecto mosqueado (Foto 117 HR-391).

Os níveis de cascalho são constituídos por clastos arredondados a achatados de quartzo com tamanhos que atingem até 20 centímetros de diâmetro. Localmente observa-se imbricação dos clastos. São utilizados no encascalhamento de estradas.

Em alguns locais ocorre laterização, formando-se uma canga constituída de grãos angulosos e mal selecionados de quartzo cimentados por material ferruginoso. Este material geralmente aumenta em quantidade para o topo (Foto 118 WL-101). Localmente observa-se cascalheira com pequenos clastos de material ferruginoso que, por vezes, ocorre na forma de tubos com cerca de 10 centímetros de comprimento por 1 centímetro de largura. Também é utilizada no encascalhamento de estradas.

A canga foi originada da alteração de um arenito ferruginoso (Foto 119 WL-126) com grãos arredondados a angulosos, com um grau de seleção médio quanto à dimensão, porém boa maturidade, uma vez que os grãos de quartzo predominam largamente. Os grãos estão mergulhados em um cimento inteiramente opaco onde não é possível distinguir qualquer tipo de mineral sob luz transmitida. Provavelmente trata-se de um cimento ferruginoso. A rocha apresenta uma boa porosidade com vários vazios intergranulares (talvez cerca de 5%).

Foram abertos alguns garimpos de quartzo nesta unidade, em concentrações de cristais de quartzo facetados provindos de veios desagregados (provavelmente da Formação Serra de Santa Helena).



Foto 116 – Seixos e fragmentos de quartzo dispersos aleatoriamente em matriz ferruginosa limonitizada em cobertura detrito-laterítica. Unidade: Ndl Local: Sobradinho Estação: HR-70 - UTM: 615525/787737



Foto 117: Aspecto mosqueado de cobertura arenosa, contendo fragmentos aleatórios de quartzo. Unidade: Ndl Local: Lajes Estação: HR-391 - UTM: 625292/7884518



Foto 118: Canga com fragmentos angulosos de quartzo cimentados por material ferruginoso. Unidade: Ndl Local: Lagoa do Buriti Estação: WL-101 - UTM: 537397/7856502

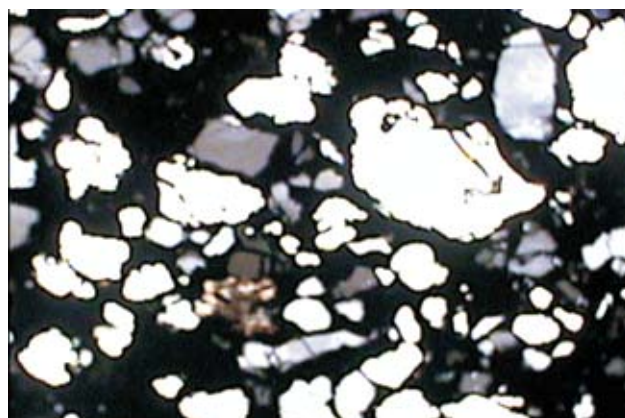


Foto 119 – Arenito grosso com cimento ferruginoso. NX-4x10 Unidade: NP2ss Local: Faz. Funil. Estação: WL-126 - UTM: 547360/763057

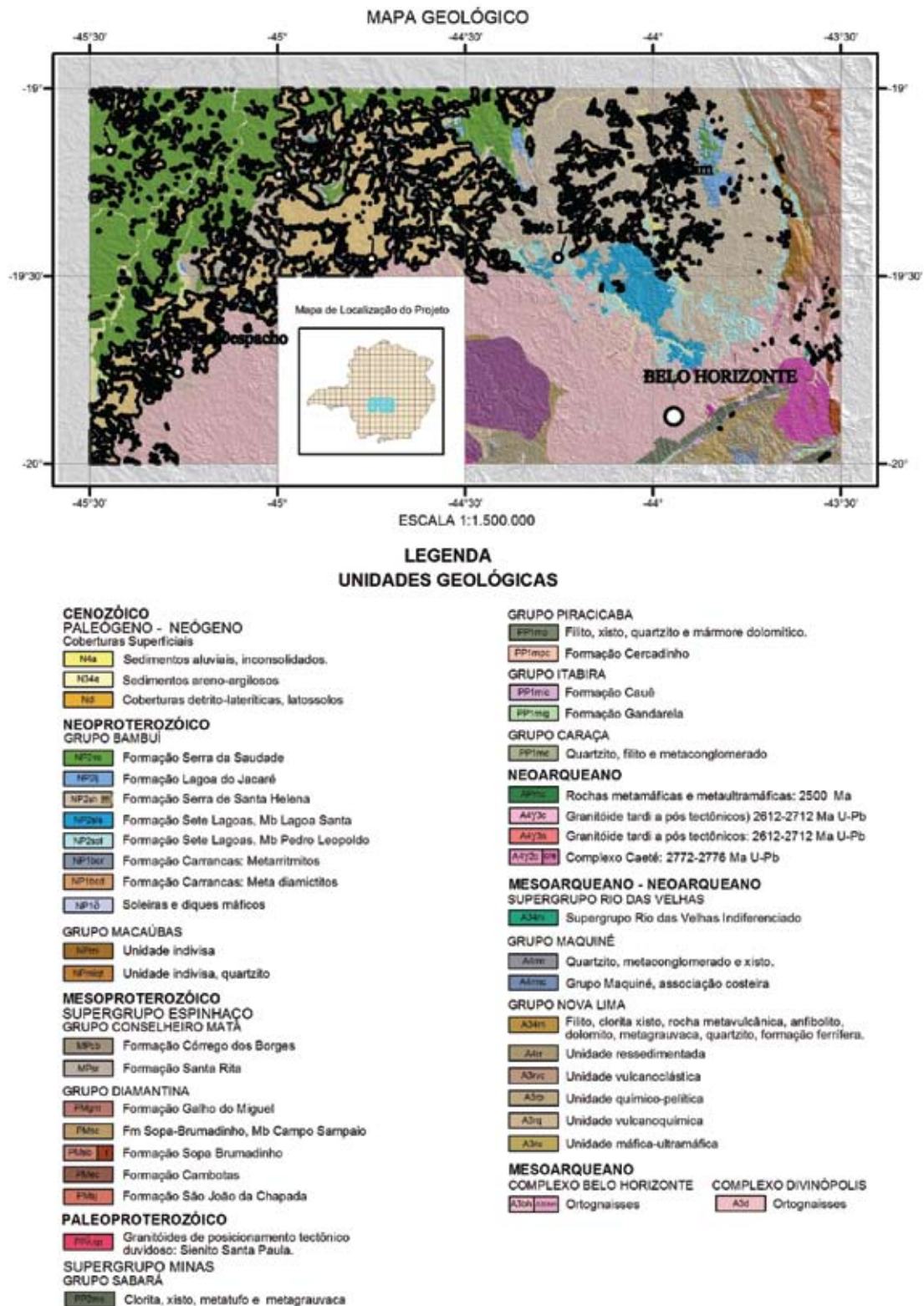


Figura 4.17 Regiões de afloramento das coberturas detríticas indiferenciadas (moldura preta ressaltada)

#### 4.2.8.2 TERRAÇOS ALUVIAIS - N34a

Ocorrem ao longo das grandes drenagens da área, como os rios das Velhas e Paraopeba, e alguns de seus afluentes. Suas melhores exposições podem ser vistas ao longo do Rio das Velhas (onde houve

intensa garimpagem de ouro - Foto 120 HR-442\_1), a sul de Lagoa Seca (norte de Leandro Ferreira), no ribeirão das Areias (a oeste de Costas), no ribeirão do Leitão (a leste da BR-040), ao longo do ribeirão da Lagoa Dourada (a leste do Rio Paraopeba) e a leste do riacho do Gomes.



Estes depósitos, que chegam a ter até 5 metros de espessura, são constituídos principalmente de material argilo-arenoso semi-consolidado de cor esbranquiçada a amarelada, rósea e avermelhada, que ora se apresenta em finos níveis alternados e ora como níveis maciços manchados.

Localmente ocorrem níveis lenticulares de seixos arredondados a angulosos de quartzo, e



placóides de siltito e/ou de arenito. Observam-se níveis centimétricos de areia grossa porosa, com granocrescência ascendente (*coarsening up*). Em raros locais ocorre capa milimétrica de material ferruginoso.

Na localidade de Costas, a sul de Papagaios, estes terraços são explorados para utilização em cerâmicas.

Foto 120 - Paleo-terraço garimpado antigamente para ouro, sob cobertura de solo avermelhado.  
Unidade: N34a Local: Faz. Jaguará  
Estação: HR-442 - UTM: 612745/7844270

#### 4.2.8.3 ALUVIÕES - N4a

Têm ocorrência bastante expressiva ao longo dos meandros dos grandes cursos d'água, tais como os rios São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas, Lambari, do Picão, e alguns de seus afluentes, onde podem ser vistas boas exposições.

Compõem-se de areia fina até grossa, com níveis descontínuos de seixos de quartzo em geral arredondados e mal selecionados, e placóides de siltito e de arenito.

Localmente observa-se estratificação cruzada acanalada de pequeno porte.

Ao longo do Ribeirão dos Macacos os depósitos de areia são dragados para utilização na construção civil.

#### 4.2.9 ROCHAS DE POSICIONAMENTO DUVIDOSO

##### 4.2.9.1 DIQUES BÁSICOS - dm

Os diques da região de Pará de Minas foram primeiramente descritos por Richter *et al.* (1975), que mapearam diques de diabásio (os de direção preferencial WNW), de granito (os de direção NNW) e de quartzo (também de direção NNW).

Menezes Filho *et al.* (1977) mapearam estes diques como "rochas intrusivas básicas e ultrabásicas", que cortam as rochas da Associação Gnáissica-Migmatítica e são mais novas que as do Grupo Bambuí, não excluindo a "possibilidade de representarem rochas similares de diferentes idades que sofreram transformações e

reorganizações pelos ainda incontáveis números de fases tectônicas e metamórficas anteriores à deposição do Grupo Bambuí".

No mapeamento em escala 1:50.000 efetuado pelo IGA em 1982, executado na região metropolitana de Belo Horizonte (Fiumari *et al.*, 1982), estes diques foram cartografados e denominados "diques máficos", e caracterizados petrograficamente como gabros, diabásios e noritos, metamorfizados em várias intensidades.

Parenti Couto *et al.* (1983), propõem épocas de fraturamento do Cráton do São Francisco, com base em datações K-Ar em rochas básicas.

Oliveira & Montes (1984) discutiram aspectos estratigráficos (os diques intrudiram as rochas dos terrenos granito-gnáissicos/Associação Gnáissica-Migmatítica e do Grupo Nova Lima, mas não as do Grupo Maquiné) e petrográficos (diabásios e gabros) dos diques da região de Pará de Minas (oeste de Belo Horizonte).

Teixeira *et al.* (1988), dentro do "programa geocronológico para o magmatismo pré-cambriano básico anorogênico da parte sul do Cráton do São Francisco", determinaram cerca de 57 datações K-Ar em diques máficos da região a oeste de Belo Horizonte, tendo encontrado dois conjuntos de idades, um de 2097±65Ma, que indicaria a época da colocação dos diques, e outro entre 500 e 1000Ma, que seria o período de transformações dos diques.

Para Romano (1989), das fases estabelecidas por Teixeira *et al.* (*op. cit.*), situadas em 2,05 Ga, 1,85 Ga, 1,65 Ga e 0,66 Ga, a primeira e última são difíceis de explicar por motivos de ordem tectônica e estratigráfica. Já a segunda e terceira seriam

explicadas por uma fase distensional que afetou a região e são interpretadas como sendo consequência da abertura de *riffts* marginais no Cráton do São Francisco (evento extensional Espinhaço).

Oliveira (1989, 1994) caracterizou dois grupos principais de diques através da abundância dos elementos incompatíveis (diques de alto Ba-Sr e baixo Ba-Sr).

D'Agrella Filho & Pacca (1991, 1993) realizaram estudos paleomagnéticos dos diques da região de Pará de Minas e encontraram padrões semelhantes aos dos diques da região de Ilhéus-Olivença e de Salvador, sugerindo que este evento magmático intrusivo pode ter afetado diversas áreas do Cráton do São Francisco. Raposo *et al* (2004) também pesquisaram os enxames de diques paleoproterozóicos do sul do Cráton do São Francisco, do ponto de vista de *fabric* magnético e de magnetismo das rochas e sugerem que houve uma superimposição devida a algum evento local, provavelmente relacionado ao Brasileiro.

Teixeira (1993) reavaliando os dados geocronológicos e isotópicos do Cráton do São Francisco, encontrou idades de 2,1 Ga para parte dos diques e idades entre 1,2 e 0,7 Ga para a outra parte.

Chaves (1993), Chaves *et al.* (1994), Chaves e Correa Neves (1995a) e Chaves (1996) vêm se dedicando ao estudo dos diques da região de Ribeirão das Neves e Pará de Minas, tendo distinguido duas gerações distintas de enxames de diques, sendo a primeira metamorfizada, com cerca de 2 Ga, e a segunda, com características ígneas preservadas, com cerca de 1,0 – 0,5 Ga. Os diques da primeira geração têm suas margens foliadas (*sheared margins*), com nítida orientação mineral, que estaria relacionada a zonas de cisalhamento transcorrentes com movimentação dextral (Chaves e Correa Neves, 1995b). Estes diques seriam sintectônicos e teriam intrudidos nas porções transtensionais destas zonas. A idade de posicionamento seria em torno de 2 Ga.

Ocorrem em toda a região próxima do contato entre as rochas do Complexo Belo Horizonte, do Supergrupo Rio das Velhas e do Grupo Bambuí (Fig. 4.18). Formam pequenas cristas alongadas facilmente observáveis em fotografias aéreas e imagens de radar e de satélite. Geralmente têm menos de 30 metros de largura e atingem até 20 quilômetros de extensão, sendo normalmente descontínuos, provavelmente devido à alteração, frequentemente evidenciada por um manto de intemperismo vermelho que contrasta fortemente com as cores claras dos granitóides.

São discordantes e subverticais em relação às rochas granitóides do Complexo Belo Horizonte e xistosas do Grupo Nova Lima e nunca foram vistos cortando as rochas dos Grupos Bambuí e Maquiné, bem como do Supergrupo Minas.

Segundo Chaves (1993, 1996), os de direção preferencial N10-30W são os mais antigos e metamorfizados, enquanto que os de direção N70-80W são os mais novos e apresentam texturas ígneas

preservadas. As bordas foliadas corresponderiam a metamorfismo resultante do desenvolvimento de zonas de cisalhamento transcorrente nas quais os diques estão inseridos.

Na Folha Pompéu os melhores afloramentos podem ser vistos na região de Rancho dos Boiadeiros e Costas (a sul de Papagaios), enquanto na Folha Bom Despacho, na região do Córrego dos Gentios.

São constituídos de rocha básica cinza-esverdeada de granulação fina a grossa composta principalmente de feldspato, anfibólio, e raro quartzo. Abundante pirita dispersa. Localmente observam-se cristais bem formados de feldspato, dispostos aleatoriamente (Foto 121 HR-637). Apresentam-se geralmente em blocos arredondados alinhados a N10W ou N75W.

Petrograficamente, as rochas finas foram classificadas como diabásio, sendo compostas de plagioclásio, augita, tremolita/actinolita e hornblenda; o opaco é ilmenita. Textura ígnea granular ofítica a subofítica diabásioide geralmente bem preservada. Não mostram sinal de deformação, mas estão fortemente afetadas por processos hidrotermais ou deutéricos com o plagioclásio fortemente saussuritizado. As de granulação grossa têm composição gabróica (Foto 122 HR-622) e são constituídas de plagioclásio, hornblenda e pouco quartzo. Os minerais secundários são sericita e clorita e os opacos, ilmenita e titanita.



Foto 121 - Rocha básica de matriz fina com pórfiros idiomórficos de feldspato. Unidade: dm Local: Estrada para Capivará do Couto. Estação: HR-637 - UTM: 473982/7802581

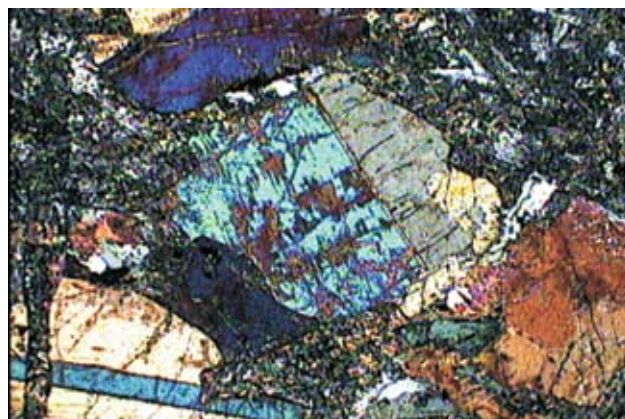


Foto 122 - Intercrescimento hiperstênio/augita em gabro. NX-4x10 Unidade: Diques Básicos (dm) Local: Proximidades do ribeirão Santo Antônio. Estação: HR-622 - UTM:462099/7796903

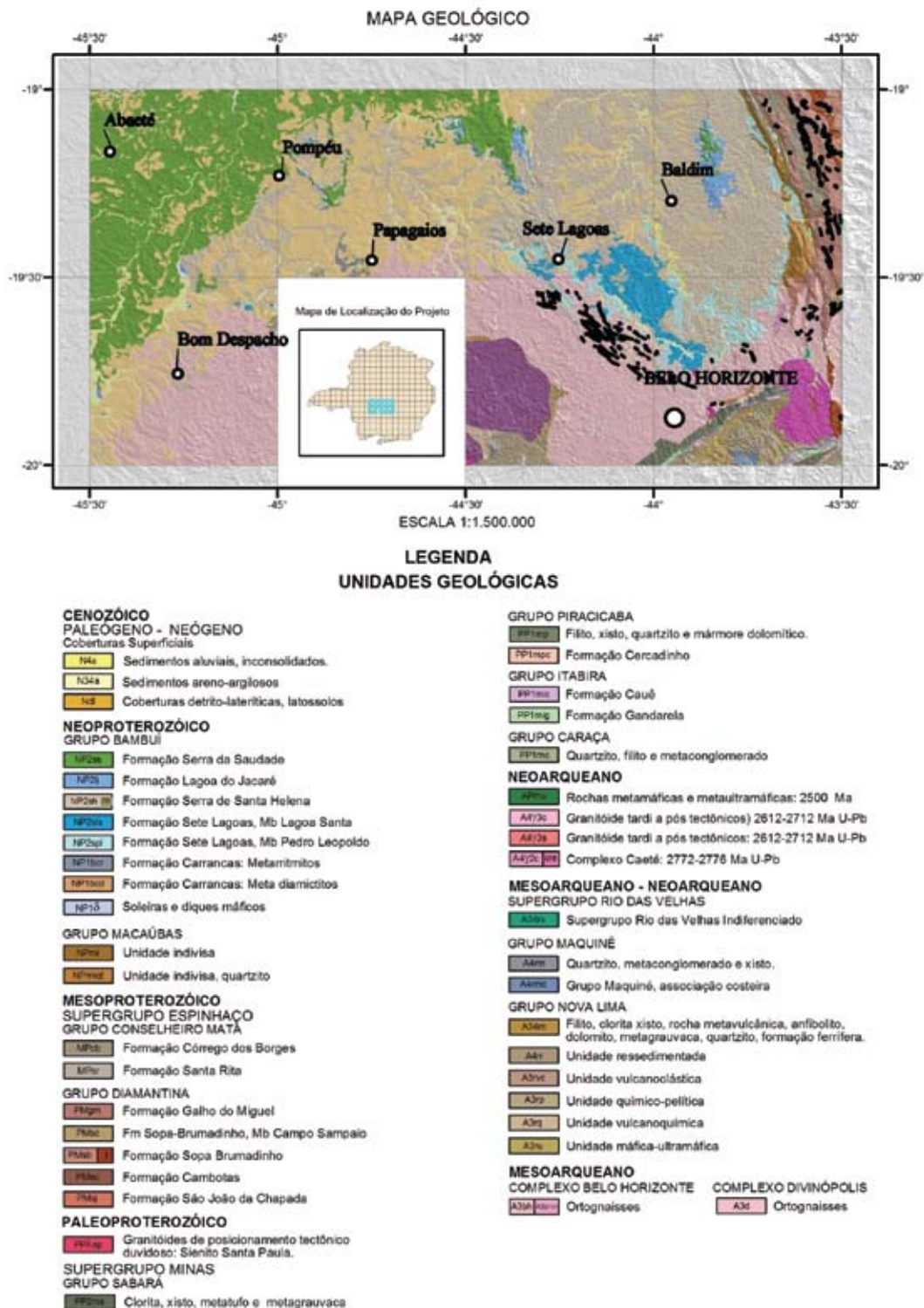


Figura 4.18: Regiões de afloramento dos diques (moldura preta ressaltada).

#### 4.2.9.2 “Diques”/Veios de Quartzo - qz

Em alguns locais do embasamento cristalino, observam-se grandes cascalheiras de quartzo. Tratam-se de grandes veios de quartzo anastomosados e cisalhados que ocupam (segundo Chaves, 1996) antigas zonas de cisalhamento transcorrentes

transamazônicas reativadas como falhas normais após a intrusão da segunda geração de diques básicos e anteriormente à deposição das coberturas, visto que eles não afetam as rochas do Grupo Bambuí. Segundo Richter & Lacerda (1975) os “diques” de quartzo estariam associados a soluções pós-graníticas contendo SiO<sub>2</sub>, sulfetos e ouro, e seriam mais antigos que os diques de diabásio, cuja penetração permitiu

a entrada de novos fluidos mineralizantes. Análises feitas nestes “diques” resultaram em até 12g/ton em Au na região de Pitangui. Têm direções N10-25W e N75-85W. Bons afloramentos podem ser vistos a sudeste de Papagaios e a norte de Leandro Ferreira.

## **5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL**

Uma das primeiras citações sobre a Geologia Estrutural do Grupo Bambuí foi feita por von Freyberg em 1932 (*in* Renger, 1979) quando diferenciou as camadas Indaiá, que se apresentam fortemente dobradas, e as camadas Gerais, mais horizontalizadas.

Ruellan (1952), Braun (1968), Barbosa *et al.* (1969, 1970), Costa *et al.* (1970), Costa e Angeiras (1971), Dardenne (1978, 1979, 1981), Campos Neto (1979), Coelho (2007) fizeram abordagens sobre a geologia estrutural regional, correlacionando as rochas das zonas deformadas com as da zona central mais preservada, adotando conceitos geotectônicos vigentes nas respectivas épocas.

Dominguez & Misi (1993), Pinto & Martins Neto (2001), Rosa *et al.* (2005) apresentam estudos sínteses sobre estudos regionais. Alguns dos estudos específicos sobre a história deformacional do Grupo Bambuí na área do Projeto Sete Lagoas – Abaeté foram efetuados por Magalhães (1988), Bacellar (1989), Magalhães (1989), Oliveira (1989), Alkmin *et al.* (1989), Danderfer Filho (1991), Oliveira (1994), D'Arrigo (1995), D'Arrigo & Alkmin (1995), Pinho *et al.* (2006, 2008), dentre outros.

### **Geologia Local**

O estudo contemplou interpretação de imagens de satélite (Geocover e Landsat 7), fotografias aéreas e modelo digital de terreno, onde foram extraídas as grandes feições. Foram efetuados também medições em campo de estruturas e de seus aspectos geométricos e cinemáticos, e análises em lâminas delgadas ao microscópio, visando reconstituir a história deformacional da região. Os dados de acamamento, foliações miloníticas, falhas, eixos de dobras, foliação plano-axial, fraturas e juntas foram inseridos em um sistema de informações geográficas e analisados sobre imagens. Foram também tratados no programa Stereonet.

Neste trabalho, foram identificadas estruturas planares, curvas e lineares.

As principais estruturas planares são falhas, foliações e fraturas:

Foram identificados dois tipos de falhas: normais e de empurrão.

As falhas normais, em alguns locais (ponto JM-003, Foto 123 – JM 003), afetaram o embasamento

do Complexo Belo Horizonte, não sendo possível quantificar o rejeito. Estas falhas atuaram durante a deposição dos diamictitos da Fm. Carrancas.

Algumas falhas e/ou fraturas de direção N40-50W, observadas nos mapas magnetométricos do Levantamento Aerogeofísico Magnetométrico do DNPM – CGBA (1972), são falhas normais - juntas extensionais e estão preenchidas por diques máficos datados em 1,75 Ma por Silva *et al.* (1995) e Carneiro & Oliveira (2005). O quanto este sistema atuou controlando a deposição das litologias do Grupo Bambuí é difícil de estimar, o fato é que durante a abertura do Atlântico Sul, no Mesozóico, rochas máficas e ultramáficas utilizaram-se destas descontinuidades para ascender na crosta. Segundo Danderfer Filho (1991) o *trend* estrutural principal de tais falhas é aproximadamente NNW-SSE.

De leste para oeste, as primeiras estruturas contracionais observadas são as falhas de empurrão que colocaram as litologias do Supergrupo Espinhaço por sobre as do Grupo Bambuí, conforme observado nas folhas Belo Horizonte e Baldim. O plano de falha possui direção geral norte-sul, mergulho variando de 15 a 50°, marcado por quartzitos milonitizados do Supergrupo Espinhaço sobrepostos aos siltitos também milonitizados da Formação Serra de Santa Helena ou aos quartzitos do Grupo Macaúbas. Os indicadores cinemáticos observados (lineação de estiramento, lineação mineral, estruturas “S-C”, *horses* e rejeitos) indicam transporte tectônico de leste para oeste.

Os planos de descolamento são caracterizados pelo baixo ângulo de mergulho e por ocorrerem em níveis mais argilosos do Membro Pedro Leopoldo. Sobre estes níveis encontram-se estruturas em degraus (*steps*) (Foto 124 – MP373) indicando transporte tectônico de leste para oeste. O transporte ocorreu ao longo de determinados níveis, acomodadores da deformação, geralmente sobrepostos por camadas e estratos menos deformados (Foto 125 - JM215). Em alguns planos do descolamento foram nucleadas dobras inversas, com vergência para o cráton (Foto 126 – JM147). Quando rompidas, na região do flanco inverso, formaram-se rampas dando origem a cavalgamentos interestratais (Foto 127 – JM216, Foto 128 MP-50), amortecidos em planos mais argilosos superiores, continuando o movimento de descolamento.

Nas rochas carbonato-pelíticas, pertencentes aos membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa da Formação

Sete Lagoas, desenvolveu-se localmente uma foliação milonítica paralela ao acamamento (Foto 129 - JM186). Esta foliação é plano axial de dobras isoclinais recumbentes (Foto 130 - JM147), que tendem a se tornar dobras fechadas e assimétricas à medida que se avança para oeste.

Na região mais deformada, a leste, os esforços foram acomodados principalmente nos planos sedimentares, intra e interestratais, com comportamento distinto nas rochas carbonatopelíticas e nos pelitos.

O deslizamento nas superfícies inter e intraestratal gerou processo de milonitização, havendo a formação de estruturas "S-C" e "C'" (Foto 131 - JM216), com transposição do acamamento original na região leste. A partir dos planos de cisalhamento foram nucleadas dobras inversas, com vergência para o cráton (Foto 126 - JM147). Quando rompidas, na região da foliação plano axial formaram-se rampas dando origem a cavalgamentos interestratais (Foto 127 - JM216, Foto 128 MP-50), amortecidos em planos mais argilosos superiores.

Nos carbonatos observam-se veios de calcita formados em juntas extensionais, envolvidos no evento compressivo da deformação, estando localmente dobrados, boudinados ou rompidos (Foto 132 - HR405).

Nas litologias sílticas argilosas da Formação Serra de Santa Helena ocorreu a reorientação dos argilominerais e a recristalização da calcita, quando presente, ao longo dos planos de xistosidade. Notável é a presença de veios de quartzo, paralelos à foliação metamórfica, formados durante o início do cisalhamento (Foto 133 - JM129).

Na região a leste de Sete Lagoas encontram-se as estruturas lineares: lineação mineral, lineação de estiramento, lineação de intersecção e estrias.

A lineação mineral é observada através do alinhamento dos cristais de muscovita/sericita, calcita e quartzo (Foto 134 - HR69), principalmente, segundo a direção leste - oeste. Minerais opacos alterados alinham-se segundo esta direção também, sendo mais comuns na Formação Serra de Santa Helena e, subordinadamente, nos pelitos da Formação Sete Lagoas.

Nos planos de deslizamento intra e interestratais observam-se estrias, que em conjunto com os *steps*, indicam movimentação de leste para oeste. As estrias são paralelas à lineação mineral (Foto 124 - MP373) e ortogonais aos eixos de dobras.

O padrão das dobras varia grosseiramente ao longo do sentido leste para oeste. Nas proximidades

da frente de empurrão Espinhaço o padrão são dobras isoclinais a fechadas, recumbentes (Foto 135 - HR154), às vezes sem raiz (Foto 136 - HR519), e de dobras inversas apertadas, às vezes com rompimento dos flancos inversos. Na região de Sete Lagoas, mais a oeste, há uma tendência das dobras serem fechadas, plano axial inclinado, sendo que à medida que se caminha em direção a Pompéu, as dobras tendem a ser mais suaves e abertas (Foto 137 - WL111). A direção média do caimento dos eixos é NNW.

Uma característica marcante observada nas rochas da Formação Serra da Saudade é que, nas folhas Abaeté, Pompéu e Bom Despacho, elas se apresentam geralmente bastante dobradas em relação às outras unidades subjacentes. Ocorrem dobras decimétricas a decamétricas abertas (Foto 110 MP-415), assimétricas, com flancos curtos e longos. Quando os sedimentos desta unidade estão subhorizontalizados, muitas vezes pode-se estar num flanco longo de um destes grandes dobramentos. Ocorrem também dobras simétricas, apertadas, do tipo *chevron* (Foto 111 NS-377), decimétricas a métricas, com planos axiais subverticais e eixos subhorizontais. Estes possuem, em geral, direção aproximada norte-sul, com caimento de baixo ângulo, ora para norte ora para sul.

As fraturas ocorrem em dois sistemas principais, NS e EW, verticalizadas, e ao longo do acamamento das litologias da Formação Serra de Santa Helena, onde normalmente estão preenchidas por veios de quartzo. Como exemplo, em São Tomé, sudeste de Cordisburgo, Folha Sete Lagoas, ocorrem veios de quartzo leitoso de dimensões centimétricas a decimétricas, cortando os argilitos/siltitos segundo a direção N10W/65NE (Foto 152 - MP-399), preenchendo fraturas nesta mesma direção. Nas folhas Baldim e Belo Horizonte, nas proximidades do contato com o Supergrupo Espinhaço (Foto 133 - JM129), o sistema de fraturas é NS/30E.

De acordo com as análises, as falhas normais, de evolução sin-sedimentar, compuseram a primeira geração de estruturas a ser formada. Estas falhas, identificadas nas rochas do embasamento granito gnáissico, algumas vezes controlaram a deposição dos diamictitos da Formação Carrancas, como visto na estação JM-003 (Foto 123 - JM 003).

O principal acervo de estruturas foi constituído durante o fechamento da bacia, no Ciclo Brasileiro, quando as rochas do Supergrupo Espinhaço, a leste, e do Grupo Canastra, a oeste, foram empurradas por sobre o Grupo Bambuí. A intensidade da deformação é centrífuga, sempre aumentando a partir do interior do Cráton do São Francisco em direção às faixas móveis Araçuaí e Brasília, a leste e oeste respectivamente.

A região de Pompéu – Abaeté está sob a influência da colisão com a Faixa Brasília, a oeste, apresentando como principal reflexo dobras tipo *kink* – *chevron* nas litologias da Formação Serra da Saudade (Foto 138 – NS463) e pequenas dobras e arqueamentos nas da Formação Serra de Santa Helena (Foto 139 – WL261).

O acervo estudado permite dividir a área em quatro grandes domínios, de acordo com a intensidade da deformação e os tipos de estruturas encontrados (figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4).

O primeiro domínio consiste da região do contato tectônico com as rochas do Supergrupo Espinhaço até aproximadamente as margens do rio das Velhas. A intensidade da deformação é maior, gerada principalmente pelos deslizamentos interestratais (Foto 140 – HR96), que causaram a nucleação e desenvolvimento de dobras isoclinais, às vezes recumbentes (Foto 141 – HR327), transposição de camadas (Foto 136 – HR519), milonitização, estruturas “S-C” (Foto 142 – JM134), *shear bands*, lineações minerais orientadas E-W, estrias e *steps* (Foto 124 – MP373) indicadores de transporte de massa de leste para oeste. Apesar da deformação ser mais visível nos níveis carbonáticos intercalados com pelitos, nos siltitos da Formação Serra de Santa Helena observa-se que a estruturação geral é dada pelo deslizamento interestratil, com a formação freqüente de *horses* (Foto 140 – HR96). Este domínio foi responsável por acomodar a maior parte do esforço colisional brasileiro por ser o local onde há maior acervo de estruturas e onde estas estão mais conspícuas.



Foto 123: Falha normal separando diamictito Carrancas do embasamento (Complexo Belo Horizonte). Local: Filipe Estação: JM-003 - UTM:7841582/639683

O segundo domínio, intermediário, é aquele onde o esforço deformativo foi esmaecendo, apresentando-se mais deformado a leste e menos a oeste. É transicional em relação ao terceiro domínio, pouco deformado. Inicia-se na região a oeste do rio das Velhas e tem seu limite oeste na Falha da Gruta de Maquiné. Em relação ao primeiro domínio, difere na forma das dobras, que tendem a ser apertadas ao invés de isoclinais. As litologias da Formação Serra de Santa Helena apresentam dobras assimétricas com vergência para oeste, ainda influenciadas pelos deslizamentos interestratais.

O terceiro domínio é aquele em que as rochas do Grupo Bambuí apresentam-se menos deformadas a indeformadas, com ocorrência local de dobras simétricas, abertas (Foto 143 – WL250), sem geração de foliação plano axial. É neste domínio que ocorrem as lavras da rocha conhecida comercialmente como ardósia devido à horizontalidade e preservação da rocha (Foto 144 – WL356, Foto 145 – WL356).

O quarto domínio aparece na porção extremo oeste da área, na Folha Abaeté, e afeta principalmente as litologias da Formação Serra da Saudade. Diferentemente dos três primeiros domínios, é fruto da dissipação final dos esforços compressivos brasileiros que constituíram a Faixa Brasília, a oeste. As principais estruturas são as dobras em *chevron* que exibem, às vezes, ligeira assimetria, marcada pelo comprimento maior de um flanco, com vergência para leste (Foto 146 – NS390). Apresentam plano axial subvertical e eixos com caimento médio segundo S33E/10.



