

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Inácio de Medeiros Delgado

COORDENAÇÃO TEMÁTICA

Nacional

**Base de Dados** Nelson Custódio dos Santos Filho

**Geofísica** Mário J. Metelo

**Geologia Estrutural** Reginaldo Alves dos Santos

**Geoquímica** Carlos Alberto C. Lins e Gilberto J. Machado

**Litogeoquímica** Emiliano Cornélio de Souza

**Metalogenia/Geologia Econômica** Inácio de Medeiros Delgado

**Petrologia** Luiz Carlos da Silva

**Sedimentologia** Augusto José Pedreira

**Sensoriamento Remoto** Cidney Rodrigues Valente

Regional

Superintendência Regional de Belo Horizonte

**Coordenador Regional** Claiton Piva Pinto

**Geofísica** Antonino Juarez Borges

**Geologia Estrutural** Orivaldo Ferreira Baltazar

**Geoquímica** Cláudio José Marques de Sousa

**Petrologia** Frederico Ozanam Raposo

**Metalogenia/Geologia Econômica** Carlos Alberto Heineck

FOLHA BELO HORIZONTE

## CRÉDITOS DE AUTORIA

<b>CapítuloS 1 e 2</b>	Luiz Alberto Brandalise
<b>Capítulo 3</b>	Luiz Alberto Brandalise e Orivaldo Ferreira Baltazar r
<b>Capítulo 4</b>	Carlos Alberto Heineck
<b>Capítulo 5</b>	
<b>Subitem 5.1</b>	Luiz Alberto Brandalise e Carlos Alberto Heineck
<b>Subitem 5.2</b>	Luiz Alberto Brandalise

Revisão Final

*Carlos Alberto Heineck*

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL  
PROJETO DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO/METALOGENÉTICO SISTEMÁTICO  
Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Coordenação Editorial a cargo da  
Divisão de Editoração Geral – DIEDIG  
Departamento de Apoio Técnico – DEPAT

BRANDALISE, Luiz Alberto

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Belo Horizonte, Folha SE.23-Z-C-VI. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. / organizado por Luiz Alberto Brandalise e Carlos Alberto Heineck. – Brasília: CPRM, 1999.

1 CD-ROM

Projeto de Mapeamento Geológico/Metalogenético Sistemático.

Executado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Belo Horizonte.

1. Geologia – Minas Gerais – Mapas. 2. Mapeamento Geológico – Minas Gerais. I. Heineck, Carlos Alberto. II. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. III. Título.

CDD. 558.151

Elaborada pela Bibliotecária Marilúcia Pinheiro, em 09/02/2000

**Departamento de Apoio Técnico**  
*Giuseppina Giaquinto de Araujo*

**Divisão de Cartografia**  
*Paulo Roberto Macedo Bastos*

**Divisão de Editoração Geral**  
*Maria da Conceição C. Jinno*

## **EQUIPES DE PRODUÇÃO**

### **Cartografia Digital**

Carla Cristina M. da Conceição	José Pacheco Rabelo
Carlos Alberto da Silva Copolillo	Julimar de Araujo
Carlos Alberto Ramos	Leila Maria Rosa de Alcantara
Elaine de Souza Cerdeira	Luiz Guilherme de Araújo Frazão
Elcio Rosa de Lima	Marco Antonio de Souza
Ivan Soares dos Santos	Maria Luiza Poucinho
Ivanilde Muniz Caetano	Marília Santos Salinas do Rosário
João Bosco de Azevedo	Paulo José da Costa Zilves
João Carlos de Souza Albuquerque	Risonaldo Pereira da Silva
Jorge de Vasconcelos Oliveira	Samuel dos Santos Carvalho
José Barbosa de Souza	Sueli Mendes Sathler
José Carlos Ferreira da Silva	Valter Alvarenga Barradas
José de Arimathéia dos Santos	Wilhelm Petter de Freire Bernard

### **Editoração**

Antonio Lagarde	Laura Maria Rigoni Dias
Edalair Rizzo	Marília Asfura Turano
Hélio Tomassini de Oliveira Filho	Pedro da Silva
Jean Pierre Souza Cruz	Sandro José Castro
José Luiz Coelho	Sergio Artur Giaquinto

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

<i>Ministro de Estado</i>	Rodolpho Tourinho Neto
<i>Secretário Executivo</i>	Helio Vitor Ramos Filho
<i>Secretário de Minas e Metalurgia</i>	Luciano de Freitas Borges

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM  
Serviço Geológico do Brasil

<i>Diretor-Presidente</i>	Umberto Raimundo Costa
<i>Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial</i>	Thales de Queiroz Sampaio
<i>Diretor de Geologia e Recursos Minerais</i>	Luiz Augusto Bizzi
<i>Diretor de Administração e Finanças</i>	José de Sampaio Portela Nunes
<i>Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento</i>	Paulo Antônio Carneiro Dias
<i>Chefe do Departamento de Geologia</i>	Sabino Orlando C. Loguércio

SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS

<i>Superintendente de Belém</i>	Xafi da Silva Jorge João
<i>Superintendente de Belo Horizonte</i>	Osvaldo Castanheira
<i>Superintendente de Goiânia</i>	Mário de Carvalho
<i>Superintendente de Manaus</i>	Fernando Pereira de Carvalho
<i>Superintendente de Porto Alegre</i>	Cladis Antonio Presotto
<i>Superintendente de Recife</i>	Marcelo Soares Bezerra
<i>Superintendente de Salvador</i>	José Carlos Vieira Gonçalves da Silva
<i>Superintendente de São Paulo</i>	José Carlos Garcia Ferreira
<i>Chefe da Residência de Fortaleza</i>	Clodionor Carvalho de Araújo
<i>Chefe da Residência de Porto Velho</i>	Rommel da Silva Sousa

# RESUMO

---

A área estudada situa-se na região metalúrgica de Minas Gerais, nos domínios da Província Geotectônica São Francisco, e integra parte do Quadrilátero Ferrífero. A infra-estrutura geológica é constituída por um terreno granito-*greenstone* arqueano cujo segmento ocidental apresentou uma maior estabilidade tectônica a partir do Paleoproterozóico (Cráton do São Francisco), enquanto que a porção oriental encontra-se deformada por um grande número de escamas cristalinas de empurrao brasileiras (Faixa Móvel Araçuaí).

A infra-estrutura plutônica é representada por grandes domos de ortognaisses predominantemente graníticos (a tonalíticos), submetidos a condições de metamorfismo de grau médio e que constituem os complexos Belo Horizonte, Caeté e Granito-Gnáissico-Migmatítico.

Os domos granito-gnáissicos encontram-se aureolados por rochas metavulcano-sedimentares do Grupo Nova Lima e subordinadamente do Grupo Maquiné, constituindo o *greenstone belt* Rio das Velhas, metamorfizado nas fácies xisto-verde a anfíbolito. O Grupo Nova Lima compreende quatro domínios (e várias unidades): vulcânico máfico (Ouro Fino), vulcano-sedimentar químico (Morro Vermelho), vulcano-clástico félsico (Mestre Caetano e Ribeirão Vermelho) e sedimentar (Córrego do Sítio e Mindá). As rochas metaultramáficas a máficas (serpentinitos, tremolita-talco xistos, piroxenito e anfíbolitos) da região de São Benedito talvez sejam correlatas do Grupo Nova Lima.

O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozóica, constitui uma cobertura metassedimentar depositada em ambiente continental fluvial distal a plataformal metamorfoseada na fácies xisto-verde e está representado pelos grupos Caraça (metaconglomerados, quartzitos e filitos), Itabira (formações ferríferas bandadas e dolomitos), Piracicaba (metassedimentos clásticos e carbonáticos) e Sabará (metassedimentos areno-pelíticos e alguma formação ferrífera).

As seqüências de cobertura (predominantemente quartzíticas e metaconglomeráticas) observadas no rifte proterozóico do Espinhaço são representadas pelo Supergrupo Espinhaço (formações Galho do Miguel, Sopa-Brumadinho e Cambotas).

O Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico) compreende duas unidades litoestratigráficas: os grupos Macaúbas e Bambuí. O primeiro é constituído de psefitos com matriz grauvaquiiana, filitos e quartzitos. O Grupo Bambuí é constituído de rochas sedimentares ou epimetamórficas correspondentes às formações Sete Lagoas (membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa) e Serra de Santa Helena. O Membro Pedro Leopoldo (detritico-químico) representa um ciclo transgressivo, enquanto que o Membro Lagoa Santa corresponde a uma seqüência química de ambiente plataformal, com zonas de infra- e supramaré, em sistema progradante. A Formação Serra de Santa Helena, constituída de metapelitos e lentes carbonáticas, foi de-

positada num ambiente marinho sublitorâneo e relativamente profundo.

Rochas básicas ocorrem desde o Proterozóico até o Mesozóico, algumas porfiríticas e evidenciam fases distensivas da crosta continental. Depósitos cenozóicos (aluviões e terraços sedimentares) são encontrados ao longo do rio das Velhas.

O evento deformacional mais marcante corresponde a um cisalhamento contracional de baixo ângulo, de natureza dúctil e com esforços dirigidos de E para W. Através de deformação progressiva, envolve sistemas de cisalhamento como Caeté, Ribeirão da Prata, Córrego do Garimpo (envolvendo embasamento) e Fundão, que dão o modelo estrutural dessa parte do Quadrilátero Ferrífero.

No embasamento ocorrem zonas de cisalhamento verticalizadas e dúcteis (N-S), caracterizadas como Traíras, Ravena e Morro Alto.

Os principais bens minerais da folha são: ferro proveniente dos itabiritos do Grupo Itabira (Formação Cauê); ouro associado ao Grupo Nova Lima (minas de Cuiabá, Raposos e Velha, entre outras) ou garimpo por dragas ao longo do rio das Velhas; dolomitos da Formação Gandarela; calcários da Formação Sete Lagoas; gnaisses do Complexo Belo Horizonte (explorados em pedreiras no limite entre os municípios de Belo Horizonte e Sabará); areia explorada ao longo dos rios das Velhas e Taquaraçú, e do ribeirão da Mata; quartzitos meteorizados do Supergrupo Espinhaço; e uma única fonte produtiva de água mineral (Sabará).

# ABSTRACT

---

The area is situated in the Quadrilátero Ferrífero (Iron Quadrangle) metalliferous region of the State of Minas Gerais in the domain of the São Francisco Geotectonic Province. It is underlain by Archean granite-greenstone terranes of which the western area (São Francisco Craton) has been stable since the Paleoproterozoic, whereas the deformed eastern part consists of a large number of Brasiliano Cycle crystalline thrust sheets (Araçuaí Mobile Belt).

The plutons consist of extensive orthogneiss domes, mainly of granitic to tonalitic composition that underwent medium grade metamorphism. They form the Belo Horizonte, Caeté and Granite-Gneiss-Migmatitic Complexes.

Metavolcano-sedimentary rocks of the Nova Lima Group and subordinately of the Maquiné Group, constitute the Rio das Velhas Greenstone Belt, which was metamorphosed in the greenschist to amphibolite facies and surrounds the granite-gneiss domes. The Nova Lima Group includes four domains (and several units): mafic volcanic (Ouro Fino), chemical volcano-sedimentary (Morro Vermelho), felsic volcaniclastic (Mestre Caetano and Ribeirão Vermelho) and sedimentary domain (Córrego do Sítio and Mindá). Meta-ultramafic to mafic rocks (serpentinite, tremolite-talc schist, pyroxenite and amphibolite) that from the São Benedito region may be correlated with the Nova Lima Group.

The Minas Supergroup (Paleoproterozoic), consists of meta-sedimentary cover deposited in a continental (distal fluvial) to marine shelf environment,

and metamorphosed in the greenschist facies. It is represented by the following Groups: Carajá (metaconglomerate, quartzite and phyllite), Itabira (banded iron formation units and dolomite), Piracicaba (clastic and carbonate metasediments) and Sabará (sandy-pelitic metasediments, locally with iron formation units).

In the Espinhaço Proterozoic rift are observed cover sequences (predominantly quartzite and metaconglomerate) represented by the Espinhaço Super group (Galho do Miguel, Sopa-Brumadinho and Cambotas formations).

The São Francisco Supergroup (Neoproterozoic) consists of two lithostratigraphic units: the Macaúbas Group and the Bambuí Group. The Macaúbas Group consists of pschist with grey wacke matrix, phyllite and quartzite. The Bambuí Group consists of sedimentary or epimetamorphic rocks corresponding to the Sete Lagoas Formation (Pedro Leopoldo and Lagoa Santa members) and the Serra de Santa Helena Formation. The Pedro Leopoldo Member (detrital-chemical) represents a transgressive cycle, whereas the Lagoa Santa Member is a chemical shelf sequence, with infratidal and supratidal sediments deposited in a progradational system. The Serra de Santa Helena Formation, consisting of metapelite and carbonate lenses, was deposited in marine sub-coastal and relatively deep-water environments.

Basic rocks were emplaced from the Proterozoic until the Mesozoic. Some of these basic bodies are porphyritic and indicate extensional phases that affected the continental crust. Cenozoic deposits (al-

luvium and terrace deposits) can be observed along of the Velhas River.

The most remarkable deforming event is a low angle contraction shear of ductile nature showing stress directed from E to W, causing progressive deformation. This event resulted in the development of shear systems known as Caeté, Ribeirão da Prata, Córrego do Garimpo (involving the basement) and Fundão, that set the structural framework for this part of the Iron Quadrangle. In the basement there are vertical (N-S) ductile shear zones, known as Traíras, Ravena and Morro Alto.

The most important mineral deposits are the itabirite iron ores of the Itabira Group (Cauê Formation); gold associated with the Nova Lima Group (Cuiabá, Raposos and Velhamines, among others). Along the Velhas River; there occur dolomite deposits in the Gandarela Formation; limestone in the Sete Lagoas Formation; gneiss in the Belo Horizonte Complex (quarries at Belo Horizonte and Sabará); sand explored along the Velhas, Taquaraçu and Mata rivers; weathered quartzite from the Espinhaço Super group; and, finally, the only producing mineral water spring at Sabará.



# 1

---

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Histórico e Objetivos

O presente trabalho de mapeamento geológico e levantamento de recursos minerais é parte integrante do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

O relatório aqui apresentado refere-se aos trabalhos elaborados para a folha Belo Horizonte (SE.23-Z-C-VI), que inicialmente compunha, junto com as folhas Itabira (SE.23-Z-D-IV), Conceição do Mato Dentro (SE.23-Z-D-I) e Serro (SE.23-Z-B-IV), o Projeto Belo Horizonte-Serro. No mesmo período, as duas últimas folhas foram executadas pelo Projeto Espinhaço (COMIG), motivando a sua não-execução pela CPRM. A constituição do projeto Belo Horizonte-Serro fundamentou-se, basicamente, na necessidade de um melhor conhecimento dos aspectos geológicos de uma área que inclui a capital do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, onde a intensa e crescente ocupação humana exige cada vez mais um planejamento integrado da infra-estrutura, permitindo um desenvolvimento sócio-econômico em benefício de toda a comunidade. Poderá proporcionar, igualmente, uma alocação mais eficaz de parte dos recursos dirigidos à

melhoria da qualidade de vida da população desta região e mesmo de outras regiões do estado.

### 1.2 Localização e Acesso

A área cartografada localiza-se no estado de Minas Gerais entre os meridianos 43°30' e 44°00' de longitude oeste de Greenwich e os paralelos 19°30' e 20°00' de latitude sul (figura 1.1), ocupando uma superfície aproximada de 3.000km<sup>2</sup>. Corresponde à Folha Belo Horizonte – SE.23-Z-C-VI, na escala 1:100.000.

Dentro dos limites da folha encontra-se o município de Belo Horizonte, a capital do estado, além de centros urbanos bem desenvolvidos, que fazem parte da região metropolitana de Belo Horizonte, como Contagem, Santa Luzia, Lagoa Santa, Vespasiano, Sabará, Caeté e Nova Lima, todos eles interligados por rodovias asfaltadas.

Belo Horizonte é cortada pela BR-040, que provê o acesso ao Rio de Janeiro e à Brasília; pela BR-262 (acesso ao Triângulo Mineiro e à Vitória) e pela BR-381, que a liga a São Paulo.

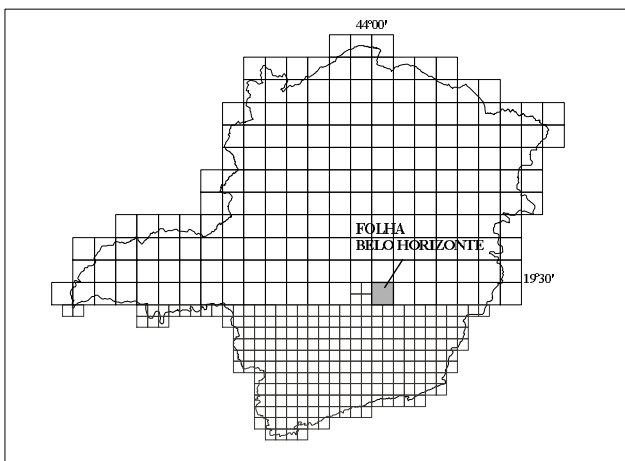
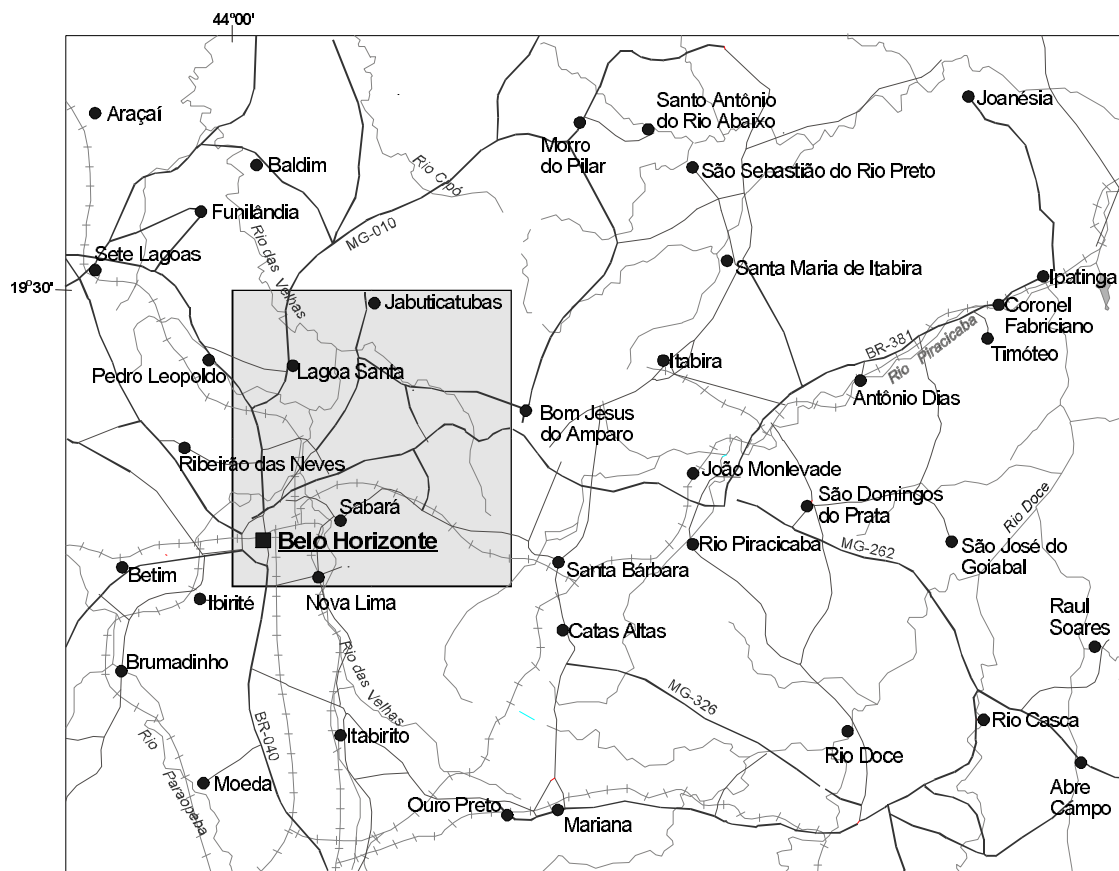


Figura 1.1 – Mapas de localização e situação da Folha Belo Horizonte.