Foto 124: Níveis argilosos do Membro Pedro Leopoldo mostrando pavimento estriado por deslizamentos interestratais, com degraus (*steps*). Local: MG 424-km30 Estação: MP-373 - UTM: 606925/7822201



Foto 125: Dobras isoclinais no Membro Pedro Leopoldo. Dobras intraestratais. Local: Sumidouro Estação: JM-215 - UTM: 7842463/610355



Foto 126: Dobras isoclinais recumbentes formadas no processo de nucleação de rampas durante o deslizamento interestratal. Estação: JM-147 - UTM: 626937/7827639



Foto 127: Planos de cavalgamentos nucleados durante o deslizamento interestratal. Local: Quintas do Sumidouro Estação: JM-216 - UTM: 7843049/610365

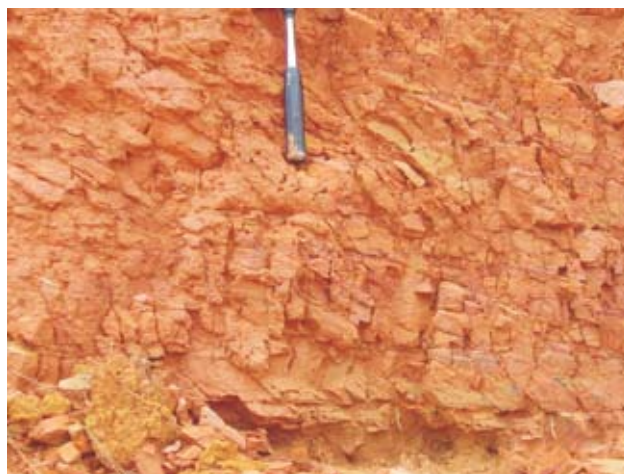


Foto 128: Rampas e patamares formando duplexes vergentes para o Cráton, sentido leste para oeste. Unidade: Siltitos da Fm. Serra de Santa Helena. Estação: MP-050 - UTM: 7867432/574972



Foto 129: Dobras isoclinais recumbentes formadas no processo de deslizamento interestratal. O plano axial é paralelo à foliação milonítica. Unidade: membro Pedro Leopoldo, Fm. Sete Lagoas. Estação: JM-186 - UTM: 634317/7825190



Foto 130: Dobras isoclinais recumbentes, desenvolvidas no progredir do evento compressivo. Plano axial subhorizontal paralelo à foliação milonítica. Unidade: Membro Pedro Leopoldo. Estação: JM-147 - UTM: 626937/7827639



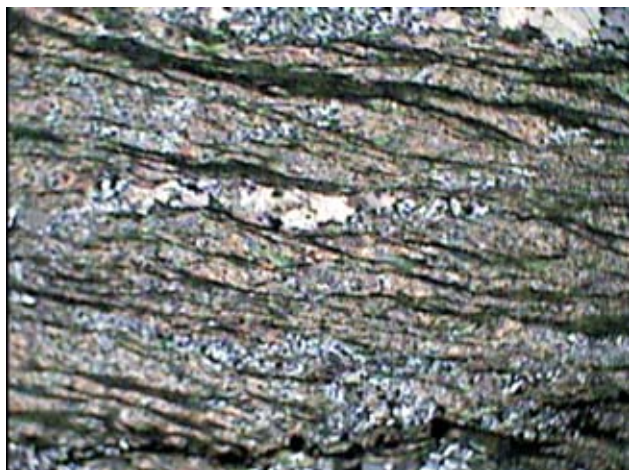


Foto 131: Foliações miloníticas ("S-C") em calcilutito do Membro Pedro Leopoldo. Deslocamento de leste para oeste. NX-4x10 Local: Quintas do Sumidouro Estação: JM-216 - UTM:7843049/610365



Foto 132: Veios de calcita formados em zonas extensionais e dobrados na progressão da deformação compressional. Estação: HR-405 - UTM: 7856087/642873



Foto 133: Veios de quartzo branco, leitoso, intrusivos na Fm. Serra de Santa Helena. Local: Filipe Estação: JM-129 - UTM: 7842144/615517

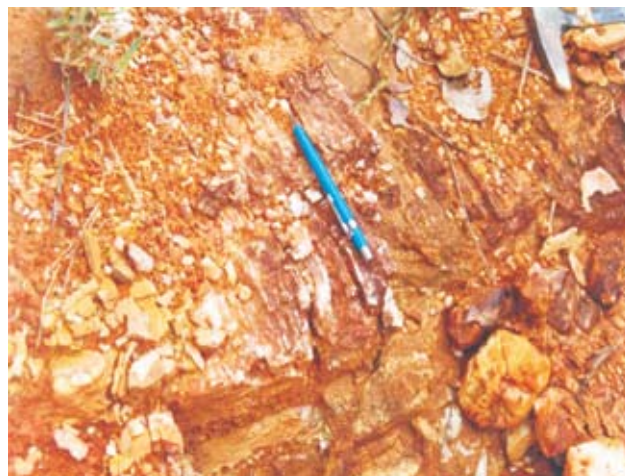


Foto 134: Pavimento de quartzo em fibras, indicando movimento de leste para oeste. Veios intrudidos na Fm. Serra de Santa Helena. Estação: HR-69 Local: Sobradinho - UTM: 7879478/613725



Foto 135: Dobras apertadas recumbentes em ritmitos da Fm Serra de Santa Helena. Local: MG-010 Estação: HR-154 - UTM:7850321/621880



Foto 136: Camadas transpostas com dobras intrafoliais sem raiz em calcilutitos com intercalações de siltitos. Local: Est. Santana do Riacho - Rio de Pedras Unidade: Membro Pedro Leopoldo Estação: HR-519 - UTM: 7887703/633897



Foto 137: Dobras abertas na Formação Serra de Santa Helena. Eixo com caimento NNW. Estação: WL-111 - UTM: 7857862/545178



Foto 138: Dobra em chevron na Formação Serra da Saudade.. Local: Fazenda do Buriti Estação: NS-463 - UTM: 7834289/450089



Foto 139: Dobra aberta na Formação Serra de Santa Helena. Eixo 25/05. Local: Fazenda Cachoeirinha. Estação: WL-261 - UTM: 7891298/501505



Foto 140: Cisalhamento horizontal gerando duplexes em siltito. Estação: HR-96 Unidade: NP2sh Local: Córrego Cipó Abaixo - UTM: 7889209/630060



Foto 141: Dobra isoclinal recumbente. Plano axial paralelo à foliação milonítica. Estação: HR-327 - UTM: 7870005/639841 Unidade: Np2spl Local: Pedreira Sucupira.

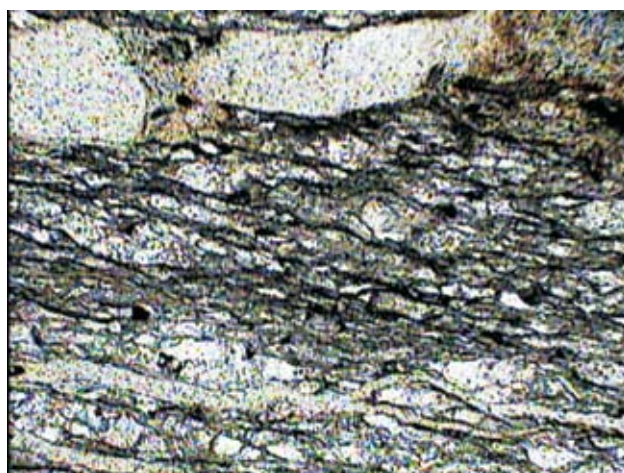


Foto 142: Foliação milonítica com estruturas S - C em calcilito do Membro Pedro Leopoldo. LN-10x10 Estação: JM-134 - UTM: 634317/7825190



Foto 143: Dobras abertas, simétrica, em arenitos finos da Fm. Serra da Saudade. Eixo 245/3. Estação: WL-250 - UTM: 7888063/514651



Foto 144: Estratos horizontais em pedra na Formação Serra de Santa Helena. Estação: WL-356 - UTM: 7874556/538027 Local: Ardósia Santa Catarina.

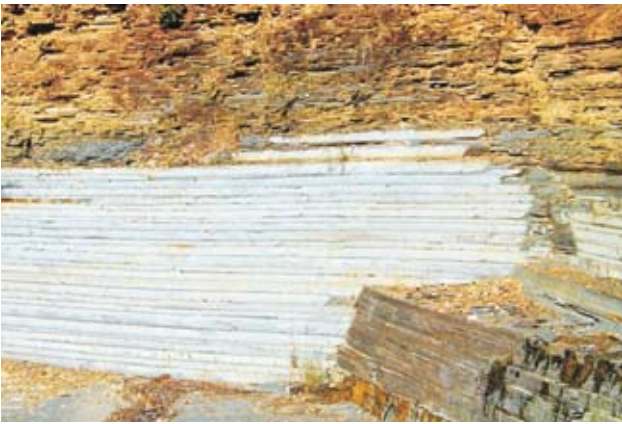


Foto 145: Estratos horizontais em pedra na Formação Serra de Santa Helena. Estação: WL-356 - UTM: 7874556/538027 Local: Ardósia Santa Catarina.



Foto 146: Dobras em chevron que exibem, às vezes, ligeira assimetria. Eixo S33E/10 Unidade: NP2ss Estação: NS-390 Local: Retiro da fazenda São José - UTM: 7859060/495776

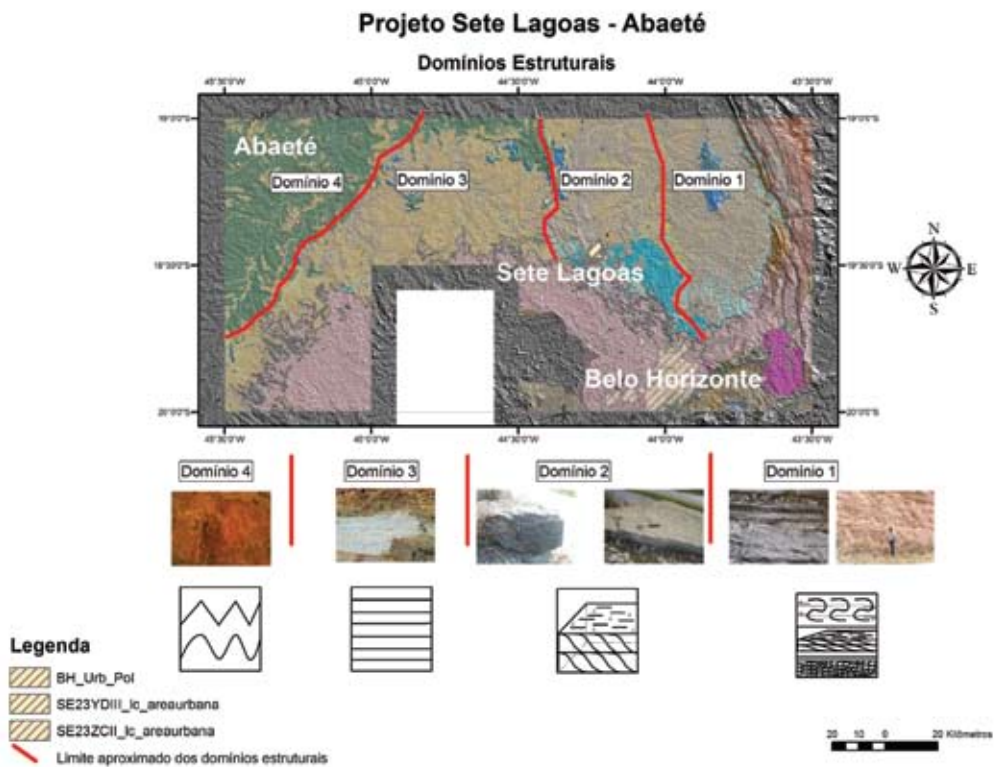
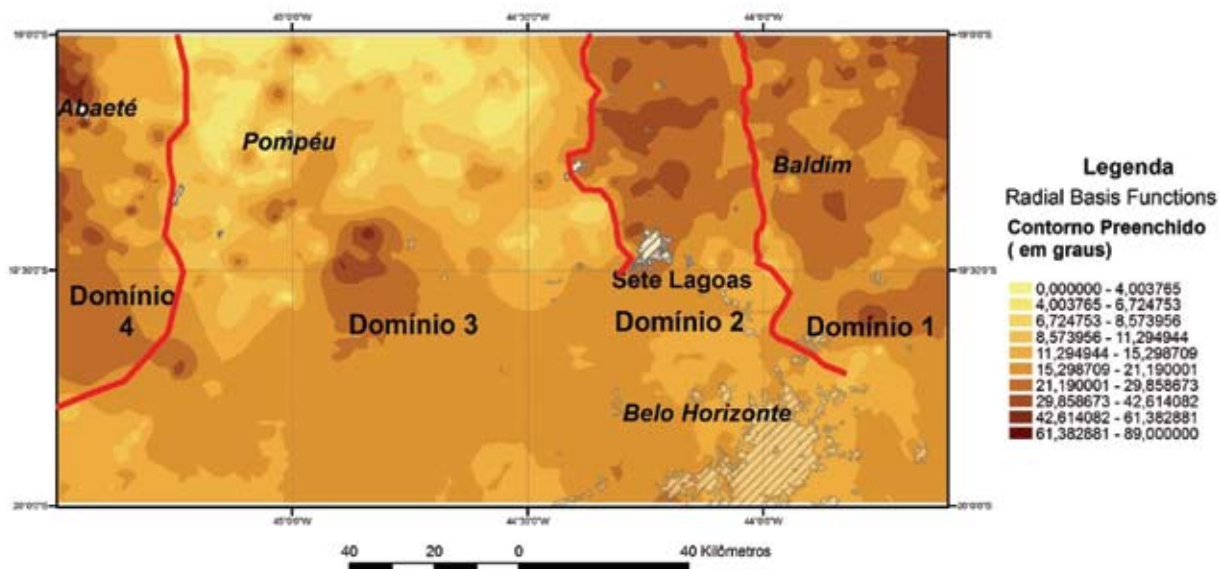


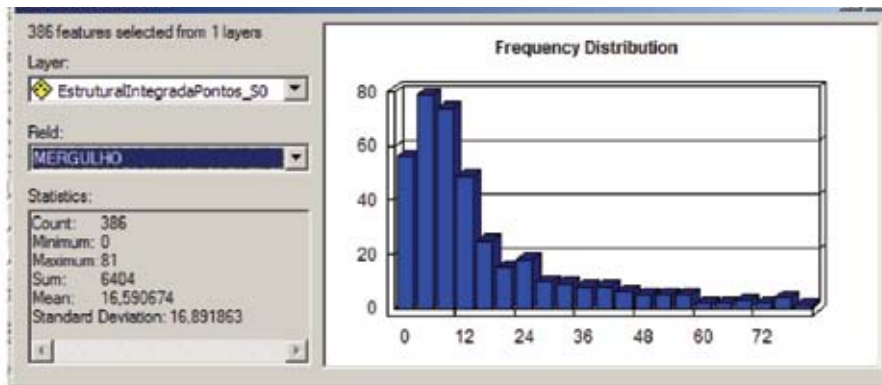
Figura 5.1: Divisão em domínios estruturais, em função da magnitude da deformação, com suas respectivas estruturas.

### Mapa de distribuição espacial dos mergulhos das litologias do Grupo Bambuí.

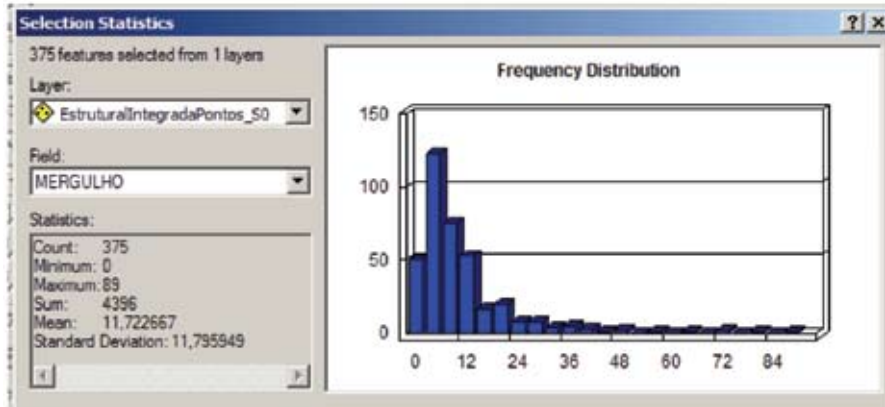


Foram lançados os dados de 1659 medidas de acamamento das litologias do Grupo Bambuí. Foi gerado, então, um mapa que demonstra a distribuição do mergulho em função do seu caimento, onde no centro da bacia os ângulos são menores, tendendo a ficarem mais altos à medida que se aproxima das faixas móveis.

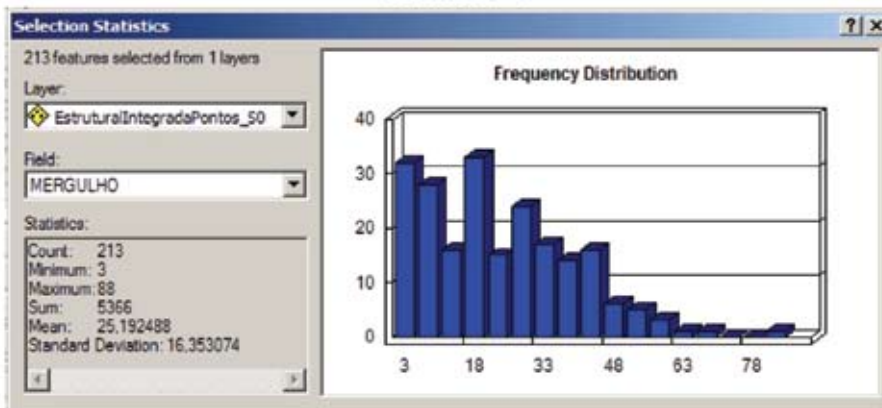
Figura 5.2 Mapa de distribuição espacial dos mergulhos das litologias do Grupo Bambuí. Observa-se que as camadas nas regiões dos domínios 1 e 2 estão mais inclinadas, refletindo influência dos cavalgamentos do Supergrupo Espinhaço. Na região do domínio 3 as camadas tendem a estar mais horizontalizadas, pouco afetadas pelos esforços compressivos. Já a região do domínio 4 encontra-se sob a influência dos esforços compressivos oriundos da Faixa Brasília.



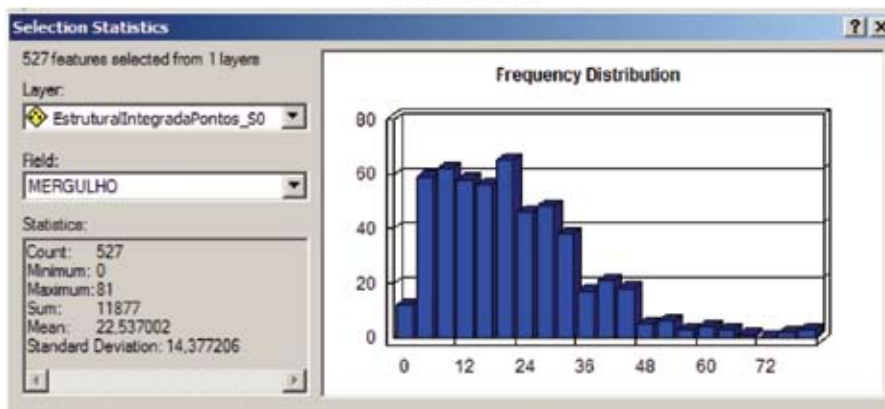
**Domínio 4**



**Domínio 3**

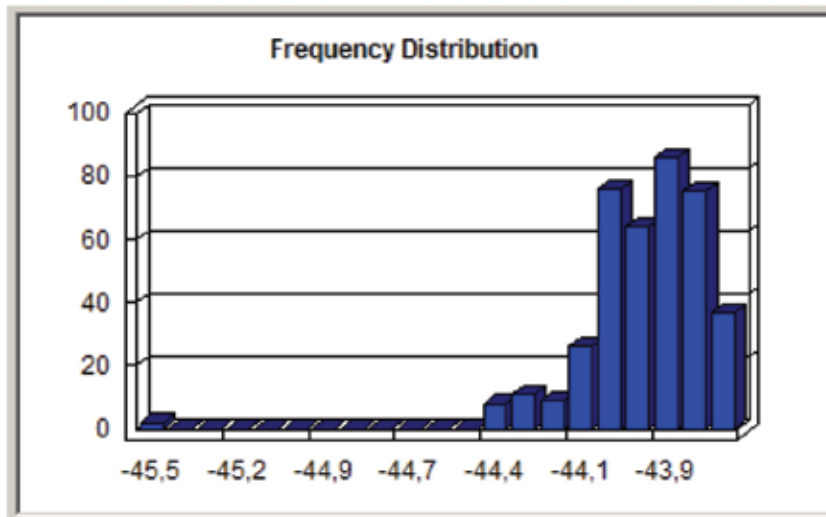


**Domínio 2**



**Domínio 1**

Figura 5.3 a, b, c d: Diagrama de distribuição de frequência dos valores de mergulho do acamamento das litologias do Grupo Bambuí. Observa-se que a distribuição decresce do domínio 1 para o 3, aumentando do 3 para o 4. Os domínios 1 e 2 estão sob influência da Faixa Araçuaí, o 3 é menos deformado e o 4 foi influenciado pela Faixa Brasília.



*Figura 5.4 Distribuição de freqüência de ocorrência de lineação de estiramento em relação à posição espacial, dada pelas coordenadas em latitude. Observa-se maior concentração nas proximidades do contato tectônico com o Supergrupo Espinhaço.*

## 6 – GEOQUÍMICA

### 6.1 INTRODUÇÃO

Esta campanha de levantamento geoquímico ocorreu em função do Projeto Sete Lagoas-Abaeté, abrangendo as folhas Abaeté, Pompéu, Sete Lagoas, Baldim e parte das folhas Belo Horizonte, Contagem e Bom Despacho (Figura 6.1).

Houve 3 campanhas de amostragem, com duração de 20 dias cada, realizadas por 3 equipes, contabilizando 6 meses para a conclusão da etapa de campo. Foram realizadas coletas de amostras nas 337 estações programadas para sedimentos ativos de corrente, complementadas com mais 213 amostras re-analisadas do Projeto Geoquímica do Bambuí (Heineck *et al.*, 1977), contabilizando, então, um total de 550 amostras ao longo da área do projeto. Dentre as estações amostradas (337 estações), em 20 delas, aleatoriamente distribuídas,

foram coletadas duplicatas de campo e em 36 estações, em drenagens de ordem mais elevada, procedeu-se a coleta de concentrado de bateia para estudo mineralógico (Figura 6.1). É válido ressaltar que as estações amostradas se localizam somente na porção da bacia Neoproterozóica do Bambuí, área de interesse deste projeto.

O planejamento da amostragem nas diversas microbacias baseou-se na sua distribuição regional, sendo englobada a diversidade de tipos litológicos. De modo geral, predominaram as estações de amostragem cuja área de influência ocupava uma dimensão inferior a 100km<sup>2</sup>. Algumas estações de amostragem foram mais restritas, abrangendo uma área de cobertura em torno de 10km<sup>2</sup>, estando estrategicamente posicionadas a fim de se conhecer o comportamento geoquímico dos elementos e suas possíveis respostas com as mineralizações típicas ocorrentes nessa região.

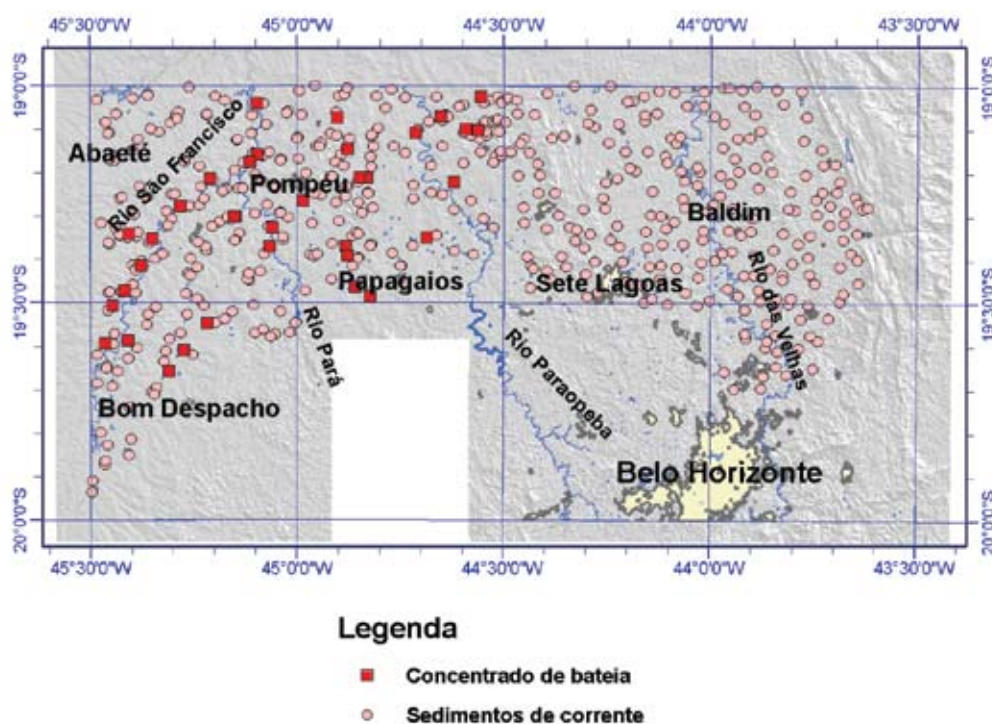


Figura 6.1 – Localização da área de estudo com distribuição das estações de amostragem.

### 6.2 Método de Trabalho

#### 6.2.1 Trabalhos de Campo

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos

levantamentos geológicos regionais, obtendo-se uma densidade de amostragem de 1 amostra/24 km<sup>2</sup> para sedimentos de corrente (550 amostras) e de 1 amostra/366 km<sup>2</sup> para concentrado de bateia (36 amostras). Tais distribuições visaram, dentro de um padrão regular, abranger a maior quantidade de território possível, ou seja, área

estimada para folhas na escala de 250.000, aproximadamente 13.195 km<sup>2</sup>. As 213 amostras aproveitadas do projeto Bambuí se inserem nas folhas Sete Lagoas, Contagem, Baldim e Belo Horizonte. Tais alíquotas encontravam-se armazenadas na Litoteca de Caeté, em Minas Gerais. Ressalta-se que estas amostras foram utilizadas somente para análises químicas de sedimento ativo de corrente.

As amostras de sedimento ativo de corrente foram coletadas, de forma composta, no canal ativo da drenagem, em trechos mais retilíneos, em 5 a 10 porções e num raio máximo de 50 metros. Estes múltiplos pontos de coleta envolveram uma expressiva varredura nas drenagens com o objetivo de se obter uma melhor representatividade da amostragem.

As amostras de concentrados de bateia foram coletadas nos trechos da drenagem com concentradores naturais (curvas, corredeiras, etc.), onde foi realizado o levantamento mineralométrico. Tal levantamento complementa o estudo das áreas das bacias dos rios São Francisco, das Velhas, Paraopeba e Pará, revelando possíveis minerais-guias que poderão auxiliar na avaliação das potencialidades minerais da região.

Os mapas de serviço foram previamente elaborados e corrigidos no campo nos casos de impossibilidade de amostragem, quando foram substituídos por outra estação (por exemplo, em locais com novos açudes a estação foi transferida para um local a montante do mesmo).

Em 20 estações aleatoriamente distribuídas foram coletadas duplicatas de campo das amostras de sedimento de corrente para teste de variância. Todas as informações de campo das amostras de sedimento ativo de corrente e de concentrados de bateia foram registradas em formulário próprio (caderneta de campo geoquímica) para posterior arquivamento, junto com os resultados analíticos, na base de dados geoquímicos da CPRM no GEOBANK.

## 6.2.2 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

As amostras de sedimentos de corrente foram enviadas para análise no ACME ANALÍTICA LABORATÓRIOS LTDA, onde foram submetidas ao

processo analítico. Tais amostras foram secadas a 60°C, peneiradas a 80 mesh, pulverizadas e digeridas com água régia (0,5 g com 3 ml 2-2-2 HCl-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O a 95°C por uma hora, diluída para 10 ml). Após o processo de abertura química da amostra, estas foram analisadas para 53 elementos traços por ICP-MS e ICP-AES, dentre eles, **Au, Ag, Al\*, As, B\*, Ba\*, Be\*, Bi, Ca\*, Cd, Ce\*, Co, Cr\*, Cs\*, Cu, Fe\*, Ga, Ge\*, Hf\*, Hg, In, K\*, La\*, Li\*, Mg\*, Mn\*, Mo, Na\*, Nb\*, Ni\*, P\*, Pd\*, Pt\*, Pb, Rb\*, Re, S\*, Sb, Sc\*, Se, Sn\*, Sr\*, Ta\*, Te, Th\*, Ti\*, Tl, U\*, V\*, W\*, Y\*, Zn, Zr\***.

OBS: A solubilidade dos elementos assinalados (\*) será limitada pelas espécies minerais presentes.

Para os concentrados de bateia, estes foram inicialmente secados e, após sofrerem separação em líquido denso (bromofórmio), as alíquotas formadas pelos minerais de densidade abaixo de 2,97 foram descartadas. Os minerais ditos “pesados” foram, então, encaminhados para a separação magnética, utilizando-se um separador FRANTZ. As frações obtidas seguiram para o estudo analítico através de lupa binocular e microscópio.

## 6.3 Resultados Obtidos

### 6.3.1 Sedimentos de Corrente

#### 6.3.1.1 Análise de Variância

Utilizando-se das amostras duplicatas (20 pares de amostras), foi elaborada uma matriz de trabalho para o cálculo da variância. Adotou-se o teste t-student, ou teste das pequenas amostras, para estabelecer a confiabilidade dos resultados analíticos. De acordo com os resultados obtidos, mostrados na Tabela 1, a hipótese nula para as populações originais e réplicas serem iguais foi aceita a um nível de significância de 95% para a quase totalidade dos elementos.

Os elementos Ta, Ge, Pd e W possuem, na maioria de suas amostras, ou até mesmo todas, no caso do W e Ta, valores abaixo do limite de detecção, portanto, o teste de variância para os mesmos foi invalidado. O Pt, detectado em apenas 34 amostras, apresenta valores próximos ao limite de detecção, logo, teve sua hipótese inicial rejeitada.



Tabela 1 – Teste de variância (Teste-t de Student) para os elementos analisados.

Elementos	$t_{0,95} < 1.725$	Hipótese	Elementos	$t_{0,95} < 1.725$	Hipótese
Mo - ppm	0.523	ACEITA	Ti - %	0.580	ACEITA
Cu - ppm	0.117	ACEITA	B - ppm	0.119	ACEITA
Pb - ppm	0.127	ACEITA	Al - %	1.595	ACEITA
Zn - ppm	0.203	ACEITA	Na - %	0.601	ACEITA
Ag - ppb	0.020	ACEITA	K - %	0.711	ACEITA
Ni - ppm	0.594	ACEITA	Sc - ppm	1.175	ACEITA
Co - ppm	0.033	ACEITA	Tl - ppm	0.973	ACEITA
Mn - ppm	0.488	ACEITA	S - %	0.893	ACEITA
Fe - %	0.908	ACEITA	Hg - ppb	1.012	ACEITA
As - ppm	0.332	ACEITA	Se - ppm	0.542	ACEITA
U - ppm	0.917	ACEITA	Te - ppm	0.316	ACEITA
Au - ppb	0.353	ACEITA	Ga - ppm	1.282	ACEITA
Th - ppm	0.875	ACEITA	Cs - ppm	1.015	ACEITA
Sr - ppm	0.120	ACEITA	Hf - ppm	0.957	ACEITA
Cd - ppm	0.016	ACEITA	Nb - ppm	1.008	ACEITA
Sb - ppm	0.347	ACEITA	Rb - ppm	1.197	ACEITA
Bi - ppm	0.916	ACEITA	Sn - ppm	1.072	ACEITA
V - ppm	0.976	ACEITA	Zr - ppm	1.294	ACEITA
Ca - %	0.285	ACEITA	Y - ppm	0.651	ACEITA
P - %	0.310	ACEITA	Ce - ppm	0.552	ACEITA
La - ppm	0.624	ACEITA	In - ppm	0.809	ACEITA
Cr - ppm	0.193	ACEITA	Re - ppb	0.494	ACEITA
Mg - %	0.381	ACEITA	Be - ppm	0.429	ACEITA
Ba - ppm	1.164	ACEITA	Li - ppm	1.319	ACEITA

### 6.3.1.2 Sumário dos estimadores

Foram selecionados 47 elementos para o tratamento estatístico convencional (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hf, In, Hg, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Th, Ti, Tl, U, V, Y, Zn, Zr), com seus estimadores dispostos na Tabela 2.

Os elementos que mostraram baixo grau de detecção, a saber, Ge, Pd, e Re estão apresentados à parte (Tabela 3). Os elementos W e Ta não apresentaram amostras acima de seus limites de

detecção, enquanto que Pd apresentou apenas 3 amostras acima de seu limite de detecção, portanto, estes não foram listados na Tabela 3. Estes últimos elementos mencionados não serão considerados nos tratamentos estatísticos que exijam correlações de valores.

Ressalta-se que nas Tabelas 2 e 3, na coluna que descreve o grau de detecção, o número total de amostras é de 566, porém, foi apresentado na introdução deste trabalho o número total de amostras de sedimentos de 550. Isto se deve ao fato de algumas amostras possuírem alíquotas A e B, logo, aumenta-se a quantidade de amostras.

Tabela 2 – Sumário estatístico dos elementos selecionados

Elementos	Limite Inf.	Grau Detecção(%)	Abaixo Lim.	Acima Lim.	Mínimo	Máximo	Média Arit.	Média Geom.	Desvio Arit.	Desvio Geom.
Ag – ppb	2	566/566	0	0	5	481	25.90	20.25	33.92	1.78
Al - %	0.01	566/566	0	0	0.19	8	1.74	1.50	1.03	1.72
As – ppm	0.1	566/566	0	0	0.4	982.4	8.39	4.75	45.02	2.10
Au – ppb	0.2	366/566	200	0	0.2	109.1	1.05	0.51	5.99	2.06
B – ppm	1	287/566	279	0	1	5	1.26	1.18	0.56	1.39
Ba – ppm	0.5	566/566	0	0	8.9	247	52.79	48.62	24.25	1.49
Be – ppm	0.1	566/566	0	0	0.1	11	0.62	0.55	0.55	1.60
Bi – ppm	0.02	566/566	0	0	0.02	0.78	0.28	0.26	0.10	1.54
Ca - %	0.01	564/566	2	0	0.01	1.89	0.11	0.07	0.20	2.69
Cd – ppm	0.01	560/566	6	0	0.01	0.39	0.03	0.02	0.02	1.74
Ce – ppm	0.1	566/566	0	0	10.7	175.8	70.91	66.96	22.09	1.44
Co – ppm	0.1	566/566	0	0	0.6	59	9.85	8.09	6.29	1.93
Cr – ppm	0.5	566/566	0	0	2.1	108.1	38.08	34.20	16.82	1.65
Cs – ppm	0.02	566/566	0	0	0.14	8.97	1.87	1.59	1.20	1.75
Cu – ppm	0.01	566/566	0	0	1.53	58.38	21.31	19.68	7.96	1.54
Fe - %	0.01	566/566	0	0	0.18	17.98	3.56	3.21	1.74	1.62
Ga – ppm	0.1	566/566	0	0	0.5	30.8	7.88	6.81	4.44	1.74
Hf – ppm	0.02	563/566	3	0	0.02	1.07	0.22	0.18	0.15	1.93
Hg – ppb	5	554/566	12	0	5	222	23.04	19.88	15.65	1.70
In - ppm	0.02	519/566	47	0	0.02	0.15	0.04	0.03	0.02	1.58
K - %	0.01	566/566	0	0	0.01	0.31	0.08	0.07	0.03	1.53
La – ppm	0.5	566/566	0	0	4.2	76	24.50	22.67	9.26	1.51
Li – ppm	0.1	566/566	0	0	1	25.8	7.34	6.63	3.48	1.58
Mg - %	0.01	566/566	0	0	0.01	0.56	0.05	0.04	0.05	1.77
Mn – ppm	1	566/566	0	0	18	5869	458.63	328.70	491.92	2.20
Mo – ppm	0.01	566/566	0	0	0.04	2.62	0.38	0.33	0.22	1.67
Na - %	0.001	566/566	0	0	0.001	0.068	0.00	0.00	0.00	1.68
Nb – ppm	0.02	566/566	0	0	0.04	1.16	0.21	0.18	0.15	1.71
Ni – ppm	1	566/566	0	0	1	35.8	11.34	10.22	5.17	1.61
P - %	0.001	566/566	0	0	0.003	0.199	0.03	0.03	0.02	1.61
Pb – ppm	0.01	566/566	0	0	1.77	144.52	19.50	17.96	9.67	1.49
Rb – ppm	0.1	566/566	0	0	1.9	33.9	14.03	13.02	5.12	1.51
S - %	0.01	471/566	95	0	0.01	0.44	0.03	0.02	0.03	1.87
Sb – ppm	0.02	566/566	0	0	0.02	3.28	0.58	0.53	0.25	1.58
Sc – ppm	0.1	566/566	0	0	0.3	20.4	4.14	3.58	2.39	1.72
Se – ppm	0.1	464/566	102	0	0.1	0.7	0.18	0.16	0.09	1.60
Sn – ppm	0.1	566/566	0	0	0.1	11.3	1.19	0.96	0.96	1.88
Sr – ppm	0.5	566/566	0	0	0.8	395.1	9.05	6.58	18.62	1.95
Te - ppm	0.02	356/566	210	0	0.02	0.11	0.03	0.03	0.02	1.53
Th – ppm	0.1	566/566	0	0	0.6	26	7.04	6.55	2.69	1.49
Ti - %	0.001	566/566	0	0	0.001	0.061	0.01	0.01	0.00	1.63
Tl – ppm	0.02	566/566	0	0	0.02	1.12	0.16	0.15	0.09	1.56
U – ppm	0.1	566/566	0	0	0.1	5.9	1.33	1.22	0.57	1.57
V – ppm	2	566/566	0	0	2	245	46.94	40.19	28.60	1.77
Y – ppm	0.01	566/566	0	0	0.79	29.5	9.60	8.48	4.43	1.72
Zn – ppm	0.1	566/566	0	0	2.4	116	29.51	26.91	12.94	1.56
Zr – ppm	0.1	566/566	0	0	0.5	35.6	10.19	8.54	6.02	1.87

Tabela 3 – Sumário estatístico dos elementos não selecionados

Elementos	Limite Inf.	Grau Detecção(%)	Abaixo Lim.	Acima Lim.	Mínimo	Máximo	Média Arit.	Média Geom.	Desvio Arit.	Desvio Geom.
Ge - ppm	0.1	57/566	509	0	0.1	0.1	0.10	0.10	0.00	1.00
Pt - ppb	2	34/566	532	0	2	6	2.15	2.09	0.70	1.22
Re - ppb	1	82/566	484	0	1	2	1.01	1.01	0.11	1.08

### 6.3.1.3 ANOMALIAS GEOQUÍMICAS

Para a seleção de anomalias, foram estimados os valores limiares (Tabela 4) de todos os elementos selecionados para o tratamento estatístico convencional a partir

do produto da média geométrica (MG) e o quadrado do desvio geométrico (DG), o qual representa o limite superior do *background* regional e que define amostras anômalas, ou seja, maiores que o valor limiar.

$$\text{Valor Limiar} = \text{MG} \times (\text{DG})^2$$

Tabela 4 – Valores limiares para os elementos selecionados.

Elementos	Limiar	Elementos	Limiar	Elementos	Limiar	Elementos	Limiar
Ag – ppb	64.33	Cr – ppm	93.27	Mn – ppm	1586.15	Sn – ppm	3.40
Al - %	4.43	Cs – ppm	4.88	Mo – ppm	0.92	Sr – ppm	25.07
As – ppm	21.05	Cu – ppm	46.96	Na - %	0.01	Te - ppm	0.07
Au – ppb	2.18	Fe - %	8.40	Nb – ppm	0.54	Th – ppm	14.56
B – ppm	2.27	Ga – ppm	20.70	Ni – ppm	26.54	Ti - %	0.02
Ba – ppm	107.57	Hf – ppm	0.66	P - %	0.08	Tl – ppm	0.36
Be – ppm	1.41	Hg – ppb	57.17	Pb – ppm	40.10	U – ppm	3.01
Bi – ppm	0.62	In - ppm	0.08	Rb – ppm	29.56	V – ppm	125.89
Ca - %	0.48	K - %	0.17	S - %	0.08	Y – ppm	24.98
Cd – ppm	0.07	La – ppm	51.76	Sb – ppm	1.31	Zn – ppm	65.50
Ce – ppm	138.64	Li – ppm	16.64	Sc – ppm	10.65	Zr – ppm	29.74
Co – ppm	30.17	Mg - %	0.13	Se – ppm	0.41		

Dentre os elementos escolhidos, foi feita uma outra seleção a partir da expectativa metalogenética para os objetos geológicos mapeados na área, os quais são mostrados no item 6.3.5. A Tabela 5 apresenta as amostras que apresentaram anomalias geoquímicas dentre os elementos selecionados.

Este tipo de critério para a seleção de anomalias geoquímicas não é o ideal, pois o aconselhável seria selecionar os valores limiares, elemento por elemento, dependendo do tipo da distribuição do elemento (se normal ou não). Entretanto, este método foi aplicado por ser mais prático pela grande quantidade de elementos selecionados.

Tabela 5 – Principais anomalias geoquímicas presentes na área em estudo.

AMOSTRA	UTM E	UTM N	ANOMALIAS	AMOSTRA	UTM E	UTM N	ANOMALIAS
CAD636	598650	7846100	Mo,Ag,P,Sc,Se	CAD624	567200	7855350	Mo
CAE181	578350	7867550	Mo	CAD636	598650	7846100	Mo,Ag,P,Sc,Se
CAG231	630300	7860500	Zn,Ni	CAD639	601550	7842900	Zn,Ag,P,Hg,Se
CAG292	633600	7871700	Nb	CAD640	604800	7844000	Zn,Ag,P,Hg
JV0006	480457	7864489	Zn	CAD643	602000	7850000	Ag,P,Hg

CPRM - Programa Geologia do Brasil

JV0011	484110	7859577	Pb	CAD646	606200	7854350	Ag
JV0012	488095	7849588	Mo,Fe	CAD705	610100	7874000	Li
JV0017	487730	7851186	Fe	CAD716	608000	7856200	Zn,Ag,Ni,Fe,Au, Sb,S,Hg
JV0025A	473036	7855103	Cu	CAD719	602700	7853800	V,P,Sc,Be,Li
JV0025A	473036	7855103	Cu	CAE169	590150	7844600	Ag,Hg,Se
JV0025B	473036	7855103	Cu	CAE172	594200	7843300	Ag,Sc
JV0027	474916	7859213	Pb,Co,Ce	CAE175	596350	7852400	Pb,Zn,Ag,V,P,Sc,Sn
JV0028	458959	7846329	Pb,Co,Ce	CAE181	578350	7867550	Mo
JV0039	493966	7862810	Cu,Zn	CAE196	614000	7834400	Sc
JV0048	515596	7861433	Ag,Be	CAE201	618900	7831950	Ni
JV0049	518856	7858715	Ag	CAE203	619200	7833800	Hg
JV0051	527557	7847739	Sc	CAE211	621950	7831100	Hg
JV0052	526471	7853152	Ag,U,Be,Li	CAE212	618350	7824800	Mo,Sb,V,Cr,Sc, Hg, Se
JV0053	526246	7853151	Sc	CAE213	624300	7825100	Zn,Ag,Ni,Fe,Au, Sb,S,Hg
JV0057	502141	7846962	Cr	CAE216	610900	7821500	Hg
JV0058	503782	7864089	Li	CAE218	608500	7825850	Zn,P
JV0062	515650	7855243	Ag,P,Be,Li	CAE605	631500	7848300	Nb
JV0064	514065	7853132	Ag,V,P,Ce,Be,Li	CAE610	638000	7852600	Nb
JV0071	524157	7856415	Mo,Ag,Fe,V,Sc	CAE656	621000	7856900	Li
JV0075	535384	7860892	Mo,Bi,V,Sc,Nb,Sn	CAE770	623600	7894100	Nb
JV0078	544755	7855937	P,S,Nb	CAG154	597400	7885900	Au
JV0083	488864	7843168	Mo,V	CAG165	599000	7893800	Zn
JV0085A	467629	7834472	Mo,Bi,V,Cr,Sc,Sn	CAG167	598600	7874700	Au
JV0085A	467629	7834472	Mo,Bi,V,Sc,Sn	CAG194	566500	7866000	Hg
JV0085B	467629	7834472	Mo,Bi,V,Cr,Sc,Sn	CAG200	556300	7876000	S,Nb,Sn

JV0087	473611	7830465	Pb,Hg	CAG212	630400	7835100	Hg
JV0089	466672	7831498	Fe	CAG229	627200	7858500	Be
JV0093	495882	7841623	Fe,P,S,Se	CAG231	630300	7860500	Ni
JV0103	477326	7838559	U	CAG236	640600	7856000	Nb
MA0013	478045	7875383	Cu,Pb,Co,Ce	CAG249	635200	7863200	Nb
MA0017	479296	7896450	Co	VG0043	452060	7886900	Fe,P
MA0045B	520129	7896345	Au	VG0050	527450	7896050	Cu
MA0058	512778	7873174	S	VG0052	546600	7882100	U,Li
MA0060	515396	7874454	Li	VG0056	550500	7881200	Fe
MA0062	506174	7871233	Be	VG0090	506113	7884609	Fe,Se

MA0088	470494	7836101	Mo,Pb,Cr	VG0095	457200	7829600	U,La
VG0005A	456295	7846945	Au	VG0096	447986	7795337	U,Bi,Nb,Sn
VG0026	454950	7870330	V	VG0097	448260	7798224	Nb,Sn
VG0031	461950	7870750	Au	VG0098	451461	7802525	U,Nb
VG0032	453250	7879890	Fe	VG0100	457352	7804982	Pb,Ag, Sc,Sn,Li
VG0035A	457950	7882550	La	VG0101	452066	7807412	Ag,U,Sn
VG0035B	457950	7882550	La	VG0103	457991	7809026	Ag,Fe,U,Sc, Sn, Li
VG0109	449359	7823217	Sn	CAG252	639000	7863500	Nb
VG0110	453063	7822480	Mo,V,Nb	CAG254	635500	7868200	Nb
VG0113	454452	7826360	Nb,Sn	CAG265	631800	7869700	Zn,Ni
VG0114	463242	7821033	Mo,Pb,V,Sn	CAG280	616400	7878000	Li
VG0116	463755	7820343	Pb,Ag,U,P	CAG288	612300	7877000	Ag,Be,Li
VG0118	453257	7833155	Pb,Ag,P,La,Ce,Be	CAG289	633750	7878450	Ni
CAD576	579650	7859600	Be	CAG292	633600	7871700	Nb
CAD604	589600	7852800	Mo	CAG294	637200	7871700	Nb
CAD608	568400	7852700	Ni,Li	CAG295	636800	7878700	Nb
CAD609	573700	7845100	Zn,Ag,P,Hg,Li	CAG313	608600	7889100	Li
CAD617	558500	7855450	P,La,Li	CAG315	606100	7891000	Sn
CAG337	629500	7890900	Nb				

Continuação da Tabela 5.

### 6.3.2 CONCENTRADOS DE BATEIA

As Tabelas 6 e 7 apresentam respectivamente a legenda das siglas dos minerais presentes na Tabela 7 e os destaques mineralógicos da região em estudo. É válido ressaltar que as amostragens de concentrados de bateia foram realizadas somente na parte oeste da área. Os minerais de ferro, a saber, magnetita, hematita, ilmenita e limonita, apesar de abundantes, foram descartados por não possuírem significância regional. Logo, foram descartadas duas amostras que apresentavam somente tais minerais de ferro.

A região em estudo não possui grande destaque de minerais-minérios em sua geologia, apresentando somente lavras de ardósia para comércio como rocha ornamental e de calcário como insumo para a agricultura e industrial. Entretanto, as drenagens amostradas recebem águas provindas do embasamento cristalino (Bacias dos rios das

Velhas, Paraopeba e Pará, nas folhas Contagem e parte das folhas Belo Horizonte e Bom Despacho). Estas, então, podem contribuir com a mineralogia da região do Quadrilátero Ferrífero, onde as drenagens cortam principalmente os Supergrupos Rio das Velhas e Minas, além dos Complexos Belo Horizonte e Divinópolis.

Os resultados mostram pequena porcentagem para quase todos os minerais reconhecidos na análise mineralométrica, indicando que mesmo que as drenagens cortem as regiões mais mineralizadas, ainda assim, não apresentam destaques significativos. Tem-se, então, como destaque o ouro, aparecendo, porém, em três amostras, e a turmalina, com presença na grande maioria das amostras. Esta, entretanto, apresentando pequena porcentagem nos concentrados de bateia. Logo, deduz-se que estes minerais podem ser provenientes do Quadrilátero Ferrífero e do embasamento cristalino.

Tabela 6 – Legenda dos minerais citados na Tabela 7

<i>Legenda para os valores nos parênteses (porcentagem na amostra)</i>			
<i>Nome do mineral = &lt; 1%</i>	<i>(3) = 1 - 5%</i>	<i>(15) = 5 - 25%</i>	
<i>Legenda para os minerais</i>			
an - Anatásio	ci - Cianita	grd - Granada	tur - Turmalina
anf - Anfibólio	epn - Espinélio	moz - Monazita	zr - Zircão
apt - Apatita	ept - Epidoto	py - Pirita	
Au - Ouro	est - Estauroлита	ru - Rutilo	

Tabela 7 – Destaques mineralógicos da área amostrada

<i>Amostra</i>	<i>UTM E</i>	<i>UTM N</i>	<i>Minerais-Destaque</i>	<i>Demais Minerais</i>
JVB01	484564	7865696		zr,an(3)
JVB02	484227	7865712		zr,an
JVB16	493149	7858018		ru,zr,an
JVB33	470515	7868495	tur	ru,zr,an,ci,est(15)
JVB39	493966	7862810	Au	ru,zr,an,est,ept
JVB60	512533	7858076		zr,an
JVB61	513003	7855846	Au,tur	ru,zr,an,est
JVB66	514962	7847787	Au,tur	ru(3),zr,an
JVB67	518651	7845409	tur	ru(3),moz,zr(3),gr,anf,ept(3),epn
JVB76	533166	7860473	tur	anf,ept(3)
JVB79	540076	7874483	tur	ru,moz,zr,an,anf,ci,est,ept
JVB86	471519	7831569	tur	ru,moz,zr,an,gr,est,ept
JVB90	467700	7826199	tur	ru,moz,zr,an,est,ept
JVB103	477326	7838559	tur	ru,moz,zr,anf,ept
MAB13	478045	7875383	tur	ru,zr,ci,est(3)
MAB26	490100	7881630	tur	ru,zr,an,ci,est(3)
MAB27	488190	7879700	tur	ru,zr,an,anf,ci,est(3)
MAB28	489895	7894474	tur	ru,zr,an,est(3)
MAB51	517848	7875698		zr
MAB52	515981	7875594	tur	ru,zr
MAB69	510223	7890821	tur	zr,an,ci,est
MAB76	513030	7882860	tur	zr,an
MAB81	501736	7869827	tur	ru,zr,an
VGB05	456295	7846945	tur	ru,zr
VGB11	460575	7853195		zr
VGB16	457400	7861300	tur	ru,zr
VGB25	463500	7860050	tur	ru,zr,an,ci,est
VGB49	530350	7887002	tur(3)	ru,moz,zr,an,ci,est(3)
VGB67	546030	7887650		zr,an
VGB79	546950	7896150		py
VGB80	536600	7891200	tur	ru,cr,zr,an,py,anf,ci,est,ept
VGB104	453302	7842992	tur	zr,py,anf,est,ept
VGB106	451341	7833365	tur	ru,zr,an
VGB107	457095	7834188		ru,zr

### 6.3.3 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS GEOQUÍMICOS

Para a interpretação dos dados geoquímicos, foram utilizadas as análises estatísticas de *correlação* e de *agrupamentos* (Figuras 6.2, 6.3 e 6.4), além de mapas de distribuição de elementos, os quais serão mais bem explicitados no Item 6.3.5. Outra informação pertinente à interpretação dos dados é o *clima* que, por sua vez, influencia o tipo de *dispersão* dos sedimentos nas drenagens. A região em questão,

caracterizada geomorfologicamente pela depressão sanfranciscana, possui clima tropical de savanas (cerrados), com estação seca de outono inverno e o período úmido se estendendo de outubro a março, onde a pluviosidade atinge níveis acima de 1300 mm e a umidade relativa se aproxima de 75% (Heineck *et al.*, 1977). Portanto, a predominância de um clima úmido condiciona a dispersão hidromórfica na região, ou seja, o intemperismo químico será preponderante sobre as fases minerais das litologias.

Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Tb	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba		
Mo	1.00																								
Cu	0.35	1.00																							
Pb	0.25	0.48	1.00																						
Zn	0.21	0.53	0.36	1.00																					
Ag	0.20	0.25	0.35	0.34	1.00																				
Ni	0.17	0.39	0.29	0.78	0.24	1.00																			
Co	0.06	0.50	0.34	0.52	0.08	0.52	1.00																		
Mn	0.11	0.24	0.18	0.28	0.10	0.22	0.46	1.00																	
Fe	0.61	0.43	0.31	0.30	0.11	0.21	0.20	0.27	1.00																
As	0.10	0.19	0.10	0.21	0.16	0.23	0.06	0.19	0.23	1.00															
U	0.43	0.41	0.48	0.14	0.25	0.09	0.05	0.03	0.39	0.05	1.00														
Au	0.03	0.17	0.08	0.15	0.13	0.17	0.06	0.13	0.15	0.94	0.04	1.00													
Tb	0.49	0.39	0.38	0.11	0.07	0.22	-0.01	0.04	0.46	0.70	0.00	0.00	1.00												
Sr	0.10	0.07	0.11	0.35	0.55	0.18	0.04	0.12	0.06	0.07	-0.04	0.02	-0.03	1.00											
Cd	0.24	0.23	0.21	0.51	0.63	0.25	0.18	0.27	0.26	0.19	0.13	0.13	0.13	0.73	1.00										
Sb	0.60	0.43	0.38	0.35	0.11	0.46	0.19	0.15	0.56	0.46	0.28	0.33	0.34	0.08	0.18	1.00									
Bi	0.64	0.56	0.53	0.31	0.19	0.31	0.16	0.12	0.58	0.08	0.63	0.04	0.67	0.06	0.18	0.63	1.00								
V	0.69	0.46	0.38	0.13	0.40	0.10	-0.05	0.04	0.53	-0.01	0.54	0.08	0.54	0.08	0.19	0.52	0.72	1.00							
Ca	0.07	0.03	0.03	0.36	0.38	0.21	0.03	0.24	0.14	0.23	-0.09	0.17	-0.01	0.51	0.54	0.11	0.03	0.05	1.00						
P	0.30	0.31	0.29	0.57	0.63	0.26	0.07	0.18	0.37	0.09	0.22	0.02	0.15	0.31	0.58	0.19	0.28	0.40	0.48	1.00					
La	-0.09	0.40	0.18	0.23	-0.01	0.24	0.30	0.13	0.09	-0.04	0.17	0.00	0.08	-0.04	0.63	0.19	-0.12	-0.04	0.08	1.00					
Cr	0.61	0.41	0.42	0.36	0.22	0.31	0.11	-0.02	0.52	0.11	0.40	0.05	0.44	0.07	0.12	0.71	0.68	0.71	0.64	0.23	-0.05	1.00			
Mg	0.06	0.15	0.03	0.63	0.01	0.60	0.33	0.15	0.03	0.32	-0.12	0.29	-0.07	0.07	0.18	0.18	0.01	-0.17	0.24	0.16	0.07	0.09	1.00		
Ba	0.17	0.34	0.50	0.46	0.45	0.39	0.48	0.57	0.18	0.09	0.15	0.04	0.07	0.43	0.53	0.17	0.18	0.08	0.27	0.38	0.12	0.10	0.14	1.00	
Ti	0.25	-0.07	0.03	0.03	0.08	0.08	-0.04	0.01	0.13	0.08	0.03	0.03	0.19	0.05	0.08	0.22	0.15	0.30	0.05	0.04	-0.30	0.23	0.06	-0.01	1.00
Al	-0.11	-0.15	-0.10	0.07	-0.06	0.13	0.06	0.07	-0.13	0.00	-0.24	0.01	-0.19	0.03	-0.03	-0.08	-0.22	-0.22	0.01	-0.07	-0.14	0.15	0.05	0.05	1.00
K	0.60	0.28	0.33	0.09	0.31	0.03	-0.16	-0.05	0.52	0.02	0.62	0.67	0.03	0.67	0.05	0.16	0.41	0.74	0.37	0.04	0.39	-0.12	0.05	0.05	1.00
K	-0.07	0.05	-0.06	0.27	-0.08	0.50	0.09	-0.02	-0.01	-0.04	-0.14	-0.05	-0.08	0.02	-0.07	0.08	0.05	-0.11	0.05	0.01	0.31	0.61	-0.12	0.05	1.00
Sc	0.65	0.32	0.35	0.17	0.35	0.13	-0.11	0.01	0.57	0.06	0.53	-0.01	0.56	0.16	0.26	0.46	0.70	0.22	0.15	0.44	0.62	-0.14	0.16	0.16	1.00
Ti	0.39	0.28	0.51	0.39	0.61	0.23	0.06	0.18	0.34	0.09	0.45	0.38	0.40	0.31	0.26	0.46	0.52	0.32	0.32	0.66	-0.04	0.33	0.01	0.52	1.00
S	0.26	0.28	0.15	0.24	0.29	0.14	-0.03	0.22	0.46	0.74	0.26	0.68	0.25	0.13	0.35	0.37	0.28	0.39	0.34	0.41	-0.02	0.17	0.17	0.13	1.00
Hg	0.38	0.22	0.25	0.36	0.45	0.24	0.01	0.23	0.30	0.22	0.20	0.14	0.21	0.38	0.46	0.33	0.31	0.38	0.37	0.54	-0.02	0.27	0.05	0.37	1.00
Se	0.39	0.31	0.21	0.26	0.27	0.17	0.04	0.19	0.40	0.11	0.25	0.04	0.23	0.23	0.26	0.33	0.37	0.40	0.30	0.44	0.10	0.29	-0.02	0.27	1.00
Te	0.48	0.34	0.36	0.22	0.18	0.11	0.15	0.16	0.37	0.23	0.25	0.21	0.29	0.17	0.26	0.49	0.46	0.42	0.17	0.23	-0.08	0.49	0.03	0.20	1.00
Ga	0.67	0.34	0.39	0.14	0.33	0.08	-0.14	-0.03	0.57	0.03	0.66	-0.02	0.72	0.09	0.22	0.47	0.80	0.90	0.97	0.42	-0.09	0.66	-0.16	0.08	1.00
Cs	0.48	0.26	0.37	0.12	0.42	0.06	-0.14	-0.03	0.41	0.00	0.58	-0.03	0.57	0.08	0.21	0.29	0.63	0.76	0.88	0.41	-0.16	0.51	-0.13	0.13	1.00
Hf	0.44	0.02	0.16	0.05	0.01	0.18	-0.10	-0.15	0.36	0.00	0.34	-0.06	0.31	0.01	0.04	0.41	0.50	0.51	-0.01	0.63	-0.10	0.50	0.03	-0.10	1.00
Nb	0.23	0.02	0.06	0.07	0.15	0.03	-0.18	-0.06	0.22	0.01	0.33	-0.03	0.31	0.06	0.16	0.11	0.30	0.34	0.06	0.30	-0.10	0.12	-0.08	-0.05	1.00
Rb	0.15	0.23	0.10	0.12	0.05	0.25	-0.06	0.00	0.23	-0.04	0.20	-0.04	0.22	0.01	-0.04	0.22	0.35	0.28	0.02	0.16	0.24	0.33	0.04	0.11	1.00
Sm	0.51	0.22	0.31	0.06	0.27	-0.03	-0.19	-0.02	0.39	0.03	0.60	-0.01	0.62	0.09	0.20	0.30	0.60	0.63	0.88	0.36	-0.18	0.47	-0.20	0.04	1.00
Zr	0.46	0.44	0.44	0.31	0.29	0.12	0.18	0.36	0.20	0.10	0.33	-0.04	0.31	0.01	0.04	0.47	0.51	0.49	0.00	0.19	-0.11	0.54	0.08	-0.07	1.00
Y	-0.04	0.44	0.31	0.29	0.12	0.18	0.36	0.20	0.10	-0.01	0.27	0.01	0.06	0.12	0.20	0.05	0.24	-0.08	0.10	0.78	-0.03	0.04	0.04	0.28	1.00
Ce	0.32	0.52	0.50	0.20	0.12	0.29	0.28	0.07	-0.03	0.54	-0.03	0.45	-0.10	-0.01	0.38	0.59	0.39	-0.12	0.16	0.57	0.66	-0.04	0.20	0.20	1.00
In	0.65	0.34	0.39	0.18	0.35	0.09	-0.10	0.01	0.53	0.08	0.61	0.03	0.65	0.13	0.27	0.49	0.74	0.87	0.11	0.43	-0.11	0.63	-0.14	0.13	1.00
Be	0.03	0.27	0.22	0.26	0.63	0.31	0.18	0.01	0.04	0.00	0.22	0.00	0.02	0.05	0.11	0.03	0.17	0.31	0.62	0.21	0.15	0.06	0.20	0.20	1.00
Li	0.14	0.29	0.24	0.41	0.39	0.49	0.21	0.00	0.15	0.01	0.32	0.00	0.25	0.14	0.21	0.14	0.32	0.32	0.14	0.33	0.10	0.33	0.30	0.29	1.00

Figura 6.2 – Matriz de correlação dos elementos analisados

Ti	B	Al	K	Sc	Ti	S	Hg	Se	Te	Ga	Cs	Hf	Nb	Rb	Sn	Zr	Y	Ce	In	Be	Li	
1.00																						
0.21	1.00																					
0.27	-0.22	1.00																				
0.02	0.22	0.02	1.00																			
0.28	-0.21	0.88	-0.04	1.00																		
0.04	-0.12	0.57	0.05	0.61	1.00																	
0.07	-0.07	0.33	-0.12	0.33	0.29	1.00																
0.05	-0.06	0.34	0.01	0.46	0.54	0.41	1.00															
0.03	-0.04	0.31	0.00	0.42	0.41	0.33	0.44	1.00														
0.17	-0.04	0.28	-0.18	0.37	0.25	0.24	0.31	0.29	1.00													
0.24	-0.24	0.96	-0.06	0.91	0.59	0.35	0.40	0.39	0.38	1.00												
0.18	-0.19	0.86	-0.09	0.79	0.71	0.31	0.39	0.31	0.25	0.85	1.00											
0.35	-0.04	0.59	0.20	0.51	0.23	0.06	0.04	0.03	0.13	0.56	0.41	1.00										
0.39	0.02	0.44	0.08	0.37	0.22	0.31	0.25	0.18	0.10	0.43	0.35	0.28	1.00									
-0.10	-0.10	0.42	0.62	0.34	0.37	0.07	0.12	0.21	-0.03	0.34	0.35	0.24	0.12	1.00								
0.19	-0.20	0.78	-0.17	0.70	0.48	0.33	0.36	0.28	0.29	0.82	0.71	0.40	0.41	0.18	1.00							
0.35	-0.04	0.56	0.24	0.50	0.23	0.05	0.07	0.04	0.16	0.53	0.38	0.96	0.25	0.28	0.36	1.00						
-0.29	-0.12	-0.10	0.13	-0.06	0.14	0.02	0.06	0.15	0.07	-0.05	-0.11	-0.12	-0.13	0.13	-0.10	-0.11	1.00					
-0.05	-0.19	0.39	0.16	0.33	0.21	0.09	0.06	0.20	0.19	0.41	0.27	0.27	0.14	0.44	0.25	0.27	0.48	1.00				
0.23	-0.22	0.87	-0.13	0.90	0.61	0.36	0.47	0.42	0.43	0.93	0.82	0.59	0.37	0.26	0.75	0.48	-0.04	0.35	1.00			
-0.09	-0.06	0.22	0.09	0.15	0.31	0.08	0.17	0.11	-0.03	0.19	0.29	-0.04	0.05	0.20	0.10	-0.06	0.17	0.27	0.17	1.00		
-0.06	-0.12	0.46	0.39	0.36	0.49	0.15	0.27	0.14	0.00	0.37	0.53	0.22	0.07	0.57	0.23	0.25	0.10	0.32	0.33	0.49	1.00	

Continuação da Figura 6.2



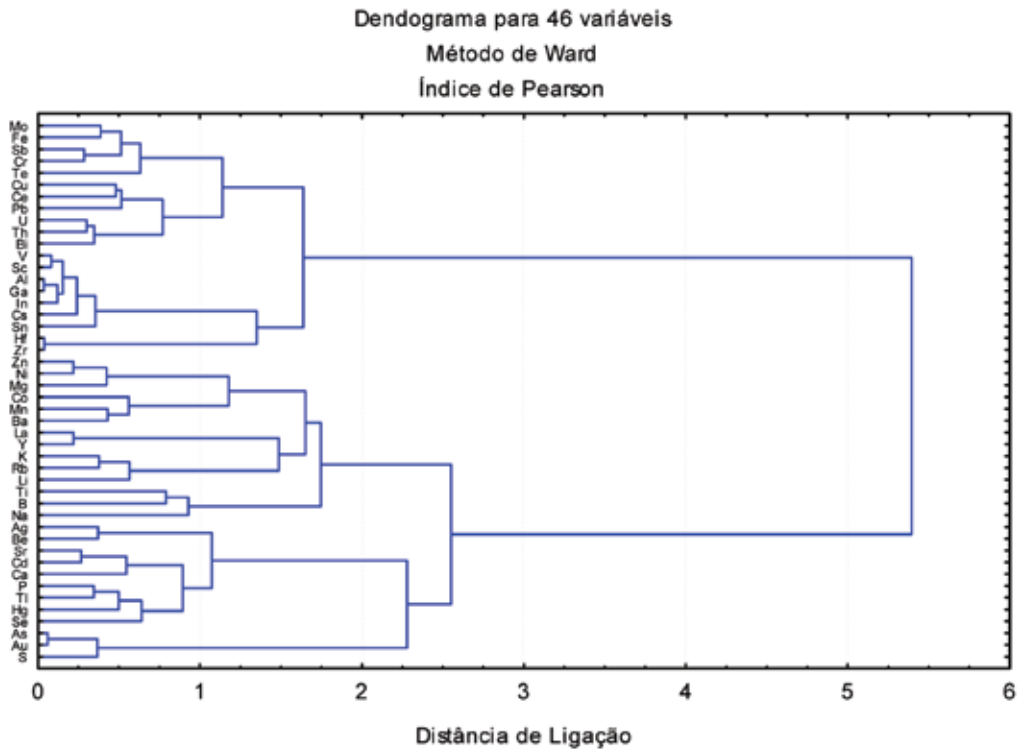


Figura 6.3 – Dendograma com 46 variáveis

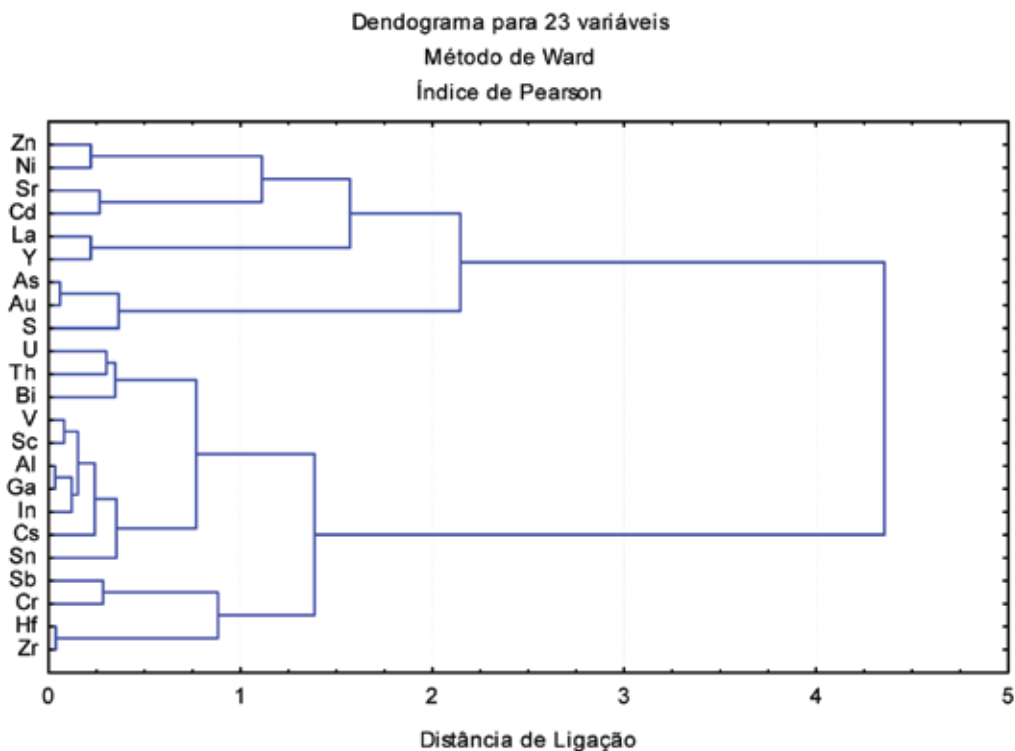


Figura 6.4 – Dendograma com 23 variáveis

### 6.3.4 ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS (CLUSTER ANALYSIS)

Aplicando-se a análise de agrupamentos, foi possível discriminar os elementos em grupos, corroborando e melhor especificando as relações entre os elementos

antes retratadas na análise de correlação, já que esta usa o índice de Pearson. Foram elaborados dois dendrogramas com os principais elementos analisados que apresentavam índices de correlações significativos com outros em dois patamares: aqueles que possuem correlações acima de 0,50 e acima de 0,70. O primeiro grupo foi formado por 46 elementos (Mo, Fe, Sb, Cr,

Te, Hf, Zr, U, Th, Bi, V, Sc, Al, Ga, Cs, Sn, Cu, Ce, Pb, La, Y, In, Zn, Ni, Mg, Co, Mn, Ba, Ti, B, Na, K, Rb, Li, Ag, Be, Sr, Cd, Ca, P, Tl, Hg, Se, As, Au e S) e apresentado no dendograma da Figura 6.3. O segundo grupo, obtido do primeiro, foi formado por 23 elementos (Au, As, S, Al, Ga, Bi, V, Sc, Cs, Sn, In, Cr, Th, U, Ni, Zn, Mg, La, Y, Hf, Zr, Sr e Cd), apresentado na Figura 6.4. Logo, os destaques encontrados na análise de correlação serão as mesmas encontradas nesta análise, porém, com maior detalhamento. Para uma análise mais direta das principais associações (> 0,70), o dendograma da Figura 6.4 será o único aqui descrito.

A geologia da área em questão é composta basicamente por rochas siliciclásticas e carbonáticas do Grupo Bambuí, pertencente à bacia do São Francisco, sobrepostas ao arcabouço arqueano, representado pelos Complexos Belo Horizonte e Divinópolis. Utilizando-se do método de amalgamação de Ward, o qual discrimina os clusters em dois grandes grupos, é possível perceber a separação de elementos pertencentes aos dois litotipos predominantes na região. Um dos grandes grupos apresenta os elementos U, Th, Bi, V, Sc, Al, Ga, In, Sb, Sn, Cs, Cr, Hf e Zr, e pode ser interpretado como representante da fácies siliciclástica. Já o grande grupo composto por Zn, Ni, Sr, Cd, La, Y, Au, As e S, possivelmente representa a fácies carbonática. Porém, percebe-se que a grande maioria dos metais presentes no dendograma não são característicos da geologia do Grupo Bambuí, sendo, então, relacionados com o transporte destes pelas drenagens oriundas do Quadrilátero Ferrífero e Complexos Belo Horizonte e Divinópolis, principalmente drenagens relacionadas aos rios das Velhas e Pará.

No primeiro grande grupo supracitado, o Al representa os argilominerais, os quais adsorvem metais (no caso, Ga, Bi, V, Sc, Sn, Cs e In) em sua extensa superfície de contato. Contudo, o Al mostra associação mais íntima com Ga, o qual pode substituir isomorficamente o primeiro nos octaédros presentes nas argilas (Yariv & Cross, 1979; Faure, 1998; Krauskopf, 1995). Este mesmo grande grupo possui associações entre elementos que possuem raios iônicos semelhantes. Este caso é apresentado para as associações Hf-Zr, Cr-Sb e Th-U-Bi (Carvalho, 1995). Estas associações também refletem a influência da geologia do embasamento sobre a geoquímica dos sedimentos de corrente, pois não são característicos da composição mineralógica dos sedimentos do Grupo Bambuí.