(MG-07) e Nova Lima (MG-030). As estradas vicinais oferecem boas condições de tráfego, tanto na estação seca, como na estação chuvosa.

Na área da folha encontra-se o Aeroporto Internacional de Confins e os aeroportos da Pampulha e Carlos Prates, os dois últimos dentro de Belo Horizonte, além do aeródromo de Lagoa Santa, homologado pelo Departamento de Aviação Civil – DAC.

### 1.3 Geografia

#### 1.3.1 Clima, Vegetação, Hidrografia e Solos

Pela classificação climática de Köppen, parte da área tem características de clima Cwa, enquanto as regiões mais elevadas, a sul e a leste, têm características do tipo Cwb. Entretanto, vale ressaltar que para Belo Horizonte e circunvizinhanças, devido às ações antrópicas e alterações ambientais, o clima de hoje enquadra-se no tipo Aw ou tropical (Ribeiro e Mol, 1985).

A vegetação apresenta porções residuais de mata subcaducifólia tropical, que representam restos da pujante mata, cuja destruição foi iniciada no século XVIII em função da ocupação humana. Na região mediana NW a vegetação apresenta características de cerrado, enquanto a maior parte enquadra-se com características de campo, devido às ações antrópicas, ocorrendo faixas de floresta subperenifólia.

Nas partes mais elevadas as características da vegetação são de cerrado e campo. Em função de fatores litoestruturais e topográficos, na folha tem-se a presença de cambissolos distróficos, latossolos distróficos vermelho-amarelados e solos podzólicos vermelho-amarelados distróficos ou eutróficos. Nas regiões mais elevadas há associação de cambissolos e litossolos.

A drenagem principal é representada pela bacia hidrográfica do rio das Velhas, pertencente à bacia do rio São Francisco, tendo suas nascentes a uma altitude de 900m; seus principais afluentes na margem esquerda são o córrego do Onça e os riberões Arrudas e da Mata, enquanto na margem direita destacam-se o rio Preto, o ribeirão Vermelho e o rio Taquaraçú.

Saliente-se que os afluentes da margem esquerda são muito poluídos, assim como todo o trecho do rio das Velhas propriamente dito na folha.

#### 1.3.2 Geomorfologia

A maior parte da área está enquadrada morfológicamente na depressão do São Francisco, com colinas tabuliformes e modelados cársticos nos domínios do Grupo Bambuí. Na parte sul ocorrem áreas de topografia elevada (até 1.300m) que caracterizam o Quadrilátero Ferrífero, com dissecações e escarpas erosivas. No limite leste ocorrem as altas superfícies modeladas do Espinhaço com escarpas erosivas.

Na área da Folha Belo Horizonte podem ser observados três grandes domínios geomorfológicos, que foram denominados pelo Projeto Radar Minas Gerais (1978) de depressão periférica do São Francisco, Quadrilátero Ferrífero e de serras, patamares e escarpas do Espinhaço.

Na depressão periférica do São Francisco, onde se inclui a maior parte da área da folha, ocorrem duas unidades geomorfológicas distintas: zonas de colinas e de superfícies aplainadas.

A primeira unidade corresponde às formas de relevo esculpidas nas rochas granito-gnáissicas, constituindo colinas de topo aplainado ou não, colinas com vales encaixados e cristas esparsas, e, finalmente, colinas com vertentes ravinadas e vales encaixados.

A segunda unidade corresponde às formas de relevo esculpidas em rochas do Grupo Bambuí, correspondendo às colinas de vertentes ravinadas e vales encaixados na região de Jabuticatubas, ocorrendo para sul superfícies onduladas em depressões (cársticas), colinas com vales encaixados ou, ainda, colinas com topos aplainados.

Essas duas unidades são resultantes da pediplanação do Ciclo Sul-Americano e atuação do Ciclo Velhas (entalhamento), do Terciário Inferior e Terciário Superior ao Pleistoceno, respectivamente.

A unidade geomorfológica do Quadrilátero Ferrífero corresponde às formas esculpidas nas rochas dos supergrupos Minas e Rio das Velhas, que são o topo da serra do Curral e cristas com vertentes ravinadas e vales encaixados, além de superfícies aplainadas com pontões na serra das Cambotas.

O topo da serra do Curral, onde o mesmo se encontra acima de 1.000m, é atribuído ao Ciclo Pós-Gondwana, enquanto a maior parte da área com superfícies dissecadas corresponde ao entalhamento do Ciclo Velhas.

A unidade “serras, patamares e escarpas do Espinhaço” corresponde às formas esculpidas em rochas do Grupo Macaúbas e Supergrupo Espinhaço, com altitudes de até 1.400m. As formas dominantes correspondem a cristas com as vertentes ravinadas e vales encaixados, e localmente ocorrem superfícies aplainadas com cristas e pontões esporádicos.

#### 1.4 Aspectos Sócio-Econômicos

Belo Horizonte, sede do governo de Minas Gerais, representa o mais importante centro de decisões do estado, sendo em nível nacional a terceira capital brasileira em população. Centro bastante desenvolvido, conta com infra-estrutura digna de seu porte. Grande número de pequenas a grandes indústrias situa-se na região metropolitana de Belo Horizonte.

A vocação mineral de Minas Gerais, com suas jazidas de ferro, propiciou a montagem de um parque industrial com algumas siderúrgicas, como Mannesmann, Acesita e Açominas.

Como terceira capital possui um comércio bastante desenvolvido e um centro consumidor em expansão.

Algumas das maiores jazidas brasileiras de ferro (exclusive Carajás) encontram-se na periferia ou nas proximidades da capital e em exploração por companhias como MBR – Minerações Brasileiras Reunidas (mina de Águas Claras) e SAMITRI (córrego do Meio), além de outras de menor porte. Além disso, conta com várias minas de ouro, onde a mais célebre e profunda é a mina Grande, da Mineração Morro Velho (Nova Lima), havendo outras como a de Cuiabá, em Sabará, atualmente responsável pela maior parte do ouro produzido no Quadrilátero Ferrífero.

A construção civil é grande consumidora de materiais de construção como brita, advinda de pedreiras de gnaisses ou calcário, e areia proveniente das aluviões e terraços do rio das Velhas, do ribeirão da Mata e do rio Taquaraçú. Atualmente, dentro

da Folha Belo Horizonte existem somente duas pedreiras de gnaisses em franca exploração, ambas situadas no município de Sabará (Brivel e Pedra do Sino), havendo pelo menos uma dezena delas desativadas em face da ocupação e do crescimento desordenado da capital.

Na parte NNW da folha (município de Vespasiano) ocorrem importantes depósitos de calcário utilizados na fabricação de cimento, brita e cal, para fins siderúrgicos e, principalmente, como insumo na agricultura como corretivo de solo.

#### 1.5 Trabalhos Anteriores

Os primeiros trabalhos interessandos na área da Folha Belo Horizonte ficaram atrelados às adjacências do Quadrilátero Ferrífero.

Harder e Chamberlin (1915) foram os primeiros a considerar os gnaisses como sendo o embasamento de todas as seqüências do Quadrilátero Ferrífero.

Nas décadas de 50 e 60 os trabalhos de Dorr II e seus colaboradores do USGS, na escala 1:25.000, propiciaram uma estratigrafia para o Quadrilátero Ferrífero, onde se inclui parcialmente a Folha Belo Horizonte. Nela foram mapeadas a Série Rio das Velhas (Grupos Nova Lima e Maquiné) e a Série Minas (Grupo Caraça – Formações Moeda e Batatal; Grupo Itabira – Formações Cauê e Itabira; Grupo Piracicaba – Formações Cercadinho, Fecho do Funil, Barreiro, Taboões e Sabará), além de rochas graníticas, que não eram consideradas embasamento de todas as seqüências.

Em 1976, Menezes Filho *et al.*, através de cartografia geológica sistemática na escala 1:250.000, pelo Convênio DNPM/CPRM (Projeto Três Marias), apresentaram a área da Folha Belo Horizonte 1:100.000 como sendo constituída pelas unidades: Complexo Granito-Gnáissico-Migmatítico, Supergrupo Rio das Velhas (grupos Nova Lima e Maquiné), Supergrupo Minas (grupos Caraça, Itabira e Piracicaba), Grupo Bambuí (formações Paraopeba e Serra de Santa Helena), Supergrupo Espinhaço indiviso e Grupo Macaúbas.

Na década de 80, a área da Folha Belo Horizonte 1:100.000 voltou a ser cartografada geologicamente, desta feita na escala 1:50.000, pelo Instituto de Geologia Aplicada – IGA. Os mapas mostram que

foram cartografados o Complexo Basal indiferenciado, constituído de gnaisses e migmatitos, o Supergrupo Rio das Velhas (grupos Nova Lima e Maquiné), o Supergrupo Minas (Grupo Caraça - formações Moeda e Batatal; Grupo Itabira - formações Cauê e Gandarela; Grupo Piracicaba - Subgrupo Cercadinho/Fecho do Funil ou formações Cercadinho e Fecho do Funil), além da Formação Sabará, Grupo Bambuí (formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena), Grupo Macaúbas e Supergrupo Espinhaço (Inferior e Superior). Individualizou-se ainda um maciço de talco xisto e anfibolito ao norte de Venda Nova.

O Projeto Vida (CPRM, 1992), foi responsável pela cartografia geológica do Grupo Bambuí na escala de 1:25.000 à margem esquerda do rio das Velhas e ao norte de Santa Luzia, onde foram individualizadas as formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena. A Formação Sete Lagoas foi subdividida nos membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, e estes, por sua vez, em diversas fácies (Tuller *et al.*, 1992).

Na parte referente ao Supergrupo Espinhaço destaca-se a cartografia do canto NE da folha, a leste de Nova União, extremo meridional do Projeto Fosfato – METAMIG, de Fritzsons Júnior *et al.* (1992), onde foram individualizadas as formações Galho do Miguel e Sopa-Brumadinho, esta última subdividida no Membro Campo Sampaio, portador de fosfato.

Por último o Projeto Rio das Velhas (escala 1:25.000) executado pela CPRM entre 1992 e 1995, propiciou uma nova divisão, principalmente do Grupo Nova Lima, segundo as unidades Ouro Fino, Morro Vermelho, Ribeirão Vermelho, Mestre Caetano, Córrego do Sítio e Mindá.

## 1.6 Metodologia de Trabalho

A metodologia de trabalho obedeceu as diretrizes definidas pela coordenação nacional do PLGB (memo. 001/PLGB/90 de 01/11/90), constando das atividades que seguem:

- levantamento e aquisição da documentação básica;
- aquisição de cartas topográficas do IBGE (1:50.000), aerofotos USAF (1:60.000, de 1965), aerofotos na escala 1:30.000 (CE-

MIG/EMBRAFOTO, 1989), foto-índices 1:180.000 (USAF) e 1:100.000 (EMBRAFOTO S/A, Projeto EBA/03-89) e imagens LANDSAT TM nas bandas 3, 4 e 5 (escala 1:100.000);

- compilação e análise bibliográfica;
- levantamento do acervo de dados referentes à área do projeto, consulta de relatórios de pesquisa relativos às áreas registradas no DNPM, integração dos mapas geológicos existentes ;
- no final da atividade de compilação foram elaborados: uma síntese da geologia da folha e um esboço geológico preliminar;
- interpretação de dados de sensores remotos tendo como meta principal auxiliar os trabalhos de integração do mapa geológico;
- interpretação geofísica a partir das cartas aeromagnéticas do Convênio Geofísica Brasil-Alemanha, testando anomalias para investigação posterior;
- integração geológico/geofísica, que objetivou a integração da interpretação geofísica com os dados geológicos disponíveis;
- cadastramento de recursos minerais no campo (base META), além da consulta a relatórios de pesquisa e decretos de lavra, no DNPM;
- cadastramento de pontos d'água e SINFRAGE, quando foram consultados os órgãos estaduais e municipais ligados ao setor hídrico, visando a localização da rede de poços d'água na folha. Em outra fase foram cadastrados no campo os poços e fontes não constantes nas informações oficiais;
- reconhecimentos geológico e da infra-estrutura regional. Viagem de reconhecimento com o intuito de tomar contato com a área e melhorar o traçado dos contatos geológicos, identificar as unidades discriminadas nos mapas de compilação (através de seus elementos de relevo e textura), objetivando melhorar a interpretação geológica e aprimorar os mapas preliminares;
- cartografia geológica sistemática, iniciada em outubro de 1993, sendo observados os principais perfis selecionados com base nos dados obtidos nas etapas anteriores, verificando a natureza dos contatos, com separação dos tipos litológicos na escala, e levantando e analisando feições estruturais, além da coleta de

amostras de rochas para um melhor conhecimento adequado dos litótipos através da petrografia;

- prospecção geoquímica regional - compilação de dados disponíveis em relatórios de pesquisas arquivados no 3º Distrito do DNPM e geração de mapas geoquímicos;
- consolidação final de dados, com integração dos dados reunidos durante a execução do programa, ou seja, dados geológicos, geoquímicos, hidrológicos, geofísicos e petrográficos. Elaboração dos mapas geológico (final), metalogenético-previsional de substâncias minerais, hidrogeológico e de cadastramento de pontos d'água;
- relatório final (texto explicativo). O geólogo Luiz Alberto Brandalise assumiu os trabalhos da Folha Belo Horizonte em setembro de 1993, sendo responsável pelo relatório referente à geologia.

# 2

---

## GEOLOGIA

### 2.1 Contexto da Geologia Regional

A área estudada situa-se na Região Sudeste do Brasil, dentro do estado de Minas Gerais e fazendo parte do extremo meridional da Província Geotectônica do São Francisco (Padilha, 1991) e Província da Mantiqueira, a leste. Consiste em um embasamento gnáissico-migmatítico (Complexo Belo Horizonte) de idade arqueana, seccionado por granitóides; o Complexo Caeté, granito-gnáissico; uma seqüência de rochas metavulcano-sedimentares do tipo *greenstone belt* (Supergrupo Rio das Velhas), de idade também arqueana; metassedimentos plataformais (Supergrupo Minas, composto pelos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará) de idade paleoproterozóica; metassedimentos e sedimentos do rifte do Espinhaço (Supergrupo Espinhaço), do Mesoproterozóico; e metassedimentos e sedimentos do Supergrupo São Francisco (grupos Macaúbas e Bambuí). Compreende também pequenos *stocks* granitóides pós-Rio das Velhas (Santa Luzia e General Carneiro), além do Granitóide Coelho, de idade incerta e de um quartzo sienito, este último provavelmente de idade paleo- a mesoproterozóica; diques e corpos básicos tiveram emplaçamento do Proterozóico ao Cretáceo.

O conjunto na sua maioria é constituído de rochas da crosta intermediária e supracrustais, tendo sido submetido a condições de metamorfismo compatíveis com as fácies xisto-verde e anfibolito.

Ainda para sudeste, e limitando-se com a Província Mantiqueira, ocorrem o Complexo Santa Bárbara, a seqüência gnáissica-anfibolítica, o Complexo Guanhões e o Complexo Granito-Gnáissico-Migmatítico (que pode ser equivalente do Complexo Belo Horizonte), além da Suíte Borrachudos (corpos Açucena, Itabira, Peti e Santa Bárbara).

A Província Geotectônica Mantiqueira ocupa a parte sudeste da área do projeto (não ocorre na Folha Belo Horizonte), caracterizando-se por metamorfitos das fácies anfibolito e granulito de idade arqueana (Complexo Acaiaca, granulitos Padre Pinto) e metamorfitos de fácies anfibolito do Paleoproterozóico (Complexo Mantiqueira). As rochas arqueanas são do domínio da crosta inferior, enquanto as demais são da crosta intermediária. O contato entre esta província e a província geotectônica São Francisco é tectônico de baixo ângulo, ocasionando extensa faixa de imbricações.

## 2.2 Estratigrafia

### 2.2.1 Complexo Belo Horizonte – Ab/ Complexo Granito-Gnáissico- Migmatítico – Agm

#### 2.2.1.1 Comentários Gerais

As rochas que formam parte do complexo nessa região têm suas primeiras referências nos trabalhos de Harder e Chamberlin (1915), onde eram considerados o embasamento cristalino de todas as outras seqüências do Quadrilátero Ferrífero.

Na década de 60, a partir dos trabalhos de Dorr II e seus colaboradores (1969) na região do Quadrilátero Ferrífero, diversos pesquisadores estudaram as rochas gnáissicas, citando-se, entre outros, Herz (1970), Schorscher e Guimarães (1976), Drake e Morgan (1980), Sichel e Valença (1983) e Roeser *et al.* (1983). Destacam-se, ainda, os levantamentos geológicos sistemáticos (escala 1:250.000) levados a efeito pela CPRM em convênio com o DNPM na década de 70; através desses trabalhos, Menezes Filho *et al.* (1976) caracterizaram o Complexo Gnáissico-Migmatítico como sendo constituído por rochas graníticas e granodioríticas, com bandamento grosseiro e apresentando feições migmatíticas com estruturas nebulíticas, estromáticas, *schlieren* e dobras ptigmáticas. A exemplo do que ocorre em outras regiões circunvizinhas ao Quadrilátero Ferrífero, com o advento da cartografia geológica voltada especificamente para rochas gnáissicas, foi possível a subdivisão em complexos com denominações locais. Na Folha Belo Horizonte, a maior parte do então complexo gnáissico-migmatítico foi denominada por Noce *et al.* (1994) de Complexo Belo Horizonte, sendo constituído por gnaisses cinzentos freqüentemente com um bandamento composicional, feições de migmatização e integrantes de uma suíte do tipo TTG.

No presente trabalho utilizou-se a denominação Complexo Belo Horizonte de Noce *et al.* (*op. cit.*), estendendo-se a mesma para leste (sem englobar o domo de Caeté), de modo a envolver também granitóides de idades possivelmente distintas.