O segundo grande grupo tem como principal destaque a associação Au-As-S, a qual também mostra a influência das mineralizações de Au em depósitos sulfetados do Quadrilátero Ferrífero, em especial as mineralizações arqueanas do grupo Nova Lima. O caráter alóctone da maioria dos elementos presentes no dendograma também pode ser dito em

relação à associação Zn-Ni. Entretanto, as associações La-Y e Cd-Sr podem estar associados aos sedimentos carbonáticos, justamente pela semelhança entre os raios iônicos destes elementos com Ca e Mg. Concentrações apreciáveis de elementos terras-raras são encontrados em carbonatos e Cd e Sr podem substituir Ca e Mg na estrutura dos minerais calcita e dolomita (Henderson, 1984; Rollinson, 1993; Krauskopf, 1995).

### 6.3.5 MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO

As Figuras 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8 mostram 4 cartogramas com mapas de distribuição de 40 elementos significativos para a interpretação geoquímica, porém, serão aqui comentados apenas os elementos destacados nas análises estatísticas, os quais representam as principais associações geoquímicas na área em questão.

A associação do Al com os metais Ga, Bi, V, Sc, Sn, Cs e In reflete, como antes comentado, a adsorção destes por argilominerais, além de indicar o tipo de dispersão hidromórfica dos sedimentos nas drenagens, que por sua vez revela o clima da região. Anomalias de Al e os metais mencionados ocorrem principalmente em drenagens a sudoeste da Folha Bom Despacho, parte central da Folha Pompeu e sudeste da Folha Sete Lagoas. A origem desta associação pode estar ligada aos complexos Gnáissico-Migmatítico de Belo Horizonte (A3bh) ou Divinópolis (A3d). Um fato interessante para esta associação seria que as mesmas anomalias se localizam em litologias calcárias (Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa – NP2sls), já que os elementos dessa associação são característicos de sedimentos siliciclásticos.

A associação Hf-Zr pode representar tanto a influência dos Complexos Belo Horizonte/Divinópolis, sobre as drenagens nas Folhas Bom Despacho e Sete Lagoas, quanto em drenagens sobre as coberturas detrito-lateríticas (Ndl) e, subordinadamente, sobre os sedimentos siliciclásticos da Formação Santa Helena (NP2sh) nas Folhas Sete Lagoas e Baldim.

A associação Sb-Cr pode estar relacionada aos diques máficos encontrados por todo embasamento, principalmente para as anomalias de Cr, com ocorrências evidenciadas em drenagens associadas às rochas do embasamento nas Folhas Bom Despacho, Pompéu e Belo Horizonte. Entretanto, a anomalia desta associação na Folha Belo Horizonte pode indicar, também, além da presença de diques máficos, contaminação por diversos meios.

A exemplo da associação entre Al e outros metais, a associação Th-U-Bi também parece estar associada ao embasamento gnáissico-migmatítico (A3bh, A3d),

mostrando anomalias de Th e Bi nas Folhas Bom Despacho, Pompéu e Sete Lagoas, enquanto que para U é encontrada somente uma estação anômala a sudoeste da Folha Bom Despacho. Fato curioso é a coincidência das anomalias de Th com a ocorrência de sedimentos recentes (Ndl), o que corrobora a proveniência de material do embasamento gnáissico-migmatítico.

A associação Au-As-S possui anomalias relacionadas ao Rio das Velhas, onde os pontos anômalos recebem drenagens da Formação Serra de Santa Helena (NP2sh). Contudo, a origem mais provável para esta associação está no Grupo Caraça, mais precisamente nos depósitos de auríferos da Formação Moeda (Grupo Caraça – PP1mc), e no grupo Nova Lima (A3ru – Supergrupo Rio das Velhas), o qual possui os principais depósitos. Tais litotipos são cortados pelo rio das Velhas, mostrando mais uma evidência da influência geoquímica do Quadrilátero Ferrífero sobre as litologias do Grupo Bambuí.

A distribuição da associação Sr-Cd na área em estudo confirma sua ligação à litologias carbonáticas da Bacia Bambuí, mostrando anomalias em drenagens associadas ao Membro Lagoa Santa (NP2sls – Formação Sete Lagoas), que abrange as Folhas Belo Horizonte, Contagem, Sete Lagoas e Baldim, e Formação Lagoa do Jacaré (NP2lj), a norte da Folha Baldim.

O mesmo pode ser dito para a associação La-Y, onde esta pode estar ligada ao Membro Pedro Leopoldo (NP2spl – Formação Sete Lagoas), apresentando uma estação anômala na Folha Sete Lagoas. Outra estação anômala é verificada na Folha Bom Despacho, a qual não parece estar em associação com litologias carbonáticas. Entretanto, é importante ressaltar que para certas áreas é preciso maior detalhamento por parte do mapeamento geológico e, portanto, far-se-ia melhor inferência da anomalia com litologias.

A associação Zn-Ni, como a maioria dos metais presentes na área em estudo, parecer origem alóctone em relação à geologia da Bacia Bambuí. Anomalias desta associação se encontram mais evidenciadas nas Folhas Belo Horizonte, Baldim, Contagem e Sete Lagoas. Anomalias de Zn aparecem em drenagens associadas ao Complexo Belo Horizonte (Folhas Contagem e Belo Horizonte) e sobre o Membro Lagoa Santa (Folhas Belo Horizonte e Contagem). Já as anomalias de Ni se encontram em drenagens ligadas às litologias do Supergrupo Espinhaço, mais especificamente às soleiras e diques máficos (NP1δ, região centro-norte da Folha Baldim), e junto ao canal principal do rio das Velhas, a norte da Folha Belo Horizonte. Não se pode descartar, ainda, a possibilidade de contaminação atrelada a anomalias desta associação, verificadas nas Folhas Belo Horizonte e Contagem, pois tais elementos também estão associados a resíduos sólidos na indústria siderúrgica nos municípios de Sete lagoas e Vespasiano (Oliveira & Martins, 2003).

Além das associações destacadas, há ainda a constatação de anomalias de Ag, Pb, Nb, Cu e Sn a sudoeste da folha Bom Despacho, as quais, possivelmente, estão relacionadas a processos de contaminação, principalmente a atividades industriais de siderurgia (ferro gusa), na região de Bom Despacho e cidades circunvizinhas. Tal atividade pode produzir rejeitos de composição variada, dependendo da matéria prima. Em vários casos, é utilizado material sucateado, o qual pode conter teores significativos de metais pesados. Na região, principalmente em zonas rurais, costuma-se utilizar este rejeito de alto forno como cascalho para estradas sem capeamento, apoiando, mais uma vez, a hipótese de contaminação, a exemplo da região de Sete Lagoas. A extensa dispersão de Cu nas folhas Pompéu e Abaeté pode estar relacionada à atividade agrícola na região (utilização de fungicidas tais como calda bordalesa).

Outro fato curioso é a anomalia de P, também na região de Sete Lagoas e Vespasiano. Este é sempre relacionado à contaminação por efluentes domésticos e agrícolas. Os altos teores encontrados para sedimentos (atingindo  $10.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) pode estar relacionado à alta densidade populacional da região. Todavia, amostras de rochas carbonáticas coletadas em cabeceiras de pequenos rios da região (área com baixa população), mostraram presença de fosfato (Ribeiro *et al.*, 1991), assim como a água subterrânea apresentou valores 52 vezes acima do permitido ( $4,20 \text{ mg.L}^{-1}$  – Beato, 1996). Logo, tal anomalia pode ser relacionada com fontes difusas, ou seja, tanto a contaminação como a própria ocorrência natural.

Ao analisar as figuras nos cartogramas, percebe-se que as anomalias geoquímicas mais significativas se encontram no contato entre o embasamento (Complexo Belo Horizonte - A3bh e Divinópolis – A3d) e bacia (litologias do grupo Bambuí e sedimentos quaternários). Tal fato se deve às diferenças litológicas que, por conseguinte, levam a diferenças físico-químicas encontradas no ambiente fluvial regional. Devido à passagem dos elementos, em especial os metais, antes dissolvidos em ambiente aquoso com pH variando de levemente ácido a neutro (rochas de composição granitóide – Drever, 1982; Carvalho, 1995) para um ambiente de pH predominantemente alcalino (predominância de litologias carbonáticas), processos geoquímicos de precipitação, co-precipitação, adsorção e coagulação (anteriormente citados no subitem 6.3.1.4) se tornam atuantes. Estes eventos no ambiente aquoso funcionam como “trapas” ou “armadilhas” para os metais, fazendo com que sejam depositados junto ao sedimento logo em que estas diferenças físico-químicas sejam atingidas (Baird, 1998; Faure, 1998), o que parece acontecer com a associação do Al com os metais Ga, Bi, V, Sc, Sn, Cs e In.

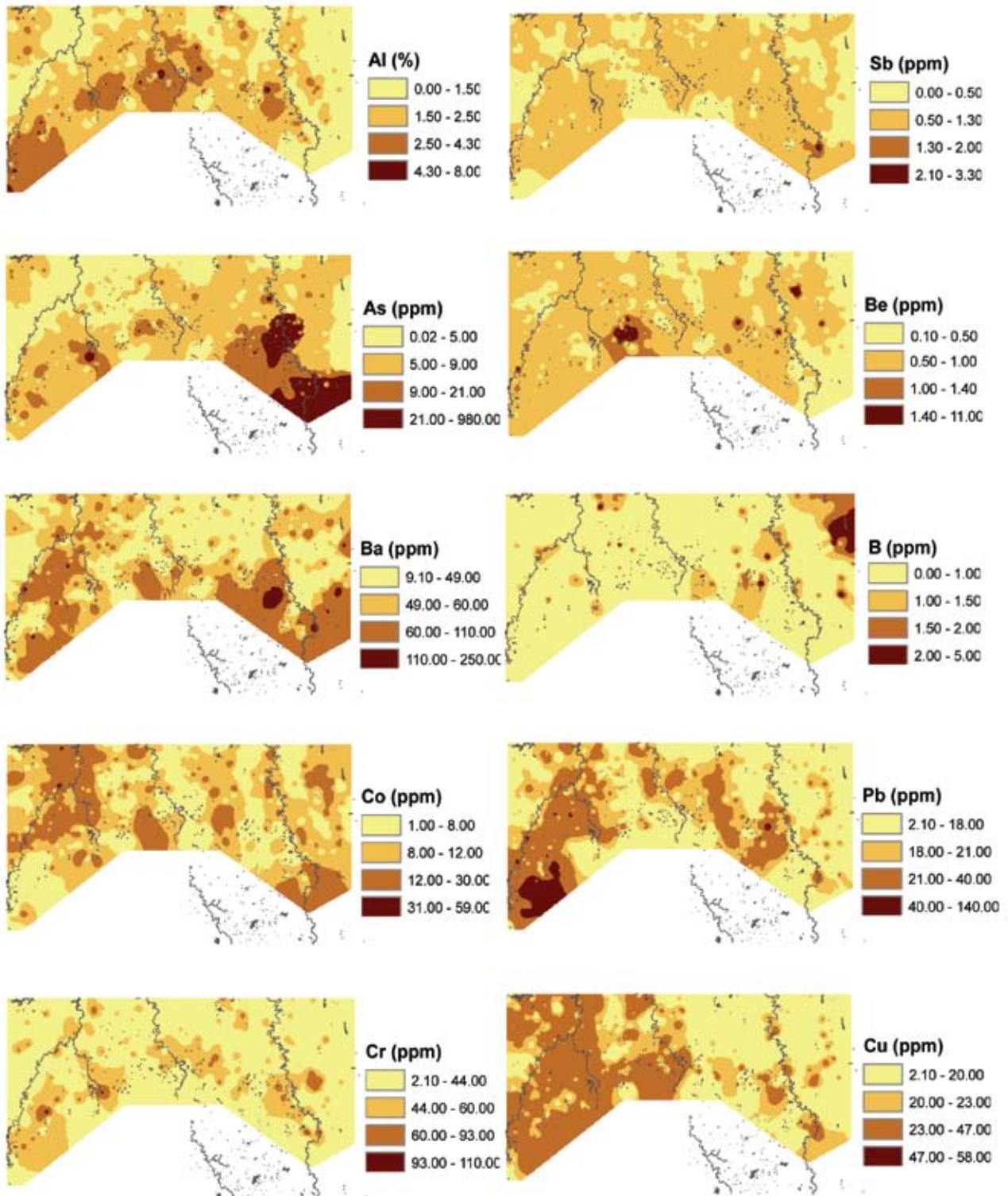


Figura 6.5 – Mapas de distribuição de Al, Sb, As, Be, Ba, B, Co, Pb, Cr e Cu.

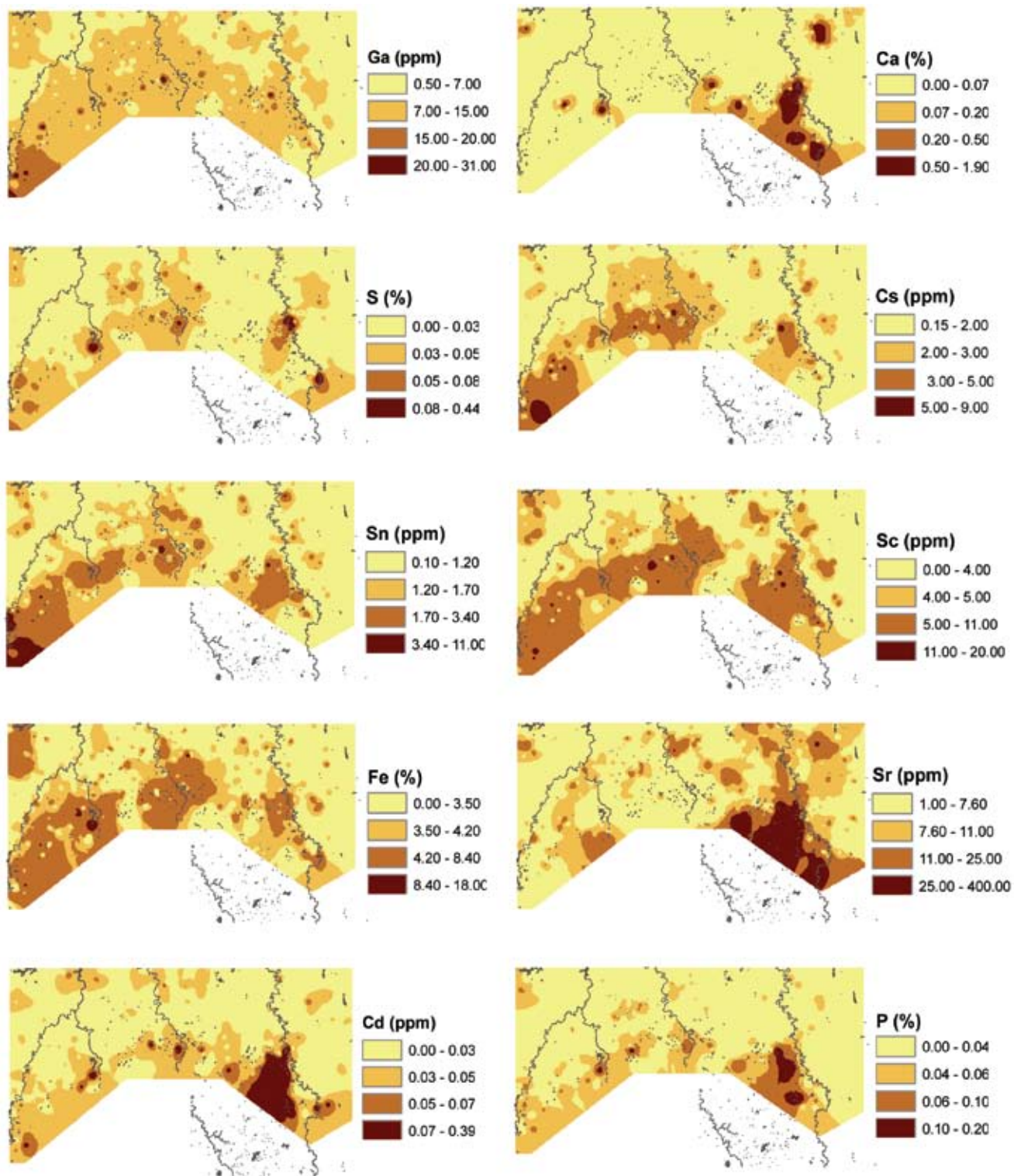


Figura 6.6 – Mapas de distribuição de Ga, Ca, S, Cs, Sn, Sc, Fe, Sr, Cd e P.

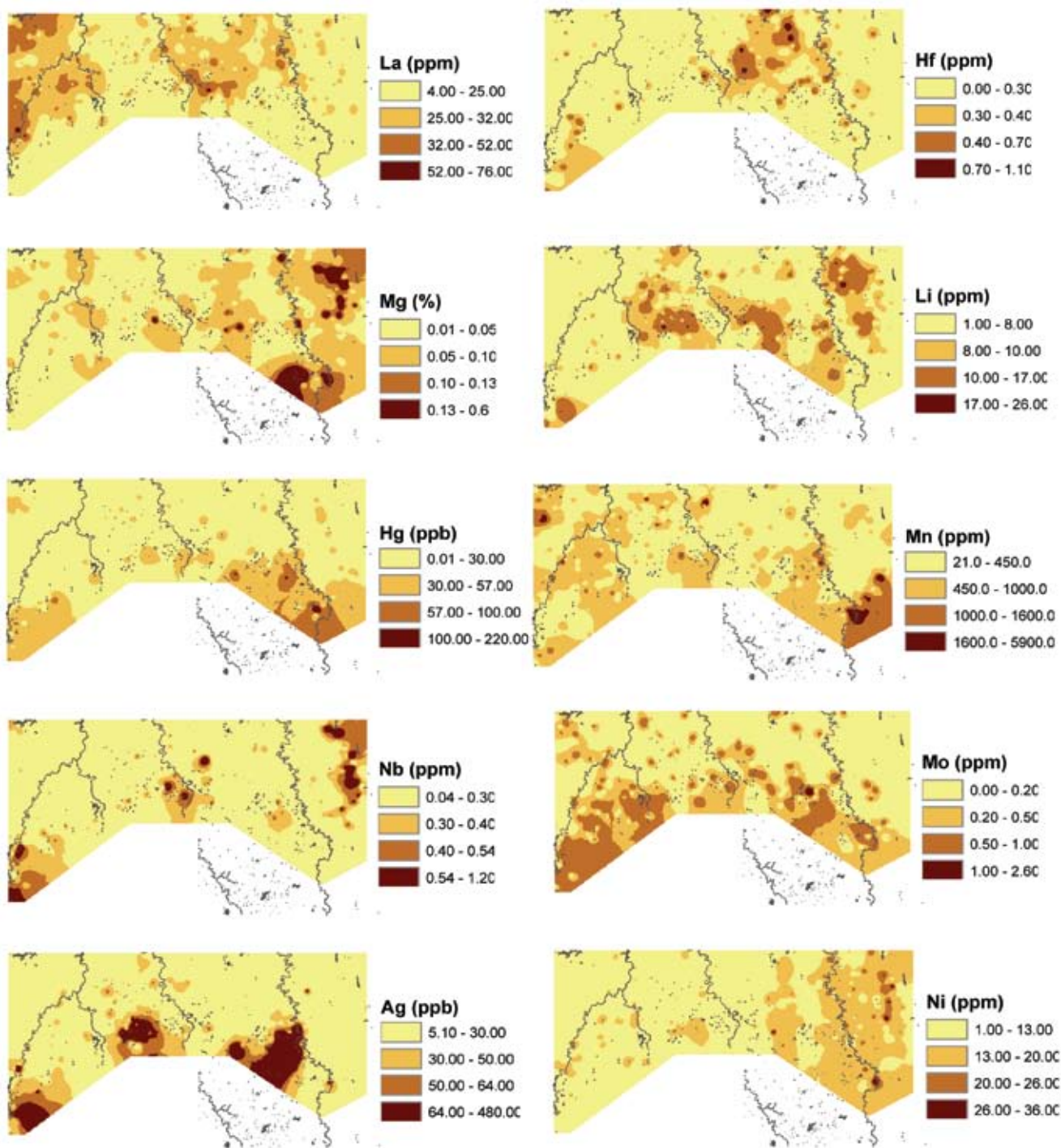


Figura 6.7 – Mapas de distribuição de La, Hf, Mg, Li, Hg, Mn, Nb, Mo, Ag e Ni.

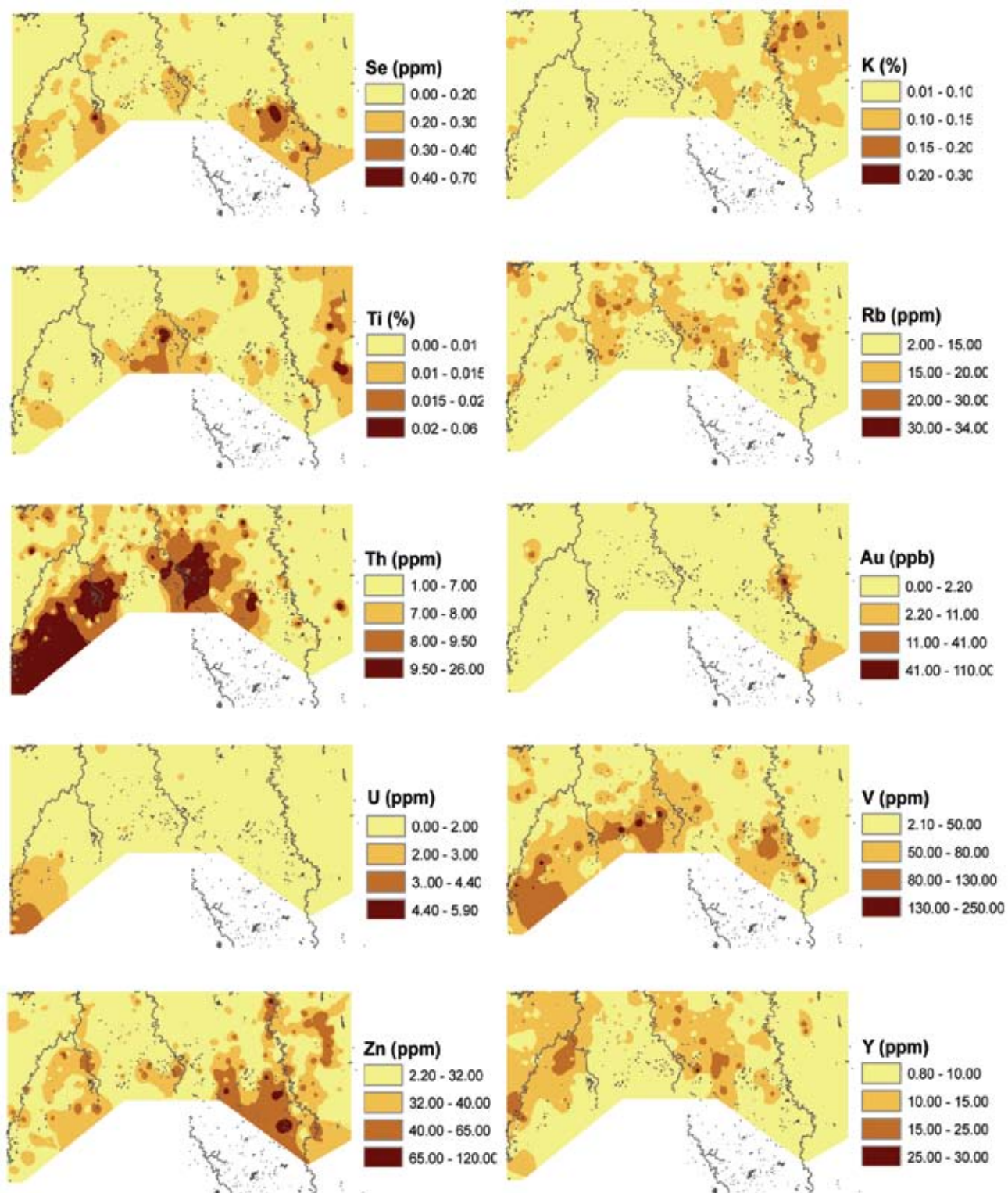


Figura 6.8 – Mapas de distribuição de Se, K, Ti, Rb, Th, Au, U, V, Zn e Y.





# 7 - GEOFÍSICA

## 7.1 INTRODUÇÃO

A área do projeto é coberta integralmente apenas pelo aerolevanteamento CGBA (Convênio Geofísico Brasil-Alemanha) executado no início da década de 70 e parcialmente coberta pelos levantamentos mais recentes denominados Área 7 (voador em 2006 através de convênio entre CPRM - Serviço Geológico do Brasil - e a Companhia de Desenvolvimento

Econômico de Minas Gerais - CODEMIG) e Área 2 (realizada em 2000 pela CODEMIG) cujo parâmetros técnicos são apresentados na tabela 7.1. A figura 7.1 mostra a área de abrangência de cada levantamento no âmbito da área interpretada, onde CGBA cobre toda a área apresentada na figura superpondo-se aos outros levantamentos.

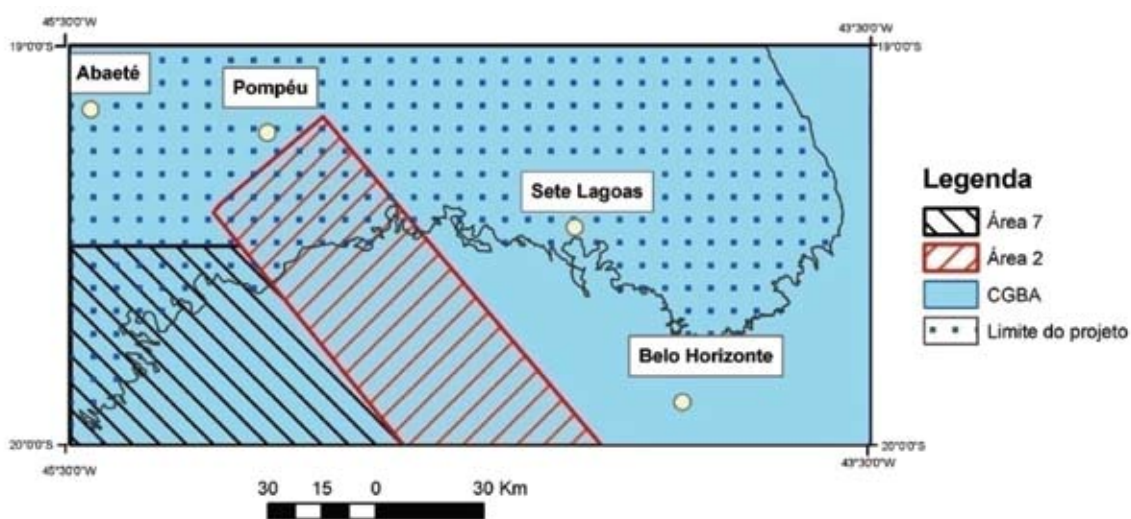


Figura 7.1- Áreas com cobertura dos aerolevanteamentos na região do Projeto Sete Lagoas – Abaeté.

Levantamentos Aerogeofísicos	Época	Espaçamento	Espaçamento	Altura de Vão sob Terreno	Amostragem	Amostragem	Navegação
		Linha de Vão	Linha Controle		Magnetom.	Gama-Espect.	
Convênio Brasil-Alemanha	1971/72	2000m	20.000m	200 a 600m	1seg. ~ 75m Campo Total		Doppler
COMIG - Área 2 : Pitangui - São João Del Rei - Ipatinga	2000	250m	2.500m	100m	0,1seg. ~ 8m Campo Total	1seg. ~ 78m CT, K, Th, U	GPS
MME-CPRM-CODEMIG: Área 7: Patos de Minas-Araxá-Divinópolis	2006	400m	8000m	100m	0,1seg. ~ 8m Campo Total	1seg. ~ 78m CT, K, Th, U	GPS

Tabela 7.1 – Parâmetros técnicos dos aerolevanteamentos utilizados no projeto.

## 7.2 MÉTODO

A interpretação qualitativa dos dados foi feita utilizando-se imagens geofísicas de gama-espectrometria dos canais Contagem Total, Potássio, Urânio e Tório nas áreas disponíveis e, no caso da magnetometria, as imagens de Campo Total, Sinal Analítico e Derivada Vertical processadas a partir do Campo Total medido. Devido à heterogeneidade na resolução espacial entre os levantamentos, em decorrência das diferentes tecnologias utilizadas na aquisição dos dados geofísicos, a interpretação realizada permitiu destacar de maneira mais detalhada as feições existentes nas áreas cobertas por geofísica de alta resolução comparativamente às áreas onde apenas existia o levantamento mais antigo do Convênio Brasil-Alemanha. Este inconveniente foi considerado aceitável dada à contribuição importante que os levantamentos mais modernos propiciam, revelando, com mais fidelidade, as estruturas geológicas mascaradas pela cobertura sedimentar e permitindo, assim, uma maior contribuição ao conhecimento do substrato onde repousam as rochas sedimentares mapeadas.

## 7.3 MAGNETOMETRIA

A comparação dos levantamentos magnetométricos com a cartografia geológica gerada no projeto mostrou que a cobertura sedimentar Neoproterozóica, alvo principal do mapeamento (apresentada a sua extensão na figura 7.1), não apresenta reflexos das feições magnéticas do embasamento cristalino mostradas pelos dados geofísicos. Ao sul, onde o embasamento cristalino aflora, estas feições geofísicas se mostram principalmente associadas aos enxames de diques de diabásio, à presença de corpos de rochas máficas e ultramáficas e às formações ferríferas arqueanas da seqüência metavulcânica-sedimentar e metaígneas do Grupo Nova Lima e à Formação Cauê, Grupo Itabira, Supergrupo Minas (Romano, 2007; Heineck *et al.*, 2004). Apesar de haver evidência de relevos magnéticos diferenciados mostrando a existência de domínios

passíveis de delimitação em blocos, baseados nas texturas perceptíveis em determinadas áreas nas imagens geofísicas analisadas, esta abordagem não foi adotada em função da inconsistência que isto geraria devido às diferenças de resolução entre os levantamentos utilizados neste relatório. Entretanto, nas feições magnéticas lineares, essa inconsistência se mostrou menos evidente e, portanto, tolerável. De qualquer forma ressalta-se que possíveis diferenças litológicas explicariam as diferenças de relevo magnético nessas áreas observáveis principalmente na região coberta pelo aerolevante da Área 7. Outras categorias de feições magnéticas foram então utilizadas para expressar a contribuição da magnetometria ao entendimento das feições e características geológicas e estruturais desse terreno:

- as feições magnéticas lineares ou simplesmente **lineamentos magnéticos**, geralmente associáveis às falhas, diques e fraturas;
- as **zonas magneticamente anômalas** ou **anomalias magnéticas isoladas** correlacionáveis aos corpos intrusivos, *plugs*, lentes e camadas de rochas que apresentem contraste entre a sua susceptibilidade magnética e a das rochas encaixantes. As zonas anômalas seriam determinadas por associações de anomalias formando geometrias mais complexas e ocupando maiores extensões. Geralmente ocorrem na área relacionadas à presença de rochas máficas, ultramáficas e às formações ferríferas incluindo a ocorrência de magnetititos.

O mapa contendo essas estruturas interpretadas é apresentado na figura 7.2a. As imagens geofísicas utilizadas neste relatório são apresentadas como anexos. A título de exemplo apresentamos nas figuras 7.2b e 7.2c os mapas geofísicos da Derivada Vertical do Campo Magnético Terrestre Total dos levantamentos ora discutidos. Nesses mapas que foram utilizados na interpretação se pode constatar a diferença de resolução devido às características já citadas das duas gerações de tecnologia utilizadas na sua execução. Fica clara a qualidade superior mostrada nos levantamentos geofísicos mais recentes (figura 7.2c).

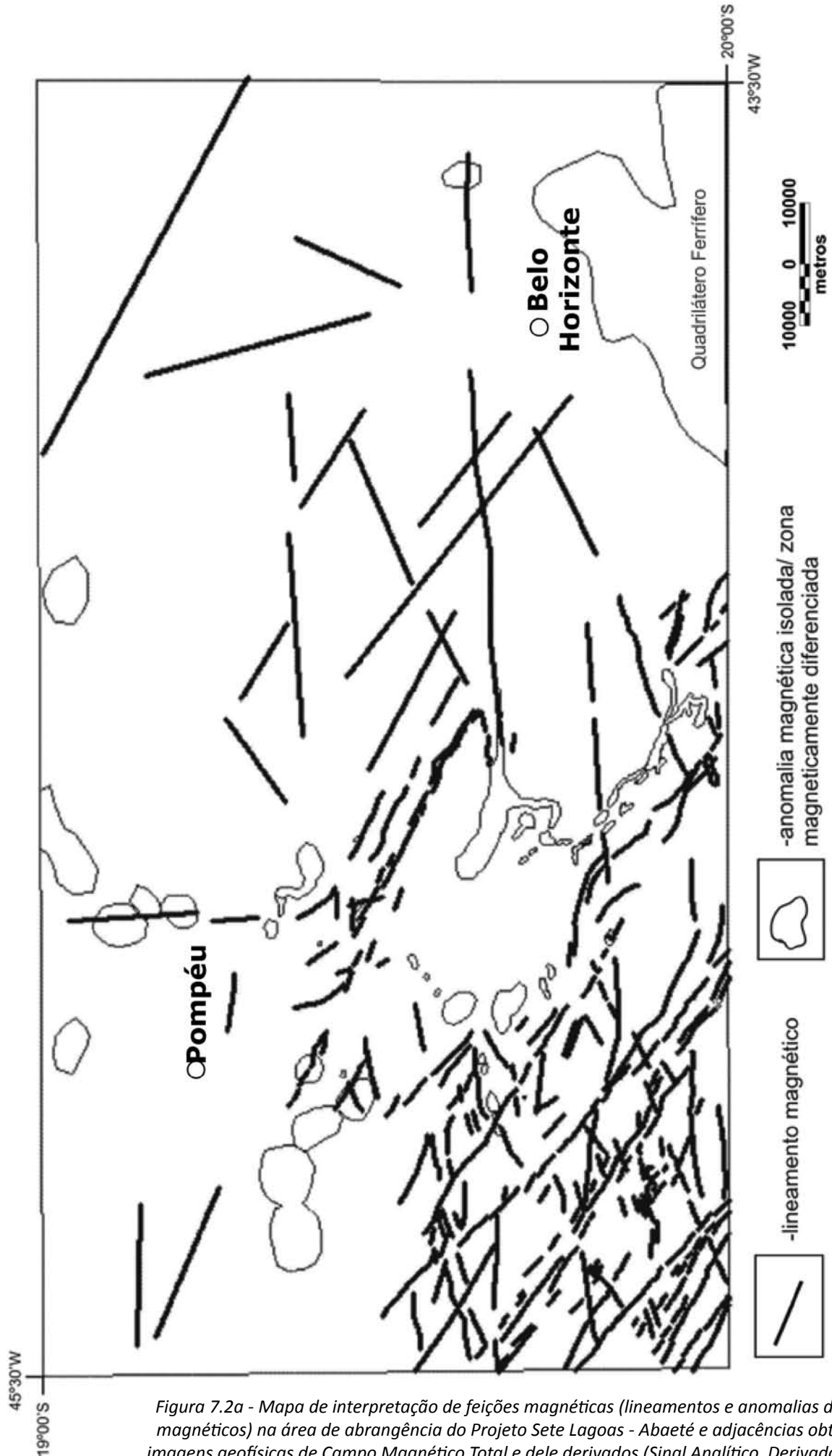


Figura 7.2a - Mapa de interpretação de feições magnéticas (lineamentos e anomalias de corpos magnéticos) na área de abrangência do Projeto Sete Lagoas - Abaeté e adjacências obtidas nas imagens geofísicas de Campo Magnético Total e dele derivados (Sinal Analítico, Derivada Vertical)

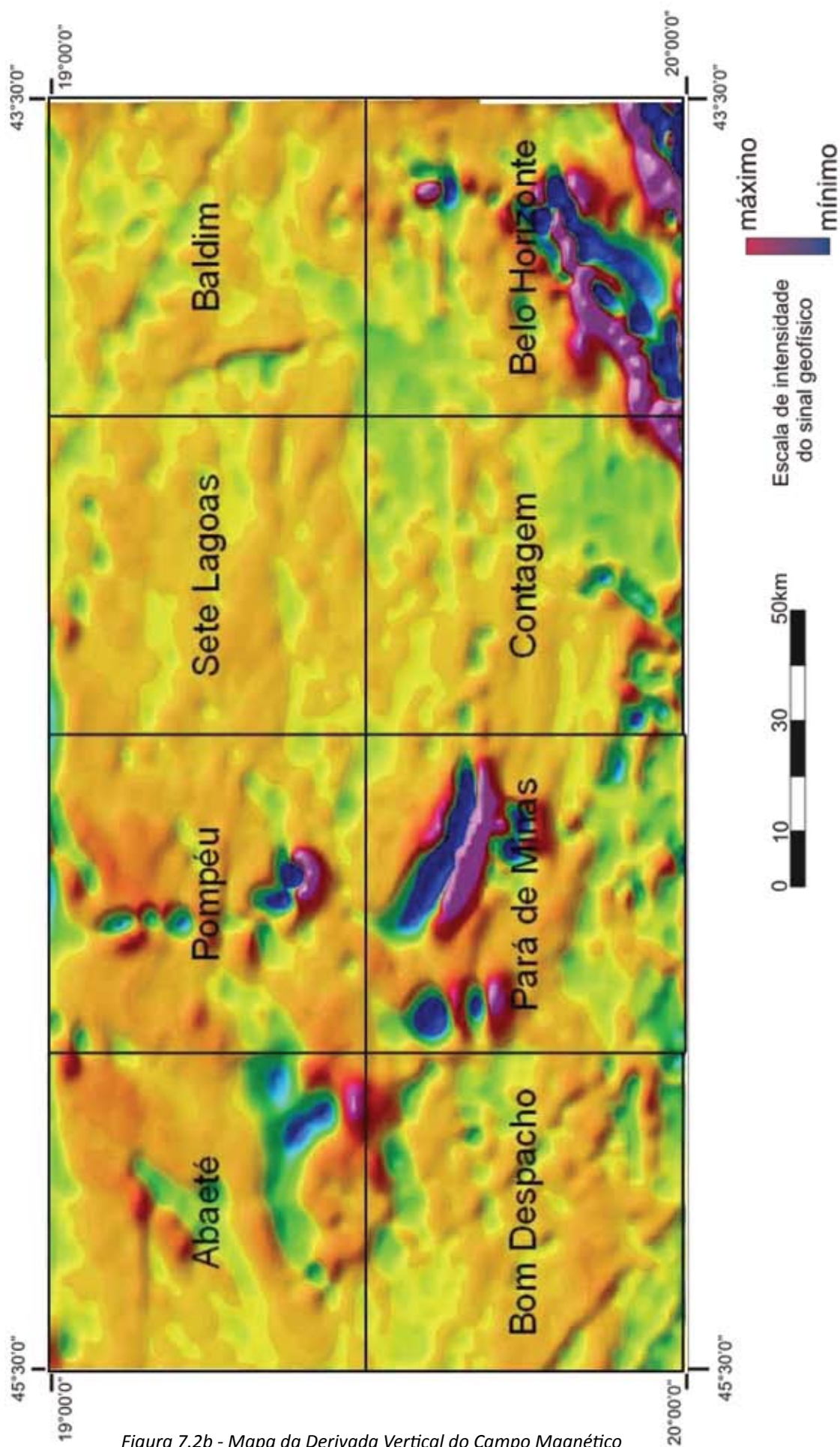


Figura 7.2b - Mapa da Derivada Vertical do Campo Magnético Total na região do Projeto Sete Lagoas-Abaeté (CGBA)

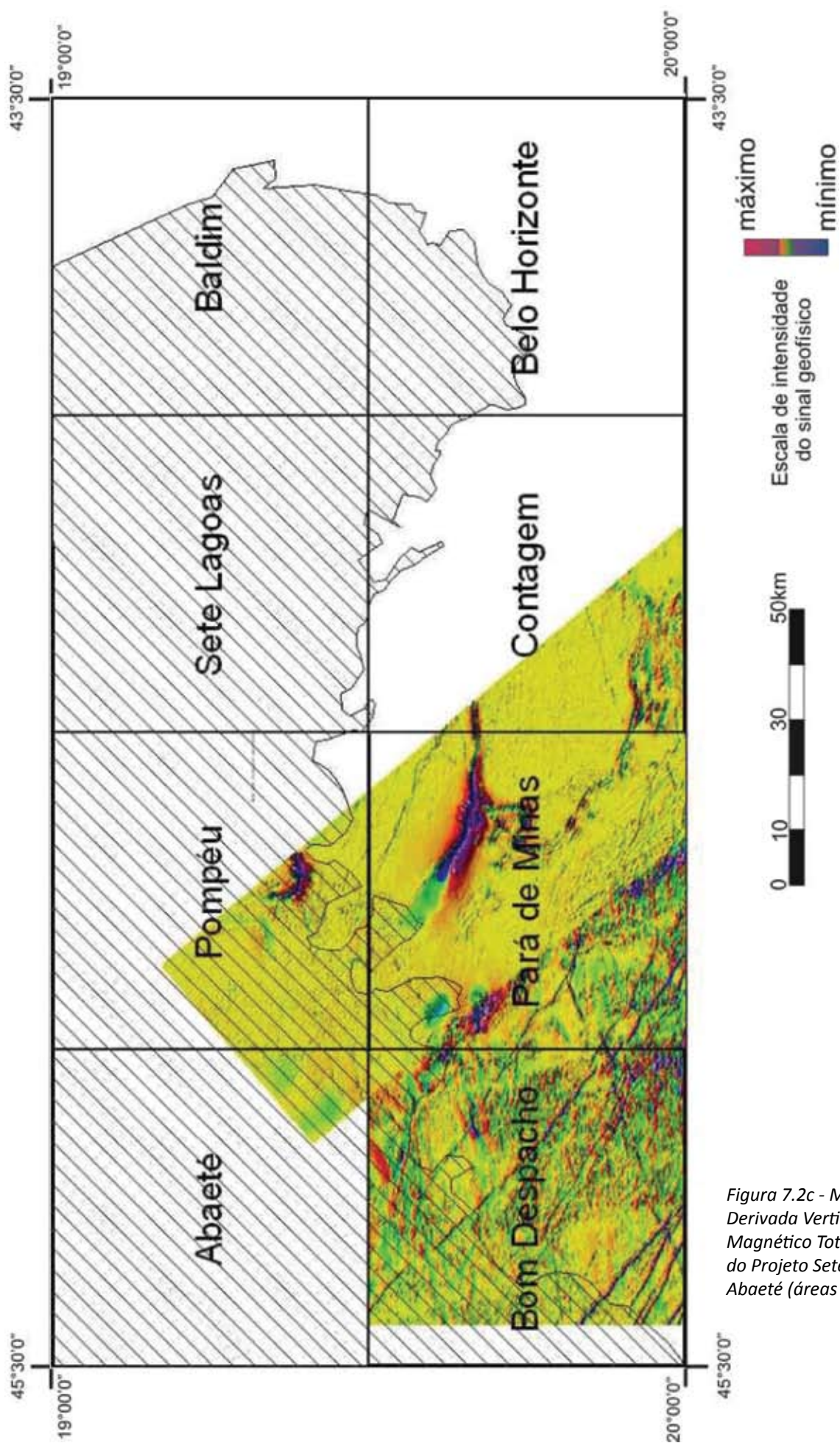


Figura 7.2c - Mapa da Derivada Vertical do Campo Magnético Total na região do Projeto Sete Lagoas-Abeté (áreas 2 e 7)

## Lineamentos Magnéticos

As feições lineares observadas nas imagens magnetométricas se apresentam basicamente divididas em três famílias principais segundo a sua direção conforme mostra o diagrama de rosetas apresentado na figura 7.3.

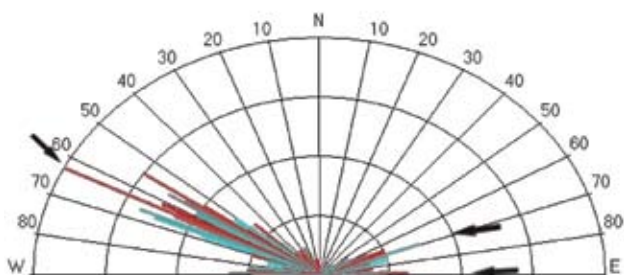


Figura 7.3- Diagrama de rosetas, frequência absoluta das direções dos lineamentos magnéticos.

### Família N65°W

Essa população é predominante na área estudada (figura 7.2a). Corresponde a uma família de lineamentos magnéticos produzidos por fraturas geralmente preenchidas por diques de diabásio. Suas direções variam de N45°W a N70°W. Estas feições estão correlacionadas no levantamento aeromagnético dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo (CGBA, 1971/1972) aos lineamentos regionais de centenas de quilômetros que representam estruturas de dimensão crustal. Os mesmos se manifestam na área como enxames de diques nessa mesma direção. Nos locais onde foi possível observar as anomalias dos diques magnéticos constatou-se que a sua polarização é normal relativamente ao campo geomagnético terrestre atual. Estes lineamentos magnéticos apresentam-se geralmente truncados por outra família de lineamentos com direção N70°E apresentando pequenos rejeitos segundo essa mesma direção (Fig. 7.4). Os segmentos sem truncamento apresentam comprimento médio aproximado de 5 a 6 quilômetros. O conjunto desses segmentos alinhados por vezes compõe grandes estruturas que cortam a área.

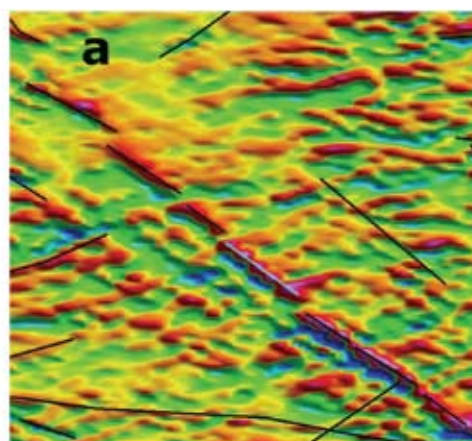
### Família N70°E

Essa população é menos conspícua e em geral não apresenta intrusão de diques. A sua interferência com a família de lineamentos N65°W mostra que essa geração de estruturas sofreu algum deslocamento caracterizando-se possivelmente como traços de

planos de falha magneticamente diferenciados. O sentido da movimentação na área em estudo é aparentemente dextral embora apresentando variações que evidenciam modificações locais no regime de esforço.

### Família E-W

São pouco evidenciadas nos mapas de Campo Total aparecendo, entretanto, melhor ressaltadas nas imagens de Sinal Analítico. Nessas imagens apresentam-se como lineamentos de grande persistência (>100km). Parecem em geral truncados pelas fraturas N65°W sugerindo uma ordem na sucessão de eventos.



MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DO PROJETO SETE LAGOAS - ABAETÉ

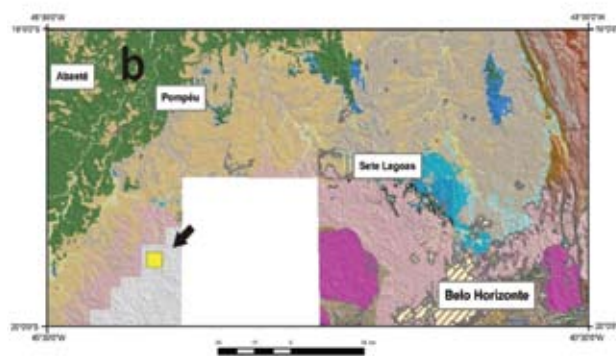


Figura 7.4 - Imagem da primeira derivada do campo magnético terrestre (a) mostrando um lineamento magnético pertencente à família N65°W truncado e deslocado segundo a direção N70°E (centro da imagem 45° 08' 33,87"W, 19° 47' 11,25"S). (b) O retângulo amarelo indica a localização aproximada da imagem.

### Anomalias de corpos magnéticos

Apresentam-se na forma de anomalias isoladas e/ou zonas anômalas. Foram assinaladas no mapa interpretativo (figura 7.2a) e estão associadas na região às formações ferríferas ou a corpos de

rochas máficas/ultramáficas arqueanas do Grupo Nova Lima. Na região das folhas Pompéu e norte da folha Bom Despacho já sob os sedimentos neoproterozóicos do Grupo Bambuí há anomalias de bom porte provavelmente evidenciando a ocorrência de corpos máficos-ultramáficos de dimensões quilométricas a decaquilométricas, encaixados nas rochas do embasamento pré-sedimentação Bambuí,

semelhantes aos que ocorrem mais ao sul em áreas expostas do embasamento. A figura 7.5 mostra a distribuição dessas anomalias e a delimitação sugerida dos corpos anômalos.

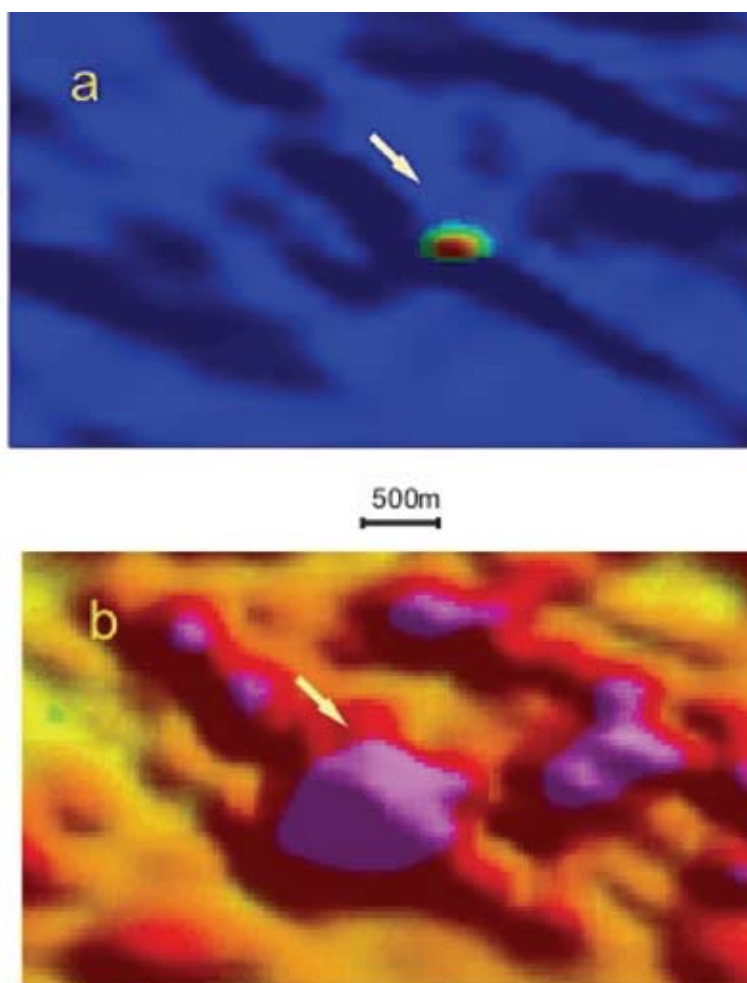
No canto SE do retângulo estudado ocorre uma grande zona anômala, complexa, gerada pela existência das rochas paleoproterozóicas do Supergrupo Minas.



Figura 7.5 - Anomalias magnéticas isoladas ou zonas magnéticas mais destacadas na área do Projeto Sete Lagoas - Abaeté e adjacências.

Nas imediações da área do projeto são conhecidas ocorrências de *pipes* kimberlíticos e lamproíticos. Devido à sua importância econômica e possibilidade de ocorrerem na região estudada, serão abordados brevemente. Embora tratar-se de anomalias de muito menor porte e intensidade em relação à escala desse trabalho, vale ressaltar, pela importância como guia prospectivo, a resposta

das chaminés kimberlíticas (figura 7.6). Observa-se que a anomalia isolada é bastante restrita e o seu comprimento de onda é de apenas 500 metros condicionando a detecção de uma anomalia deste tipo a um levantamento magnetométrico de detalhe igual ou superior ao que apresentamos e/ou utilizar-se da prospecção geoquímica, principalmente concentrados de bateia.



**MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DO PROJETO SETE LAGOAS - ABAETÉ**

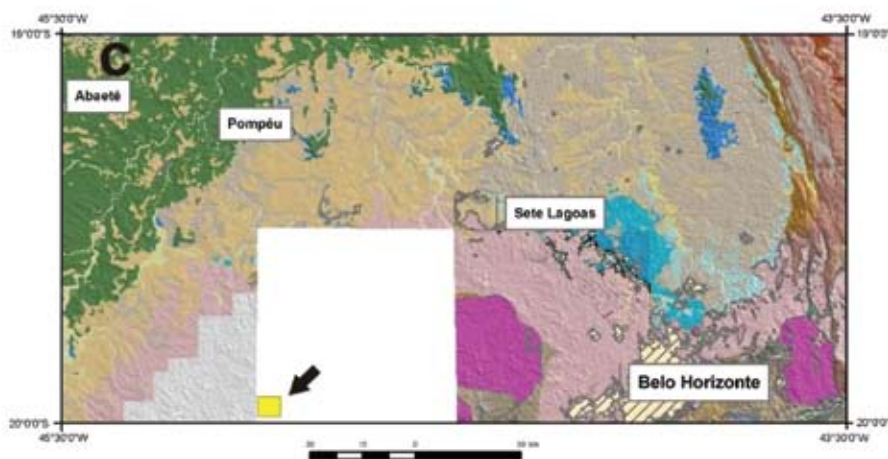


Figura 7.6 - Anomalia magnetométrica de kimberlito (44° 55' 07" W, 19° 59' 53" S) nas imagens: campo magnético total (a) e sinal analítico (b). Na figura (c) o retângulo amarelo indica a localização aproximada das imagens.

#### 7.4 RADIOMETRIA

A análise das assinaturas radiométricas das principais unidades mapeadas no Projeto Sete Lagoas - Abaeté nas áreas com cobertura geofísica de alta resolução levaram a obtenção de uma tabela auxiliar de caracterização radiométrica (tabela 7.2). Para a

sua confecção foram escolhidas áreas de ocorrência plena e indubitável de cada unidade e analisada a sua resposta nos canais Contagem Total, Potássio, Urânio e Tório. A tabela representa uma ferramenta auxiliar no mapeamento geológico. É importante ressaltar que as comparações relativas utilizando os critérios “alto, médio e baixo” são referentes unicamente ao canal observado não tendo relação com os outros canais.



Sigla Unidade	Nome da Unidade	Litologia dominante	Intensidade do Sinal			
			CT	K	U	Th
Ndl	Coberturas Detrito – Lateríticas	Latossolos, sedimentos argilo-sílticos vermelho escuros com concreções ferruginosas e níveis de cascalho.	Alto	baixo	alto	alto
NP2sh	Formação Serra de Santa Helena	Siltitos e argilitos com níveis de arenitos finos a muito finos.	baixo	alto	médio	médio
NP2ss	Formação Serra da Saudade	Siltitos e argilitos com níveis de arenitos finos e muito finos.	médio	médio	médio	médio
N4a	Sedimentos Aluviais	Sedimentos inconsolidados de natureza arenosa, areno-argilosa, argilo-síltica contendo, localmente seixos e matacões.	médio	alto	baixo	baixo
NP2lj	Formação Lagoa do Jacaré	Calcarenitos finos a médios, com níveis oolíticos e de intraclastos, intercalados com calcissiltitos, margas e siltitos, localmente níveis dolomitizados e níveis de chert preto.	médio	alto	baixo	baixo
NP2sls	Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa	Calcarenitos finos a médios, com níveis dolomitizados, eventualmente com estromatólitos e intraclastos.	médio	médio	baixo	baixo

*Tabela 7.2 - Discriminação de unidades litoestratigráficas por avaliação semi-quantitativa de intensidade de radiação nos canais K, U, Th e Contagem Total.*

Os mapas radiométricos utilizados nesse estudo são mostrados nas figuras 7.7 a, b, c e d. Como já foi ressaltado, a cobertura desses mapas na área do projeto é restrita mas as observações realizadas fortalecem a hipótese de que as características das assinaturas das unidades litoestratigráficas analisadas sejam generalizáveis para toda a Bacia Bambuí. É considerável a consistência observada nas respostas radiométricas de algumas unidades

geológicas como é o caso daquelas abordadas nesse estudo. Assim é o exemplo da discriminação radiométrica entre as coberturas recentes (Ndl) e a Fm. Serra de Santa Helena (NP2sh). Destacam-se aí os canais Tório e Potássio como se pode demonstrar na figura 7.8. Esse método não foi aplicado ao mapeamento geológico de toda a área pois não existem dados radiométricos no levantamento do CGBA.

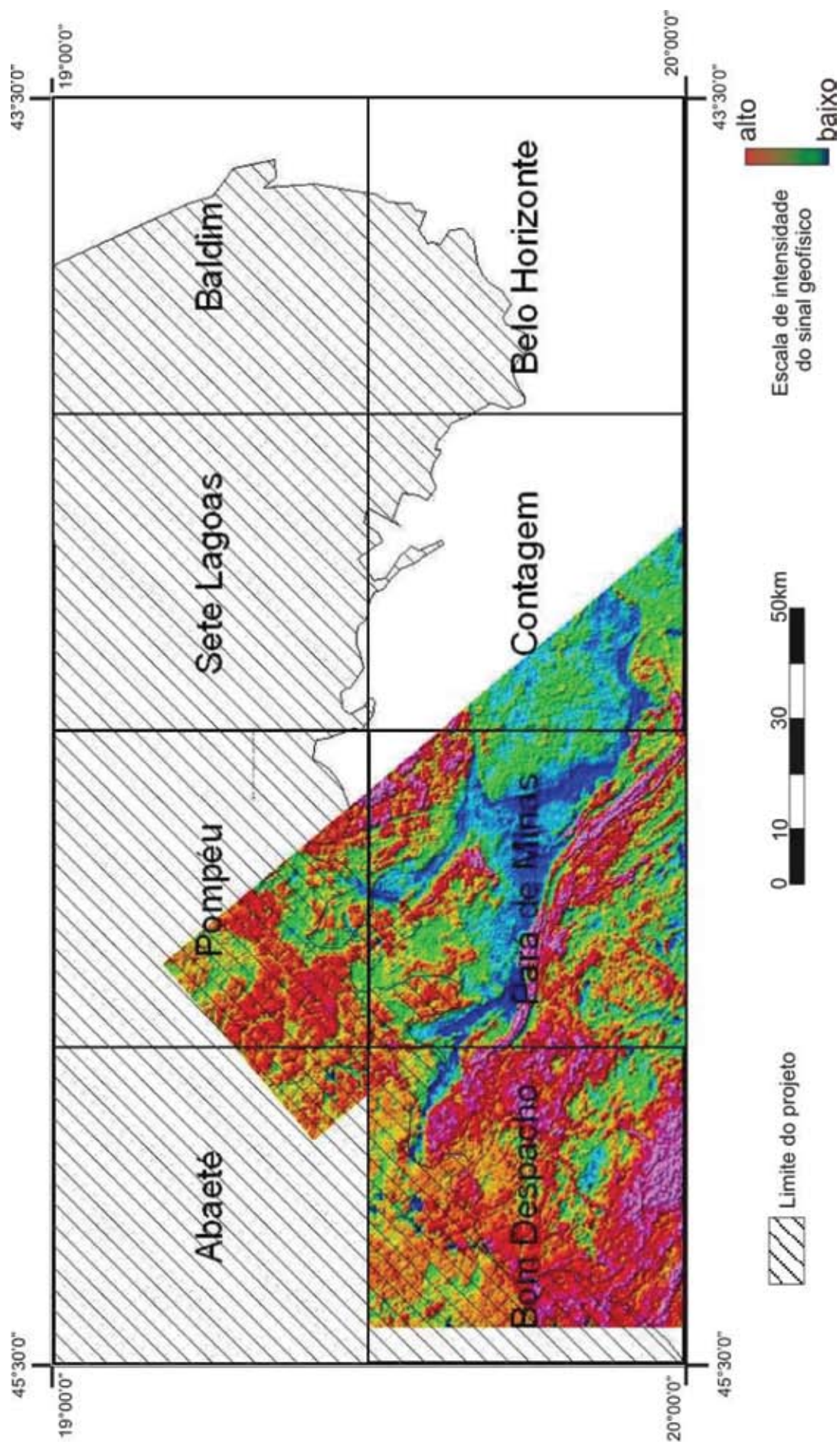


Figura 7.7a – Mapa do canal de Contagem Total na região do projeto Sete Lagoas-Abaeté