A faixa granito-gnáissica a leste do Espinhaço, no extremo oriental da folha, devido à precariedade de exposições que permitissem uma comparação com o Complexo Belo Horizonte e com o Complexo

Caeté, foi englobada no Complexo Granito-Gnáissico-Migmatítico (Agm) da Folha Itabira, imediatamente a leste.

No decorrer dos trabalhos de cartografia geológica conseguiu-se, além da caracterização dos gnaisses dominantes, a individualização de quatro domínios de migmatitos e dois corpos de granitóides, além de um corpo de sienito.

#### 2.2.1.2 Distribuição Geográfica

Ocupa a porção mediana da folha, limitando-se ao norte com as rochas do Grupo Bambuí através de linha entrecortada que passa nas proximidades de Santa Luzia, Convento Macaúbas e a leste de Taquaraçú de Minas, infletindo daí para o norte. Na região compreendida entre Taquaraçú de Minas, Altamira e Nova União (antiga José de Melo), forma estreitas faixas de direção meridiana situadas entre faixas do Supergrupo Espinhaço. Para o sul ocupa as faixas entre Antônio dos Santos, Água Limpa, Caeté e Roças Novas. Na parte sul-sudoeste engloba Ravena, Traíras, General Carneiro e a zona metropolitana de Belo Horizonte, onde seu limite sul passa nas proximidades do cemitério do Bonfim, da praça Milton Campos e das avenidas do Contorno e Amazonas (figura 2.1).

#### 2.2.1.3 Relações de Contato

À exceção do Grupo Bambuí, a maior parte dos contatos do complexo é de natureza tectônica, através de zonas de cisalhamento contracional de médio a alto ângulo. Em toda a parte oriental, os contatos com o Supergrupo Espinhaço (unidade Sopa-Brumadinho) dão-se através de zonas de cisalhamento contracional de direção N-S balizando as serras das Cambotas, Geral, da Matinha, Morro do Montalvão, Caraça e da Prata, integrando o sistema Córrego do Garimpo. Os mesmos controles tectônicos são observados ao norte de Taquaraçú de Minas, na região de Pau Santo.

Na porção meridional e sudoeste o Complexo Belo Horizonte é em grande parte cavalgado pelo Supergrupo Minas, através do Grupo Sabará, por sistema de rampa lateral (General Carneiro, Belo Horizonte).



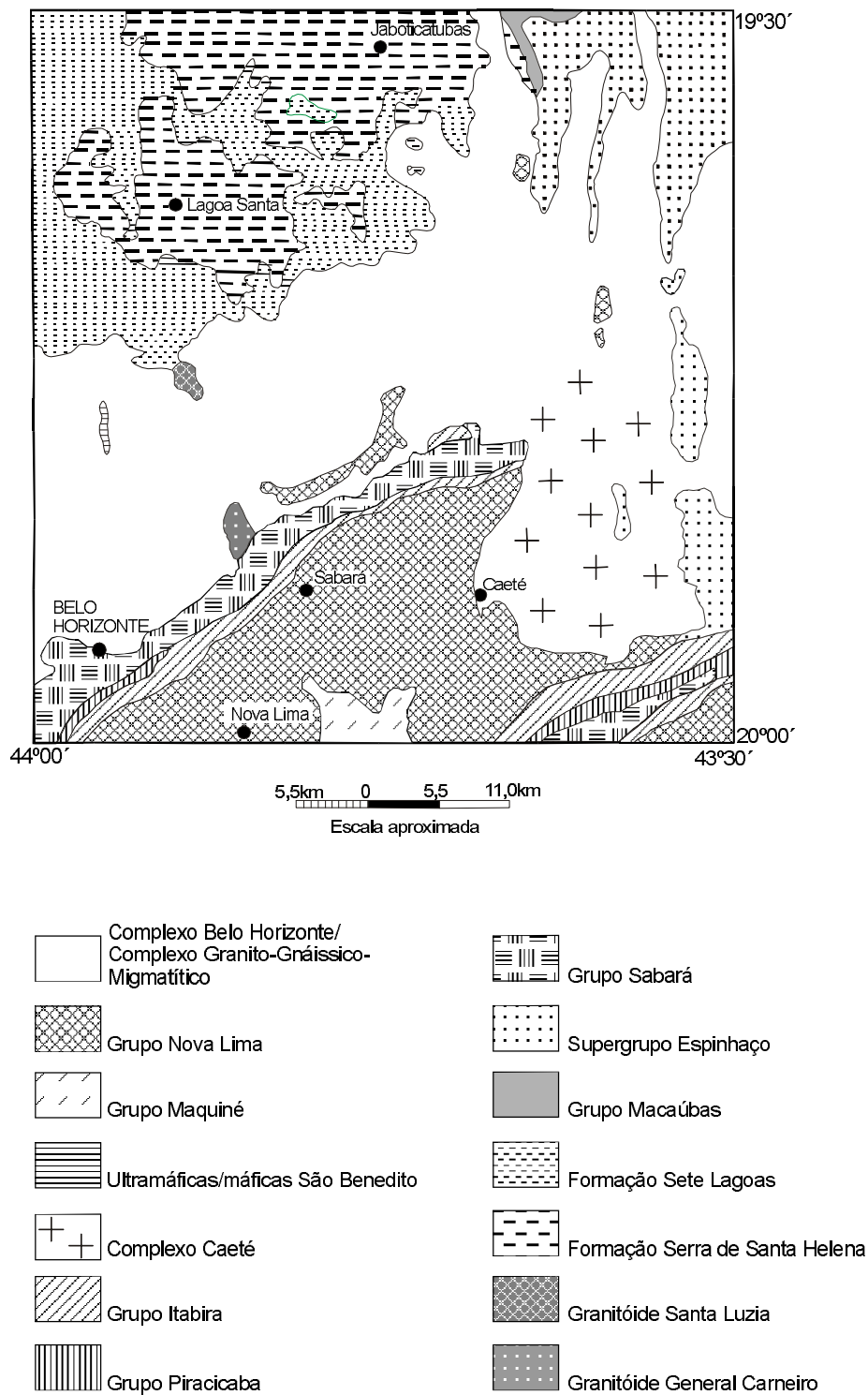


Figura 2.1 – Distribuições das unidades estratigráficas na Folha Belo Horizonte.

Em relação ao Grupo Bambuí, os contatos com as formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena são do tipo inconformidade, mostrando também pequenos, embora freqüentes, falhamentos em bloco. Somente na região de Felipe, no extremo setentrional da folha, a Formação Serra de Santa Helena cavalga o complexo.

As porções ilhadas de metamorfitos do Grupo Nova Lima têm contatos em parte tectônicos.

A maior parte dos contatos entre gnaisses e migmatitos é de natureza tectônica, sendo balizados por zonas de cisalhamento via de regra N-S e de alto ângulo. Os granitóides de General Carneiro (Morro do Sino) também têm contatos tectônicos nas suas bordas oeste (margem direita do rio das Velhas), assim como o corpo de Coelho; com o corpo de Santa Luzia as relações de contato são precárias.

#### **2.2.1.4 Litologia, Metamorfismo, Deformação**

A cartografia geológica mostrou para a Folha Belo Horizonte um domínio envolvente de gnaisses (Abgn) contendo faixas de migmatitos às vezes diferenciáveis (Abm), além de corpos de granitóide (Abg) individualizáveis na escala de mapeamento.

##### **2.2.1.4.1 Gnaisses – Abgn**

Os gnaisses do Complexo Belo Horizonte em geral mostram-se bastante intemperizados, mormente em se tratando da região metropolitana, onde o relevo é arrasado, ocorrendo boas exposições em pedreiras. Muitas vezes essas rochas formam cúpulas ou pães-de-açúcar, conforme observado na região de Ravena. O solo é arenoso a argilo-arenoso róseo, às vezes um verdadeiro saibro esbranquiçado, nos estágios iniciais de meteorização.

#### **Litologia**

Excelentes exposições de rochas são encontradas em pedreiras, a maioria das quais foi desativada em face da ocupação urbana; um grande número de pedreiras situa-se no limite dos municípios de Belo Horizonte e Sabará, e um número menor de

pequenas pedreiras nos municípios vizinhos. Ao longo das BR-262/381 também há boas exposições, assim como no leito do rio Taquaraçu.

Em geral os tipos têm cor cinza, granulação média, ocorrendo faixas mais grosseiras, às vezes com tipos porfiroblásticos. Apresentam em geral estrutura bandada, ocorrendo também tipos mais homogêneos foliados. O bandamento apresenta uma continuidade variável, às vezes persistindo por alguns metros, sendo na sua maior parte do tipo lenticular. As bandas de cor cinza variam, em geral, de 10 a 15cm de espessura, alternando-se a bandas mais esbranquiçadas, quartzo-feldspáticas (foto 1); em outras vezes o bandamento é centimétrico e milimétrico, fino, principalmente nos tipos transpostos. Estruturas quase milimétricas podem estar presentes em tipos mais homogêneos, enquanto que outros gnaisses mostram somente uma foliação dada pelo alinhamento de finos filmes de biotita, sendo tipicamente "granitognaisses". Faixas porfiroblásticas também podem ocorrer, como no rio Taquaraçu. Veios quartzo-feldspáticos brancos acentuam a estrutura dobrada ou transposta da rocha, já que as rochas possuem pouca biotita.

A migmatização é um fenômeno comum nessas rochas, desenvolvendo partes mais grosseiras quartzo-feldspáticas, brancas, concordantes ou discordantes, e observáveis principalmente nas pedreiras Souza Lima, Patrimone e Doze Ltda. Essas rochas, via de regra, são bastante fraturadas, ocorrendo epidoto verde e/ou clorita nas superfícies de fratura.

Nas pedreiras Patrimone e Souza Lima também são comuns lentes elípticas métricas (1 a 3m) de anfibolitos percolados por veios de quartzo e/ou quartzo-feldspáticos e revelando uma estrutura pretérita interna discordante dos gnaisses; são afetados por veios quartzo-feldspáticos que percolam os gnaisses (foto 5).

Pegmatitos concordantes ou discordantes cortam essas rochas, sendo compostos por quartzo, feldspato, muscovita e rara turmalina negra.

Ao microscópio são invariavelmente biotita gnaisses e revelam uma composição granodiorítica, com variações para tonalítica e granítica; a análise modal de muitos granodioritos situa-se no limite com os tonalitos. Os termos tonalíticos por vezes contêm pouca biotita, podendo ser tratados como trondhjemitos.

A textura varia de granoblástica a lepidoblástica, ao passo que com relação ao grau de deformação são observados desde protomilonitos até milonitos.

Compõem-se essencialmente de quartzo, plagioclásio, microclina e biotita, tendo como minerais acessórios zoisita, apatita, zircão e opacos.

O quartzo é intersticial, tem extinção ondulante e está parcialmente recristalizado, ocorrendo também em cristais globulares inclusos nos feldspatos ou associado às bordas dos mesmos. Os plagioclásios são de composição mais sódica (albita-oligoclásio) e ocorrem como cristais subédricos a xenomórficos, sericitizados nas bordas e fraturas. Microclina constitui cristais menores bem limpidos, sempre xenomórficos e intersticiais.

A biotita é castanho-esverdeada, castanho-avermelhada e está em parte muscovitizada, sendo esta última mais abundante que a biotita em vários exemplares. A biotita pode ainda se alterar a clorita. Hornblenda e calcita ocorrem muito raramente.

Os tipos mais potássicos, com teores mais elevados de microclina/ortoclásio (20 a 35%), apresentam texturas lepidogranoblásticas. O plagioclásio é albita-oligoclásio, não geminado, e está frequentemente saussuritizado ou sericitizado; apresenta inclusões de quartzo, microclina e biotita.

A microclina e/ou ortoclásio perítico ocorrem em cristais xenomórficos disseminados entre cristais de quartzo e plagioclásio.

A biotita tem pleocroísmo castanho-esverdeado, castanho-avermelhado ou ainda verde, estando concentrada em níveis descontínuos anastomosados ao redor de porfiroclastos. Apresenta cloritização e muscovitização, associando-se também epidoto.

É interessante notar a presença de allanita, praticamente ausente nos granodioritos/tonalitos; além disso, ocorrem como acessórios titanita, zircão em cristais euédricos, apatita e ilmenita.

Estreita faixa migmatítica ocorre a leste da pedreira Patrimone, sendo observada ao longo da antiga estrada-de-ferro até a cavaliçã da PM. Parece condicionada a uma zona de cisalhamento, visto que o mergulho é verticalizado. Além de rochas de composição tonalítica, aparecem aqui porções de rochas cinza-esverdeadas concordantes com a foliação gnáissica, cuja composição é monzodiorítica a quartzo monzodiorítica e se encontra invadida por veios quartzo-feldspáticos graníticos ou tonalíticos. Ocorrem, ainda, mesclas

de rochas graníticas com restitos de tonalitos com hornblenda ou biotita, além de estruturas magmáticas ou *schollen*.

Os anfibolitos, que ocorrem como enclaves nas pedreiras Patrimone e Souza Lima, na forma de lentes, junto com os granodioritos/tonalitos, são cortados por veios de composição tonalítica; comprovada em lâmina petrográfica.

Extensas zonas de cisalhamento de direção meridiana cortam essas rochas, citando-se principalmente as zonas de cisalhamento de Santa Luzia, Ravena e Traíras, além de outras menores dentro da região metropolitana de Belo Horizonte (Cidade Nova, São Benedito e Morro Alto).

#### 2.2.1.4.2 Migmatitos – Abm

No seio dos gnaisses, além de migmatizações localizadas ocorrem faixas de migmatitos com dimensão quilométrica em extensão, porém em faixas estreitas atingindo, no máximo, 1 a 2km de largura.

Os corpos de migmatitos em geral têm maior dimensão segundo N-S e estão balizados por zonas de cisalhamento também de direção meridiana. Distribuem-se em quatro faixas: Ravena, Traíras, Ribeirão Vermelho e Pau Santo. Sempre ocorrem formando trechos encachoeirados ao longo das drenagens.

A faixa de maior expressão ocorre à margem direita do rio Taquaraçú, ao norte da sede do município de Taquaraçú de Minas, ocupando uma área de cerca de 10km de extensão e 1,5 a 2km de largura. Suas melhores exposições encontram-se na região de Pau Santo, em trechos encachoeirados do córrego do Pau Santo, ou no córrego Furado, localizados a cerca de 2km da porção mais ocidental do Supergrupo Espinhaço. Zonas de cisalhamento verticalizadas balizam e cortam essas rochas na direção N-S, tendo componentes ENE-WNW.

Na cachoeira do córrego do Pau Santo, à direita da estrada Taquaraçú de Minas-Jaboticatubas, aflora um conjunto de rochas bandadas, em geral de cor cinzenta e granulação média, contendo tipos litológicos em parte semelhantes aos de outras faixas migmatíticas. O afloramento é caracterizado por faixas quartzo-feldspáticas brancas contendo alguma biotita, com espessura variando de 2 a 30 ou 40cm, alternadas ou entremeadas a leitos cin-

zentos ou negros com 15 a 20m de extensão máxima e espessura de 2 a 40cm, ocorrendo, em raros casos, espessura de 1m (fotos 3). O bandamento é dobrado e pode-se presumir estruturas estromáticas (foto 8), *schlieren* ou ainda farrapos. As faixas negras ou cinza escuras são constituídas de anfíbolitos, metabásicas e possivelmente gnaisses com maior teor de biotita. Apresenta faixas mais grosseiras, porfiroblásticas, de até 4m de espessura e com feldspatos de 2 a 4cm, alongados dentro de mesóstase cinza e orientada. A faixa é ladeada por leitos quartzo-feldspáticos irregularmente dobrados, dando a idéia de grande plasticidade. Em alguns locais pode-se observar um bandamento pretérito, anterior à migmatização.

Na direção N-S apresentam cisalhamento preenchido com quartzo fino cinzento e epidotizações venulares; fraturas fechadas e dispostas segundo N50°W/vertical contêm epidoto.

A microscopia revelou anfíbolitos, anfíbolitos com bandas graníticas, gnaisses com bandas de composição tonalítica a granodiorítica-tonalítica e bandas graníticas.

As lâminas das bandas de cor cinza revelaram composição tonalítica e granodiorítica, com predominância da primeira, classificadas petrograficamente como biotita-hornblenda gnaisses e hornblenda-biotita gnaisses. Apresentam textura lepidó-nematogranoblástica, granoblástica e lepidogranoblástica, sendo constituídos por quartzo, plagioclásio, microclina e/ou ortoclásio e biotita, às vezes hornblenda, clorita, zoisita e apatita.

O plagioclásio (An<sub>20-30</sub>) é saussuritizado, raramente zonado; microclina em geral não apresenta alteração e contém inclusões de quartzo, plagioclásio e zircão, mostrando cristais intersticiais de formas muito irregulares.

A biotita orientada marca bandamento, às vezes associada à hornblenda, possuindo pleocroísmo castanho-avermelhado, castanho-esverdeado. A hornblenda é verde a verde-pálido. Uma lâmina de granodiorito porfiroclástico mostra grandes e abundantes cristais idiomórficos de allanita, assim como zircão e titanita.

O estudo petrográfico de algumas amostras de bandas cinza tonalíticas invadidas ou alternadas com bandas brancas, revelou que essas últimas representam mobilizados de composição granítica com grande enriquecimento de microclina e quartzo, e decréscimo em plagioclásio. Ao microscópio,

o contato entre as bandas é brusco e às vezes irregular.

Os anfíbolitos apresentam, em lâmina delgada, uma textura nematoblástica a granonematoblástica, sendo constituídos por hornblenda (40 a 90%) verde a verde pálido, raro ou nenhum quartzo, clorita, clinozoisita/zoisita, biotita, titanita, apatita e, às vezes, sericita e opacos. Nas variedades mais grossas os anfíbolitos são xenomórficos a subédricos e orientados, formando uma rede fechada cujos interstícios são ocupados por quartzo com extinção ondulante e micas.

Nas outras variedades os anfíbolitos são orientados e, formando uma rede aberta com plagioclásios pouco alterados, intersticiais e em mosaico com junções tríplexes. Nas bordas do anfíbolito ocorrem ripas de clorita (penina), enquanto titanita e clorita ocorrem nas clivagens.

Sericita e zoisita/clinozoisita estão nas bordas dos plagioclásios.

Um núcleo máfico grosseiro, com pequenas bandas quartzo-feldspáticas brancas, revelou ao microscópio tratar-se de anfíbolito e banda de composição granítica com quartzo e ortoclásio abundantes, além de plagioclásio, clorita e mica branca. Na mesma amostra, em contato brusco e discordante com a banda granítica e anfíbolito, foi uma banda de hornblenda gnaisse granodiorítico/tonalítico.

Os anfíbolitos daqui são semelhantes àqueles das pedreiras Patrimone e Souza Lima.

O gnaisse porfiroblástico revelou ao microscópio uma composição granítica.

As rochas do córrego Furado revelaram tonalitos miloníticos migmatíticos, de cor cinza e com restos de anfíbolitos.