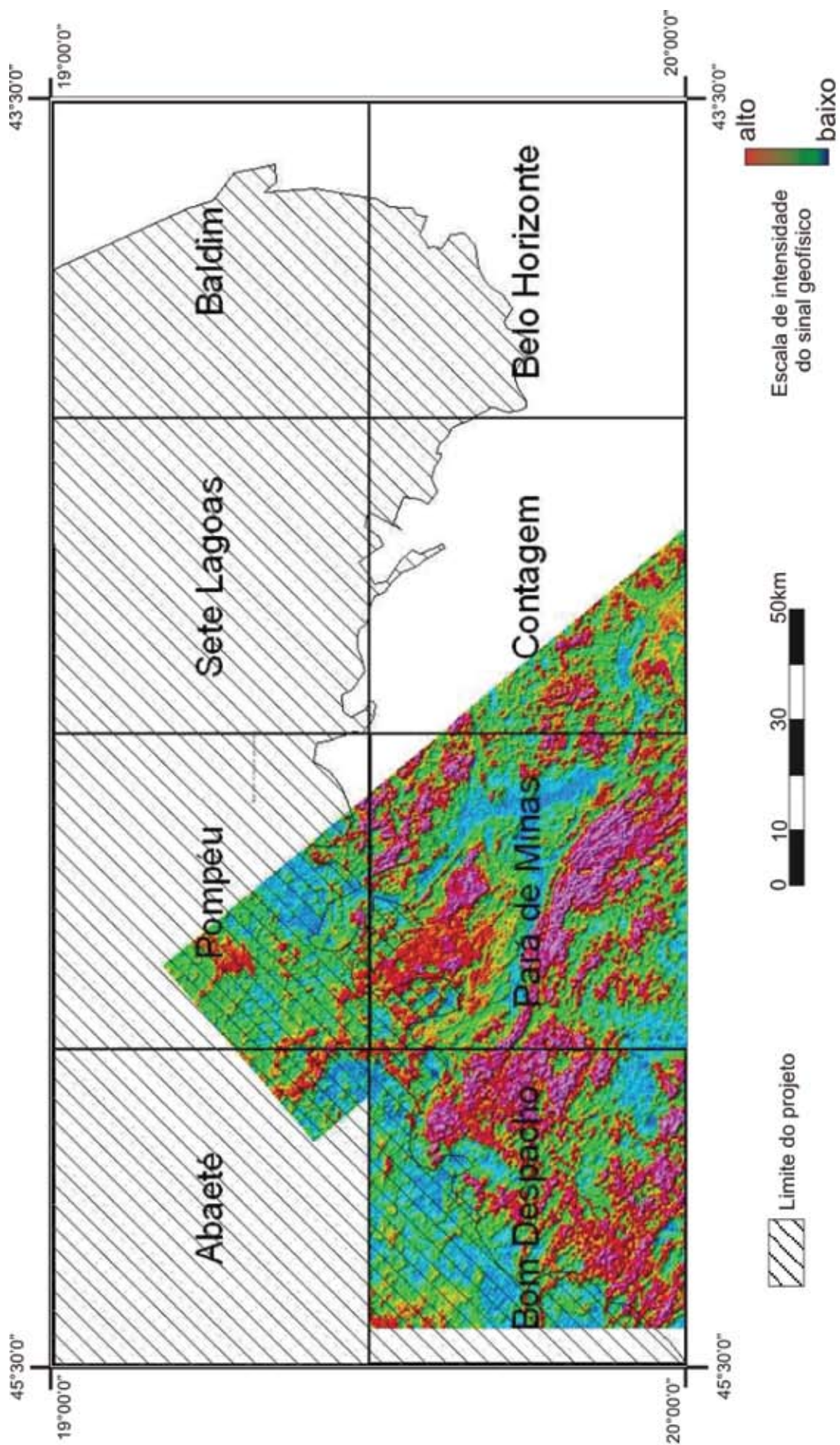


Figura 7.7b – Mapa do canal de Potássio na região do projeto Sete Lagoas-Abaeté

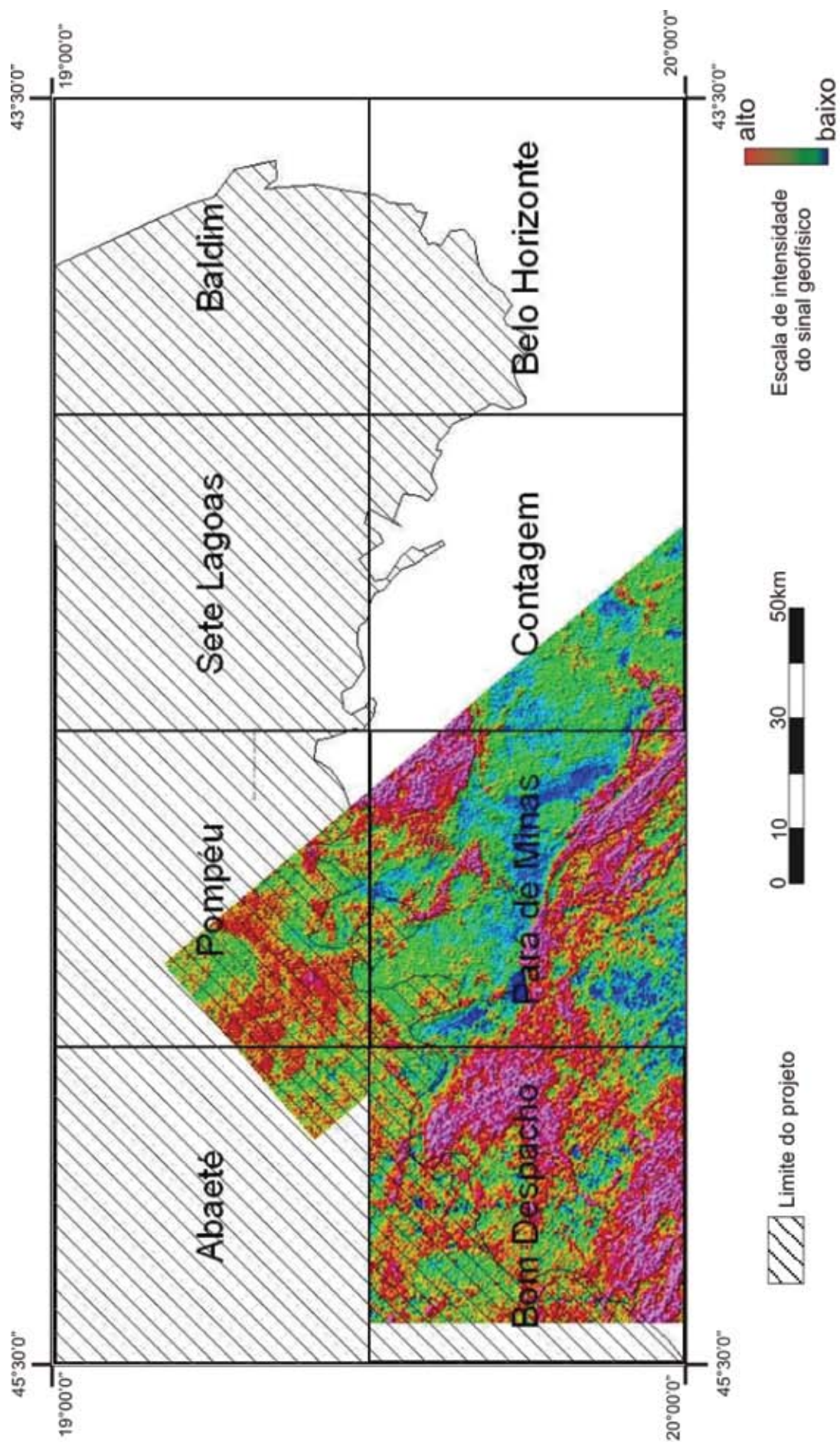


Figura 7.7c – Mapa do canal de Urânio na região do projeto Sete Lagoas-Abaeté

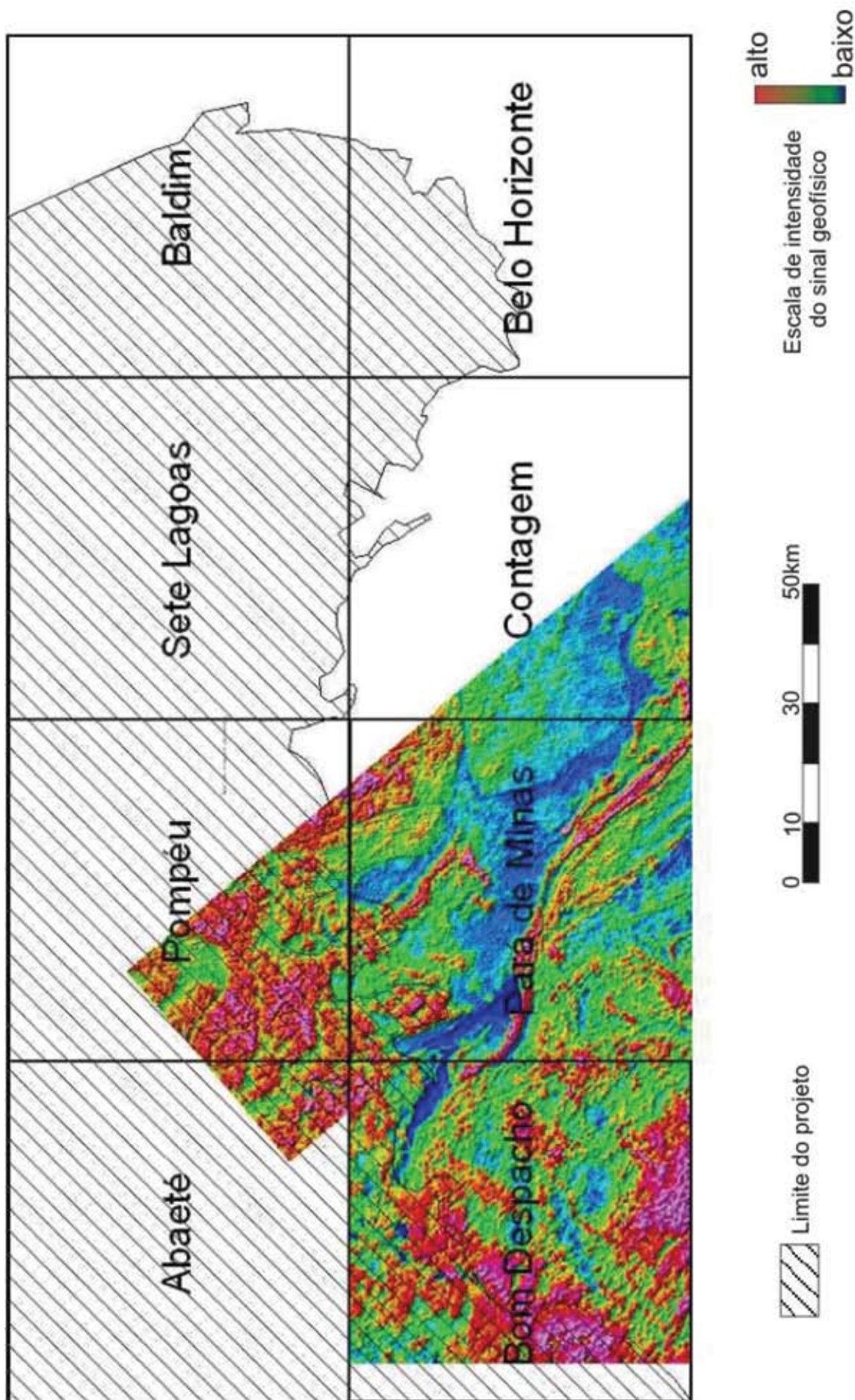
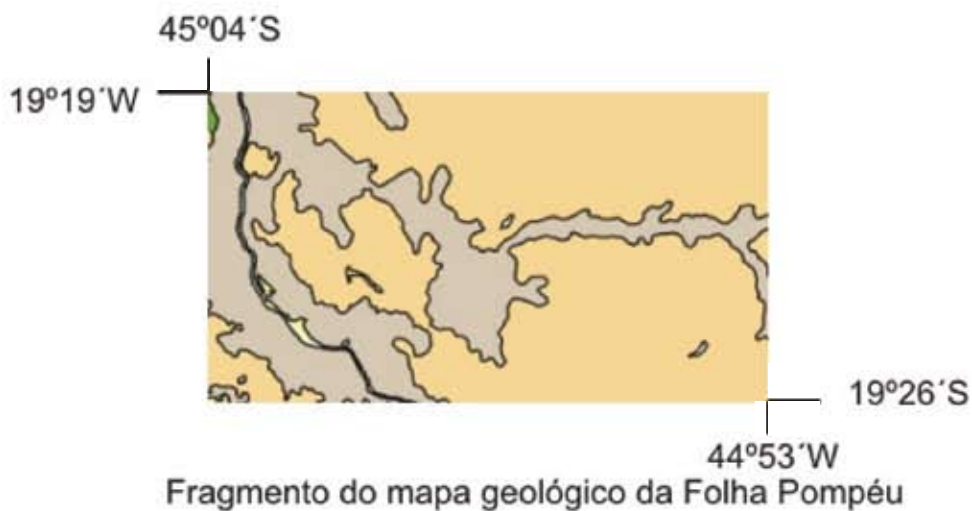
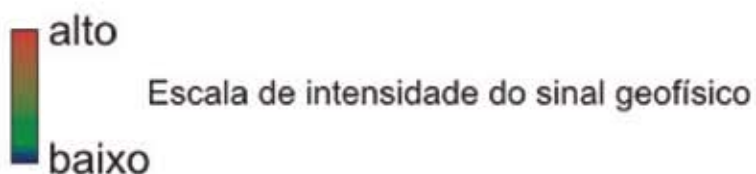
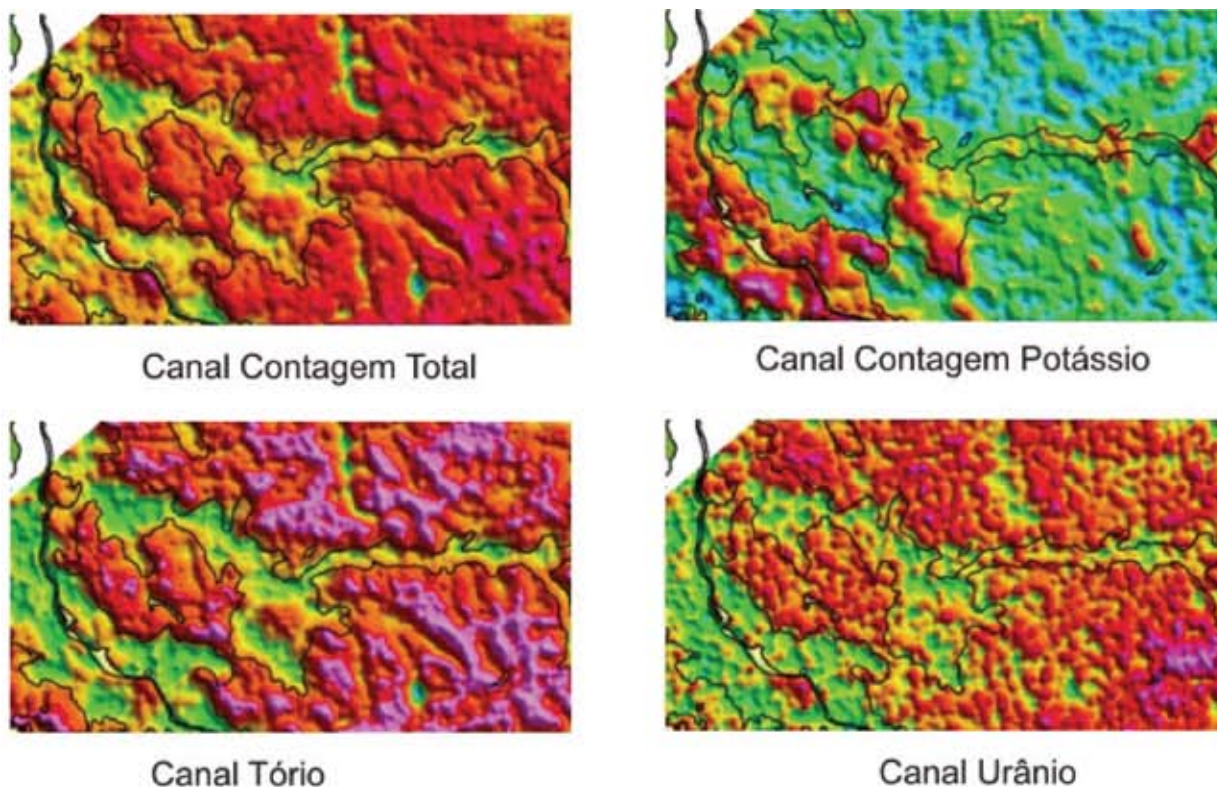


Figura 7.7d – Mapa do canal de Tório na região do projeto Sete Lagoas-Abaeté



### Unidades geológicas

-  **Formação Serra de Santa Helena** - Siltitos e argilitos com níveis de arenitos finos a muito finos.
-  **Coberturas Detrito-lateríticas** - Latossolos, sedimentos argilo-sílticos vermelho escuros com concreções ferruginosas e níveis de cascalho.

Figura 7.8 Apresenta-se uma parte do mapa geológico 1:100.000 da Folha Pompéu (Feboli, W.L.) e os seus correspondentes nos canais geofísicos radiométricos onde se nota a boa aproximação dos contatos e a discriminação geofísica entre duas unidades litoestratigráficas mapeadas.

## 8 – RECURSOS MINERAIS

Na área do projeto foram cadastradas 209 ocorrências minerais e consultados 141 relatórios de pesquisa aprovados junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

As principais substâncias minerais da área são: calcário, ardósia, quartzo, manganês, argila, areia e “casalheiras”.

**Calcário:** ocorre na Formação Sete Lagoas (Membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa) e na Formação Lagoa do Jacaré.

As ocorrências ligadas às rochas do Membro Pedro Leopoldo possuem usos e nomes comerciais condicionados à deformação a que foram submetidas (figura 5.1):

- Em áreas com pouca deformação (domínio 3) destaca-se a “pedra portuguesa”, utilizada para calçamento e montagem de mosaicos (Foto 147 WL-397). São exploradas em minas nas proximidades de Sete Lagoas (Pedreiras Lontra e Paraíso).
- Nas áreas deformadas (domínio 2), próximo às margens do Rio das Velhas (Foto 148 HR-343), explora-se a “Pedra Lagoa Santa” (calcilutito com intercalações pelíticas), facilmente deslocável, explorada a céu aberto, geralmente sob a forma de garimpo, onde são usados equipamentos bastante rudimentares, como observado em São Bento, a NE de Funilândia, com uma produção aproximada de 1950 m<sup>2</sup>/dia, com cerca de 80 pessoas trabalhando neste local. Este material, sob a forma de placas de diversos tamanhos e espessuras, é utilizado na construção civil para revestimento e pisos diversos.
- Nas áreas muito deformadas (domínio 1) (regiões de Cardeal Mota e bordas da Serra do Espinhaço), ocorre o “mármore” que já foi utilizado como rocha ornamental, observando-se, ainda, em vários locais, blocos cortados de dimensões métricas (Foto 149 HR-10).

No Membro Lagoa Santa estão localizadas as principais minas de calcário calcítico da região que, dependendo das especificações, é utilizado na produção de cimento, cal (para siderurgia) ou brita (construção civil). Análises químicas na região de Matozinhos mostram o seguinte resultado médio: CaO – 54,6 a 55,8%; MgO – 0,30 a 0,49% e SiO<sub>2</sub> – 0,4 a 1,00%.

Na faixa Pedro Leopoldo – Matozinhos – Sete Lagoas, concentram-se as principais minas

produtoras de cimento e cal, dando emprego direta/indiretamente a milhares de pessoas e produzindo centenas de milhares de toneladas dessas substâncias.

Apenas uma mina, em São José da Lapa (BELOCAL – GRUPO LHOIST), produz 2000 ton/dia de cal (90% para a siderurgia) e emprega cerca de 190 pessoas. Na mina da LAFARGE (Matozinhos) é produzido 820.000 ton/ano de cimento e emprega 114 pessoas. Outras duas minas da EIMCAL (Minas do Taquaril e Pedra Bonita) são responsáveis pela produção de 3.000.000 ton/ano para a produção de calcário para cimento, cal e brita, empregando 260 pessoas. Esses são alguns exemplos da área, pois existem outras dezenas de frentes de lavras ativas e/ou intermitentes produzindo calcários para diversos usos.

O calcário da Formação Lagoa do Jacaré geralmente é utilizado apenas na construção civil (brita, pó de brita, etc.). Como exemplo, cita-se a Pedreira GMD (Paraopeba), que atualmente foi reativada para a produção de brita, que será utilizada para a duplicação da BR-040, no trecho entre Sete Lagoas e o trevo para Curvelo. Na cidade de Pompéu o calcário é desmontado principalmente por trabalhadores braçais, britado e classificado no próprio local para uso na construção civil. Em Abaeté o calcário é desmontado da mina e transportado por caminhões basculantes para as instalações de beneficiamento situadas no perímetro urbano da cidade (Foto 150 NS-001). Na usina, o material é lançado em um britador e classificado por peneiramento a seco para obtenção de brita, pó de brita e as britas 0 e 1. O pó de brita é comercializado a R\$ 8,60/t e as britas 0 e 1 são comercializadas no valor de R\$21,66/t. Os resultados analíticos neste local mostram: CaO – 13,16%, MgO – 1,45%, RI – 66,00% e PN – 25,50%. Ainda na Folha Abaeté tem-se mais três minas inativas de calcário, uma no Britador de Abaeté e duas situadas em uma única lente, na Fazenda de Olavo L. Medeiros, à margem do Rio Picão. Das outras minas cadastradas na folha Bom Despacho destacam-se a mina do Chumbo (travessia da BR-262 com Rio São Francisco), Pedreira Morro Alto (oeste de Moema), pedreira na Fazenda São Bento (travessia do Rio São Francisco – extremo NW da folha), na fazenda Salitre (a norte de Bom Despacho) e também na Fazenda Taquari (NE de Engenho do Ribeiro), todas fornecem ou já forneceram material para a construção civil.

**Ardósia:** trata-se de um argilito/siltito com planos preferenciais de partição e outras propriedades

físicas peculiares (dureza média, baixa porosidade, alta resistência mecânica, minerais resistentes ao intemperismo, etc.) que permitem sua utilização em revestimentos, pisos, telhados, decorações, móveis, etc.

A produção brasileira de ardósias atinge cerca de 20.000.000 de m<sup>2</sup>/ano de chapas e lajotas com espessura média de 1 cm, correspondentes a 500–550 mil toneladas (Chiodi Filho *et al.*, 2003). Essa produção representa 15% do total mundial, posicionando o Brasil como segundo maior produtor, segundo maior consumidor e terceiro maior exportador mundial. O Estado de Minas Gerais coloca-se como o principal centro produtor (18 milhões m<sup>2</sup>/ano). Os materiais extraídos são beneficiados e comercializados nos mercados interno e externo. No período de janeiro a julho de 2004, as exportações totalizaram US\$ 33,64 milhões, com um incremento de 56,44% sobre igual período de 2003 e já representando 11,55% do total das exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento. Grossi Sad *et al.* (1998) delimitam a “Província de Ardósia de Minas Gerais”, uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup> na região centro-sul do Estado, onde estão concentradas as principais ocorrências de ardósia e tem limites definidos por balizas tectono-geológicas (fig.8.1). As ocorrências de ardósia cadastradas no Projeto Sete Lagoas Abaeté encontram-se dentro desta província.

Segundo dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (Koeppel *et al.*, 2002), na região de Papagaios, Pompéu, Paraopeba e Curvelo, existem 22 minas de ardósia em atividade (tabela 8.1), que contemplam apenas 3,83% das reservas brasileiras deste bem mineral (mais de 90% ocorrem em Felixlândia, a norte de Pompéu), exploradas por 65 empresas que empregavam 1278 trabalhadores no ano de 2000. Durante a execução do mapeamento geológico foram cadastradas 55 minas, entre ativas e inativas, sendo que 47 somente na folha Pompéu (Foto 151 WL-58).

Grande parte das empresas extrativas também atuam como beneficiadoras e aparelhadoras de ardósia, cuja produção destina-se 50% ao mercado interno, principalmente para São Paulo, e 50% para o mercado externo. São produzidas placas nas cores cinza-esverdeada, cinza-azulada, grafite e manchada.

O beneficiamento e aparelhamento são feitos principalmente por 113 micro-empresas (que correspondem a 86% do total das empresas do setor), e empregam até 10 pessoas cada, ocupando 850 pessoas. Deste modo, o setor de extração e beneficiamento de ardósia representa 90,58% do emprego e 88,84% das empresas da região de Papagaios.

Tabela 8.1 – Caracterização do aglomerado de ardósia na região de Papagaios - MG

Municípios Integrantes	Número de Empresas	Pessoal Ocupado	Número de Minas	Reservas em relação ao Brasil	População	IDH
Papagaios	37	959	12	2,72%	12472	0,685
Paraopeba	18	129	4	0,77%	20383	0,619
Curvelo	4	71	3	0,41%	67512	0,640
Felixlândia	7	126	4	90,30%	12784	0,593
Pompéu	6	119	3	0,20%	26089	0,628
Aglomerado	72	1404	26	94,13%	139240	0,634

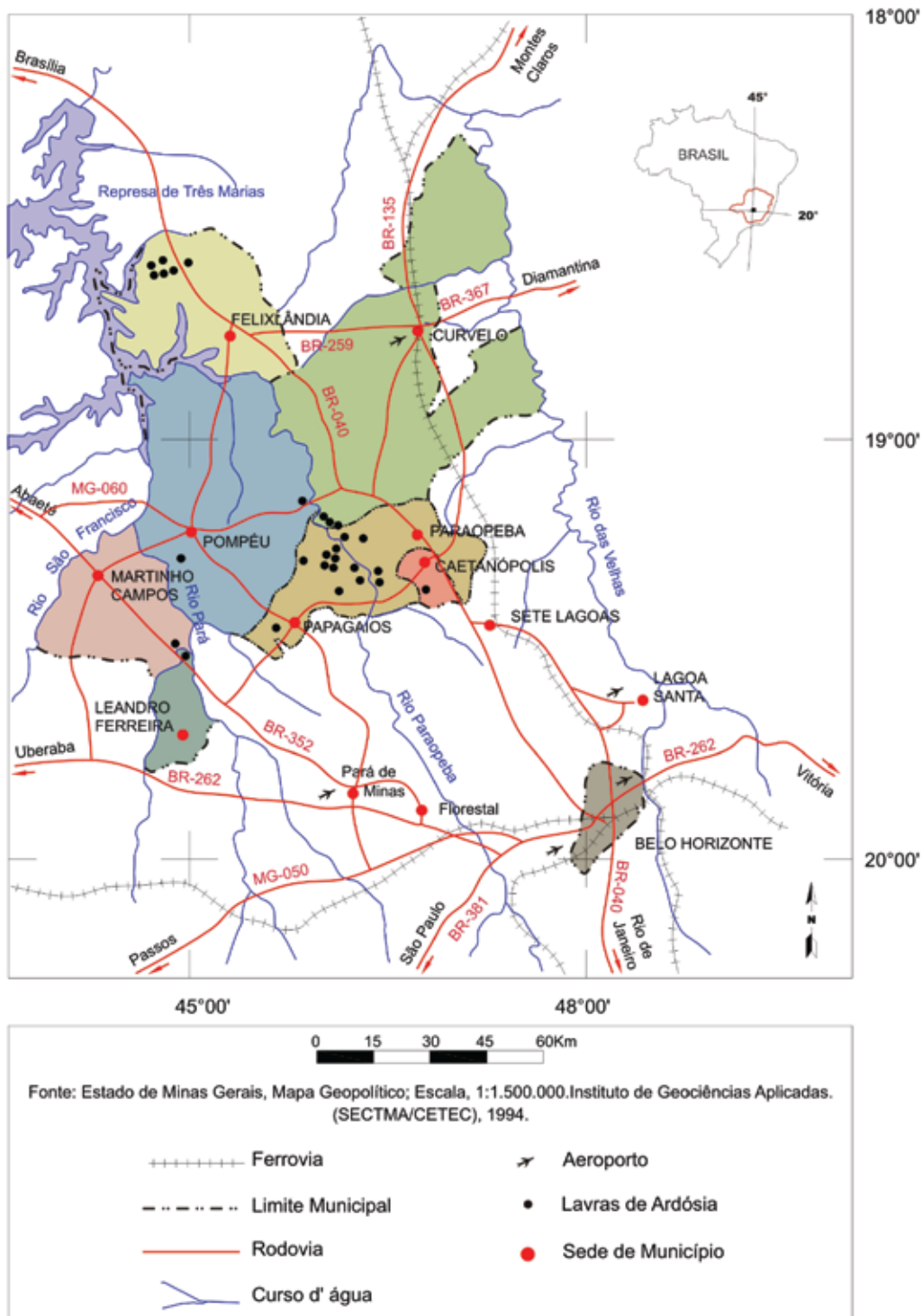
Fonte: Ministério de Ciências e Tecnologia - Instituto Metas – Koeppel *et al.*, – 2002. Arranjos Produtivos de Base Mineral – Setembro/2002. Pg. 672.

As exportações de ardósia atingiram em 2006 (Chiodi Filho, 2007) cerca de U\$ 80 milhões, que corresponde a uma participação de 43,1% nas exportações de produtos de rochas ornamentais do Estado de Minas Gerais. Foram exportados principalmente lajotas calibradas e não calibradas, chapas calibradas, telhas, tampos de sinuca, etc. Estas exportações experimentaram, até meados de 2008, grandes dificuldades causadas por uma taxa de câmbio extremamente desfavorável, mas em compensação, grandemente favorável à importação de equipamentos mais modernos, vindos da Itália e Espanha, apesar de

estarem sendo fabricados equipamentos de excelente qualidade em Cachoeiro de Itapemerim, ES.

Como exemplo na área cita-se a MICAPEL (Mineração Capão das Pedras LTDA), uma das maiores empresas produtoras de ardósia no Brasil com sede em Pompéu, MG. Atualmente, exporta para vários países, emprega centenas de pessoas e produz uma variedade enorme de produtos. Além dos tradicionais como pisos, revestimento de paredes, telhas, citam-se outros como: bancadas de cozinhas, divisórias de banheiros, mosaicos diversos, tampos de mesas de





Fonte: GROSSI SAD, J.H. et al. Panorama do Setor de Ardósias do Estado de Minas Gerais, Brasil. COMIG, 2002. CDR0M

Figura 8.1: Localização das Áreas Produtoras de Ardósia

bilhar, de mesas de toaletes, etc., com vários tipos de cores e acabamentos.

Destaca-se também, na Folha Abaeté, a exploração de ardósia preta em uma mina localizada na Fazenda Suzana, próxima a localidade de Saco, explorada pela mineração Pop Pedras LTDA, onde o aproveitamento

é para rocha ornamental. A ardósia apresenta-se subhorizontalizada com cores de alteração amarela e/ou preta, onde o descapecamento para a atividade de mineração tem em média 16 metros, sendo que a ardósia alterada é removida com auxílio de tratores, pás-carregadeiras e caminhões basculantes. Nesta

mesma folha foram cadastradas mais de cinco minas de ardósia inativas localizadas no córrego do Salobro, nas Fazendas do Penedo, das Duas Lajes, do Rasgão e na Barra do Rio do Peixe, todas no extremo sudeste da folha. Na Folha Bom Despacho as minas, ativas e inativas estão localizadas no canto nordeste, junto à foz do Rio Lambari no Rio Pará.

O grande problema destas mineradoras é a questão do “bota-fora” que, após atingir uma altura determinada é recoberto com solo retirado na abertura da mina, o qual foi estocado para este fim, e revegetado com gramíneas, eucalipto (isto nas grandes mineradoras), mas nem todas as empresas têm esse cuidado. No caso das serrarias, além dos rejeitos produzidos, existe o problema da lama que, em Papagaios, é despejada no sistema de esgoto da cidade ou até mesmo na rua a céu aberto. Algumas empresas utilizam os rejeitos britados para pavimentação de suas estradas. Estão sendo realizados estudos para a utilização dos rejeitos pulverizados como carga em indústrias cimenteiras e em cerâmicas, mas o preço do transporte ainda é um grande inibidor.

**Quartzo:** Foram cadastradas 16 ocorrências desse bem mineral na área. Ocorre geralmente em veios cortando as rochas pertencentes às formações Serra de Santa Helena e Serra da Saudade, concentrando-se mais nas áreas de maior deformação.

Geralmente são explorados sob a forma de garimpos, que podem estar ativos e/ou inativos, onde é comum observar-se trincheiras de pesquisas transversais aos veios de quartzo, que dirigem os trabalhos exploratórios, como observado em São Tomé, sudeste de Cordisburgo, Folha Sete Lagoas. Aí os veios de quartzo leitoso têm dimensões centimétricas a decimétricas e cortam os argilitos/siltitos da Formação Serra de Santa Helena segundo a direção N10W/65NE (Foto 152 MP-399), preenchendo fraturas abertas nesta mesma direção, comuns na área. Junto a esses veios de quartzo leitosos são encontrados os cristais de quartzo hialino, euédricos, geralmente utilizados para coleção e na indústria eletro-eletrônica e os leitosos com a possibilidade de serem utilizados na siderurgia.

Na porção noroeste de Cordisburgo, onde dominam os siltitos/arenitos finos da Formação Serra da Saudade, observam-se inúmeros vestígios de garimpos na paisagem daquela região. O quartzo ocorre também em veios e os cristais, com inclusões de rutilo sob a forma de “agulhas”. Segundo informações locais, são exportados para o Japão com alto valor comercial.

Outro aproveitamento econômico são os seixos rolados de quartzo, que são recolhidos e vendidos

em sacos com a finalidade de decorar jardins, vasos, muros, etc. (Foto 153 JM-211)

**Manganês:** cadastraram-se 18 ocorrências desse bem mineral na área. Ocorre sob a forma de óxido de manganês, geralmente no contato do embasamento (Complexo Divinópolis), com os pelitos da Formação Serra de Santa Helena, em níveis e camadas contínuas/descontínuas com até 50 cm de espessura, como observado na estrada que liga Moema – Chapada (MG - 252), SW da folha Bom Despacho (Foto 154 HR-569). Observa-se este tipo de mineralização em vários outros locais com a mesma forma de ocorrência anteriormente observada, destacando-se a porção sudoeste da Folha Bom Despacho. Este posicionamento estratigráfico passa a ser, portanto, um importante metalotecto para este tipo de mineralização.

Citam-se também mineralizações desse bem mineral no extremo sudeste da área, fora da área alvo do projeto, na folha Baldim, onde existem mineralizações de manganês sobre as superfícies erosivas de vários ciclos erosionais que cortam as rochas do Grupo Macaúbas. São geralmente laterita manganésifera, como observado na usina Coronel Américo Teixeira (Foto 155 HR-493) e também em camadas intercaladas nos pelitos do Grupo Macaúbas, observadas no sopé da Serra do Espinhaço, próximo a São José da Serra. Essas mineralizações são constituídas quase que essencialmente por óxidos de manganês e ferro originados a partir da alteração laterítica e processos de concentração supergênica relacionados ao desenvolvimento de vários ciclos geomorfológicos sucessivos.

**Argila:** As ocorrências de argila geralmente são encontradas nas planícies de inundações próximas às margens de córregos e rios da região. Estas argilas são utilizadas para cerâmica vermelha, na fabricação de tijolos e telhas. Este tipo de argila é de baixo valor comercial e de distribuição relativamente abundante na região, podendo-se recorrer a misturas quando um depósito não satisfizer as necessidades. Geralmente as fábricas que utilizam essas argilas são próximas aos depósitos, pois o preço do transporte pode inviabilizar o produto final. A produção nacional é de aproximadamente 3,6 bilhões de toneladas e 20,4 bilhões de tijolos/ano, com um consumo “per capita” de 160 peças/ano.

Na área do projeto, essas argilas são processadas para a fabricação de tijolos e telhas de forma bastante rudimentares, geralmente do tipo “olarias”, utilizando para isso, em grande parte, tração animal na preparação das mesmas e o produto é utilizado no local e/ou muito próximo. Nas margens do Ribeirão das Areias, próximo à localidade de Costas, explora-

se argila utilizada por uma cerâmica desta localidade na produção de tijolos vazados. Ao norte de Vargem Grande e a oeste de Veloso foram cadastradas grandes ocorrências de argila, ainda não exploradas.

Foram cadastradas apenas duas ocorrências de argila que não estão relacionadas a planícies de inundações. Trata-se de um depósito de argila oriundo provavelmente da alteração de um argilito pertencente à Formação Serra de Santa Helena, localizado às margens da BR-262, próximo a Malaquias (Folha Bom Despacho) que, segundo informações locais, fornece matéria-prima para uma fábrica de manilhas na cidade de Pará de Minas.

A outra ocorrência é um depósito de argila de cor branca, proveniente da alteração de um argilito róseo a bege, bandado. Esse depósito, localizado ao norte de Vargem Grande (porção central da folha Baldim), encontra-se sobre rochas pelíticas da Formação Serra de Santa Helena.

**Areia:** depósitos de areia são freqüentes nos rios e ribeirões da região, destacando-se os grandes depósitos originados das rochas dos Complexos Belo Horizonte e Divinópolis (fora da área do presente mapeamento) utilizados na construção civil, onde os preços praticados no Brasil para a areia lavada (fina ou grossa), varia em média de R\$ 4 a R\$ 15/m<sup>3</sup>, estimando-se um consumo aproximado de 0,25 m<sup>3</sup> “per capita”/ano.

Na área do projeto foram cadastradas 16 ocorrências desse bem mineral. Utilizam-se geralmente para a sua extração em depósitos maiores: a draga, pá carregadeira e caminhões basculantes para o seu transporte, como observado no leito do ribeirão dos Macacos (canto nordeste da Folha Pompéu), onde é comercializado por R\$ 60,00 o caminhão, cuja caçamba transporta de 6 a 8 m<sup>3</sup>.

Na Folha Abaeté destacam-se ocorrências nas margens do Rio Pará, como na Lagoa da Areia (Foto 156 NS-414). A areia é retirada do leito do rio por draga, com a utilização de pá-carregadeira para carregar os caminhões basculantes que transportam o material para as localidades de Alberto Isaacson, Ibitira, ambas pertencentes ao município de Martinho Campos, e regiões vizinhas. São retirados aproximadamente 5 a 6 caminhões/dia ao preço de R\$ 40,00/caminhão com 6m<sup>3</sup> de capacidade. Outro local é na fazenda de Firmino P. da Costa, explorada pela empresa de mineração Porto Pará LTDA, onde a areia abastece as cidades de Martinho Campos, Pompéu, Abaeté e Morada Nova de Minas. São retirados aproximadamente 10 a 15 caminhões/dia. O preço da areia depende do tipo do caminhão, isto é, R\$ 100,00/12m<sup>3</sup> (caminhão *truck*) e R\$ 70,00/7m<sup>3</sup>

(caminhão *toco*). O outro local fica na Lagoa da Areia (Fazenda de Saracura), onde a areia é retirada do leito da lagoa e do barranco, através de pá-carregadeira. Esta areia é utilizada para reboco de casas. É transportada em caminhões caçambas para abastecer as cidades de Martinho Campos, Pompéu, Pitangui, Belo Horizonte, Sabará e Igarapé. São retirados aproximadamente 10 a 15 caminhões/dia, comercializada a R\$ 10,00/m<sup>3</sup>.

Na região metropolitana de Belo Horizonte há extrações ao longo dos ribeirões da Mata, da Prata, Rio das Velhas, dentre outros.

Esse bem mineral também é explorado em vários outros locais da área, alguns com boa infraestrutura, outros sob a forma de garimpagem.

**“Casalheiras”:** ocorrem em vários locais da área, geralmente sobre rochas das Formações Serra de Santa Helena e Serra da Saudade, onde estas unidades apresentam-se mais deformadas (Folhas Baldim, Sete Lagoas e Belo Horizonte). Geralmente estão *“in situ”*, onde os pelitos e arenitos estão alterados e lixiviados, sobrando quase que exclusivamente quartzo e laterita. Formam coberturas de espessuras centimétricas a métricas e de grande extensão areal.

Em grande parte são utilizadas para encascalhar estradas municipais e vicinais, que se tornam bastante precárias na época das chuvas, dificultando a mobilidade e o escoamento dos produtos da região.

Em locais onde essas “casalheiras” são escassas, são substituídas por escórias de alto forno, rejeito de pedreiras de calcário ou mesmo de ardósias britadas, material inadequado para esse fim. Portanto, nesses locais e/ou próximo se houver a possibilidade de se cadastrar uma dessas “casalheiras”, o benefício para aquela região poderá ser muito grande, e a mesma pode ter um grande valor social. Como exemplo cita-se uma ocorrência a noroeste da localidade de Garça (Folha Bom Despacho), que possui 2 a 3 metros de espessura, com centenas de m<sup>2</sup> de superfície. A região é coberta em grande parte por uma cobertura argilosa, com poucos afloramentos de rochas e, na época das chuvas, as estradas se tornam intransitáveis, dificultando o escoamento dos diversos produtos da região.



Foto 147: Pedreira rudimentar de calcário preto da Fm. Sete Lagoas para produção de "pedra portuguesa" para calçamento. Local: Fazenda Laguna. Estação: WL-397 - UTM: 547902/7865840



Foto 148: Pedreira de calcilutito com intercalação de pelito com laminação plano-paralela e frequentes superfícies de descolamento entre os estratos. É comercializado como pedra de revestimento e piso. Local: Pedreira Jenipapo (próximo ao Rio das Velhas) Unidade: NP2spl Estação: HR-343 - UTM: 610742/7843804



Foto 149: Vista parcial da pedreira de calcilutito explorada antigamente para rocha ornamental. Local: Grande Pedreira, Cardeal Mota. Estação: HR-10 - UTM: 641922/78620554



Foto 150 - Pedreira em atividade, mostrando na base, calcário da Formação Lagoa do Jacaré, e no topo, siltito com níveis de arenito da Formação Serra da Saudade. Local: Britador de Abaeté Estação: NS-01 - UTM:449472/7883192



Foto 151: Pedreira de ardósia da Mineração Alto da Boa Vista, na Formação Serra de Santa Helena. Local: Riacho da Areia. Estação: WL-058 - UTM: 422075/7846232



Foto 152 MP-399 - Cata transversal aos veios de quartzo leitoso, intrudidos na Fm. Serra de Santa Helena. Local: São Tomé Estação: MP-399 - UTM: 573535/7879447



Foto 153: Seixos, principalmente de quartzo, recolhidos nos aluviões e paleoaluviões são separados e ensacados a beira da estrada para posterior recolhimento. São vendidos para ornamentar vasos e jardins. Local: Sumidouro (Lagoa Santa) Estação: JM-211 - UTM: 610179/7842402

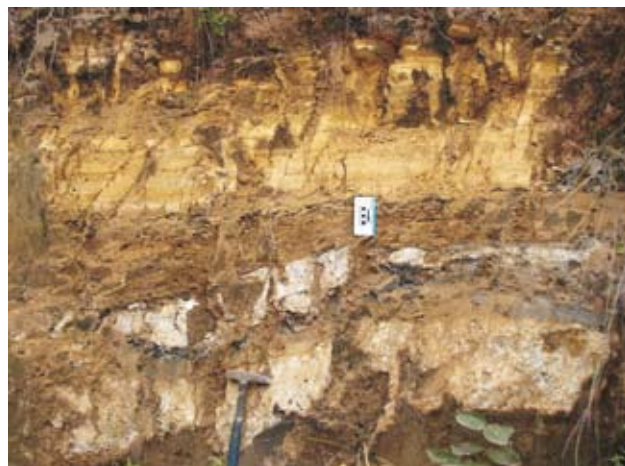


Foto 154: Nível com óxido de manganês no contato entre a Formação Serra de Santa Helena e o embasamento. Local: Estrada Moema - Chapada (MG-252). Estação: HR-569 - UTM: 456436/7791154



Foto 155: Blocos oxidados de ferro e manganês em todo o morrote na margem da represa. Local: Usina - Represa Cel. Américo Teixeira Estação: HR-493 - UTM: 639612/7881085



Foto 156 - Garimpo de areia branca em atividade. Local: Lagoa da Areia, Fazenda Saracura. Estação: NS-414 - UTM: 496042/7843900



## 9 – CONCLUSÕES

O Grupo Bambuí, principal objetivo do mapeamento das folhas Belo Horizonte, Baldim, Sete Lagoas, Pompéu, Abaeté e Bom Despacho, está inserido na porção sul do Cráton do São Francisco, limitando a leste com a Faixa Araçuaí.

Na porção cratônica central as rochas estão subhorizontalizadas, com dobras incipientes e abertas, quando existentes. Já na porção leste os cavalgamentos do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas se refletem em inversão estratigráfica e deformação nas rochas da bacia. A deformação decresce de leste para oeste à medida que os esforços foram se dissipando, com reflexos até a região de Sete Lagoas, aproximadamente. A oeste, a região de Abaeté foi afetada pelos esforços compressivos oriundos da constituição da Faixa Brasília, porém estes esforços já estavam esmaecidos ao chegarem à região mapeada, visto a formação local de dobras em *chevron* e dobras abertas em alguns locais.

A estratigrafia observada foi a estratigrafia clássica do Grupo Bambuí, com subdivisão em fácies no Grupo Carrancas.

Assim, as principais contribuições geológicas oriundas deste mapeamento nos campos estratigráfico, geotectônico e estrutural são:

1. O Grupo Bambuí, na área do projeto, foi dividido, da base para o topo: Formação Carrancas, constituída pelas fácies conglomerática e rítmica; Formação Sete Lagoas, que foi subdividida em dois membros, um inferior, Pedro Leopoldo, e um superior, Lagoa Santa; Formação Serra de Santa Helena; Formação Lagoa do Jacaré e a Formação Serra da Saudade.

2. As rochas da Formação Carrancas estão depositadas discordantemente sobre rochas do embasamento (Complexo Belo Horizonte) indicando preenchimentos de calhas. Atualmente são consideradas como parte de um evento glácio-marinho do Sturtiano e se posicionam na base do Grupo Bambuí. Os trabalhos executados não constataram evidências glacio-continentais nas rochas desta unidade. Observou-se que estes sedimentos possuem uma distribuição bastante limitada, sendo lentes descontínuas.

3. A deposição da Formação Sete Lagoas se processou em um ambiente desde inframaré profunda até supramaré, com influência de ondas de tempestades e de maré. Trata-se de uma plataforma em rampa com sedimentação carbonática-siliciclástica.

4. O ambiente de sedimentação da Formação Serra de Santa Helena é marinho moderadamente profundo a raso, de baixa energia, abrangendo as zonas de inframaré, intermaré e supramaré. A sedimentação ocorreu em uma plataforma siliciclástica-carbonática, do tipo rampa (rampa externa a interna) com períodos de exposição subaérea.