A faixa de migmatitos de Trairas situa-se ao norte de Ravena, sendo balizada a oeste pela zona de cisalhamento de Ravena.

Cobre uma área de 4km de extensão por 2km de largura, tem direção NNE-SSW e as melhores exposições estão situadas nas cachoeiras do ribeirão Vermelho e no córrego do Peixe.

São rochas em parte bandadas, com bandas de cor cinza escuras e 10 a 30cm de espessura, alternadas com leitos cinza-esbranquiçado ou brancos de 2 a 5cm de espessura, ou ainda bandas mais grosseiras de tipo "granitóide" com espessura de 20cm a 1,5m. Os níveis cinza-escuro são tonalíticos ou de anfíbolito, que são invadidos por veios bran-

cos quartzo-feldspáticos dobrados em intrafoliais; às vezes as lentes cinza-escuras têm terminação “flamular”. Os leitos cinza-clara, granodioríticos a tonalíticos, parecem ser mescla da rocha cinza escura com fácies leucossomática.

No córrego do Teiu, os anfíbolitos, na forma de lentes métricas, são invadidos *lit-par-lit* por veios, quartzo-feldspáticos; ali também ocorre piroxênio-hornblenda gnaissé diorítico foliado e invadido por leitos quartzo-feldspáticos e bolsões de granito, dando um migmatito estromático. Dobras abertas ondulam o bandamento.

Ainda no ribeirão Vermelho, próximo de Pinhões, ocorre cachoeira com exposição de migmatitos com estruturas diversas. No geral, o conjunto apresenta uma estrutura bandada contínua a descontínua e a seguinte descrição, da jusante para a montante: faixas, níveis ou porções cinza a cinza-escuro, alternadas ou envolvidas por níveis brancos quartzo-feldspáticos concordantes e eventualmente discordantes. As bandas de cor cinza-escuro e granulação fina, têm espessura máxima de 2m (no extremo sul) até 30cm, e extensão de 4m, sendo geralmente lenticulares (40 x 10cm). Os contatos entre porções félsicas e cinza podem ser bruscos ou difusos, havendo trechos onde as duas se mesclam (foto 4). O conjunto é cortado por veios quartzo-feldspáticos mais grosseiros, às vezes dobrados, semiconcordantes ou discordantes.

As dobras, nessa porção que parece ter sido mais plástica, vão desde intrafoliais simples até intrafoliais redobradas. Na parte mediana do afloramento ocorre lente de rocha cinzenta mais clara com nova foliação/bandamento, que marca uma estrutura pretérita ortogonal à estrutura geral do bandamento.

Na represa, mais a montante do afloramento, observa-se uma invasão de veios quartzo-feldspáticos sobre anfíbolitos cinza-escuro a negros, caracterizando estruturas de injeções estromáticas até agmatíticas (foto 5). Ocorrem *boudins* de foliação. Nessa porção há também um nível transversal à foliação geral N10°E, caracterizando uma fase rúptil.

O conjunto de rochas é macroscopicamente análogo às outras faixas de migmatitos, à exceção das porções com anfíbolitos, onde a meteorização mais avançada desses migmatitos produziu rochas de cor esbranquiçada, com foliação perceptível que se confunde com granitóide. É possível, por-

tanto, que essa faixa seja bem maior que a delimitada.

Nas BR-262/381, próximo de Ravena, ocorre uma pequena porção de rochas de cor cinza-esverdeado a cinza, foliadas, que são invadidas *lit-par-lit* por veios brancos quartzo-feldspáticos, dando uma estrutura bandada estromática, tipicamente injetada. A foliação está verticalizada.

Ao microscópio, a porção cinza-esverdeado a esverdeada, mais homogênea, corresponde a um biotita gnaissé tonalítico, enquanto que a porção mais foliada é um biotita gnaissé granodiorítico; a parte branca é de composição granítica e similar à do granitóide do acesso ao Hotel Tauá, 500m para sul.

#### 2.2.1.4.3 Granitóides

Dentro da escala de trabalho foi possível cartografar pelo menos um pequeno corpo dessas rochas, cujo aspecto macroscópico, em geral porfirítico, destaca-se das demais rochas. Outras porções de rochas granitóides, porém não delimitadas, ocorrem no interior do Complexo Belo Horizonte, tal como próximo à fazenda Maquiné, nas BR-262/381, antes do posto Fumaça.

#### Granitóide Coelho – Abyc

Ocorre na estrada Taquaraçú de Minas – Nova União, sendo cortado pelo rio Taquaraçú, cujo curso sofre sua influência manifestada por dois cotovelos em ângulo reto. Seu limite W é uma zona de cisalhamento, tem relevo alçado e forma pães-de-açúcar. Tem cor cinza, granulação média, com feldspatos brancos que dão aspecto protomilonítico à rocha. É um granito foliado, bastante fraturado e com sistema proeminente de fraturas E-W verticais.

#### 2.2.1.5 Idade e Correlações

Ponto controverso e polêmico em relação aos complexos gnáissicos do Quadrilátero Ferrífero, suscitado entre os diversos pesquisadores, sem dúvida reside na idade de suas rochas com relação ao Supergrupo Rio das Velhas.

Para Dorr II e Barbosa (1963) e Dorr II (1969), com base nos primeiros dados geocronológicos, essas rochas eram mais jovens que a "Série Rio das Velhas", tendo idade pré-cambriana e origem intrusiva. Herz (1970), ao completar dados geocronológicos, reconheceu a existência de rochas com idades diferentes, mantendo, entretanto, a interpretação de Dorr II (1969) em relação a uma origem intrusiva para as rochas graníticas. Schorscher e Guimarães (1976), Almeida (1977), Drake Jr. e Morgan (1980) interpretaram as rochas do Complexo como representantes metamórficos de alto grau (subordinadamente rochas ígneas), cujo conjunto seria a unidade arqueana mais antiga da região, reiterando a proposição de Harder e Chamberlin (1915), Ladeira (1980) e Schorscher *et al.* (1982), que também as consideravam como embasamento do Supergrupo Rio das Velhas, embora pudessem conter granitóides mais recentes.

Com o interesse em deslindar a evolução dos complexos, houve um incremento na realização de datações geocronológicas U/Pb, e ainda na década de 80, diversos pesquisadores tentaram detalhar a cronologia absoluta da evolução crustal na região do Quadrilátero Ferrífero.

Assim, no granitóide de Caeté, Machado *et al.* (1989; amostra 2) obtiveram a idade de  $2.776 \pm 7/-6$ Ma, sobre zircão prismático rosa.

Ainda na região de Caeté, os mesmos autores dataram rocha vulcânica félsica milonitizada do Grupo Nova Lima, contendo zircão prismático rosa de qualidade inferior e em pequena quantidade. Três análises definiram uma discórdia com intercepto superior de  $2.776 \pm 23/-10$ Ma, interpretada como idade de cristalização da rocha. Portanto, o granitóide de Caeté é contemporâneo da vulcânica félsica. Uma única análise de rocha vulcânica félsica, situada pouco a sul da anterior, mostrou idade de  $3.029 \pm 6$ Ma.

Uma vulcânica félsica da região de Piedade do Paraopeba, com zircão rosado a esbranquiçado e com núcleo rosa mais escuro, quando da análise de dois fragmentos menos magnéticos, revelou idade de  $2.772 \pm 6$ Ma. Um único núcleo revelou idade de  $2.883 \pm 6$ Ma.

As duas idades, de  $2.883 \pm 6$ Ma e  $3.029 \pm 6$ Ma, indicam a presença de zircão herdado e, em decorrência, a presença de crosta sílica mais antiga que  $2.776$ Ma.

Um granitóide milonitizado do Complexo Moeda, próximo do contato basal com o Supergrupo Minas (zircão excelente e abundante), revelou idade de  $2.721 \pm 3$ Ma. Monazita de um pegmatito não deformado da pedreira do rio Maracujá, em Cachoeira do Campo, revelou idade mínima de  $2.030$ Ma; outra monazita de pegmatito cortando o Complexo do Bação, próximo ao viaduto do Funil, tem idade mínima de  $2.022$ Ma.

Noce *et al.* (1994) publicaram dados geocronológicos referentes ao Complexo Belo Horizonte, constituído de uma suíte TTG.

Analisando quatro frações de zircão de um mobilizado migmatítico pelo método U/Pb, três delas alinharam-se segundo uma discórdia com intercepto superior a  $2.860 \pm 14/-10$ Ma.

Outra fração à direita da discórdia, de idade mínima de  $2.922$ Ma, caracteriza herança. Titanitas do mesmo mobilizado e do gnaiss alinharam-se em uma discórdia com intercepto inferior de  $2.041$ Ma, e intercepto superior de  $2.847 \pm 81/-77$ Ma. Assim, a idade de  $2.860 \pm 14/-10$ Ma pode ser interpretada como sendo a idade de migmatização do Complexo Belo Horizonte, enquanto a idade de  $2.041$ Ma resultaria de retrabalhamento Transamazônico, corroborando dados deste evento no Complexo Bação (Machado *et al.*, 1992). As baixas razões iniciais de  $Sr^{87}/Sr^{86}$  nos gnaisses indicam um curto período de residência crustal, sendo provável que o evento principal de geração do protólito desta tenha ocorrido entre  $2.900$  e  $3.000$ Ma.

Citam ainda que o principal evento de retrabalhamento da crosta TTG do Complexo Belo Horizonte ocorreu por volta de  $2.880$  Ma, não havendo neste, registro do evento Rio das Velhas  $2.780$ Ma, o que sugere para o mesmo uma evolução independente. Sua consolidação à massa crustal deve ter ocorrido antes ou durante o evento de  $2.100-2.120$ Ma.

Carneiro *et al.* (1995) mostram algumas correlações entre as rochas gnáissicas dos complexos metamórficos Bonfim e Belo Horizonte, pela sua semelhança petrográfica, quimismo calcioalcalino e caráter peraluminoso; (Carneiro, 1992; Noce, 1995) salientam que essas rochas têm padrões geoquímicos de variação de elementos incompatíveis e de terras-raras muito semelhantes; citam, ainda, com base em dados radiométricos U/Pb disponíveis, que a evolução petrogenética dessas rochas remonta ao Arqueano Superior, quando foram atingi-

dos por pelo menos três episódios de retrabalhamento crustal. O mais antigo por volta de 2.910Ma (idade dos núcleos de zircão dos gnaisses Alberto Flores); o intermediário, com 2.860Ma, corresponde à migmatização dos gnaisses Belo Horizonte; e, finalmente, um último evento de sobrecrecimento de zircão por volta de 2.180Ma, nos gnaisses Alberto Flores (Complexo Bonfim). Finalmente, salientam que segundo Machado e Carneiro (1992), o protólito desses gnaisses pode ter tido origem no Arqueano Médio, há cerca de 3.300Ma.

### 2.2.2 Complexo Caeté – Ac

A exemplo do que ocorreu em outras regiões do Quadrilátero Ferrífero, com o advento de uma cartografia geológica voltada especificamente para as rochas gnáissicas, foram individualizados complexos com denominações locais. Na parte SE da folha, uma estrutura “dômica” dessas rochas, ainda não totalmente delimitada no extremo N, constitui o Complexo Caeté (Costa, 1992). Este é aureolado por rochas supracrustais do Grupo Nova Lima nas partes ocidental e meridional e por rochas do Supergrupo Espinhaço na parte oriental; a relação entre ambos dá-se através de contato tectônico. É composto, na sua maior parte, por granitos e granito-gnaisses. Na borda W do corpo, as rochas têm composição granítica e granodiorítica, sendo compostas por quartzo, oligoclásio, K-feldspato e biotita escassa. A estrutura marcante é uma foliação mais ou menos pronunciada, ocorrendo blastomilonitos, protomilonitos e faixas miloníticas, principalmente nas regiões de contato da sua borda ocidental.

Feldspato e quartzo formam agregados de porfiroclastos, dando lineação às rochas, enquanto marcadores cinemáticos (sombras de pressão e sigmóides de quartzo) indicam movimentos de oriente para ocidente. O feldspato altera-se em sericita/muscovita e epidoto, enquanto que a biotita altera-se em muscovita e hematita.

Ao longo da BR-262, os afloramentos mostram rochas de granulação média a grossa e que possuem fácies porfiroblásticas como na pedreira do Retiro (Granitóide Retiro); próximo de Roças Novas têm composições variando de granodiorítica a granítica e uma deformação variável, desde granitóides até faixas foliadas ou gnaissificadas. A textura

é granoblástica, lepidogranoblástica, ou ainda, nematolepidoblástica, esta última em hornblenda-biotita gnaisses. A composição do plagioclásio varia de An<sub>17</sub> a An<sub>24</sub>, correspondendo a granitos e granodioritos. Possuem biotita ou hornblenda, transformada em clorita, ocorrendo tipos com mica branca. Os acessórios são allanita, ilmenita, titanita e zircão.

Seu limite norte, dentro da escala de trabalho, é ainda precário, tendo em vista a ocorrência de rochas de composição similar e idades diferentes. Observa-se, entretanto, que entre Nova União e José de Melo, e entre Nova União e Taquaraçú de Minas, existem afloramentos que possuem proporções semelhantes de granodioritos claros e tonalitos de cor cinza, que podiam ser xenólitos indicando uma proximidade de contato com rochas possivelmente do Complexo Belo Horizonte.

O granitóide Retiro constitui um pequeno corpo alongado segundo N-S e exposto na pedreira do Retiro, ao lado das BR-262/381, próximo do acesso a Roças Novas. A rocha é cinza, grossa, predominantemente foliada e semelhante a um nebulito (foto 6). É distinta das rochas circunvizinhas por apresentar pórfiros de feldspato branco de 2 a 4cm, alcançando até 6cm. Nas faixas com deformação milonítica a estrutura parece ser do tipo *augen*.

A biotita negra define a foliação e ocorre em pequenos aglomerados. Ao microscópio, a rocha é um biotita gnaiss de composição granítica, protomilonítico, de textura lepidogranoblástica inequigranular e granulação média. Compõe-se de quartzo, microclina/ortoclásio, plagioclásio e biotita, além de epidoto e allanita, e, subordinadamente, de apatita, titanita, clorita e calcita.

Datações efetuadas por Machado *et al.* (1989) pelo método U/Pb em rochas granitóides da borda W do complexo, revelaram idades de 2.776 ± 7/-6Ma, conferindo-lhes uma contemporaneidade às vulcânicas félsicas do Grupo Nova Lima, idade de 2.776 ± 23/-10Ma. Entretanto, a presença de rochas mais antigas que 2.776 Ma é evidenciada pelas idades entre 2.883 Ma e 3.029 ± 6Ma de zircões herdados.

Terrenos granito-gnáissicos adjacentes a *greystone belts* têm sido reportados na bibliografia frequentemente como contemporâneos e de mesma filiação, associados a intrusões subvulcânicas e rochas vulcânicas félsicas.

A elas correspondem, em profundidade, intrusões de tonalitos a granitos que são em geral mais jovens que a base da pilha de rochas supracrustais, tendo idade muito próxima dos *greenstone belts*, sendo em geral deformados.

Os restos de tonalitos encontrados no possível limite da porção N do complexo podem, em parte, ser remanescentes dessas raízes, dentro de um processo polidiapírico, com retrabalhamentos associados ao alçamento na crosta provocando sua erosão parcial.

Sua posição na coluna estratigráfica parece assim ser explicada.

### 2.2.3 Supergrupo Rio das Velhas – Ar

Dorr II *et al.* (1957) definiram o termo “Série” Rio das Velhas englobando as rochas xistosas e filíticas (metavulcânicas e metassedimentares) do Quadrilátero Ferrífero consideradas mais antigas que a “Série” Minas. Foi dividida pelos autores em dois grupos: Grupo Nova Lima indiviso (inferior) e Grupo Maquiné constituído pelas formações Palmital (inferior) e Casa Forte. O Grupo Nova Lima, segundo Dorr II *et al.* (*op. cit.*), é constituído por metassedimentos máficos, xistos grafitosos e argilosos, formações ferríferas, metagrauvacas, metapelitos máficos, quartzitos impuros e raros conglomerados. A Formação Palmital é constituída por quartzito sericitico e filito quartzoso, e contém algum filito e camadas de ardósia, enquanto a Formação Casa Forte é constituída por quartzito e lentes de conglomerado.

Um terceiro grupo, superior aos anteriores, sugerido por Simmons e Maxwell (1961), foi designado de Grupo Tamanduá, constituído de duas formações: o Quartzito Cambotas, na parte inferior, e uma outra sem designação formal, superior. Essa unidade geraria polêmica por mais de três décadas, conforme exposto a seguir.

Hirson (1967) estudando esse quartzito no extremo norte do Quadrilátero Ferrífero, entre Santa Bárbara e Caeté, concluiu que os quartzitos cartografados como pertencentes ao Grupo Tamanduá deveriam ser incluídos na “Série” Itacolomi. Dorr II (1969) colocou o Grupo Tamanduá na base da Série Minas. Schorscher (1975) sugeriu que xistos desta formação deveriam fazer parte do Grupo Nova Lima e os quartzitos da base da serra das

Cambotas deveriam pertencer ao Supergrupo Espinhaço; Schorscher (1980) sugeriu abandonar o termo Grupo Tamanduá. Vários outros trabalhos, como os de Schorscher (1980) e Sichel (1983a), incluíram os quartzitos grosseiros do topo da serra do Caraça no Supergrupo Espinhaço. Entretanto, Ladeira e Viveiros (1984) sugeriram que os quartzitos da serra do Caraça fossem incluídos na Formação Moeda, do Grupo Caraça. Compartilhando dessa opinião, Marshak e Alkmim (1989) sugeriram que os grupos Tamanduá e Itacolomi fossem correlacionados ao Grupo Caraça, passando a considerar na nova unidade os quartzitos da serra homônima. Freitas *et al.* (1992), baseados em cartografia geológica na escala 1:10.000, colocaram essas rochas definitivamente no Supergrupo Espinhaço.

A Série Rio das Velhas foi definida como um *greenstone belt* por Almeida (1976) e Schorscher (1976), sendo redefinida com o *status* de Supergrupo por Ladeira (1976; *in*: Loczy e Ladeira, 1976) e Ladeira (1980a). Schorscher (1979) incluiu o Grupo Quebra Osso na base dessa unidade, constituído principalmente por rochas ultramáficas caracterizadas como komatiitos peridotíticos. Entretanto, Ladeira (1980a, b) achou desnecessária a criação do novo grupo, preferindo relacionar essas rochas ultramáficas à base do Grupo Nova Lima.

Ladeira (1980a) subdividiu o Grupo Nova Lima em três unidades, da base para o topo: unidade metavulcânica, unidade metassedimentar química e unidade metassedimentar clástica.

A unidade metavulcânica é composta de serpentinitos, esteatitos, talco xistos, anfíbolitos, xistos anfíbolíticos e komatiitos metamorfizados, metabasaltos e metatufos. Na base dessa unidade predomina rocha ultramáfica, na parte média máfica e no topo ocorrem piroclásticas de composição intermediária e félsica.

Os esteatitos e talco xistos apresentam uma mineralogia constituída predominantemente por talco e clorita magnesiânica, além de blastos de actinolita/tremolita e dolomita ou magnesita; como acessórios ocorrem pirita, apatita, epidoto e magnetita.

Os anfíbolitos são formados principalmente de actinolita/tremolita, tschermakita, albita, oligoclásio e pouco quartzo. Como acessórios ocorrem ilmenita, rutilo, esfeno, epidoto, clinozoisita, apatita e clorita.

A unidade metassedimentar química é caracterizada por xistos carbonáticos, metacherte, cama-



das de formação ferrífera bandada e carbonática e diversos tipos de filitos. Foi definida uma mineralogia típica desta unidade com quartzo, carbonatos (dolomita ferroana, ankerita, siderita e calcita), sericita e clorita magnesianas; como variedades ocorrem biotita, estilpnomelano e epidoto; os acessórios são esfeno, fuchsite, magneto-ilmenita, magnetita e sulfetos. Nos distritos auríferos de Nova Lima e Raposos foi possível dividir essa unidade em duas subunidades denominadas de Formação Lapa Seca e Formação Raposos. A Formação Lapa Seca é formada por rochas xistosas ou não, e contém quartzo e carbonato ferruginoso (ankerita ou dolomita ferroana), constituindo uma formação ferrífera da fácies carbonato (na concepção de Gross, 1985 ou Goodwin, 1973; *in*: Ladeira, 1982). A Formação Raposos é essencialmente constituída por formação ferrífera bandada tipo Algoma, com quatro fácies (Ladeira, 1980); carbonática, sulfetada, silicática e óxido, com variações tanto lateral como verticalmente.

A unidade metassedimentar clástica é constituída à base de quartzo xisto, às vezes carbonático, quartzo filitos, quartzitos impuros, e raros metaconglomerados contendo seixos de quartzo, quartzitos e das unidades descritas anteriormente. Essa unidade é essencialmente constituída de quartzo, muscovita, sericita e clastos de albita ou oligoclásio. Os minerais variedades são carbonatos (dolomita e calcita), biotita, estauroilota e granada; como acessórios ocorrem rutilo, turmalina, epidoto e zircão.

O Projeto Rio das Velhas, executado pela CPRM entre 1992 e 1995 na escala 1:25.000, proporcionou uma nova divisão para o Supergrupo Rio das Velhas, principalmente para o Grupo Nova Lima, tendo como linha mestra a caracterização ambiental associativa de litótipos afins. O grupo, para a área da Folha Belo Horizonte 1: 100.000, foi dividido em seis unidades agrupadas em quatro domínios bem caracterizados:

- domínio vulcânico – Unidade Ouro Fino;
- domínio vulcano-sedimentar químico – Unidade Morro Vermelho;
- domínio vulcano-clástico – Unidade Ribeirão Vermelho e Unidade Mestre Caetano;
- domínio sedimentar – Unidade Córrego do Sítio e Unidade Mindá.
- no Grupo Maquiné foi cartografada a Formação Palmital, representada pelo Membro Rio das Pedras.

Para outras porções ilhadas no Complexo Belo Horizonte, cartografadas apenas no atual trabalho, manteve-se a denominação Grupo Nova Lima Indiviso.

### 2.2.3.1 Grupo Nova Lima – Arnli

#### 2.2.3.1.1 Grupo Nova Lima Indiviso – Arnli

As rochas atribuídas a essa unidade encontram-se em porções menores, ilhadas sobre o Complexo Belo Horizonte, o que não permite uma caracterização em unidades, a exemplo do que foi feito para os domínios do Grupo Nova Lima.

Apesar da presença, em algumas delas, de quartzitos grossos, incomuns no Grupo Nova Lima, a semelhança com determinados litótipos deste, aliada à escala de trabalho, fizeram com que se mantivessem tais conjuntos no Grupo Nova Lima Indiviso. Outro fato que chama atenção é a presença de apófises graníticas em algumas porções dessas rochas, fato incomum ao conjunto da unidade Nova Lima, o que poderia ser creditado à sua posição espacial, que explicaria também uma facilogia um pouco distinta, semelhante, para alguns, ao Grupo Sabará.

A porção maior situa-se entre a Polícia Rodoviária Federal e Ravena, ao sul das BR-262/381, ou cortando-a no posto Brumadinho, após Ravena. A porção do serrote conhecida como serra de Sabará, entre o córrego das Lajes e as BR-262/381, possui direção E-W; constituída predominantemente por xistos de aspecto fitado na porção norte, rochas foliadas esverdeadas claras com turmalina, níveis delgados de quartzitos, xistos castanhos com muscovita, biotita e turmalina, contendo lentes achatadas de mineral não identificado (provável cordierita); o topo da serra é sustentado por formação ferrífera bandada, esverdeada, magnética, com veios de quartzo enfumaçado. Na parte sul é invadida por veios quartzo-feldspáticos e graníticos, ocorrendo faixas de rochas grosseiras negras, biotitocianita gnaisse, com porfiroblastos de cianita escura de até 5cm.

A porção a leste de Ravena (W do posto Brumadinho), acima das BR-262/381, tem *trend* N-S, enquanto para sul (Recanto Evangélico e Asilo Santa Cruz) vai tendendo a E-W, sendo a parte sul limitada por falhas. Um perfil efetuado nas BR-262/381,

na altura do posto Brumadinho, revelou, de leste para oeste:

– no contato com o gnaiss o xisto é arroxeadado, tal como no serrote de Sabará, com estrias segundo  $210^{\circ}/45^{\circ}$  e veios de quartzo enfumaçado, dobrado em intrafoliais apertadas, com os flancos quase se tocando (*shear zone*). Presença de veios cisalhados;

– xistos com níveis amarelo-ocre de resíduo argiloso fino, repetitivos, com 10cm de espessura, contêm pequenos bolsões quartzo-feldspáticos lenticulares (5 a 10cm). A parte cisalhada é encimada por 50cm de gnaiss;

– rocha quartzosa grossa, em grandes matacões, contendo faixas finas com alguma mica, laminada, com quartzo enfumaçado;

– quartzo xisto com veios de quartzo enfumaçado ou branco, com finas lentes centimétricas de rocha quartzosa fina com cimento ocre (formação ferrífera?);

– níveis mais micáceos pardacentos com intercalações de 20 a 30cm de espessura de rocha cinzenta de alteração esbranquiçada e amarelada, que se estendem por 5m;

– saprólito amarelo-ocre com níveis pardacentos e marrons mais escuros, rítmicos, passando gradativamente a apresentar partes de cor verde-claro e frescas (formação ferrífera com grünerita; lâmina). Depois de uns 5m passa a rochas rítmicas com lentes de quartzo e formação ferrífera magnética;

– até o fim da curva para esquerda passagem de níveis pardos a acinzentados com lenticulas cinza-claras e pontuações de opaco metálico, fino, passando a formação ferrífera mais espessa;

– nos últimos 20m ocorrem quartzitos grossos com magnetita e grãos de quartzo enfumaçado. Na parte mais ocidental, abaixo do travessão de uma ultrabásica xistosa, existe quartzito grosso com magnetita.

No topo do serrote ocorrem blocos de quartzito com turmalina, assim como xistos com muscovita e turmalina.

Na parte ao norte das BR-262/381 ocorrem mica-xistos com grande abundância de mica branca e grandes cristais de opacos (magnetita, 10%); turmalina azul, quartzo e biotita castanha são os minerais acessórios, além de anatósio.

O trecho de Ravena ao Recanto Evangélico revela no asfalto a presença de anfíbolitos bandados

(quartzo-zoisita anfíbolito bandado; lâmina) com segregações de veios de quartzo e bandas finas de cor negra alternadas com níveis cinzento-claros de 1 a 2cm de espessura. O solo é vermelho, como se pode observar em algumas faixas de terreno. Na COPASA ocorre metaultramáfica xistosa verde com plaquetas de clorita e alguma muscovita, além de veios de quartzo, ou veios feldspáticos. O solo clareia um pouco próximo do acampamento, ocorrendo em desordem rochas xistosas grosseiras e finas com veios quartzo-feldspáticos e bolsões pegmatíticos. No lajedo do ribeirão, ocorre rocha fina, cinza, distinta dos granito-gnaisses da região de Ravena. A biotita é fina, mais abundante, marrom avermelhada, dando foliação à rocha, que mostra dobras abertas e segregações de veios de quartzo, veios quartzo-feldspáticos e pegmatíticos. Minúsculas granadas róseas são vistas na rocha de modo esparso. Partes britadas da rocha são comuns, ocorrendo para sul uma presença freqüente de rochas de aspecto básico, cor verde-claro e distintas de básicas comuns. *Boudins* de foliação e microfalhas também estão presentes. A faixa até o sítio São Miguel foi considerada pertencente ao Grupo Nova Lima Indiviso, embora existam bolsões quartzo-feldspáticos, na parte baixa, talvez influência da granitogênese.

Entre Nova Aparecida e Nova União ocorre uma faixa de rochas saprolitizadas tidas como integrantes do Grupo Nova Lima. É constituída de filitos e xistos muito meteorizados, nas cores amarelada a ocre, bege e cinza, sendo os últimos xistos grafitosos com pequenas lamelas de grafita. Possui no seu interior níveis delgados (1 a 3cm de espessura) e quartzosos, de granulação finíssima, tipo cherte, ladeados por níveis delgados ferruginosos parecendo formação ferrífera. Também ocorrem xistos hematíticos oxidados e níveis de cor marrom-escuro, alternados com filitos ocre amarelados e dobrados. São observados metarrítmicos areno-pelíticos de espessuras centimétricas. Dobras intrafoliais e microfalhas estão presentes.

As porções a nordeste de Taquaraçú de Minas revelaram restos de formação ferrífera silicosa, magnética, esverdeada, associados com muscovita xistos e níveis delgados de quartzito. Material coluvionar em morrote da localidade de Pau Santo revelou a presença de formação ferrífera bandada, coincidindo com uma anomalia aeromagnetométrica.

### 2.2.3.1.2 Unidade Ouro Fino – of

Suas melhores exposições estão nas margens do curso médio do córrego Ouro Fino, a oeste de Caeté. O contato com a Unidade Morro Vermelho é transicional, modificado pela tectônica. Está em contato tectônico com as outras unidades do grupo e do Complexo Belo Horizonte. Constitui a porção basal do Grupo Nova Lima, sendo considerada o assoalho oceânico onde se depositaram as demais unidades. São predominantemente metabasaltos toleíticos maciços, ocorrendo subordinadamente metaperidotito, metabasalto komatiítico, metacherte, formação ferrífera e xisto carbonoso.

Os metabasaltos têm cor cinza-escura a cinza-esverdeada, apresentando cores amareladas a avermelhadas quando meteorizados. A estrutura dominante é a xistosidade, às vezes pouco pronunciada, propiciando a preservação de estruturas do tipo *pillow lava*, amígdalas e variólas. Petrograficamente têm textura granonematoblástica ou granolepidoblástica, sendo constituídos por actinolita e clorita, e quantidades variáveis de epidoto e plagioclásio, existindo por vezes titanita e leucoxênio, provavelmente de alteração da ilmenita. Constituem quartzo-albita-clorita-epidoto-tremolita/actinolita xistos, stilpnomelano-quartzo-clorita xistos, carbonato-plagioclásio-quartzo-mica-clorita xistos, quartzo-plagioclásio-actinolita-clorita-epidoto xistos e albita-tremolita-clorita-epidoto xistos.

Os metaperidotitos (talco xistos) constituem intercalações nos metabasaltos, tendo cor verde-claro e tornando-se amarelados por meteorização. Apresentam textura *cumulus*, sendo petrograficamente serpentina-clorita-tremolita-carbonato-talco xistos e antofilita-tremolita-talco xistos.

Metabasaltos komatiíticos ocorrem intercalados nos toleíticos, sendo distinguidos destes pela presença de textura *spinifex* como a sudoeste de Caeté (Schrank *et al.*, 1993). Caracterizam-se pela presença maciça de tremolita e petrograficamente são epidoto-clorita-tremolita/actinolita xistos.

Metacherte e formação ferrífera bandada são muito subordinados. O metacherte pode ser carbonático ou não, podendo conter turmalina e finos níveis irregulares de martita/magnetita. As formações ferríferas bandadas são formadas por mesobandas centimétricas de quartzo e martita/magnetita, podendo ou não conter carbonato.

O xisto carbonoso pelítico constitui raros níveis de cor negra.

Esse conjunto caracteriza um domínio vulcânico máfico.

### 2.2.3.1.3 Unidade Morro Vermelho – mv

Ocorre principalmente a oeste e sul-sudeste de Caeté (norte-noroeste do sinclinal Gandarela), em faixas estreitas com forma de bumerangue. Passa lateral e verticalmente à Unidade Ouro Fino, sotoposta, distinguindo-se da mesma pela maior incidência de formações ferríferas intercaladas aos metabasaltos e presença de vulcanogênese félsica.

Na serra do Piacó entra em contato com o Grupo Caraça indiviso. A seção-tipo situa-se nos arredores da localidade de Morro Vermelho, na estrada para as fazendas Geriza e Corrêa.

Caracteriza-se pela abundância de formações ferríferas bandadas e metacherte, intercalados ou não com metabasaltos toleíticos e komatiíticos, e filitos carbonosos, ocorrendo subordinadamente metaepiclásticas finas e vulcânicas de provável composição intermediária.

Os metabasaltos petrograficamente constituem clorita-epidoto-tremolita-actinolita xistos, epidoto-actinolita xistos, quartzo-carbonato-plagioclásio-epidoto-actinolita-clorita xistos e clorita-plagioclásio xistos. As vulcânicas intermediárias ou metandesitos, petrograficamente, são carbonato-plagioclásio xistos ou quartzo-epidoto-clorita xistos com titanita.

As formações ferríferas têm micro- e mesobandas de quartzo recristalizado, alternadas a micro- e mesobandas de magnetita total ou parcialmente martitizada e sulfeto, ocorrendo também bandas de siderita com ankerita subordinada. Clorita pode estar presente, chegando a ultrapassar o percentual de quartzo.

Metaepiclásticas são representadas por quartzo-clorita-micaxistos e mica-xistos vulcanogênicos.

Constitui um domínio vulcano-sedimentar químico.

### 2.2.3.1.4 Unidade Santa Quitéria – sq

No extremo-sudeste da folha, no limite com a Folha Itabira, ocorre pequena porção dessa unida-

de. É constituída de clorita-sericita xistos com carbonato, grafita, talco e quartzo em proporções variáveis, intercalados com espessos pacotes de xisto carbonoso, formação ferrífera (ff) e metacherte. Os xistos são finos e as cores variam de vinho a vermelho arroxeadado, creme, cinza e prateado. A formação ferrífera é bandada e intercalada em xistos.

#### 2.2.3.1.5 Unidade Ribeirão Vermelho – rv

Ocorre em estreita faixa em forma de bumerangue a leste de Caeté, tendo sua localidade-tipo ao longo do ribeirão Vermelho. Seu contato com as unidades Mindá e Morro Vermelho é tectônico.

É constituída de rochas metapiroclásticas, aglomerados, *lapilli* tufos e tufos com delgadas intercalações de metagrauvas e metapelitos, ocorrendo raros metandesitos.

Os metaconglomerados têm matriz constituída de fragmentos de cristais de composição dacítica e fragmentos líticos de composição dacítica, andesítica e basáltica. Os metatufos têm composição dacítica com fragmentos de plagioclásio e quartzo, sendo petrograficamente muscovita-quartzo-plagioclásio xistos. As metagrauvas feldspáticas têm granulação fina, textura lepidogranoblástica, sendo petrograficamente plagioclásio-muscovita-quartzo xistos. Os metapelitos constituem clorita-mica xistos, enquanto os metandesitos preservam textura porfirítica, com matriz felsítica apresentando fenocristais de plagioclásio.

#### 2.2.3.1.6 Unidade Mestre Caetano – mc

Ocorre bordejando a vertente leste da serra do Curral, estendendo-se para nordeste até pouco depois de Sabará; para sul estende-se a leste de Nova Lima. As melhores exposições estão ao longo da Estrada-de-Ferro Central do Brasil (EFCB), ramal Caeté-Sabará, entre a estação Mestre Caetano e o povoado de Pompéu. O contato com as demais unidades do Grupo Nova Lima, onde observados, é tectônico. O contato ocidental com as supracrustais do Supergrupo Minas (Grupo Caraça Indiviso) é tectônico, com empurrão de leste para oeste em rampa lateral.

Caracteriza-se pelo predomínio de metagrauvas vulcanogênicas com intercalações subordina-

das de metapiroclásticas (*lapilli* e tufos), metapelitos e metassedimentos químicos (formação ferrífera quartzosa e xisto carbonático). Apresenta níveis localizados de metaconglomerados com estratificações dos tipos gradacional e cruzada acanalada de pequeno porte. Corresponde a uma transição de ambiente entre as unidades Ribeirão Vermelho e Córrego do Sítio.

As metagrauvas apresentam epiclastos de plagioclásio e quartzo imersos em uma matriz quartzo-filossilicática, ocorrendo fragmentos líticos de metacherte e rocha vulcânica. Têm granulação fina a média, textura granolepidoblástica e correspondem petrograficamente a plagioclásio-sericita-clorita-quartzo xistos.

O metaquartzo *wacke* contém raros grãos de plagioclásio e quartzo lenticular a irregular, exibe um arcabouço parcialmente preservado da rocha original e corresponde petrograficamente a um quartzo-sericita-clorita xisto.

Os metatufos têm composição dacítica e apresentam fragmentos de cristais de plagioclásio e quartzo, além de fragmentos líticos representados por agrupamentos de cristais de plagioclásio. Têm granulação fina a média e textura lepidogranoblástica, sendo petrograficamente definidos como plagioclásio-clorita-quartzo xistos, epidoto-mica-quartzo-plagioclásio xistos e quartzo-mica-plagioclásio xistos.

Metassiltitos arenosos (ou não) ocorrem em menor proporção, tendo granulação fina e textura lepidoblástica, sendo petrograficamente denominados sericita-quartzo-clorita xistos e carbonato-quartzo-mica xistos.

#### 2.2.3.1.7 Unidade Córrego do Sítio – cs

A porção maior dessa unidade em forma de "Z" ocorre na parte centro-norte da área coberta pelo Grupo Nova Lima na folha; dois segmentos menos expressivos situam-se a oeste de Nova Lima.

Sua localidade-tipo está no alto curso do córrego do Sítio, no município de Santa Bárbara.

Na maior parte das vezes, seu contato com as unidades do Grupo Nova Lima, onde observado, é tectônico. O contato com o Grupo Caraça é de natureza tectônica com empurrão em rampa lateral.