5. As estruturas primárias observadas na Formação Lagoa do Jacaré indicam que os sedimentos foram depositados em um ambiente marinho raso, abrangendo as zonas de intermaré e supramaré, com a sedimentação ocorrendo em uma plataforma siliciclástica-carbonática, do tipo rampa interna ou banco isolado, de baixa a alta energia, com episódios de tempestades e períodos de exposição subaérea.

6. Tradicionalmente a Formação Serra da Saudade vem sendo identificada apenas na região da serra homônima. Neste trabalho estendeu-se sua ocorrência até a borda leste da bacia, ampliando o seu ambiente deposicional para grande parte da região cratônica, com implicações metalogenéticas importantes, principalmente para novas descobertas de fosfato.

7. Os sedimentos da Formação Serra da Saudade foram depositados em um ambiente marinho raso, englobando as zonas de intermaré e supramaré, com a sedimentação se processando em uma plataforma siliciclástica, do tipo rampa interna, de baixa a alta energia, com ação de correntes uni e bidirecionais, eventos de tempestades e períodos de exposição subaérea.

8. Através do mapeamento geológico foi identificada a presença de um fácies rítmico sobrejacente aos diamictitos da Formação Carrancas, sendo aqui proposta a individualização de duas fácies nesta formação. Como consequência, propõe-se também que o local tipo da formação seja o afloramento do Bairro Miguelinho, em Inhaúma.

9. A análise geoquímica dos sedimentos de corrente não detectou anomalias significativas de elementos metálicos. Porém, há a presença de metais que não são característicos da geologia desta região, sendo interpretado como produto de transporte fluvial provindo de outras regiões, a exemplo do Rio das Velhas, onde este drena áreas

com influência geológica do Quadrilátero Ferrífero (Supergrupo Rio das Velhas e Minas), evidenciado na distribuição dos elementos da associação Au-As-S e nos resultados de mineralometria dos concentrados de bateia. A distribuição dos elementos “alóctones” à Bacia Bambuí, em sua maioria, se concentra no entorno do embasamento (Complexo Belo Horizonte), mais intensamente nas regiões com grande densidade populacional, como é o caso nas Folhas Belo Horizonte, Contagem, Sete Lagoas e Baldim. Logo, a hipótese de contaminação como a fonte para tais metais se torna a mais aventada, o que pode comprometer a real distribuição geoquímica desses elementos na área em estudo.

10. A ocorrência de grandes superfícies de descolamento entre: a Formação Sete Lagoas e o embasamento, a Formação Sete Lagoas e a Formação Serra de Santa Helena, a Formação Sete

Lagoas e os quartzitos do Supergrupo Espinhaço, é comprovada pela geometria em duplex das falhas de empurrão e, principalmente, pela presença de zonas de cisalhamento subhorizontais no contato das respectivas unidades.

11. As relações entre os diversos elementos tectônicos, bem como o grau de deformação que diminui tanto do setor leste para o oeste da área estudada (influenciado pela faixa Araçuaí), quanto do setor oeste para o leste da área, aqui já com influência da faixa Brasília, permitiram que a área do projeto fosse individualizada em quatro domínios de comportamento estrutural distintos.

12. As ocorrências de calcário ligadas às rochas do Membro Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas possuem usos e nomes comerciais condicionados à deformação a que foram submetidas. Esta mesma deformação direciona também o aproveitamento das litologias da Formação Serra de Santa Helena.



## 10 – RECOMENDAÇÕES

Com os dados obtidos neste trabalho, recomenda-se:

1. Químioestratigrafia de detalhe das unidades carbonáticas do Grupo Bambuí, para obter assinaturas isotópicas das formações geológicas, de utilidade nas correlações estratigráficas com outras seqüências carbonáticas neoproterozóicas e para definir assinatura de frações diagenéticas associadas e/ou sugestivas de mineralizações. As amostras não devem ser de rocha total, e sim de microamostras representativas de ambientes sedimentares e/ou diagenéticos específicos, o que permitirá sua correta interpretação.
2. Análises laboratoriais para as rochas siliciclásticas e carbonáticas do tipo palinológica, catodoluminescência, química isotópica Sm-Nd e geocronológica U-Pb, Re-Os, isótopos de Sr e isótopos estáveis C/O para rochas carbonáticas.
3. Delimitar áreas e realizar testes de aproveitamento de rochas para uso ornamental, através de ensaios industriais de corte e polimento, principalmente em algumas zonas de ocorrência de calcários negros, dolomitos claros e “mármore” bege.
4. Análise química dos calcários como perda ao fogo, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO e resíduo insolúvel; principalmente nas áreas onde se apresentam com maior exposição, isto é, com maior espessura possível e grande extensão lateral; e ainda, que os estratos estejam horizontalizados a subhorizontalizados, e com perfis gráfico-sedimentares levantados. O objetivo principal é poder direcionar a exploração dos calcários para uma melhor utilização dos mesmos, especificando se seu aproveitamento econômico seria para fabricação de cal, cimento, corretivo de solo, agregados e nas indústrias de cerâmica, vidro, siderurgia, tintas e vernizes, fertilizantes, produtos asfálticos, explosivos, plásticos, rações, perfumaria, granalhas, fibrocimento e outros.
5. Estudos detalhados e comparativos nas áreas de ocorrência de um paraconglomerado posicionado na parte basal do Grupo Bambuí, que recebe nomes locais, como por exemplo, Samburá, Carrancas, e é ora interpretado como pertencente ao Grupo Bambuí, ora como correlativo do Grupo Macaúbas.
6. Processar os dados geofísicos disponíveis sobre a Bacia Bambuí visando auxiliar o mapeamento geológico e confirmar a eficácia da aplicação generalizada da tabela 7.2 na interpretação dos dados radiométricos.
7. Estudos mais detalhados para pesquisa de fosfato na Formação Serra da Saudade, pois já são conhecidos nesta formação ocorrências desse bem mineral na região da Serra da Saudade. Apesar de não ter sido cadastrada nenhuma ocorrência na área do projeto, merece uma devida atenção, pois o mapeamento geológico constatou pela primeira vez presença da referida formação, com extensa distribuição areal.
8. Estudos geológicos de detalhe nas ocorrências de manganês situadas na Folha Bom Despacho 1:100.000, que se apresenta sob a forma de óxido de manganês no contato do embasamento (Complexo Divinópolis) com os pelitos da Formação Serra de Santa Helena, na forma de níveis, camadas contínuas e descontínuas com até 50 cm de espessura.
9. Estudos mais detalhados no aproveitamento do quartzo que ocorre em veios cortando rochas pertencentes às formações Serra de Santa Helena e Serra da Saudade, principalmente em áreas mais deformadas (folhas Baldim e Sete Lagoas 1: 100.000), onde estão geralmente instalados alguns garimpos inativos e ativos de cristais hialinos euédricos, utilizados para coleção e na indústria eletro-eletrônica. Alguns desses quartzos mostram inclusões de rutilo sob a forma de agulhas, com alto valor comercial.
10. Aproveitamento de cascalheiras que ocorrem em grande quantidade sobre rochas das formações Serra de Santa Helena e Serra da Saudade, onde mais deformadas (folhas Baldim e Sete Lagoas, 1:100.000) para

utilização no encascalhamento das estradas vicinais, não só nos municípios onde as mesmas ocorrem, mas também para serem usadas em outras áreas próximas, onde são escassas, e que necessitam manter suas estradas transitáveis para o escoamento agroindustrial na época das chuvas.

11. Sugere-se que seja feito um mapeamento geológico complementar do embasamento cristalino na Folha Bom Despacho, na escala 1:100.000, apoiado em análises petrográfica, química e isotópica, que poderá subsidiar a distinção e a correlação entre os complexos Divinópolis e Belo

Horizonte que até o momento não estão bem claras, levando-se mesmo a indagação se são distintos ou trata-se de um único complexo, evitando-se assim a proliferação de nomes locais e/ou regionais.

12. Para os mineradores de ardósia, seria bastante interessante o mapeamento das folhas ao norte da área atualmente mapeada (Folhas Morada Nova de Minas, Morro da Garça e Curvelo, escala 1:100.000), que é para onde se estende a província de ardósias de Minas Gerais e onde estão as maiores reservas já delimitadas deste bem mineral.

# 11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F.F. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. *In: Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Mantesso-Neto *et al. (org.)*, São Paulo: Editora Beca, 2004.p.17-35.
- ALKMIM, F.F. & MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.90, p.29-58, 1998.
- 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. (Eds.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos minerais*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, CBMM, COMIG, GEOSOL, 2001. p.9-30. Cap. 2.
- ALKMIM, F.F.; CHEMALE Jr., F.; BACELLAR, L.A.P.; OLIVEIRA, J.R.P.; MAGALHÃES, P.M. Arcabouço estrutural da porção sul da Bacia do São Francisco. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 5, 1989, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1989, p.289-293.
- ALKMIM, F.F.; NEVES, B.B. de B.; ALVES, J.A.C. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – Uma Revisão. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p.45-62.
- ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim DNPM/DGM**, n.241, Rio de Janeiro, 1967. 36p.
- ALMEIDA, F.F.M. Estruturas do Pré-cambriano inferior brasileiro. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, 1976, Ouro Preto. *Boletim de Resumos dos Trabalhos...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. p.201-202.
- ALMEIDA, F.F.M. de. O cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geol.* São Paulo, v.7, n.4, p. 349-364. 1977.
- ALMEIDA, F.F.M. de. “O cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco.” *In: Simpósio sobre o cráton do São Francisco e suas faixas marginais*, 1, Salvador, 1979. *Anais...* Salvador, Soc. Bras. de Geol./Coord. Prod. Min., 1981, p. 1-10.
- ALMEIDA ABREU, P.A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: o rifte, a bacia e o orógeno. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.3(1), p.1-18, 1995.
- ALMEIDA ABREU, P.A.; RINGER, F.E. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.32, n.1, p.1-14, 2002.
- ALVARENGA, C.J.S. **Geologia e prospecção geoquímica dos grupos Bambuí e Paranoá na Serra de São Domingos, MG**. 1978. 117p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília, 1978.
- ALVARENGA, C.J.S. & DARDENNE, M.A. Geologia dos Grupos Bambuí e Paranoá na Serra de São Domingos, Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978 . v.2, p.546-556.
- ALVARENGA, C.J.S.; DARDENNE, M.A.; GIUSTINA, M.E.S.; SANTOS, R.V.; GIOIA, S.M.C.L.; SIAL, A.N.; FERREIRA, V. Integrated chronostratigraphy based on sedimentology and C, Sr isotopes, Paranoá and Bambuí groups western borders of São Francisco Craton, Brazil. *In: Symposium on Neoproterozoic - Early Paleozoic Events in southwestern Gondwana*, 2, 2005, Windhoek. Extended Abstract. Windhoek: Geological Survey of Namibia, 2005. p.5-7.
- ALVARENGA, C.J.S.; SANTOS, R.V.; CADAMURO, A.L.M.; CUNHA FILHO, E.M.; BROD, E.R. Aplicação de isótopos estáveis ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$ ) nas correlações estratigráficas entre os grupos Paranoá e Bambuí. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39, 1998, Salvador. *Boletim de Resumos Expandidos...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998. v.1, p.4.
- ALVARENGA, C.J.S.; SANTOS, R.V.; DANTAS, E.L.; BROD, E.R., GIOIA, S.M.C.L. C, O and Sr isotope in the cap carbonate sequence overlying Sturtian-Rapitan and Varanger-Marinoan glacial events in Brazil. *In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY*, 4, 2003, Salvador. *Short Papers*, p.313-316, 2003.
- AMARAL, F.C.S. **Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais: Avaliação e Adequação**. 1993. 155p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.
- AMARAL, G.; KAWASHITA, K. Determinação da idade do Grupo Bambuí pelo método Rb/Sr. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 21, 1967, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1967. p.214-217.
- ARAÚJO, P.R.R.; FLICOTEAUX, R.; PARRON, C.; TROMPETTE, R. Phosphorite of Rocinha mine-Patos

- de Minas (Minas Gerais, Brazil): genesis and evolution of a Middle Proterozoic deposit tectonized by the Brasiliano Orogeny. **Economic Geology**, Lancaster, v.87, p.332-351, 1992.
- BABINSKI, M. **Idades isocrônicas Pb-Pb e geoquímica isotópica de Pb das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, na porção sul da Bacia do São Francisco**. 1993. 150p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- BABINSKI, M. Pb isotopes on carbonate rocks: implication for the evolution of the São Francisco basin. *In*: MISI, A.; TEIXEIRA, J.B.G. (Org.). *In*: CONTRIBUTIONS PRESENTED AT THE 1<sup>ST</sup> IGCP 450 FIELD WORKSHOP. 2001, Belo Horizonte and Paracatu, p.38-40, 2001.
- BABINSKI, M. A idade do Supergrupo São Francisco: Revisão e implicações nas glaciações neoproterozóicas. *In*: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 3, 2005, Salvador. *Short Papers...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 2005. 1 CD-ROM.
- BABINSKI, M.; KAUFMAN, A. J. First direct dating of a Neoproterozoic post-glacial cap carbonate. *In*: South American Symposium on Isotope Geology, 4, 2003, Salvador. *Short Papers*, p.321-323, 2003.
- BABINSKI, M.; TRINDADE, R.I.F.; ALVARENGA, C.J.S.; BOGGIANI, P.C.; LIU, D.; SANTOS, R.; BRITO NEVES, B.B. Chronology of Neoproterozoic ice ages in Central Brazil. *In*: V SIMPÓSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGIA ISOTÓPICA E V SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2006, Punta del Leste. *Short Papers*, p.223-226, 2006.
- BABINSKI, M.; VAN SCHUMS, W.R.; CHEMALE Jr., F. A idade das formações ferríferas bandadas do Supergrupo Minas e suas correlações com aquelas da África do Sul e Austrália. *In*: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p.152-153.
- BABINSKI, M.; VAN SCHUMS, W.R.; CHEMALE Jr., F. Pb-Pb dating and Pb isotope geochemistry of Neoproterozoic carbonate rocks from the São Francisco basin, Brazil: implications for the mobility of Pb isotopes during tectonism and metamorphism. **Chemical Geology**, Amsterdam v.160, n.3, p.175-99, 1999.
- BABINSKI, M.; VAN SCHUMS, W.R.; CHEMALE Jr., F.; KAWASHITA, K. Evolução geológica da porção sul da Bacia do São Francisco baseada na geoquímica isotópica de Pb em rochas carbonáticas. *In*: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p.182-184.
- BABINSKI, M.; VIEIRA, L.C.; TRINDADE, R.I.F. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, v.19, p.1-6, 2007.
- BACELLAR, L.A.P. **Geologia Estrutural do Supergrupo São Francisco ao longo da seção regional Coromandel - Três Marias - Conselheiro Mata, MG**. 1989. 132p. Dissertação (Mestrado). Ouro Preto. Universidade Federal de Ouro Preto, 1989.
- BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. 2nd ed. Bookman: University of Western Ontario. 1998, 622 p.
- BAPTISTA, M.B.; BRAUN, O.P.G.; CAMPOS, D.A. **Léxico Estratigráfico do Brasil**. Brasília: CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Convênio DNPM/CPRM. 1984. 541p.
- BARBOSA, O. Série Bambuí. SIMPÓSIO SOBRE FORMAÇÕES EOPALEOZOICAS DO BRASIL. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19, 1965, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1965. [**Boletim DNPM/DGM**, avulso n° 4, 15p.].
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M.B.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; COTTA, J.C. Geologia e inventário dos recursos minerais do projeto Brasília. **Relatório PROSPEC – DNPM**, 225p. Rio de Janeiro. 1969.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.R. Geologia do Triângulo Mineiro. **Boletim DNPM/DFPM**, Rio de Janeiro, n.136, 140p, 1970.
- BEATO, D.A.C. Aspectos hidroquímicos e de qualidade das águas do aquífero cárstico na área do Projeto Vida – MG. **Rev. Águas Subterrâneas**, n 15, 1996.
- BEURLIN, H. **Ocorrências de chumbo, zinco e fluorita nas rochas sedimentares do precambriano superior no Grupo Bambuí em Minas Gerais (Brasil Central)**. 1973. 165 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Naturais, Universidade Karl Ruprecht, Heidelberg, 1973. [Tradução do autor]
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. **GEOLOGIA, TECTÔNICA E RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**. Brasília. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2003. 692p.
- BONHOMME, M.G. Mineralogie des fractions fines et datations rubidium-strontium dans le Group Bambuí, Minas Gerais, Brésil. São Paulo: **Revista Brasileira Geociências**, São Paulo, v.6, n.4, p.211-222, 1976.
- BRANDALISE, L.A.; HEINECK, C.A. (Org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folha SE.23-Z-C-VI - Belo Horizonte. Brasília: CPRM, 2000. Escala 1:100.000. 136p

- BRANDALISE, L.A. Geologia. *In*: BRANDALISE, L.A.; HEINECK, C.A. (Org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folha SE.23-Z-C-VI - Belo Horizonte. Brasília: CPRM, 2000. Escala 1:100.000. p.7-51. Cap.2.
- BRAUN, O.P.G. Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1968. p.155-166.
- BRAUN, O.P.G. Bacia sedimentar do São Francisco. *In*: **Petrobrás**. Rio de Janeiro, DEPEX/SEBINT, 1988. 24p.
- BRITO NEVES, B.B.; KAWASHITA, K.; DELHAL, J. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.9(1), p.71-85, 1979.
- CAMPOS NETO, M.C. **Contribution a l'Etude des brasilides. Lithostratigraphie et structure des Groupes Canastra, Paranoá et Bambuí dans l'ouest-nord-ouest de L'Etat de Minas Gerais (Brésil)**. These de 3<sup>e</sup> Cycle. 155p, Université de Paris VI. Paris. 1979.
- CARNEIRO, M.A.; OLIVEIRA, A.H.; FERNANDES, R.A.; TEIXEIRA, W. Recent advances concerning the tectonic evolution of the southern portion of the São Francisco Craton, Brazil. *In*: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, 2000, Rio de Janeiro, *Abstracts...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000. p. 324-5.
- CARNEIRO, M.A. & OLIVEIRA, A.H. Tectonic evolution of southern São Francisco Craton: Three tectonothermal events based on <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar isotopic data *In*: III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco. Salvador. *Anais...* Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Bahia-Sergipe. 2005. p.274-276.
- CARNEIRO, P.A.S.; FONTES, M.P.F. Aspectos geográficos e agrícolas de Minas Gerais. *In*: FONTES, R; FONTES, M. (Eds.). **Crescimento e desigualdade regional em Minas Gerais**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2005. p.200-203.
- CARVALHO, I.G. **Fundamentos da geoquímica dos processos exógenos**. Salvador: Bureau, 1995. 239p.
- CASTRO, P.T.A. **Os conglomerados da borda SW do Cráton do São Francisco junto à porção S da Faixa Brasília**: sedimentologia e relações estratigráficas com as rochas do Grupo Bambuí. 1997. 264 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília, 1997.
- CASTRO, P.T.A. The sedimentology, stratigraphy and tectonic context of the São Francisco Supergroup at the southwestern boundary of the São Francisco Craton. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.30, n.1, p.345-347, 2000.
- CASTRO, P.T.A.; DARDENNE, M.A. O conglomerado Samburá (Grupo Bambuí, Proterozóico Superior) e rochas sedimentares associadas no flanco leste da Serra da Pimenta, SW de Minas Gerais: sedimentação associada à inversão tectônica na porção meridional externa da Faixa Brasília. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, 1995, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo RS – Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGQ-UFRGS), 1995. p.274-276.
- CASTRO, P.T.A.; DARDENNE, M.A. The sedimentology, stratigraphy and tectonic context on the São Francisco Supergroup at the southwestern domain of the São Francisco Craton, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.30, n.3, p.439-441, 2000.
- CHANG, H.K. **Isótopos estáveis (C,H,O) e <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr: implicações na estratigrafia e na paleocirculação de fluidos na Bacia do São Francisco**. 1997, Tese (Livro-Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- CHANG, H.K.; KAWASHITA, K.; ALKMIM, F.F.; MOREIRA, M.Z. Considerações sobre a estratigrafia isotópica do Grupo Bambuí. *In*: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p.195-196.
- CHANG, H.K.; MIRANDA, F.P.; MAGALHÃES, L.; ALKMIM, F.F. Considerações sobre a evolução tectônica da Bacia do São Francisco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém, *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. v.5, p.2076-2090.
- CHAVES A.G.; HEINECK, C.A.; TAVARES, W.P. **Projeto Cedro do Abaeté**; relatório final. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1971. 67p.
- CHAVES A.O. **Mapeamento geológico da região a sul da cidade de Ribeirão das Neves – MG**. 1993. 183p. TG (Trabalho de Graduação) - Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.
- CHAVESA.O. **Enxame de diques máficos proterozóicos do Cráton do São Francisco, MG**. 1996. 99p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Evolução Crustal) – Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.
- CHAVES A.O.; CORREIA NEVES, J.M. Diques máficos proterozóicos do Complexo Granito-gnáissico migmatítico da porção meridional do Cráton do São Francisco. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8, 1995, Diamantina. *Anais...* Diamantina: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1995a. p.55-57.

- CHAVES A.O.; CORREIA NEVES, J.M. Diques máficos transamazônicos da região a norte do Quadrilátero Ferrífero (MG) relacionados a zonas de cisalhamento transcorrente. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS*, 5, 1995, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo RS – Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGQ-UFRGS). 1995b. p.184-185.
- CHAVES A.O.; CORREIA NEVES, J.M., BILAL, E. Diques máficos pré-cambrianos da região de Ribeirão das Neves – MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, 1994, Camboriú. *Boletim de Resumos Expandidos...* Porto Alegre: SBG/DNPM/CPRM, 1994. p.133-5. [Boletim 3].
- CHIAVEGATO, J.R.S. **Análise estratigráfica das seqüências tempestíticas da Formação Três Marias (Proterozóico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco.** 1992. 216p. Tese (Mestrado) - Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1992.
- CHIAVEGATO, J.R.S.; DARDENNE, M.A. Contribuição à sedimentologia e estratigrafia do Grupo Bambuí no norte de Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 9, 1997, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1997. p.81-82.
- CHIAVEGATO, J.R.S.; GOMES, N.S.; DARDENNE, M.A. Estratigrafia do Grupo Bambuí na região norte de Minas Gerais: Uma nova unidade estratigráfica e um contexto de inversão de bacia. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 12, 2003, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 2003. 1 CD-ROM.
- CHIAVEGATO, 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/MG**, Belo Horizonte, n.14, p.83-84, 1997.
- CHIODI FILHO, C. Balanço da exportações de rochas ornamentais do Estado de Minas Gerais em 2006. **Informe nº2/2007**, Belo Horizonte, Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS. 4p, 2007. [http://www.ivolution.com.br/news/upload\\_pdf/4019/Exporta\\_MG\\_2006.pdf](http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/4019/Exporta_MG_2006.pdf). Acesso em: 10 ago. 2007.
- CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E.P.; ARTUR, A.C. Ardósias de Minas Gerais: 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 São Francisco, com base na integração de dados de superfície, sub-superfície, litogeoquímica e isótopos.** 2007. 115 p. Dissertação (Mestrado) -Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.
- COELHO, J.C.C.; MARTINS-NETO, M.A.; MARINHO, M.S. Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia Proterozóica do São Francisco. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 43, 2006, Aracajú, *Anais...* Aracajú: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006. v.1, p.16.
- CORDANI U.G.; KAWASHITA, K.; MÜLLER, G.; QUADE, H.; REIMER, V.; RÖSER, H. Interpretação tectônica e petrológica de dados geocronológicos do embasamento no bordo sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. Rio de Janeiro: *Anais da Academia Brasileira de Ciências...* 1980. v.52, n.4, p.785-799.
- COSTA, F.G.; OLIVEIRA, F.A. de. O “verdete” – rocha potássica na região de Cedro do Abaeté. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 24, 1970, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Geologia, 1970. p.115-116.
- COSTA, L.A.M. da & ANGEIRAS, A.C. Geosynclinal evolution of the epi-Baykalian platform of Central Brazil. **Geol. Rundschau**. V.60, n.3, p.1024-1050. 1971.
- COSTA, L.A.M. da; ANGEIRAS, A.C.; VALENÇA, J.G.; STEVENAZZI, V. Novos conceitos sobre o Grupo Bambuí e sua divisão em tectonogrupos. *Boletim Instituto de Geociências*. V.5, p.3-34. Rio de Janeiro. 1970.
- COSTA, M.T da & BRANCO, J.J.R. Roteiro de excursão Belo Horizonte-Brasília. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 14, 1961, Brasília. Belo Horizonte: UFMG – Instituto de Pesquisa Radioativas, 1961. Publicação 15, p.13-21.
- COSTA, M.T. & ROMANO, A.W. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Instituto de Geociências Aplicadas-SECT, 1976. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000.
- CROCCO-RODRIGUES, F.A. Sistema de Cavalgamento e Geologia Estrutural da Serra das Cambotas, Quadrilátero Ferrífero (MG). 1991. 141p. Tese (Mestrado nº 66) – Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília, 1991.
- D’AGRELLA FILHO, M.S.; PACCA, I.G. Paleomagnetism of the Pará de Minas dyke swarm, west of Belo Horizonte, MG, Brazil. *In: Workshop on Mafic Dyke Swarms of Brazil*, 2, 1990, São Paulo. **Boletim. IG-USP**, São Paulo, Publicação Especial v.10, p.55-58. 1991.
- D’AGRELLA FILHO, M.S.; PACCA, I.G. Paleomagnetism of middle-late proterozoic mafic dyke swarms from the São Francisco Craton: tectonic implications.

- In: SIMPÓSIO CRÁTON SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p.146-148.
- D'ARRIGO, H.B.P. **O descolamento basal do Grupo Bambuí e o alto de Sete Lagoas.** 1995. 99 p. Dissertação de Mestrado – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1995.
- D'ARRIGO, H.B.P. & ALKMIN, F.F. O Alto de Sete Lagoas e sua reativação. In: SIMP. NAC. EST. TECTÔNICOS, 5, 1995, Gramado. *Boletim de Resumos Expandidos...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo RS – Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGQ-UFRGS), 1995. p.21-22.
- DANDERFER FILHO, A. Cartografia geológica dos municípios Sete Lagoas, Funilândia, Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Vespasiano, Capim Branco, Matozinhos e Prudente de Moraes – Capítulo 6 - Geologia Estrutural. Projeto Vida. MME – CPRM (inédito) 1991.
- DARDENNE, M.A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. v.2, p.597-610.
- DARDENNE, M.A. **Les mineralizations de plomb, zinc, fluor du Proterozoïque Superieur dans le Brésil Central.** 1979. 251p. Thèse (Doctorat d'Etat) - Université Pierre & Marie Currie (Paris IV), Paris, 1979.
- DARDENNE, M.A. Os grupos Bambuí e Paranoá na faixa dobrada Brasília. In: SIMPÓSIO CRÁTON SÃO FRANCISCO, 1, 1979, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Bahia, Coordenação da Produção Mineral, 1981. p.140-157.
- DARDENNE, M.A. The Brasilia Fold Belt In: TECTONIC EVOLUTION OF SOUTH AMERICA - INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, 2000, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000. p.231-264.
- DARDENNE, M.A.; MAGALHÃES, L.F.; SOARES, L.A. Geologia do Grupo Bambuí no vale do rio Paranã (GO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. v.2. p.611-621.
- DELGADO, I.; SANTOS, R. A., PEDREIRA, A. J.; SILVEIRA FILHO, N. C. Mapa tectônico do Brasil. Escala 1:5.000.000 CPRM 2003 (cd)
- DERBY, O.A. The Serra do Espinhaço. *Journal of Geology*, Chicago, v.14, n.3, p.374-401, 1906.
- DOMINGUEZ, J.M.L. As coberturas do Cráton do São Francisco: uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p.137-159.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MISI, A. (Eds). As coberturas do Cráton do São Francisco: uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993.
- DORR II, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Paper USGS/Geological Survey Professional**, Washington, n. 611-A, 1969. 110p.
- DORR II, J.V.N.; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Brasil. **Boletim Avulso 81 DNPM/DFPM**, Rio de Janeiro, 31p. 1957.
- DOSSIN, I.A.; DOSSIN, T.M.; CHAVES, M.L.S.C. Compartimentação Estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais. Os Grupos Diamantina e Conselheiro Mata. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.20, n.1-4, p.178-186, 1990.
- DOSSIN, I.A.; UHLEIN, A.; DOSSIN, T.M. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. v.7, p.3118-3134.
- DOSSIN, I.A.; DOSSIN, T.M. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.3(1), p.19-26, 1995.
- DOTT, R.H. Wacke, graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification? **Journal of Sedimentary Petrology**, Londres, v.34, p.625-632, 1964.
- DREVER, J. I. The geochemistry of natural waters USA: Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1982. 388p.
- DUNHAM, R.J. **Classification of carbonate rocks according to depositional texture.** American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, p.108-121, 1962.
- ENDO, I.; MACHADO, R. Reavaliação e novos dados geocronológicos (Pb/Pb e K/Ar) da região do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v.2, n.1, p.23-40, 2002.
- FAURE, G. **Principles and applications of geochemistry.** 2.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 600p.

- FERNANDES, P.E.C.A.; MONTES, M.L.; BRAZ, E.R.C.; MONTES, A. de S. L.; SILVA, L.L. da; GHIGNONE, J.I.; SIGA Jr, O.; CASTRO, H.E.F. de ; **Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL Folha SD.23 Brasília.** Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro, 1982. 660p.
- FERRI, M.G. **Vegetação Brasileira.** Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Ed. USP, 1980. 157p.
- FIGUEIREDO, F.T. & TRINDADE, R.I.F. Sedimentação após a Snowball Earth: magnetoestratigrafia da Pedreira Samba (Sete Lagoas, MG). *In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IAG/USP*, 8, 2003, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/USP, 2003. p.30.
- FIUMARI, S.L.; MARQUES NETO, F.P.; FOGAÇA, A.C.C.; CAMPOS, E.G. Geologia das Folhas de Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Contagem, escala 1:50.000. *In: Projeto Mapeamento Geológico da Região Metropolitana de Belo Horizonte.* Instituto de Geociências Aplicadas – IGA, Belo Horizonte, 1982. 88p.
- FOGAÇA, A.C.C.; ALMEIDA ABREU, P.A. Depósitos de planícies de marés na Formação Sopa-Brumadinho, Proterozóico Inferior da Cordilheira do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA*, V, 1982, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires: 1984. v.2, p.373-388.
- FOLK, R.L. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology*, Chicago, v.62, p.344-359, 1954.
- FOLK, R. L., 1962, Spectral subdivision of limestone types, in W. E. Ham, ed., *Classification of carbonate Rocks—a symposium: Tulsa, OK, American Association of Petroleum Geologists Memoir* 1, p. 62-84.
- FREYBERG, B. Ergebnisse geologische Forschung in Minas Geraes (Brasilien). *Neues Jb. Min. Paleon.*, II, 401, 1932. *In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA*, 19, 1965, Rio de Janeiro. *Anais...* [Traduzido por CAMPOS, J.M. para o Simpósio das Formações Eopaleozóicas do Brasil, 223p.]
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Produto Interno Bruto de Minas Gerais:** regiões, microrregiões e municípios. Belo Horizonte: FJP, 2003.
- GAIR, J.E. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles. **U. S. Geological Survey Professional Paper**, Washington, n.341-A, p.1-87, 1962.
- GIUSTINA, M.E.S.; ALVARENGA, C.J.S. FAIRCHILD, T.R. Microfitólitos da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE*, 9, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Centro-Oeste, 2005. p.21-22.
- GOMES, A.S.R.; COELHO, C.E.S.; MISI, A. Estudo de inclusões fluidas das mineralizações sulfetadas de Pb-Zn hospedadas em carbonatos de Serra do Ramalho (BA) e Montalvânia (MG). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 43, 2006, Aracaju, *Anais...* Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006. v.1, p.124.
- GROSSI SAD, J.H.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K. **Panorama do setor de ardósias do Estado de Minas Gerais, Brasil.** Belo Horizonte: COMIG, 1998. 1 CD-ROM.
- 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, 1998. v. 2, (versão em CD-ROM, 2002).
- GROSSI SAD, J.H.; QUADE, H. Revisão estratigráfica do Grupo Bambuí (Bloco Oriental), em Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 3, 1985, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Minas Gerais, CNPq, SEME, 1985. p.68-83.
- GUERRA, W.J.; SOUZA, P.C.; LIBANEO, C.A.F.; VIANNA, R.R. Dados geoquímicos sobre as rochas da Formação Sete Lagoas, na região de Arcos, MG. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v.47, n.1, p.88-90, 1994.
- GUIMARÃES, D.; BARBOSA, O. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Serviço Geológico do Estado de Minas Gerais, 1934. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000.
- GUIMARÃES, E.M. **Estudos de proveniência e diagênese com ênfase na caracterização dos filossilicatos dos Grupos Paranoá e Bambuí, na região de Bezerra-Cabeceiras (Go).** 1997. 270p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade Brasília, Brasília, 1997.
- HARDER, E.C.; CHAMBERLIN, R.T. The Geology of Central Minas Gerais, Brazil. *Journal of Geology*, Chicago, v.23, n.4, p.341-378, 1915; v.23, n.5, p.385-424, 1915.
- HEINECK, C.A.; SOUZA, A.A.; OLIVEIRA, J.J.C.; GUIMARÃES, V.P.; SOUZA, H. A. **Projeto Geoquímica do Bambuí:** levantamento regional, etapa 1, Minas Gerais, relatório final. Belo Horizonte: CPRM, 1977. 144p.
- HEINECK, C.A.; VIEIRA, V.S.; DRUMOND, J.B. *et al.* Folha SE.23 – Belo Horizonte. *In: Schobbenhaus, C.; Gonçalves, J.H.; Santos, J.O.S. et al. (Eds.). Carta do Brasil ao Milionésimo.* Brasília: CPRM, 2004. (Programa Geologia do Brasil – PGB). 1 CD-ROM.