A unidade é constituída de metapelitos bandados com lentes subordinadas de metapsamitos,

além de níveis delgados de xistos carbonosos. A granulação é média nas porções basais e quartzosa dos ciclos, enquanto que é fina nas fácies superiores (micáceas), significando depósitos de correntes de turbidez em ambiente marinho. É constante a presença de níveis delgados de xistos carbonosos de espessuras variadas na seqüência. Estudos efetuados em testemunhos de sondagem revelaram a presença de tipos petrográficos como: quartzo-carbonato-mica-clorita xistos, carbonato-mica-quartzo xistos, quartzo-mica-carbonato xistos e carbonato-quartzo-mica-clorita xistos. Os componentes principais, portanto, são clorita, mica branca, carbonato e quartzo, enquanto opacos, rutílio e zircão são acessórios. Os protólitos originais corresponderiam a uma seqüência de grauvacas, quartzo *wackes*, arenitos e pelitos.

#### 2.2.3.1.8 Unidade Mindá – m

Ocorre na porção central da área de ocorrência do Grupo Nova Lima na folha, envolvendo a porção mediana a meridional da unidade Córrego do Sítio, em contato transicional, às vezes modificado pela tectônica. Os contatos com as outras unidades do Grupo Nova Lima dão-se através de zonas de cisalhamento (escamas de empurrão). Com o Grupo Maquiné os contatos são tectônicos, onde observados.

Sua localidade-tipo situa-se em Campo do Mindá, ao norte da represa de Peti, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Predominam metapsamitos sobre metapelitos intercalados; subordinadamente ocorrem delgados níveis de xisto carbonoso e formação ferrífera bandada.

Metagrauvacas, metarenitos e metapelitos são representados petrograficamente por plagioclásio-clorita-mica-quartzo xistos, sericita-muscovita-quartzo xistos e quartzo-clorita-mica xistos de textura lepidogranoblástica fina, que apresentam bandamento metamórfico, microdobrado ou rompido.

A unidade é caracterizada pelo bandamento composicional, acamadamento gradacional, presença de muscovita em agregados centimétricos, grande quantidade de quartzo de segregação e assinatura geofísica com enriquecimento de U e Th.

Caracteriza uma deposição original de correntes de turbidez em ambiente marinho.

### 2.2.3.2 Grupo Maquiné – Arm

#### 2.2.3.2.1 Formação Palmital – Armp

##### Unidade Rio das Pedras – rp

Ocorre na parte central do limite sul da folha em contato tectônico com as unidades Mindá, a leste, e Ouro Fino, a oeste, enquanto na parte norte, o contato com a unidade Mindá, onde observado, é tectônico (figura 2.1).

Sua área-tipo localiza-se na estrada Buraco - Rio das Pedras, imediatamente a leste do córrego da Limeira.

É constituída de xistos com intercalações de quartzitos micáceos finos, que têm, como protólito, sedimentos clásticos depositados em ambiente provavelmente marinho raso a litorâneo, diagnosticado pela presença de estratificações dos tipos cruzada tabular e acanalada (festionada) de pequeno a médio porte. O metamorfismo sobre protólitos como argilitos, arenitos e grauvacas resultou, respectivamente, em quartzo-clorita-muscovita-sericita xistos, cloritóide-muscovita-sericita quartzitos e mica-quartzo xistos.

### 2.2.4 Ultramáficas/Máficas São Benedito – As

Constituem um corpo alongado na direção N-S, que se destaca na topografia, com cerca de 4km de extensão e largura variando de 350 a 700m, e está situado entre a MG-010 e o bairro São Benedito (figura 2.1).

Sua delimitação é facilitada pelo contraste do seu solo vermelho a marrom e argiloso, com o solo róseo claro e saibro originários dos gnaisses.

São foliadas no geral, apresentando, no primeiro acesso ao bairro São Benedito, uma meteorização na cor ocre-arroxeadado, sendo permeadas por veios quartzo-feldspáticos e de quartzo (estes com 2cm de espessura) dispostos segundo a foliação/bandamento. O seu saprólito é micáceo e avermelhado, com uma parte ocre; na base do corte, um pegmatito caolinizado secciona o corpo segundo a vertical e engloba porções de rocha micácea.

No segundo acesso ao bairro São Benedito, inicialmente ocorrem rochas metaultramáficas negras, de granulação média a fina e contendo veios de quartzo. Aquelas rochas dão lugar a outras de

cor verde-claro, finas e constituídas por minerais de hábito prismático curto a granular, e contêm níveis micáceos igualmente esverdeados; em certos pontos mostram cristais maiores, às vezes semelhantes a nódulos e possuem níveis mais grossos, com prismas de até 3cm e entrelaçados, que se tornam mais finos em meio à massa granular esverdeada pálida e micácea.

Níveis com foliação/xistosidade pronunciada ocorrem com espessuras de até 1m. Um desses níveis exibe estruturas sigmoidais de cor verde-escuro perfeitamente discerníveis, mostrando que as rochas sofreram cisalhamento simples e indicando uma movimentação para NNE (atitude  $220^{\circ}/40^{\circ}$ ; ver foto 7). Veios de quartzo enfumaçado encontram-se presentes.

Na altura do acampamento do DER-APIA, no lado esquerdo da estrada, as rochas da seqüência aumentam de granulação, ocorrendo fenocristais verde-escuros de provável piroxênio de hábito prismático curto e com tamanho de até 5cm; outros fenocristais, também prismáticos, mas de disposição radial, provavelmente são de anfibólio e medem até 8cm de comprimento por 1cm de largura.

No lado direito da estrada um bloco *in situ* mostra níveis de maior granulação, alternados com níveis mais finos, configurando uma estrutura que pode ser interpretada como um bandamento primário derivado de diferenciação magmática. Os níveis mais finos têm 2 a 3cm de espessura, apresentam uma cor verde-escuro e são semelhantes a concentrações de grãos cumulados; encontram-se em contato com uma rocha granular mais clara.

Ao norte do trevo de São Benedito, ainda na rodovia MG-010 e logo após o acesso para a fazenda Palmital, ocorrem blocos de rochas de cor cinza-escuro cortadas por veios de quartzo e/ou quartzo-feldspáticos brancos, dobrados e que lhe conferem um aspecto agmatítico. Tais rochas possuem fenocristais de cor verde-claro e que medem até 5cm, encontrando-se envoltos pela parte negra-branca; são cristais do mesmo tipo dos encontrados na rocha metaultrabásica acima referida.

Essas rochas ocorrem mais ou menos meteorizadas e mescladas com os gnaisses regionais, e estendem-se até a zona de cisalhamento dextral de Morro Alto, onde a foliação NNW sofre uma inflexão para  $N40^{\circ}E$ .

Foram feitas três lâminas delgadas desse conjunto, sendo uma da rocha cinza-escuro e as outras duas de metaultrabásicas.

O estudo petrográfico de uma das metaultrabásicas revelou um serpentinito com textura *mesh*, evidenciando uma retenção parcial de textura cumulática. É constituído, na sua maior parte, por serpentina, ocorrendo subordinadamente tremolita, calcita, Mg-clorita e opacos. A rocha é formada por uma rede fechada de cristais ou placas de serpentina parcialmente organizados e formando pequenos polígonos preenchidos por outros cristais de serpentina. Clorita magnésiana ocorre intersticialmente em pseudomorfos maiores constituídos por clorita+calcita+serpentina+anfibólio. O anfibólio (tremolita) é abundante em uma banda da rocha, onde ocorre sob a forma de cristais xenomórficos em meio à serpentina e com expressiva associação de calcita.

Outra lâmina de metaultrabásica revelou um tremolita-talco xisto com textura ortocumulática reliquiar (?). É constituída por talco, tremolita, opacos, Mg-clorita, carbonato e serpentina. Tem estrutura complexa, com ripas largas de aproximadamente 1cm de talco  $\pm$  tremolita com alguma Mg-clorita  $\pm$  opacos, dispersos em uma porção de granulação mais grossa constituída de tremolita com alguma clorita, talco e serpentina intersticiais, com opacos associados mais finos que na outra porção. Essas associações minerais são sugestivas de pseudomorfos de ortopiroxênio (metamorfizado em talco) e de clinopiroxênio (transformado em tremolita), correspondendo à parte piroxenítica da porção dunítica da lâmina anterior.

A lâmina de rocha cinza-escuro revelou um quartzo anfibólito constituído de hornblenda, saussurita e restos de plagioclásio, quartzo e opacos. A textura é granonematoblástica, observando-se grandes cristais neoformados de hornblenda verde, orientados (sin-tectônicos) e formando uma rede aberta onde grãos de plagioclásio, quase completamente saussuritizados (epidoto+sericita), além de quartzo, são intersticiais. O quartzo ocorre em cristais globulares ou com formas irregulares, isolados e com fraca extinção ondulante.

Porções menores de rochas macroscopicamente similares a essas, mas com menos quartzo e sem porfiroblastos associados a faixas talcificadas, são vistas nas cabeceiras do córrego do Engenho, a leste do Convento Macaúbas. A similaridade dos ti-

pos litológicos com rochas do Grupo Nova Lima recomenda que trabalhos de detalhes sejam efetuados posteriormente.

## 2.2.5 Granitóides Pós-Rio Das Velhas – A $\gamma$

Com uma cartografia mais refinada do Complexo Belo Horizonte, aliado a datações U/Pb (Noce *et al.*, 1994), conseguiu-se individualizar e separar temporalmente dois pequenos corpos: o Granitóide General Carneiro e o Granitóide Santa Luzia.

### 2.2.5.1 Granitóide General Carneiro – A $\gamma$ c

Ocorre entre a MG-05, à margem direita do rio das Velhas, e a BR-262/381; tem cerca de 7km<sup>2</sup>, sendo mais alongado na direção N-S.

Apresenta um relevo bastante realçado, a exemplo do morro do Sino, destacando-se topograficamente em relação aos gnaisses regionais, o que facilita a sua delimitação, bem como pelo fato de apresentar formas de relevo do tipo pães-de-açúcar.

As melhores exposições estão na pedreira da Brivel, cujas bancadas vão desde a base até quase o topo do morro.

Suas relações de contato estão descritas no item 2.2.1.3.

A rocha é cinza a cinza-escuro, de granulação média a grossa, com pórfiros idiomórficos de feldspato cinzento com dimensões de até 4 cm, os quais mostram macla *Carlsbad* e apresentam inclusões de biotita. Às vezes são seccionados por microfraturas de superfície esverdeada sem deslocamento aparente. A disposição dos pórfiros é aleatória; ocorrem também formas ovóides onde há foliação incipiente ou próximo de níveis miloníticos delgados de até 20cm, muito espaçados. Próximo do topo do morro, na última bancada da pedreira, uma faixa milonítica de 20cm de espessura mostra *boudins* de foliação.

Ocorrem raros veios brancos, delgados de granulação fina e concordantes com a foliação. Veios de quartzo negro a enfumado cortam a foliação, principalmente na pedreira da Prefeitura de Sabará, que está situada imediatamente ao sul da pedreira da Brivel.

Veios de pegmatitos de 2m de largura em geral não se encontram deformados e são concordantes ou discordantes da foliação. Têm como característica distinta sua cor cinza, onde os feldspatos de até 20cm são cinza a cinza-escuro, ocorrendo ainda biotita em plaquetas, muscovita, granada rósea em cristais bem formados, milimétricos e epidoto verde-amarelado em fraturas. Veios de quartzo negro a enfumado cortam a foliação, principalmente na pedreira da Prefeitura de Sabará, que faz divisa com o limite sul da pedreira da Brivel.

Nas pedreiras observa-se um intenso fraturamento das rochas, com fraturas horizontalizadas ou segundo N15°E/20°SE, E-W/10°N e N60°W/70°NE.

Um dique de rocha fina e negra, possuindo veio de quartzo negro no seu interior, corta o granito na direção N10°W e se ramifica, apresentando espessura aparente de 15m (bancada inferior).

É extremamente importante salientar que esse corpo de granitóide não tem os mobilizados quartzo-feldspáticos brancos dos gnaisses circunvizinhos.

Uma lâmina delgada da porção foliada, classificada como biotita ortognaisse granítico protomilonítico, revelou textura lepidogranoblástica média, inequigranular e porfiroclástica. Compõe-se de quartzo recristalizado, plagioclásio (An<sub>27</sub>) quase sempre sem geminação e alterado para epidoto e clorita, além de microclina e biotita. Esta última é bastante orientada, disseminada ou concentrada em níveis contínuos e encontra-se associada ao quartzo; tem pleocroísmo castanho-avermelhado. Um grande porfiroclasto policristalino de microclina mostra inclusões de plagioclásio, clorita, biotita e pertita.

### 2.2.5.2 Granitóide Santa Luzia – A $\gamma$ s

Na pedreira da FRIMISA, na zona urbana de Santa Luzia, dominam rochas de granulação média a grossa, foliadas a bandadas e que correspondem ao granitóide Santa Luzia, definido por Noce *et al.* (1994). Apresentam um relevo realçado, com a ocorrência de pães-de-açúcar e sua área real pode ser ainda maior. Onde preservada, a rocha mostra uma característica originalmente porfiritica, constituída de quartzo incolor, feldspato esbranquiçado com tons róseos (salmão), biotita, clorita esverdeada, epidoto verde a verde-claro, titanita caramelo e

opaco. Os feldspatos ocorrem como pórfiros idiomórficos de cor salmão e atingem dimensões de até 4cm, sendo a média de 2,5cm; apresentam pequenas inclusões de biotita verde.

A deformação da rocha original provocou uma foliação, chegando até a um bandamento lenticular e os feldspatos formam “olhos” estirados por cisalhamento dúctil. Exceto pela deformação, essas rochas são semelhantes às porções de uma outra rocha muito deformada, que invadiu os gnaisses ocorrentes na pedreira abandonada da usina de asfalto da TENENGE.

A gnaissificação aqui mascara muito o aspecto da rocha original. Ocorrem veios de pegmatito com feldspato de cor salmão, epidoto verde, mineral amarelado não-identificado, rara biotita e opaco. A epidotização é bastante pronunciada, seja em veios preenchendo fraturas, ou com muscovita e titanita afetando faixas (em forma de cunha) da rocha.

Os dobramentos são raros. Uma lente de 30cm de rocha de cor cinza-escuro ocorre na base da pedreira.

Uma lâmina delgada de uma faixa de rocha foliada da pedreira, revelou um clorita ortognaisse monzonítico de textura lepidogranoblástica, granulação média a grossa e estrutura bandada. É formada por grandes cristais de microclina com textura em mosaico e junções triplíceis, com contatos predominantemente retilíneos e intercalada com níveis de domínio de cristais xenomórficos bastante irregulares de plagioclásio ( $An_{32}$ ) intensamente saussuritizados. Grandes cristais de clorita (peninita) de cor verde escuro e euédricos de allanita, orientados, associam-se ao nível anterior. Os níveis com microclina e quartzo apresentam calcita nos contatos e fraturas. A microclina perfaz 50% da lâmina e apresenta inclusões de plagioclásio alterado. A biotita é escassa e foi intensamente transformada em clorita. Como acessórios ainda ocorrem epidoto, titanita, apatita, calcita e opacos.

Rochas de cor salmão foram observadas nas proximidades do túnel da estrada de ferro abandonada, ao pé de um serrote N-S da zona de cisalhamento Santa Luzia, sem no entanto terem sido individualizadas.

Esses granitóides têm caráter calcialcalino, são ricos em K, ligeiramente peraluminosos e possivelmente originados da fusão de gnaisses trondhjemiticos (Noce *et al.*, 1994).

### 2.2.5.3 Idade e Correlações

No Granito Santa Luzia, três análises U/Pb em zircão, sem evidência de herança, definiram uma discórdia com intercepto superior de 2.712 +5/-4 Ma, que seria a idade de cristalização. Acredita-se que o Granito General Carneiro (morro do Sino) seja da mesma idade, o que caracterizaria um evento de granitização entre 2.720 e 2.700Ma (Noce *et al.*, 1994). São correlacionáveis, possivelmente, aos granitóides que ocorrem no Complexo Bonfim.

### 2.2.6 Sienito de Santa Paula – PMsp

A sudeste de Antônio dos Santos foram observadas rochas de cor cinza-claro e tons azulados pálidos, granulação média até grossa, às vezes porfiríticas, com pontuações castanhas e de aspecto semelhante a rochas alcalinas. Parece constituírem um corpo relativamente pequeno, que se situa a leste da zona de cisalhamento que baliza a porção mediana do Espinhaço, na região do Caraça. Podem ser foliadas ou não. São formadas por feldspatos de cor esbranquiçada a nacarada, com tons ou porções azuladas e tendo dimensões desde 1cm até 4cm nas partes porfiríticas mais grossas. Os feldspatos apresentam inclusões de biotita. Possuem quartzo, biotita negra a esverdeada subordinada e um mineral de cor caramelo. Sua meteorização gera blocos achatados, alongados e o solo é esbranquiçado a roxo claro.

Ao microscópio, uma dessas rochas apresenta textura granoblástica inequigranular, sendo composta, em ordem de abundância, por microclina, plagioclásio, quartzo, clorita, mica branca e epidoto. A microclina ocorre em grandes cristais xenomórficos com até 5mm, possuindo inclusões de quartzo, plagioclásio ( $An_{30}$ ) e textura peritítica preservada, distribuindo-se por toda a rocha. O quartzo ocorre em grandes cristais com extinção ondulante e recristalização para quartzo fino nas bordas e planos internos, ocorrendo também intersticialmente aos feldspatos. Quartzo recristalizado, acompanhado por feldspato cominuído e às vezes por mica branca e/ou clorita, distribui-se pelos contatos dos feldspatos. As texturas de exsolução (quartzo+plagioclásio) na microclina são bastante complexas e apresentam uma discreta orientação preferencial. A zonação dos feldspatos não é evi-



dente na lâmina, apenas ocasionalmente ocorre uma microclinização mais intensa nas bordas do que no interior dos cristais. A composição é de uma rocha quartzo sienítica.

Nas proximidades do córrego Pimenta, região do Caraça, junto aos ritmitos do Supergrupo Espinhaço, ocorrem blocos de rochas de granulação grossa, que parecem similares às de Antonio dos Santos.

## 2.2.7 Supergrupo Minas – Pm

### 2.2.7.1 Introdução

Inicialmente essa unidade foi descrita por Derby (1906) como “Série de Minas” e mais tarde foi dividida em formações por Harder e Chamberlin (1915), Guimarães (1931) e Oliveira (1956). Freyberg (1932) demonstrou variações faciológicas laterais dentro da “Série Minas”, para as áreas onde não era possível distinguir esta unidade em relação à “Série Itacolomi” e propôs a designação provisória de “Formação Espinhaço”. Dorr II *et al.* (1957) e Dorr II (1969) dividiram a unidade Minas em quatro grupos: Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba.

Menezes Filho *et al.* (1977) atribuíram a hierarquia de Supergrupo à unidade Minas, dividindo-a nos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba.

Trabalhos mais recentes têm retirado do Supergrupo Minas as rochas do Grupo Tamanduá, atribuídas ao Supergrupo Espinhaço.

Na Folha Belo Horizonte, dentro da escala de trabalho adotada, foi possível cartografar o Grupo Caraça Indiviso, o Grupo Itabira (distinguindo as formações Itabira e Gandarela) e o Grupo Piracicaba, individualizando neste a Formação Cercadinho, em pequena faixa a Formação Fecho do Funil, e onde essas duas últimas unidades não são separáveis, foi utilizada a denominação Formação Cercadinho/Fecho do Funil. A Formação Sabará, classicamente pertencente ao Grupo Piracicaba, foi retirada deste e elevada ao *status* de Grupo por Renger *et al.* (1994).

### 2.2.7.2 Grupo Caraça – Pmci

O Grupo Caraça foi estabelecido por Dorr *et al.* (1957) e incluía o quartzito Caraça e o xisto Batatal de Harder e Chamberlin (1915). Posteriormente,

Maxwell (1958) definiu a Formação Batatal, e Wallace, no mesmo ano, a Formação Moeda.

Na impossibilidade de individualizar essas duas formações, no presente trabalho as rochas dessas unidades serão tratadas como Grupo Caraça Indiviso (Pmci).

### 2.2.7.2.1 Distribuição Geográfica

Possui duas faixas estreitas de ocorrência, ambas de pequena expressão em área, porém persistentes e de direção ENE-WSW (figura 2.1).

A primeira estende-se pelo topo e vertente sul da serra do Curral, desde o condomínio Vila Castela até a região de Sabará.

A segunda baliza o extremo-norte da sinclinal de Gandarela.

### 2.2.7.2.2 Relações de Contato

O Grupo Caraça foi depositado em discordância erosional sobre as rochas do Grupo Nova Lima, tal como pode ser observado na região da sinclinal de Gandarela, e esta relação original foi posteriormente modificada por falhas de cavalgamento, a exemplo da constatada na vertente sul da serra do Curral, onde as rochas do Grupo Nova Lima encontram-se sobrepostas às do Grupo Caraça.

Os contatos com as rochas do Grupo Itabira são estruturalmente concordantes, havendo feições de gradações entre as mesmas, a exemplo das observáveis em testemunhos de sondagem da região da mina de ferro da MBR.

### 2.2.7.2.3 Litologia, Metamorfismo, Deformação

Segundo Simmons (1968), apresenta uma espessura de 130m no segmento mais oriental da serra do Curral, atingindo 170m na parte mediana da mesma. Constitui-se de uma fácies basal grossa e composta por quartzitos, *grit*, quartzo-sericita xistos, lentes de filito e metaconglomerado polimitico.

Os quartzitos correspondem mais comumente a sericita ou muscovita quartzitos e podem apresentar termos de maior maturidade textural (e composicional), ortoquartzíticos. Os metaconglomerados têm seixos e matações bem arredondados de

quartzo de veio e quartzito, fragmentos angulosos de filitos do Grupo Nova Lima e raramente de anfibolito.

No sentido do topo ocorrem filitos sericíticos, carbonosos e argilosos, cinza-prateados, além de filito dolomítico e metacherte.

Na passagem para o Grupo Itabira ocorrem níveis de filito com alguma hematita e metacherte.

Viel *et al.* (1987) descreveram, na mina de Águas Claras, uma formação de transição entre os filitos sericíticos do Grupo Caraça (Formação Batatal) e os itabiritos da Formação Cauê, sobreposta.

Esta zona de transição apresenta cerca de 90m de espessura, ocorrendo, da base para o topo, filito sericítico e filito dolomítico de cor cinza-esverdeado quando fresco, e que passa a listrado quando meteorizado, com uma alternância de cores marrom-avermelhado e amarelo-claro. Ocorrem intercalações centimétricas de filito sericítico ao longo do pacote do filito dolomítico. Metacherte se restringe a lentes friáveis ou compactas de até 1m de espessura, sendo carbonático e ferruginoso.

### 2.2.7.3 Grupo Itabira – Pmi

O Grupo Itabira foi definido por Dorr II *et al.* (1957) como sendo constituído por uma seqüência metassedimentar predominantemente química e com uma posição estratigráfica imediatamente superior ao Grupo Caraça. Corresponde ao itabirito da “Formação Itabira” de Harder e Chamberlin (1915) e também às rochas dolomíticas intimamente associadas da mesma formação, e que provavelmente haviam sido inclusas em parte na “Formação Piracicaba”.

Em 1958, o Grupo Itabira foi dividido por Dorr II em duas unidades: Itabirito Cauê e Formação Gandarela. Entretanto, a Formação Gandarela já havia sido distinguida por O'Rourke (comunicação escrita, 1954).

Pelo seu caráter intergradacional e devido ao intemperismo, em muitos locais a separação entre itabiritos e dolomitos tornou-se muito difícil, tanto é que em dez das 28 quadrículas mapeadas pelo USGS/DNPM essas rochas foram agrupadas no Grupo Itabira Indiviso. Isso motivou uma sugestão de Simmons (1968), para que essas rochas fossem consideradas como sendo uma única formação, o

que não foi aceito devido à importância econômica distinta das duas unidades.

#### 2.2.7.3.1 Distribuição Geográfica

As rochas do Grupo Itabira possuem duas grandes áreas de distribuição dentro da folha (figura 2.1).

A primeira ocorre ao longo das serras do Curral e da Piedade, ambas de direção ENE e onde a Formação Cauê sustenta a topografia realçada de maneira contínua; após o acesso de Caeté (serra da Descoberta; foto 8) ocorre uma inflexão na forma de uma ferradura. Já a Formação Gandarela ocupa parte da vertente setentrional da serra do Curral e parte da depressão em calha onde se encaixa a BR-040, na região antigamente denominada Lagoa Seca (Belvedere) e o Parque das Mangabeiras, sendo reconhecida até próximo do Hotel Taquaril.

A outra área abrangida pelo grupo se situa na sinclinal da Gandarela, ocorrendo em ambas as abas da mesma. Na parte norte dessa estrutura, a Formação Cauê ocupa a aba sul da serra da Paula, constituindo um relevo serrilhado para leste, ao sul das serras do Congo e Cambotas, adentrando a Folha Itabira. A Formação Gandarela ocupa a faixa imediatamente ao sul, passando ao norte da serra do Congo e projetando-se para a Folha Itabira. Na aba sul daquela estrutura, ocupam parcialmente a serra do Baú, seguindo na direção NE para a Folha Itabira.

#### 2.2.7.3.2 Relações de Contato

O Grupo Itabira, na faixa que vai da serra do Curral à serra da Piedade, está em contato com os grupos Caraça e Nova Lima na parte sul dessas serras, enquanto sua parte setentrional faz limites com as formações Cercadinho e Cercadinho/Fecho do Funil e Grupo Sabará. O contato entre as unidades do Grupo Itabira é de natureza gradacional.

No trecho que se estende desde a Faculdade Milton Campos (segmento meridional da serra do Curral) até a região de Sabará (início da serra da Piedade), a Formação Cauê está em contato com o Grupo Caraça, salientando-se que ambos encontram-se em posição invertida. O contato em geral é do tipo conformidade, observando-se uma transi-

ção gradacional entre as duas unidades, conforme Viel *et al.* (1987) constataram em perfurações testemunhadas na mina de Águas Claras (vide descrição do Grupo Caraça – relações de contato).

Na vertente sul da serra da Piedade e nas extremidades da estrutura em ferradura (região do acesso rodoviário para Caeté), o contato é de natureza tectônica, com o Grupo Nova Lima cavalgando a Formação Cauê em zona de rampa lateral.

Na parte norte do limite W da folha até as proximidades do Hotel Taquaril, observa-se um contato invertido entre a Formação Gandarela e a “Formação” Cercadinho/Fecho do Funil, sotoposta. Pomerene e Ashley (1964) caracterizaram uma discordância erosional entre as Formações Cercadinho e Gandarela nas quadrículas Belo Horizonte e Nova Lima, marcada por metaconglomerado e *grit* contendo fragmentos da Formação Gandarela, chapas de hematita e concreções ferruginosas. As duas unidades são estruturalmente concordantes.

No restante do trecho, até as proximidades de Sabará, o contato efetua-se com a Formação Cauê, invertida e por sua vez sobreposta de maneira concordante aos filitos da “Formação” Cercadinho/Fecho do Funil. Porém, na vertente sul da serra do Taquaril, estrias indicam movimentação tectônica em zona de rampa lateral, existindo fragmentos de hematita compacta e drusas de quartzo hialino bem formado. No início da serra da Piedade (NNE de Sabará) há indícios de empurrão do pacote de itabiritos sobre delgada porção de filitos da Formação Cercadinho, que não aparecem no mapa devido à escala.

No mapa, no restante do trecho da serra da Piedade, o contato do Grupo Itabira é feito em concordância estrutural com os filitos e xistos do Grupo Sabará, com aquele sempre se sobrepondo estruturalmente e topograficamente ao Grupo Piracicaba.

O Grupo Itabira, na aba norte da sinclinal da Gandarela, sobrepõe-se de modo concordante ao Grupo Caraça, enquanto é coberto, ao sul, pela Formação Cercadinho do Grupo Piracicaba; é, portanto, um flanco normal. Na aba sul, que é invertida, a Formação Gandarela integra a serra do Baú e se sobrepõe à Formação Cercadinho; a Formação Cauê, por sua vez, entra em contato tectônico com os metamorfitos do Grupo Nova Lima. A presença do sistema de falhamentos do Fundão, que ali secciona estas unidades, provoca uma série de com-

plicações tectônicas, estando os contatos deslocados também por falhas em bloco.

### 2.2.7.3.3 Litologia, Metamorfismo, Deformação

#### Formação Cauê – Pmic

Segundo Viel *et al.* (1987) o Grupo Itabira na serra do Curral (Mineração Águas Claras) posiciona-se no flanco invertido de uma anticlinal. Salientam ainda que a foliação presente nas rochas é uma xistosidade plano-axial paralela a subparalela ao aca-madamento, o que implica um estilo de dobramento isoclinal dificilmente reconhecido em escala de afloramento, devido à forte transposição inerente ao evento de deformação que lhe deu origem.

A Formação Cauê é essencialmente química, sendo constituída por itabiritos, itabiritos dolomíticos, lentes de hematita compacta, delgadas lentes de filitos e mármore. Geralmente sustentam a topografia das serras, sendo em grande parte cobertos por canga, sendo a fonte de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero.

A rocha itabirito foi definida por Dorr e Barbosa (1963, p. 18) como sendo uma formação da fácies óxido, laminada e metamorfizada, na qual as bandas de cherte original ou jaspe foram recristalizadas em quartzo granular, e no qual o ferro está presente como hematita, magnetita ou martita. O termo não inclui quartzito de origem clástica com cimento de óxido de ferro.

Na ausência de exposições frescas completas, utiliza-se como base as características da descrição de testemunhos de sondagem e dados de exposições decorrentes da lavra da Mineração Águas Claras, de Viel *et al.* (1987).

São descritas cinco litofácies: formação ferrífera dolomítica, itabirito, dolomito ferruginoso, filito dolomítico e intercalação de metacherte.

A formação ferrífera dolomítica constitui o arcabouço do minério; furos de sonda indicam que esta litofácies possui contato gradacional com a Formação Gandarela. É formada por bandas alternadas de hematita e de dolomita. Próximo à base predominam as bandas de dolomita, que podem alcançar até 15cm de espessura. Em direção ao topo, observa-se que as mesmas passam a ter, juntamente com as bandas hematíticas, espessuras usualmente inferiores a 2cm. Microscopicamente a

rocha é caracterizada pela alternância de lâminas puramente carbonáticas, carbonáticas com hematita e lâminas de hematita com carbonato. Teste de coloração mostra ser o carbonato dolomita com raros cristais de calcita. Micropalhetas de sericita podem ocorrer dispostas segundo o bandamento ou distribuídas ao acaso. A espessura média desta litofácies é de 350m, e o seu produto de alteração, a hematita friável.

O itabirito ocorre ao longo da atual crista da serra do Curral, encaixado na formação ferrífera dolomítica. É constituído por uma alternância rítmica de bandas individualizadas de quartzo e hematita, cujas espessuras são geralmente inferiores a 2cm. Microscopicamente observam-se que as bandas quartzíticas possuem cristais isolados de hematita, sendo o quartzo de granulação muito fina. As bandas hematíticas podem ocasionalmente conter relictos de magnetita inclusos nos cristais de hematita. Estão presentes ainda micropalhetas de sericita, que se dispõem segundo o bandamento. Seu contato com a formação ferrífera dolomítica é gradacional, marcado pelo aumento gradativo de dolomita. O produto de alteração desta seqüência é um itabirito semifriável, sendo que sua espessura média é de 120m.

O dolomito ferruginoso situa-se estratigraficamente entre a formação ferrífera dolomítica e o filito dolomítico. Sua coloração é vermelho-carne, sendo que próximo à base são comuns níveis sericíticos e, em direção ao topo, surgem lâminas de hematita. Possui fraturas preenchidas por calcita e, subordinadamente, por specularita. Sua espessura varia entre 15 e 35m. A alteração desta rocha é uma argila ferruginosa.

O filito dolomítico ocorre na interface da Formação Cauê com a Formação Batatal. Possui uma coloração cinza-esverdeado, quando fresco, sendo que com a alteração adquire um aspecto bandado, devido à alternância de cores, que variam do marrom-avermelhado ao amarelo-claro. Ocorrem intercalações centimétricas de filito sericítico ao longo de toda a seqüência, porém com maior predominância próximo à base. Níveis de metacherte, ora compactos, ora friáveis, são também relativamente comuns, e onde a rocha não está alterada verifica-se a presença de níveis dolomíticos. Microscopicamente observa-se que a rocha é constituída por dolomita, quartzo, sericita e opacos. Sua espessura média esta em torno de 90m.

O metacherte restringe-se a lentes compactas ou friáveis, de até 1m de espessura, que ocorrem encaixadas concordantemente dentro do filito dolomítico. O metacherte varia composicionalmente de carbonático a ferruginoso.

Na serra do Piacó, Viveiros (1983) constatou a presença das duas últimas litologias na passagem para o filito da Formação Batatal.

Quanto aos tipos de minério, a mina de Águas Claras é formada por cerca de 80% de hematita friável e o restante, de hematita semicompacta a compacta. As reservas geológicas, em fevereiro de 1986, eram de 211 milhões de toneladas.

O minério friável encontra-se estruturado, com bandas individualizadas de hematita de espessuras geralmente inferiores a 1m. O espaço entre essas bandas é ocupado por hematita granular, que, microscopicamente, se apresenta como um agregado de cristais facilmente desagregáveis e, subordinadamente, por specularita. Níveis de argila ferruginosa concordantes com o bandamento são comuns, próximo ao contato com os filitos, enquanto que níveis de sílica finamente recristalizada ou bolsões de sílica grossa são encontrados próximo aos itabiritos silicosos. A porosidade deste tipo de minério é alta, alcançando até 50%, enquanto a densidade média é de 3,4g/m<sup>3</sup>.

A hematita semicompacta a compacta ocorre em lentes de, no máximo, 30m de espessura, encaixadas concordantemente na hematita friável. O bandamento geralmente é bem definido pela ação diferencial do intemperismo sobre os níveis mais carbonáticos ou silicosos. Possui uma coloração cinza-azulado, com fratura irregular a semiconchoidal. Localmente encontra-se minério semicompacto xistoso, que se caracteriza pela sua facilidade em se partir em escamas e pelo brilho típico. Ao microscópio, o minério compacto apresenta-se como uma massa de hematita com abundantes remanescentes de magnetita. Contém ainda raros cristais de martita, magnetita hematitizada. As formas dos cristais de hematita podem ser tanto idiomórficas como xenomórficas.

A gênese da hematita friável, que constitui o principal tipo de minério de Águas Claras, está diretamente ligada ao intemperismo, que agindo sobre a formação ferrífera dolomítica propiciou a lixiviação dos constituintes de natureza carbonática, aumentando a concentração do teor de ferro.

## Formação Gandarela – Pmig

O limite entre essa unidade e os itabiritos da Formação Cauê é marcado pelo decréscimo no teor de ferro, o que, segundo Dorr II (1969), pode ocorrer numa faixa de transição de metros até centenas de metros. O autor ainda revela que a experiência de campo é o melhor guia para separá-los.

Tem espessura de 400m (Pomerene, 1954) na região do Acaba Mundo, e no final W da aba norte da sinclinal da Gandarela a sua espessura aparente é de 900m.

É constituída principalmente por mármore dolomítico e dolomito cinza, com variações de cores para tons cinza-claro, bege, salmão ou, ainda, avermelhados. Tanto formam paredes abruptas, como ocorrem em afloramentos ruiformes descontínuos, ou ainda formando depressões suaves com aspecto cárstico, sem drenagem superficial, com solo avermelhado ou amarelado.

A meteorização produz solos espessos avermelhados, compactos, com fraturas e apresentando manchas de cor amarelada a bege.

O aspecto externo de determinadas faixas de afloramentos é de couro de paquiderme.

As rochas dolomíticas em geral são finas e por erosão diferencial mostram uma diferente composição na vertical. Possuem níveis impuros que geram clorita filitosa de cor verde. Veios de quartzo leitoso ocorrem, enquanto que nas partes mais fraturadas ocorrem veios de calcita/dolomita remobilizada. Fácies mais grossas são localizadas e raras; são constituídas por metaconglomerado intraformacional com seixos tabulares de metacherte e dolomito em matriz dolomítica. Sulfetos de cobre e lentes de fluorita ocorrem na região do Acaba Mundo (Pomerene, 1964). Próximo do limite W da folha foi encontrada uma pequena ocorrência de estibiconita e oxidados, possivelmente de origem epigenética. Grandes quantidades de impurezas argilosas originais, significando mudanças nas condições de circulação da água no ambiente de sedimentação, geraram níveis de filito dolomítico.

Nas partes basais da unidade, na passagem para a Formação Cauê, ocorrem itabiritos dolomíticos e dolomitos ferruginosos, enquanto as fácies carbonáticas mais puras são subordinadas ou ausentes.

A maioria desses itabiritos dolomíticos ocorre na forma de lentes pequenas, com espessuras de

centímetros a poucos metros, ou ainda até centenas de metros de comprimento. O'Rourke (comunicação escrita, 1954) estudou afloramentos no limite ocidental da sinclinal da Gandarela, que, com pequenas interrupções, apresentavam bandas de itabirito dolomítico por mais de 10km de extensão.

A importância econômica da Formação Gandarela reside na presença de depósitos de bauxita, além de pedras de calçamento, cascalho para pavimentação e o seu uso como fundente para siderurgia.

### 2.2.7.3.4 Idade e Correlações

A única datação foi feita em rochas da Formação Gandarela pelo método Pb/Pb em carbonatos por Babinski *et al.* (1991), que obtiveram idades de  $2.420 \pm 25\text{Ma}$  e  $2.430 \pm 25\text{Ma}$ .

### 2.2.7.4 Grupo Piracicaba – Pmp

O Grupo Piracicaba foi definido por Dorr II *et al.* (1957) e praticamente equivale à Formação Piracicaba proposta por Harder e Chamberlin (1915).

As formações do Grupo Piracicaba são constituídas predominantemente por rochas metassedimentares clásticas (*grit*, quartzitos, filito e filito carbonoso) e esporádicas lentes de dolomito. Difere totalmente da seqüência do Grupo Itabira.