- HENDERSON, P. **Rare earth element geochemistry**. Netherlands: Elsevier, 1984. 510p.
- HOFFMAN, P.F.; SCHRAG, D.P. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. **Terra Nova**, v.14, p.129-155, 2002.
- HOPE, A.; KARFUNKEL, J.; NOCE, C.M. Sítio Inhaúma, MG: Camadas aragoníticas pré-cambrianas. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.L.C. (Eds.) **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM, SIGEP, v.88, p.175-180, 2005.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censos agropecuários de 1990 e 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. Mapa Geológico da folha Cachoeira dos Macacos. In: **Projeto Mapeamento Geológico da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 1982. 1 mapa. Escala 1:50.000.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA – Secretaria de Estado de Ciências, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais. **Atlas Geográfico Escolar do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1979.
- IYER, S.S. A discussion on the lead isotope geochemistry of galenas from the Bambuí Group, Minas Gerais, Brazil. **Mineralium Deposita**, Berlim, v.19, p.132-137, 1984.
- IYER, S.S.; BABINSKI, M.; KROUSE, H.R.; CHEMALE Jr., F. Highly  $^{13}\text{C}$  enriched carbonate and organic matter in the Neoproterozoic sediments of the Bambuí Group, Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.73, p.271-282, 1995.
- IYER, S.S.; HOEFS, J.; KROUSE, H.R. Sulfur and lead isotope geochemistry of galenas from the Bambuí Group, Minas Gerais, Brazil: implications for ore genesis. **Economic Geology**, 1992. v.87, p.737-743.
- JARDIM DE SÁ, E.F. A Chapada Diamantina e a Faixa Santo Onofre: um exemplo de tectônica intraplaca no Proterozóico Médio do Cráton São Francisco. *Tex. Bas. Geol. Rec. Min. Da Bahia*, 4: 111-20, 1981.
- KARFUNKEL, J. & HOPPE, A. Late proterozoic glaciation in centraleastern Brazil: synthesis and model. *Palaogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1988. v.65, p.1-21.
- KARFUNKEL, J.; SCHIMIDT, J. C.; e KARFUNKEL, B. Contribuição a estratigrafia e tectônica da Faixa da Dobramento Araçuai. In: SIMPÓSIO CRÁTON SÃO FRANCISCO, 1, 1979, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Bahia, Coordenação da Produção Mineral, 1981. p.158-163.
- KAUFMAN, A.J. Neoproterozoic chemostratigraphy: Key events in earth history ordered by detailed intra-and interbasinal correlation. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte, *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998. p.2.
- KAUFMAN, A.J.; VARNI, M.A.; HEBERT, C.L.; WING, B.; MISE, A.; BABINSKI, M.; HALVERSON, G.P.; CORSETTI, F.A. Carbon isotopic evidence for Neoproterozoic glacial cycles driven by iron- and phosphorous-stimulated productivity. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4, 2003, Salvador. Short Papers, p.359-360, 2003.
- KAWASHITA K. 1998. **Rochas carbonáticas neoproterozóicas da América do Sul: idades e inferências quimioestratigráficas**. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo, 126 p.
- KAWASHITA, K. Datação de rochas carbonáticas, Grupo Bambuí como exemplo. Rio de Janeiro: Anais da Academia Brasileira de Ciências, 1999. v.71, n.4, p.1037-1038
- KAWASHITA, K.; MIZUZAKI, A.M.P.; KIANG, C.H. Razões  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$  em sedimentos carbonáticos do Grupo Bambuí (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1, 1987, Porto Alegre, *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1987. p.133-137.
- KNAUER, L.G. **Evolução geológica do Precambriano da porção centro leste da Serra do Espinhaço Meridional e metalogênese associada**. 1990. 298p. Dissertação (Mestrado), UNICAMP, Campinas, 1990.
- KNAUER, L.G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.15, p.81-90, 2007.
- KOEPPEL, R.; ROCHA, R.V.M. da; CHIODI, D.K.; , F.M.; WERNECK, C.L.L.; **PROJETO IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ARRANJOS PRODUTIVOS DE BASE MINERAL E DE DEMANDA MINERAL SIGNIFICATIVA NO BRASIL**. MCT-CGEE., Brasília. v.4. 2002. p. 668-694
- KRAUSKOPF, K. B.; **Introduction to geochemistry**. 3 ed. Boston: WCB McGraw-Hill, 1995. 647p.
- LADEIRA, E.A. **Metallogenesis of gold of the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1980. 272p. Tese (Doutorado) - University of Western Ontário, Ontário, 1980.
- LADEIRA, E.A. Primeiras lavas com almofadas ("pillow") encontradas no Supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, no Quadrilátero Ferrífero e no

- distrito de Pitangui, Minas Gerais. **Ciências da Terra**, São Paulo, v.1, n.1, p.12-14. 1981.
- LIMA, O.N.B. **Grupo Bambuí: Estratigrafia regional no Alto Rio São Francisco e geologia dos depósitos fosfáticos da Serra da Saudade, MG**. 2005b. 142p. Tese (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- LIMA, O.N.B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W. Geologia dos depósitos fosfáticos do Grupo Bambuí na Serra da Saudade, Cedro do Abaeté, Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 3, 2005, Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia, Short Papers, 2005. 1 CD-ROM.
- 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**, São Paulo, v.37, n.4 - suplemento, p.204-215, 2007.
- LIMAS.A.A.. **Fácies, ambiente deposicional e aspectos diagenéticos das rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas na região norte de Minas Gerais, Bacia do São Francisco**. 1997, 121p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 1997.
- LIMA, S.A.A. **Fácies and depositional environment of carbonate rocks of Sete Lagoas Formation, São Francisco Basin, Brazil**. *In*: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SEDIMENTOLOGÍA Y VIII REUNIÓN ARGENTINA DE SEDIMENTOLOGÍA, 2, 2000, Mar del Plata. *Resúmenes...* Mar del Plata: 2000. v.1, p.99.
- LITWINSKI, N. **Evolução tectono-termal da região nordeste de Minas Gerais e Sul da Bahia**. 1985, 207p. Tese (Doutoramento) - Universidade de São Paulo, 1985.
- LOBATO, L.; RIBEIRO-RODRIGUES, L.; ZUCCHETTI, M. NOCE, C.M.; BALTAZAR, O.F.; SILVA, L.C.; PINTO, C.P. Brazil's premier gold province. Part I: The tectonic, magmatic and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. **Mineralium Deposita**, Berlin, v.36, n.3-4, p.228-248, 2001.
- LOCZY, I. & LADEIRA, E.A. **Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1976. 1 ed. 528p.
- LOPES, O.F. **Minéralisations en plomb, zinc et fluorine encaissées dans le Groupe Bambuí du Proterozoïque Supérieur de la région d'Itacarambi (Minas Gerais, Brésil)**. 1979, 210 p. These (Docteur en Géologie Appliquée) - Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 1979.
- MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALEZ, S.R.; *et al.* **Projeto RADAMBRASIL**, Folhas SF.23/24 – Rio de Janeiro/Vitória. Geologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Divisão de Publicação do Projeto RADAMBRASIL, 1983. 780p. 6 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 32).
- MACHADO, N., NOCE, C.M., BELO de OLIVEIRA, O.A., LADEIRA, E.A. Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero no Arqueano e Proterozóico Inferior com base em geocronologia U/Pb. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5, 1989, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1989. p. 1-5. [Bol. 10].
- MACHADO, N.; NOCE, C.M.; LADEIRA, E.A.; OLIVEIRA, O.A.B. de U-Pb geochronology of archaean magmatism and proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. **Geological Society of América Bulletin**, Boulder, v.104, p.1221-1227, 1992.
- MAGALHÃES, L. **Análise Estrutural Qualitativa dos sedimentos do Grupo Bambuí, região da bacia do São Francisco (Faixa Sete Lagoas-Serra do Cipó)**. 1988. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1988.
- MAGALHÃES, P.M. **Análise estrutural qualitativa das rochas do Grupo Bambuí, na porção sudoeste da Bacia do São Francisco**. 1989. 100p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1989.
- MARCHESE, H.G. Estromatólitos Gymnosolenida em el lado oriental de Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.4, n.4, p.257-271, 1974.
- MARSHAK, S.; ALKMIM, F.F. Proterozoic contraction/extension tectonics of southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. **Tectonics**, v.8, n. 3, p.555-571, 1989.
- MARTINS, M. **Análise estratigráfica das seqüências mesoproterozóicas (borda oeste) e neoproterozóicas da Bacia do São Francisco**. 1999. 214p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- MARTINS-NETO, M. A. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: Registro de uma bacia *rifte-sag* do Paleo/Mesoproterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.28, p.151-168, 1998.
- MARTINS-NETO, M. A. ; CASTRO, P. T. A. ; HERCOS, C. M. . O Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico) no Cráton do São Francisco em Minas Gerais. *In*: Boletim do SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 9, Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, 1997, boletim nº 14, p.22-24.

- MARTINS-NETO, M. A. ; PEDROSA-SOARES, A. C. . Superposition of sedimentary basin cycles from late Paleoproterozoic to late Neoproterozoic in the São Francisco Craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS*, 31, 2000, Rio de Janeiro, *Abstracts...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000, p.78.
- MARTINS-NETO, M.A. Mantle plume, rifting and the early Neoproterozoic glaciation in the São Francisco craton and the Araçuaí fold belt, southeastern Brazil. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECAMBRIAN AND CRATON TECTONICS*, 14 – INTERNATIONAL CONFERENCE ON BASEMENT TECTONICS, Ouro Preto. *Abstracts*, p.32-34. 1998.
- MARTINS-NETO, M.A.; ALKMIM, F.F. Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozóicas do paleocontinente São Francisco e suas margens: registros da quebra de Rodínia e colagem de Gondwana. *In: PINTO, C.P.; MARTINS-NETO, M.A. (Eds.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos minerais*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, CBMM, COMIG, GEOSOL, 2001. p.31-54. Cap. 3.
- MARTINS-NETO, M.A.; TULLER, M.P.; RIBEIRO, J.H. Bambuí Group, Sete Lagoas área, southeastern Bambuí Basin. *In: MISI, A. & TEIXEIRA, J.B. (Org.). Proterozoic Base Metal Deposits of Africa and South America*. Contributions presented at the 1st Field Workshop, International Geological Correlation Programme 450 IGCP, p.105-114, Belo Horizonte and Paracatu, Brazil. 2001.
- MENEZES FILHO, N.R.; MATTOS, G.M.M.; FERRARI, P.G. **Projeto Três Marias**; relatório final. Belo Horizonte: DNPM/CPRM. 1977. 339p.
- MIRANDA, L.L.F.; SILVA, J.G. Estratigrafia e mineralizações do Grupo Bambuí na Serra do Ramalho. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. v.6, p.2534-2547.
- MISI, A. O Grupo Bambuí no Estado da Bahia. *In: INDA, H.A.V. (Ed). Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia: textos básicos*. Salvador: SME/CBPM, 1979. p.120-154.
- MISI, A. A sedimentação carbonática do Proterozóico superior no Cráton do São Francisco: evolução diagenética e estratigrafia isotópica. *In: SIMPÓSIO CRÁTON SÃO FRANCISCO*, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p.192-193.
- MISI, A. **Um modelo de evolução metalogenética para os depósitos de zinco e chumbo hospedados em sedimentos proterozóicos de cobertura do Cráton do São Francisco (Bahia e Minas Gerais)**. 1999. 151p. Tese (Professor titular) - Instituto de Geociências. Universidade da Bahia, Salvador, 1999.
- MISI, A. Estratigrafia isotópica das seqüências do Supergrupo São Francisco, Coberturas Neoproterozóicas do Cráton do São Francisco. Idade e Correlações. *In: PINTO, C.P.; MARTINS-NETO, M.A. (Eds.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, CBMM, COMIG, GEOSOL, 2001. p.67-92. Cap.5.
- MISI,A.,TEIXEIRA,J.B.G.,GAUCHER,C.,REMUS,M.V.D.,BOGGIANI, P.C. AND IYER, S.S. Chemostratigraphic correlation of the Neoproterozoic sequences from South America. *In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY*, 4, 2003, Salvador. Short Papers, p.368-371, 2003.
- MISI, A.; VEIZER, J. Chemostratigraphy of Neoproterozoic carbonate sequences of the Una Group, Irecê Basin. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39, 1996, Salvador, *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. v.5, p. 487-489.
- MISI,A.;VEIZER,J.Neoproterozoiccarbonatesequences of the Uma Group, Irecê Basin: chemostratigraphy, age and correlations. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.89, p.87-100, 1998.
- MISI, A.; IYER, S.S.; COELHO, C.E.S.; TASSINARI, C.G.G.; FRANCA-ROCHA, W.J.S.; CUNHA, I.A.; GOMES, A.S.R.; OLIVEIRA, T.F.; TEIXEIRA, J.B.G.; CONCEIÇÃO-FILHO, V.M. Sediment-hosted Lead-zinc deposits of the Neoproterozoic Bambuí Group and correlative sequences, São Francisco Cráton, Brazil: a review and a possible metallogenic evolution model. **Ore Geology Reviews**, Amsterdam, v.26, n.3-4, p.263-304, 2005.
- MISI, A.; IYER, S.S.; KYLE, J.R.; COELHO, C.E.S.; TASSINARI, C.G.G.; FRANCA-ROCHA, W.J.S.; GOMES, A.S.R.; CUNHA, I.A.; TOULKERIDIS, T; SANCHES, A.L. A metallogenic evolution model for the lead-zinc deposits of the Meso and Neoproterozoic sedimentary basin of the São Francisco Craton, Bahia and Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.30, n.2, p.302-305, 2000.
- MISI, A.; IYER, S.S.; TASSINARI, C.G.G.; FRANCA-ROCHA, W.J.S.; COELHO, C.E.S.; CUNHA, I.A.; GOMES, A.S.R. Dados isotópicos de chumbo e zinco em sulfetos e a evolução metalogenética dos depósitos de zinco e chumbo das coberturas neoproterozóicas

- do Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.34, p.263-274, 2004.
- MISI, A.; KAUFMAN, A.J.; VEIZER, J.; POWIS, K.; AZMY, K.; BOGGIANI, C.P.; GAUCHER, C.; TEIXERA, J.B.G.; SANCHES, A.L.; IYER, S.S. Chemostratigraphic correlation of Neoproterozoic successions in South America. **Chemical Geology**, Amsterdam, v.237, n.1-2, p.143-167, 2007.
- MISI, A.; SANCHES, A.L.; KAUFMAN, A. J.; AZMY, K. As seqüências carbonáticas neoproterozóicas do Cráton do São Francisco e os depósitos de fosfato. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 43, 2006, Aracajú, *Anais...* Aracajú: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006a. v.1, p.157.
- MISI, A.; SANCHES, A.L.; KAUFMAN, A. J.; VEIZER, J.; AZMY, K.; POWIS, K.; TEIXEIRA, J. B. G.  $\delta^{13}\text{C}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of phosphorites from Neoproterozoic sequences of the São Francisco Craton, Brazil: phosphogenesis and correlations. *In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY*, 5 (V SSAGI): SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 5, 2006, Punta del Leste. Short Papers, p.313-316, 2006b.
- MISI, A.; SANCHES, A.L.; KAUFMAN, A. J.; VEIZER, J.; AZMY, K.; POWIS, K.; TEIXEIRA, J. B. G. Phosphorites and the chemostratigraphic correlations of the Neoproterozoic sequences of the São Francisco Craton and the Brasília Fold Belt. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 3, 2005, Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia, Short Papers, 2005. 1 CDROM.
- MME/DNPM Plano plurianual para o desenvolvimento do setor mineral. Salomão, E.P.; BORGES, L.F.; Maron, M.A.C.; Santana, P.R. (coord). 1994. Brasília. 146 p.
- MORAES, L.J. & GUIMARÃES, D. 1930. Geologia da região diamantífera do norte de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.2, p. 153-186, 1930.
- NOBRE-LOPES, J. **Faciologia e gênese dos carbonatos do Grupo Bambuí na região de Arcos, Estado de Minas Gerais**. 1995. 166p. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- NOBRE-LOPES, J. **Diagenesis of the dolomites hosting Zn/Ag mineral deposits in the Bambui Group at Januária region, MG**. 2002. 124p. Tese (Doutorado em Metalogênese) - Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- NOBRE-LOPES, J. Diagenesis of the dolomites hosting Zn/Ag mineral deposits in the Bambui Group, Januária region, MG. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 3, 2005, Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia, Short Papers, 2005. 1 CDROM.
- NOBRE-LOPES, J. **Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 1995. 128p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- NOBRE-LOPES, J.; MACHADO, N.; TEIXEIRA, W. O complexo Belo Horizonte e a evolução arqueana do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, 1994, Camboriú. *Boletim de resumos expandidos...* Porto Alegre: SBG/DNPM/CPRM, 1994. v.1, p.68-69.
- NOBRE-LOPES, J.; MACHADO, N.; TEIXEIRA, W. U-Pb Geochronology of the Gneisses and Granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco Craton): Age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.28, p.95-102, 1998.
- NOBRE-LOPES, J.; TEIXEIRA, W.; MACHADO, N. Geoquímica dos gnaisses TTGs e granitóides neoarqueanos do Complexo Belo Horizonte, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.2, n.1, p.25-32, 1997.
- NOBRE-LOPES, J.; ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O.F.; ARMSTRONG, R.; DANTAS, E.; RINGER, F.E.; LOBATO, L.M. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crust in the evolution of the Neoproterozoic Rio das Velhas Greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U-Pb zircon dating of volcanoclastic graywackes. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.141, n.1-2, p.67-82, 2005.
- NOBRE-LOPES, J.; ARMSTRONG, R.; DANTAS, E.; ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O.F.; RINGER, F.E.; LOBATO, L.M. Novas datações U-Pb (SHRIMP e ID-TIMS) para o *Greenstone Belt* Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 42, 2004, Araxá. *Anais...* Araxá: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, ANP, Simpósio 1 – Arqueano, T-241. 2004. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, E.A. **Geologia, Petrografia e Geoquímica do Maciço Granítico de Cachoeira da Prata**. 1999. 85p. Tese (Mestrado em Geodinâmica e Evolução Crustal) - Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.
- OLIVEIRA, E.A.; CORREIA NEVES, J.M.; FETTER, A.; BILAL, E. Geocronologia U/Pb do Maciço Granítico de Cachoeira da Prata – MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 40, 1998, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998. p.508.

- OLIVEIRA, E.P. Secular variation in the composition of brazilian mafic dykes swarms – preliminary results. **Boletim IG-USP**, São Paulo, v.20, p.33-36. 1989.
- OLIVEIRA, E.P. Composition of proterozoic mafic dykes swarms from the São Francisco Craton (Brazil): implications for mantle processes and evolution. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE UPPER MANTLE*, São Paulo, Brazil, 1994. p.97-99.
- OLIVEIRA, E.P. & MONTES, M.L. Os enxames de diques máficos do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. p.4137-4154.
- OLIVEIRA, F.A.; CHAVES A.G.; HEINECK, C.A.; COSTA, F.G.; MYTTON, J.W. **Projeto Fosfato de Patos de Minas**; relatório final. Belo Horizonte: CPRM, 1970. 67p.
- OLIVEIRA, F.V.C. de. **Estilo estrutural e curvatura da zona limite do Cráton do São Francisco nas regiões de Presidente Juscelino e Cardeal Mota – MG**. 1994. 202p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1994.
- OLIVEIRA, J.R.P. **Comportamento estrutural dos sedimentos dos grupos Macaúbas e Bambuí na porção centro-norte do Estado de Minas Gerais**. 1989. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1989.
- OLIVEIRA, M.A.M. Contribuição à geologia da parte Sul da Bacia do São Francisco e áreas adjacentes. *In: Coletânea de Relatórios de Exploração*, 1. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1967, n.3, p.71-105.
- OLIVEIRA, M. J. R.; FOGAÇA, A. C. C.; FONSECA, E. **Geologia da Folha Baldim (SE-23-Z-C-III)**. *In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. et al. (Coords.) Projeto Espinhaço: textos, mapas e anexos*. Belo Horizonte: COMIG, 1997. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, M.R.C. & MARTINS, J. Caracterização e classificação do resíduo “pó do balão”, gerado na indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal: estudo de um caso na região de Sete Lagoas/MG. **Química Nova**, São Paulo, v.26, p.5-9, 2003.
- OLIVEIRA, O.A.B. As falhas de empurrão e suas implicações na estratigrafia e metalogênese do Quadrilátero Ferrífero. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 34, 1986, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1986. p.1074-1087.
- PADILHA, A.V.; SILVA Jr., J.C.; OLIVEIRA, S.D. A unidade metavulcânica do Grupo Nova Lima no córrego dos Boiadeiros: uma seqüência ultramáfica komatiítica na base do Supergrupo Rio das Velhas, na área central do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.15, n.1, p.74-84, 1985.
- PARENTI-COUTO, J.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; IYER, S.S.; MORAIS, N.M.P. Considerações sobre a idade do Grupo Bambuí com base em análises isotópicas de Sr e Pb. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.11, n.1, p.5-16, 1981.
- PARENTI-COUTO, J.G.; TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G. Considerações sobre as principais épocas de fraturamento do Cráton do São Francisco com base em datações K-Ar em rochas básicas. *In: SIMPÓSIO DE MINAS GERAIS*, 2, 1983, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo MG, 1983. v.3, p.38-44.
- PEDROSA SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; VIDAL, Ph.; MONTEIRO, R.L.B.P. & LEONARDOS, O.H. Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. *J. South American Earth Sciences*, v.6 (1/2), p.33-47, 1992.
- PERYT, T.M.; HOPE, A.; BECHSTÄDT, T.; KÖSTER, J.; PIERRE, C.; RICHTER, D.K. Late Proterozoic aragonitic cement crusts, Bambuí Group, Minas Gerais, Brazil. **Sedimentology**, Amsterdam, v.37, p.279-86, 1990.
- PFLUG, R. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. **Boletim DNPM/DGM**, n.226, Rio de Janeiro, 1965. 55p.
- PFLUG, R. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. **DNPM/DGM**, Not. Prel. Est. 142:1-20, Rio de Janeiro, 1968.
- PFLUG, R., RENGERT. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do Cráton Sanfranciscano. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 27, 1973, Aracaju. *Anais...* Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 1973. v.2, p.5-19.
- PFLUG, R.; HOPPE, A.; BRICHTA, A. Paleogeografia do Pré Cambriano na Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *III Geow. Lat. Koll.*, 1980, *Anais*, p.33-40, Boppard.
- PINHO, J.M.M.; RIBEIRO, J.H.; TULLER, M.P.; FÉBOLI, W.L.; SIGNORELLI, N. **Arcabouço estrutural do Grupo Bambuí na região sudeste do Cráton do São Francisco**. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 43, 2006, Aracaju, *Anais...* Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006. v.1, p.111.
- PINHO, J.M.M.; RIBEIRO, J.H.; TULLER, M.P.; SIGNORELLI, N., FÉBOLI, W.L. **Definição semi-quantitativa dos domínios estruturais do Grupo Bambuí, na região centro-sul de MG** *In: CONGRESSO*

- BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008, Curitiba, *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, CD, 2008.
- PINTO, C.P.; MARTINS-NETO, M.A. (Eds.) **Bacia do São Francisco** – Geologia e Recursos Minerais. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, CBMM, COMIG, GEOSOL, 2001. 349p.
- PINTO, L.G.R.; USSAMI, N.; SÁ, N.C. Aquisição e interpretação preliminar de dados gravimétricos do SE do Cráton do São Francisco. *In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY*, 9, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2005. 1 CD-ROM.
- PRAKLA - SEIMOS GMBH “Levantamento Aeromagnetométrico de Minas Gerais e Espírito Santo-Brasil”, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, Convênio Geofísica Brasil-Alemanha (CGBA), 1971-1972.
- RAPOSO, M.I.B.; CHAVES, A.O.; LOJKASEK-LIMA, P.; D’AGRELLA F, M. & TEIXEIRA, W. Magnetic fabrics and rock magnetism of Paleoproterozoic dike swarm from southern of the São Francisco Craton, Minas Gerais State, Brazil. *Tectonophysics*, Holanda, v.378, p.43-63, 2004.
- RAPOSO, M.I.B.; McREATH, I.; D’AGRELLA FILHO, M.S. Tramas magnéticas dos carbonatos aparentemente não deformados do Grupo Bambuí na porção SW da Bacia do São Francisco, MG. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS*, 10, 2005, Curitiba. Sociedade Brasileira de Geologia, 2005. p.536-539.
- RENGER, F.E. Evolução dos conceitos geológicos da Serra do Espinhaço. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 1, 1979, Diamantina. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. p.9-29.
- RENGER, F.E.; NOCE, C.M.; ROMANO, A.W.; MACHADO, N. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas gerais. *Geonomos*, Belo Horizonte, v.2, p.1-11, 1994.
- RIBEIRO J.H.; TULLER, M.P.; DANDERFER FILHO, A. Mapeamento geológico da região de Sete Lagoas, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Lagoa Santa, Vespasiano, Capim Branco, Prudente de Moraes, Confins e Funilândia, Minas Gerais (escala 1:50.000) – Texto Explicativo. *In: Projeto Vida*. Belo Horizonte: CPRM, 1991. (versão CD-ROM, 2003).
- RIBEIRO, J.H.; TULLER, M.P.; PINHO, J.M.M.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W.L.; A Fácies Diamictito da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, na região sudoeste da Bacia do São Francisco, MG *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 44, 2008, Curitiba - PR. 1 CD-ROM.
- RICHTER, P.; LACERDA, G.M. Geologia. *In: Relatório de reconhecimento geológico-geoquímico da região de Pitangui, Papagaios, Pequi; Minas Gerais*. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, Convênio Geofísica Brasil – Alemanha (CGBA), 1975. p.9-57, Cap. 3.
- RIMMAN, E. A Kimberlita no Brasil. *Anais da Escola de Minas*, Ouro Preto, v.15, p.27-32, 1917.
- RIZZINI, C.T. *Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos, ecológicos e florísticos*. São Paulo: Âmbito Cultural Edições, 1997. 2 ed.
- RODRIGUES, J.B. *Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí – Um estudo de zircões detriticos e Idades Modelo Sm-Nd*. 2008, 141p. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, 2008.
- ROLLINSON, H. R. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. England: Pearson, 1993. 352p.
- ROMANO, A.W. *Evolution tectonique de la region nord-ouest du Quadrilatere Ferrifere – Minas Gerais – Brésil*. 1989. 259p. Tese (Doutorado) - Université de Nancy I, 1989.
- ROMANO, A.W. Folha Pará de Minas, SE.23-Z-C-IV: texto e mapa. **Programa Geologia do Brasil – PGB**. Belo Horizonte: CPRM/UFMG, 2007. 1 CD-ROM. [No prelo.]
- ROSA, M.L. da S.; KOSIN, M.; RIOS, D.C.; PINTO, M.S.; TEIXEIRA, J.B.G. (ed). *Anais do III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco*. Salvador. SBG 2005
- RUELLAN, F. Note préliminaire sur un plissement rencontré entre Piraposa et Formosa, Brésil. *Soc. Geol. France, Bull.* 6, t. II, fasc, I-III, p. 91 – 100, 1952
- SANTOS, R.V.; ALVARENGA, C.J.S.; DARDENNE. M.A.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V.P. Isótopos de carbono e oxigênio em carbonatos do Grupo Bambuí na Serra de São Domingos, MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39, 1996, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. v.5, p.516-520.
- SANTOS, R.V.; ALVARENGA, C.J.S.; DARDENNE. M.A.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V.P. Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá Groups. *Precambrian Research*, Amsterdam, v.104, p.107-122, 2000.
- SANTOS, R.V.; ALVARENGA, C.J.S.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V.P. A carbon isotope stratigraphic marker

- in the Bambuí Group, Brazil. *In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY*, 1, Campos do Jordão, 1997. *Anais...* Campos do Jordão, 1997. p.283-285.
- SCHOBENHAUS, C.& BRITO NEVES **A Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana.** *In BIZZI et al., GEOLOGIA, TECTÔNICA E RECURSOS MINERAIS DO BRASIL.* Brasília. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2003. p. 5 -54
- SCHÖLL, W.U. Der Glied westliche Randbereich der Espinhaço- Zone, Minas Gerais, Brasilien. Hannover: **Geol. Jb.**, Beih., 121: 59- 94. 1972.
- SCHÖLL, W.U. **Sedimentologie und geochemie der Bambuí Grube am SE – rand dês São Francisco Beckens** (Minas Gerais, Brasilien). 1973. 115p. Tese (Doutorado) - Universidade de Heidelberg, Heidelberg, 1973.
- SCHÖLL, W.U. Sedimentologia e Geoquímica do Grupo Bambuí na parte sudeste da Bacia do São Francisco. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39, 1976, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. v.2, p. 207-231.
- SCHÖLL, W.U., FOGAÇA, A.C.C. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 1, 1979, Diamantina. *Atas...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Minas Gerais, 1980. p.55-73. [Bol. 1].
- SCHÖLL, W.U.; SOUZA, O.M. Geologia da Folha de Baldim, Minas Gerais – Brasil. Belo Horizonte: MME-DNPM-SGM, 62p. 1970. [Texto datilografado, não publicado].
- SCHORSCHER, H.D. Komatiítos na estrutura “greenstone belt”, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife. *Resumo das Comunicações...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. p.292-293.
- SCHRANK, A.; SILVA, M.G. Greenstone belts do Cráton do São Francisco, Brasil. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p.85-118.
- SEER, H.J.; MORAES, L.C.; FOGAÇA, A.C.C. **Roteiro Geológico para a região de Lagoa Formosa – Chumbo – Carmo do Paranaíba – MG.** Belo Horizonte: SBG/MG, 1989. 58p.
- SGARBI, G.N.C.; TULLER, M.P.; RIBEIRO, J.H.; MARTINS-NETO, M.A. The Carrancas Facies and the Sete Lagoas Formation: the record of the Neoproterozoic Snowball Earth glaciation in the Bambuí Group, São Francisco Basin. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 12, 2003, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 2003. 1 CD-ROM.
- SIGA, JR., O.; CORDANI, U.G.; BASEI, M.A.S.; TEIXEIRA, W.; KAWASHITA, K. & VAN SCHMUS, W.R. Contribuição ao estudo geológico e geocronológico da porção nordeste de Minas Gerais. *In: 4º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 1987, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1987. Bol. n° 7: p.29-44.
- SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W.L.; TULLER, M.P.; RIBEIRO, J.H. Extensão Areal da Formação Serra da Saudade, Grupo Bambuí, para a região centro-sul de Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 44, 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 2008, p.924. 1 CD-ROM.
- SILVA, A.M., CHEMALE Jr., F., KUYJIMIAN, R. and HEAMAN, L.. Mafic dyke swarms of the Quadrilátero Ferrífero and Espinhaço range, MG, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.124-137, 1995.
- SILVA, J.N.; SEIXAS, S.R.M.; PIMENTEL, G.B. *et al.* **Projeto Mantiqueira – Furnas**; relatório final. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1978. 10v.
- SILVA, L.C. da; ZUCHETTI, M.; BALTAZAR, O.F.; MALOUF, R.F.; SILVA, J.N. Hydrothermal alteration, ocean floor metamorphism and ore genesis in the Rio das Velhas greenstone belt, MG-state/Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, 1994, Camboriú. *Anais...* Florianópolis, 1994. v.1, p.73-74.
- SIMMONS, G.C.; MAXWELL, C.H. Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas. **Boletim DNPM/DGM**, n.211, Rio de Janeiro, 1961. 30p.
- SOUZA, P.C.; CRISTINO, C.T.; SANTOS, P.T.C. Contribuição à petrologia e estudo paleoambiental da Formação Lagoa do Jacaré, Bacia do São Francisco, MG, Brasil. **Revista da Escola de Minas**, v.45, n.1-2, p.161-163, 1992.
- SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares.** São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 500p. 1982
- TEIXEIRA, W. **A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton do São Francisco com base em interpretações geocronológicas.** 1985. 207p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- TEIXEIRA, W. Avaliação do acervo de dados geocronológicos e isotópicos do Cráton do São Francisco: implicações tectônicas. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 2, 1993, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p.11-13.
- TEIXEIRA, W.; PECCHIO, M.; TAME, R.E. Geocronologia do enxame de diques básicos da parte meridional do Cráton do São Francisco e suas implicações no contexto geotectônico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, 1988, Belém. *Resumo das Comunicações...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. p.238.

- TEIXEIRA, W.; SABATÉ, P.; BARBOSA, J.; NOCE, C.M.; CARNEIRO, M.A. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton, Brazil. *In: TECTONIC EVOLUTION OF SOUTH AMERICA - INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS*, 31, 2000, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000. p.101-137
- TIBANA, P.; ALKIMIM, F. F. Notas de aulas dos trabalhos de campo da disciplina Petrografia de carbonatos, curso de mestrado da Universidade Federal de Ouro Preto, 1986/1987. *In: Tese de mestrado de Lincoln Magalhães. Análise Estrutural Qualitativa dos sedimentos do Grupo Bambuí, região sudeste da Bacia do São Francisco.* UFOP, Departamento de Geologia, Ouro Preto, Ag. 1988. p. 110.
- THOMAZ FILHO, A.; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G. A origem do Grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e de idades radiométricas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.70, n.3, p. 527-548, 1998.
- TULLER, M.P.; RIBEIRO, J.H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W.L.; PINHO, J.M.M. Proposta de Uma Nova Seção-Tipo da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, Na Região de Inhaúma, Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 44, 2008, Curitiba - PR. 1 CD-ROM.
- UHLEIN, A. **Geologia e mineralogia da cromita e itabiritos da região do Serro, MG.** 1982. 192p. Tese (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília, 1982.
- UHLEIN, A. **Transição Cráton – faixa dobrada:** exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no estado de Minas Gerais; aspectos estratigráficos e estruturais. 1991. 245p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- UHLEIN, A., EGYDIO-SILVA, M.; TROMPETTE, R. A faixa de dobramentos Araçuaí no Estado de Minas Gerais; uma cadeia monocíclica de idade brasileira. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, 1990 An. XXXVI Congr. Bras. Geol. vol.6: 2576-2588, Natal(RN).
- UHLEIN, A.; LIMA, O.N.B.; FANTINEL, L. M.; BAPTISTA, M.C. Excursão 2. Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 42, 2004, Araxá - MG. 1 CD-ROM.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.R.; BOUDZOU MOU, F. Glaciação neoproterozóica no Cráton São Francisco – Congo. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 3, 2005, Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia, Short Papers, 2005. 1 CD-ROM.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; EGYDIO-SILVA, M.; VAUCHEZ, A. Rifteamentos superpostos e tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. *Geonomos*, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.99-107, 1995.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; EGYDIO-SILVA, M. A glaciação sturtiana (~750 MA), a estrutura do rifte Macaúbas – Santo Onofre e a estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí Geonomos, Belo Horizonte, v.15, n.1, p.45-60, 2007.
- VIANNA, R.R.; GUERRA, W.J.; SOUZA, P.C. Dados geoquímicos das rochas da formação Sete Lagoas, na região de Arcos – MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, 1994, Camboriú. *Resumos Expandidos...* Florianópolis, 1994. v.3, p.130.
- VIEIRA, L.C.; ALMEIDA, R.P.; TRINDADE, R.I.F.; NOGUEIRA, A.C.R.; JANIKIAN, L. A Formação Sete Lagoas em sua área-tipo: fácies, estratigrafia e sistemas deposicionais. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 2007b.
- VIEIRA, L.C.; TRINDADE, R.I.F.; FIGUIREDO, F.P. Faciologia, estratigrafia magnética e química da formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí: dados preliminares. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 42, 2004, Araxá. *Anais...* Araxá: Sociedade Brasileira de Geologia-MG, ANP, 2004. 1 CD-ROM.
- VIEIRA, L.C.; TRINDADE, R.I.F.; NOGUEIRA, A.C.R. Químioestratigrafia da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí, Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO*, 3, 2005, Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia, Short Papers, 2005. 1 CD-ROM.
- VIEIRA, L.C.; TRINDADE, R.I.F.; NOGUEIRA, A.C.R.; ADER, M. Identification of a Sturtian cap carbonate in the Neoproterozoic Sete Lagoas carbonate platform, Bambuí Group, Brazil. *Comptes Rendus, Géosciences*, v.339, n.3-4, p.240-258, 2007a. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 25 ago. 2007.
- VLACH, S.R.F.; CAMPOS NETO, M.C.; CABY, R.; BASEI, M.A.S. Contact metamorphism in metapelites from the Nova Lima Group, Rio das Velhas Supergroup, Quadrilátero Ferrífero: a monazite Th-U-Pb<sub>T</sub> dating by the electron-probe microanalyser. *In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY*, 4, 2003, Salvador. Short Papers, p.307-310, 2003.
- YARIV, S.; CROSS, H. **Geochemistry of colloids systems for earth scientists.** New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1979. 450p.
- WINEFIELD, P.R. Development of late paleoproterozoic aragonitic sea floor cements in the McArthur Group, Northern Australia. *In: Carbonate Sedimentation and Diagenesis in the Evolving Precambrian World.* SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication 67, 2000. p.145-159.



# **APÊNDICES**

---



# 1 - SÚMULA DOS DADOS DE PRODUÇÃO

## 1. Geologia

Mapeamento geológico (Km <sup>2</sup> )	13.195
Caminhamento geológico (Km)	8.190
Afloramentos Estudados	2.558
Amostras de rochas coletadas	1.282
Cadastramento mineral	212
Seções compostas	53 (1800 metros)
Análises petrográficas	945
Processos consultados junto ao DNPM (3° distrito)	141

## 2. Geofísica

Interpretação de dados aeromagnetométricos (Km <sup>2</sup> )	13.195
Interpretação de dados radiométricos (Km <sup>2</sup> )	7.014

## 3. Geoquímica (prospectiva)

Área levantada (Km <sup>2</sup> )	7.250
Sedimento de corrente (amostras)	334
Concentrado de bateia (amostras)	36



## **2 - SEÇÕES COMPOSTAS VERTICAIS**

Anexo em CD.