Nos trabalhos de cartografia foi possível individualizar a Formação Cercadinho, que domina em área, e uma estreita faixa da Formação Fecho do Funil, sendo boa parte da unidade expressa como Formação Cercadinho/Fecho do Funil.

Ocupa faixas ENE-WSW bastante persistentes ao N das serras do Curral e da Piedade, e na parte central da sinclinal da Gandarela. Da base para o topo assim se distribui: Formação Cercadinho (Cercadinho/Fecho do Funil) e Formação Fecho do Funil. Entretanto, como as camadas estão invertidas, a lapa é o Grupo Sabará e à capa correspondem as rochas da Formação Cercadinho.

#### 2.2.7.4.1 Distribuição Geográfica

Compõem faixa de direção ENE bastante persistente, ocupando áreas na vertente norte da serra do Curral e da serra da Piedade, sendo limitadas na

parte côncava da ferradura da serra da Descoberta (figura 2.1).

As formações Cercadinho e Cercadinho/Fecho do Funil (no mapa) ocupam estreitas faixas com menos de 1km de largura, desde o extremo-SW da folha, até o início da serra da Piedade, na região de Sabará. São cortadas pelo acesso à Cidade Industrial, pela BR-040, pela Av. Afonso Pena e ocupando o bairro da Serra, sendo atravessadas pelo rio das Velhas, em Sabará, estreitando-se na região da mina Córrego do Meio. Já a Formação Fecho do Funil só foi representada no mapa nos trechos entre a Av. Raja Gabaglia e a curva do Chuá (BR-040), e no bairro Mangabeiras, após a Av. José do Patrocínio (R. Henrique Quick). Outra área ocupada pela Formação Cercadinho encontra-se na parte interna da sinclinal da Gandarela, entre as serras do Baú e do Congo Sôco, estendendo-se para a Folha Itabira.

#### 2.2.7.4.2 Relações de Contato

As relações de contato com o Grupo Itabira, subjacente, já foram discutidas no item 2.2.7.3.2.

O contato entre as formações Cercadinho e Fecho do Funil é gradacional, ressaltando-se que a Formação Cercadinho encontra-se em posição estratigráfica invertida e recobre a Formação Fecho do Funil.

Em relação ao Grupo Sabará, os contatos dão-se ora com a Formação Fecho do Funil ora com a Formação Cercadinho, ou com a Formação Barreiro e com quartzitos da Formação Taboões; como as duas últimas unidades são muito delgadas, devido à escala, o contato no mapa aparece como sendo com as Formações Cercadinho e Fecho do Funil, ou com a "Formação Cercadinho/Fecho do Funil".

Onde pode ser observado, o contato é gradacional.

Assim, no Posto Ypiranga, no ponto de acesso do bairro Buritis para a Av. Raja Gabaglia, o contato do Grupo Sabará (sotoposto) com a Formação Taboões mostra uma modificação tectônica através de um falhamento de empurrão em zona de rampa lateral, denunciado pelas lineações minerais e pequenos sigmóides.

No bairro Taquaril, o contato entre a Formação Cercadinho, em posição invertida, e o Grupo Sabará, embora concordante, também revela modificações tectônicas pela presença de foliações anasto-

mosadas e sigmóides de foliação, com as lineações minerais indicando uma rampa lateral.

Dorr II (1969) salientou que o Grupo Sabará sempre é estruturalmente concordante com as unidades subjacentes e chamou a atenção para uma possível superfície erosional pré-Sabará, abstraída da exigüidade da área de ocorrência das formações Taboões e Barreiro (não-deposição ou erosão?).

#### 2.2.7.4.3 Litologia, Metamorfismo, Deformação

A Formação Cercadinho é constituída de filitos, quartzitos, *grit*, filito dolomítico e dolomito.

Na parte basal, tal como pode ser observado na parte sul do bairro Taquaril, são descritos níveis delgados e erráticos, conglomeráticos, embora de granulação predominantemente fina, assim como concreções de hematita.

São filitos carbonosos, cinzentos a prateados, intercalados em quartzitos brancos ou cinza a negros, às vezes conglomeráticos (*grit*).

Os quartzitos apresentam-se em camadas com espessuras de 2cm até 2m (máximo), sendo em geral de 10cm, lenticulares ou não, alternados com filitos cinza prateado a negros. Chegam a formar "ritmitos", seja alternando-se com filitos, ou entre quartzitos brancos e cinza-escuro a negros com níveis de 1cm de espessura, como acontece à entrada de Sabará (fotos 9 e 10).

Atrás do bairro Taquaril, nas proximidades do terreno da RFFSA, ocorrem supressões de camadas de quartzitos.

Níveis de quartzitos mais grossos a conglomeráticos (*grit*) ocorrem erráticamente, sendo visíveis na entrada de Sabará, no bairro Taquaril e também próximo à Praça do Papa, onde são esverdeados.

Dentro da massa escura e algo hematítica, salientam-se grânulos opalescentes a róseos de quartzo, muitas vezes achatados e deformados, constituindo uma lineação; além de plaquetas de hematita. Nos quartzitos podem ser vistas estratificações cruzadas tabulares de pequeno ângulo, como na entrada de Sabará, e níveis miloníticos, assim como dobras abertas "em joelho", às quais se associa uma clivagem de fratura de direção aproximada N-S.

Em Sabará, no sentido do topo da seqüência ocorrem níveis de filitos sercíticos e xistos sercíticos finos, cinza a prateados e com espessuras de

10 a 20cm, intercalados com níveis métricos de dolomito róseo a avermelhado. Para W, em direção à Delegacia de Polícia, ocorre uma lente mais espessa de dolomito avermelhado a mosqueado com branco, e partes rítmicas róseas a brancas apresentando *boudins* segundo N35°E. Essa lente estende-se por mais 2km no sentido do norte, onde é explorada. Ainda para W, após o dolomito, ocorrem meteorizados, filito esverdeado-pálido, níveis de filito cinza-escuro e nível manganêsífero filítico a xistoso, que podem ser parte da Formação Fecho do Funil (?).

Por serem produtos parciais de erosão do Grupo Itabira, tanto filitos quanto quartzitos escuros têm um teor elevado em ferro (hematita), que chega a constituir de 15-20% dessas rochas, em média.

Nos quartzitos da região do Taquaril também podem ser observadas dobras em Joelho de pequena amplitude, parecendo duplexes, além de zonas rúpteis brechadas. É interessante notar que ali ocorreu uma outra movimentação, no sentido oriental, evidenciada por dobras rompidas com flanco W longo e flanco E curto, sendo que os movimentos ao longo da rampa são no sentido ocidental.

Wallace (1965) relatou a presença de marcas de onda na Quadrícula de Belo Horizonte.

As rochas da Formação Cercadinho são facilmente degradadas pela ação intempérica, de modo que os cortes de estrada nos seus saprólitos são bastante instáveis e sujeitos a freqüentes deslizamentos, implicando na necessidade de obras de contenção de encostas, como na BR-040 (curva do Chuá).

A Formação Fecho do Funil foi denominada e descrita por Simmons (1958) e tem pequena representatividade na folha. Em 1965, Wallace (*op. cit.*) estimou para a mesma uma espessura máxima de 300m na região de Belo Horizonte.

É constituída de filitos sericiticos e filitos a xistos dolomíticos cinzentos, quando frescos, passando a tonalidades ocre e marrons, quando meteorizados; além de lentes de dolomito. Os filitos podem ser francamente hematíticos, enquanto os filitos dolomíticos são constituídos de dolomita, quartzo e sericita; mármores impuros são comuns, tendo conteúdo magnêsífero. Essa unidade também apresenta problemas de estabilidade nos cortes artificiais, tal como ocorre na BR-040.

A denominação "Formação Cercadinho/Fecho do Funil" foi utilizada para designar, no mapa do presente trabalho, as faixas onde a Formação Cer-

cadinho, em princípio dominante, encontra-se associada a delgados pacotes de filitos e outras litologias da Formação Fecho do Funil, mas que não são representáveis na escala de trabalho.

## 2.2.7.5 Grupo Sabará – Pms

### 2.2.7.5.1 Introdução

Essa unidade foi definida com uma hierarquia de "Formação" por Gair (1958), que a situou, estratigraficamente, no topo do Grupo Piracicaba, onde constituiria uma seqüência do tipo "eugeossinclinal". Segundo Maxwell (1963, comunicação escrita) apresenta em Belo Horizonte uma espessura de 3.000 a 3.500m, enquanto que na sinclinal da Gandarela sua espessura deve ser da ordem de 1.000m (Moore, 1969).

Segundo Gair (1958), na localidade-tipo, em Sabará, onde o rio das Velhas corta a serra do Curral, o Grupo Sabará é formado por micaxistos e clorita xistos, com metagrauvas e subgrauvas intercaladas, além de quartzitos. Fácies com granada e estauroilita ocorrem nas proximidades de rochas graníticas, sendo os xistos formados à base de muscovita e biotita. Pomerene (1964) e Simmons (1968a) relataram a presença de um conglomerado na base do grupo, no contato com a Formação Barreiro, ao norte da serra do Curral. É constituído de pequenos fragmentos angulares de filito em matriz filítica, em camada de poucos centímetros de espessura.

Dorr II (1969) salientou que a Formação Sabará sempre é estruturalmente concordante com as unidades subjacentes e chamou a atenção para uma possível superfície erosional pré-Sabará, justamente pela exigüidade da área das formações Taboões e Barreiro (não deposição ou erosão?). Renger *et al.* (1994), devido às particularidades como espessura e características sedimentares propuseram a sua desvinculação do Grupo Piracicaba, denominando-a de Grupo Sabará, que corresponderia a um importante megaciclo sedimentar.

### 2.2.7.5.2 Distribuição Geográfica

A faixa mais expressiva do Grupo Sabará cobre parte da região metropolitana ao sul de Belo Horizonte. Ocupa áreas dos bairros: das Indústrias, Es-

toril, Nova América, Salgado Filho, Nova Suíça, Santa Lúcia e Coração de Jesus; da Cidade Jardim para leste, ocupa uma parte externa em relação à Av. do Contorno, além dos bairros Santo Antônio, São Pedro, Anchieta, Serra, São Lucas e Taquaril, estendendo-se para General Carneiro e Roça Grande (margem esquerda do rio das Velhas). A partir da margem direita dessa drenagem, ocupa uma área entre a serra da Piedade e o córrego Taioba, abrangendo as regiões da fazenda das Lages e Fugida; ao norte de Mestre Caetano e Monjolos, sofre um estreitamento para menos de 2km de largura, ocupando faixas entre os acessos de Caeté e para o Observatório Astronômico da serra da Piedade, terminando após o Asilo São Luiz, onde se encontra limitado tectonicamente na altura da serra da Descoberta (figura 2.1).

Outra área ocupada pelo Grupo Sabará encontra-se na parte central da sinclinal da Gandarela, entre as serras do Baú e do Congo Soco. O Grupo Sabará é limitado em ambas as abas daquela sinclinal pela Formação Cercadinho, não passando para a Folha Itabira.

#### 2.2.7.5.3 Relações de Contato

O Grupo Sabará encontra-se em contato com o Grupo Piracicaba (vide item 2.2.7.4), o Complexo Belo Horizonte e o Granitóide General Carneiro.

De Belo Horizonte a General Carneiro, Fugida e Palmital (BR-262/381), o contato se faz na maior parte com o Complexo Belo Horizonte.

Em Belo Horizonte, na R. Andrade Neves, após a Praça Dom Bosco, os contatos são tectônicos, tendo sido observadas rochas cisalhadas contendo lineações minerais e sigmoides, que cinematicamente indicam um movimento de empurrão (rampa frontal) sobre o Complexo Belo Horizonte.

Fortes lineações dos gnaisses nas proximidades do contato com o Grupo Sabará, ao sul do bairro Carvalho de Brito, também são indicativos de cisalhamento; assim como nas cabeceiras e margem direita do córrego Taioba (sob o viaduto da estrada de ferro), onde o Granitóide General Carneiro encontra-se milonitizado e a forte lineação mineral indica relação tectônica com o Grupo Sabará.

Nas BR-262/381, na região do novo acesso (Posto de Ravena) para a região de Fugida, tam-

bém ocorrem sigmoides de foliação indicativos de um cavalgamento do Grupo Sabará sobre os gnaisses, que também se mostram cisalhados na entrada do sítio das Lages.

Na região de Palmital (BR-262/381), o contato do Grupo Sabará com os gnaisses é milonítico e de alto ângulo.

#### 2.2.7.5.4 Litologia, Metamorfismo, Deformação

Na maior parte da área essas rochas apresentam-se bastante meteorizadas, com dominância de cores róseas a arroxeadas-claras e aspecto mais argiloso, possuindo faixas de alternância com níveis centimétricos, raramente métricos, de cor amarelada a ocre. Esses últimos têm aspecto arenoso, geralmente ocorrendo sericita em finas palhetas (metagrauvacas). Outras vezes os leitos se alternam de tal forma que formam um ritmo onde se distinguem camadas ocre e arroxeadas (foto 11). Algumas dessas camadas ocre são produto de meteorização de camadas puramente sericíticas com abundantes pontuações de hematita muito fina, como no acesso ao bairro Burity.

As diferenças composicionais marcam uma estratificação original ( $S_0$ ), que é transposta por uma foliação penetrativa em todas as escalas, feição esta que se encontra bem evidente nos afloramentos da Av. Raja Gabaglia.

Dentro dos filitos/xistos arroxeados ocorrem faixas pouco definidas contendo porfiroblastos tabulares, idioblásticos, de um mineral de cor cinza-claro, sempre sericitizado e ainda não identificado, com dimensões de 1 a 5cm e que na maioria das vezes é encontrado cortando a foliação. Ocorrências desse mineral foram inicialmente observadas nas proximidades do Cemitério da Saudade (em rocha xistosa mais grossa), do conjunto habitacional Santa Maria, da subestação da CEMIG (no acesso à Cidade Industrial) e, ainda, a leste do Asilo São Luiz, próximo à serra da Descoberta.

Formações ferríferas de um tipo pobre em ferro foram descritas na parte superior da unidade por Gair (1968), que as interpretou como metacherte ferruginoso. São observadas na MG-05 (após o Recanto, com 3m de espessura), na região de Fugida, próximo do contato com gnaisses (estendendo-se para W pelo menos por 4km), na região de Ravena



(na estrada que vai ao Recanto Evangélico, já próximo ao pé da serra), assim como no acesso a Caeté pela BR-381.

Invariavelmente ocorrem associadas rochas bastante cloríticas e filito cinza carbonoso; a formação ferrífera é bandada e magnética.

Quartzito e quartzito micáceo são raros e de espessuras decimétricas, sendo observados na MG-05, próximo do contato com o Granitóide General Carneiro.

No vale do rio Socorro, na sinclinal de Gandarela, Moore (1969) relatou a presença de quartzitos com até 15% de feldspato.

Os filitos e xistos também são portadores de veios de quartzo branco e/ou enfumaçado, ou ainda são invadidos por veios quartzo-feldspáticos e apófises graníticas, como nas vossorocas da região de Fugida.

No decorrer dos trabalhos de campo foram coletadas amostras ao longo da MG-07, cujos estudos petrográficos são apresentados a seguir.

Uma rocha cinzenta e micácea, não crenulada, foi classificada como cianita-granada-estaurolita-clorita-muscovita-quartzo-xisto. A textura é granolepidoporfioblástica inequigranular, com intensa blastese da mesóstase xistosa perfeitamente orientada, na qual cristais finos de quartzo poligonizados a levemente alongados estão distribuídos entre níveis micáceos contínuos, ricos em opacos e com alguma turmalina verde-azulada. Os filossilicatos dominantes são a muscovita e a clorita magnésiana. Os porfiroblastos são microporfiroblastos idioblásticos de granada (cerca de 0,3mm) e poiquiloblastos idioblásticos de estaurolita (1cm), eventualmente mostrando a macla da Cruz de Santo André e inclusões de granada, quartzo e opacos perfeitamente alinhados, desde ortogonais até subparalelos à foliação; porfiroblastos xenomórficos de cianita apresentam *bending* (com plano axial perpendicular à foliação) e são ricos em inclusões de quartzo, granada e opacos.

Parte das estaurolitas parece ser anterior à foliação, mas posterior às granadas; estas cortam perfeitamente a foliação, mas apenas a cianita é claramente pós-tectônica. O educto provável é um pelito com alto conteúdo de alumínio e baixo de cálcio.

Outra amostra, do mesmo local, apresentando variações no percentual dos componentes e uma foliação de crenulação, revelou restos de cianita no interior da estaurolita e a presença de plagioclá-

sio/cordierita (1/3 da lâmina). A foliação  $S_{n-1}$ , que deu origem, por "kinkeamento", à foliação  $S_n$  (equivalente à foliação da lâmina anterior), está ainda preservada, mostrando que as estaurolitas cresceram após a implantação de  $S_{n-1}$ , porém pré- até  $S_n$ . Ocorrem porfiroblastos de biotita castanha parcialmente transformada em clorita com "kinkeamento"  $S_{n-1}$ .

As estaurolitas são xenomórficas e mais turvas que as da lâmina anterior, apresentando contatos irregulares; ocasionalmente exibem uma sericitização parcial. A rocha possui pouca clorita e é provável que tenha sido submetida a condições de metamorfismo compatíveis com a fácies anfíbolito (zona da cianita), quando apresentava biotita em equilíbrio com a cianita, e, por retrometamorfismo, permitiu o crescimento de estaurolita a partir de biotita+cianita+quartzo, e de clorita+muscovita a partir da associação estaurolita+biotita+quartzo.

Um afloramento de rocha xistosa verde, bastante dobrada e crenulada, revelou um granada-estaurolita-quartzo-muscovita-xisto.

A textura é granolepidoblástica com porfiroblastos pequenos; é fina a muito fina. A rocha é perfeitamente foliada, com intensa crenulação; um bandamento metamórfico discreto é definido pela concentração preferencial de quartzo e Fe-clorita em níveis que se alternam com outros portadores de mica levemente esverdeada a amarelada (muscovita) e granada. Pequenos porfiroblastos subédricos de estaurolita concentram-se em níveis nos quais há Fe-clorita e filossilicato não definido.

Opacos se distribuem por toda a lâmina. A granada e a estaurolita não estão em contato entre si e são pós-tectônicas, e a sua presença pode estar relacionada a níveis com variações composicionais. O educto era provavelmente um pelito.

Uma outra rocha contendo níveis de cor cinza e que foi coletada a menos de 50m da rocha acima descrita, revelou uma composição de clorita-quartzo-muscovita-xisto com granada. Tem menos granada que a lâmina anterior e não contém estaurolita. Núcleos de muscovita, que se extinguem conjuntamente, porém em posição diferente da muscovita da matriz, talvez correspondam a pseudomorfos de estaurolita. Clorita concentra-se nos níveis mais quartzosos ou ao redor do quartzo, com filossilicato incolor de relevo muito baixo (peninita).

Logo após o acesso para Roça Grande foram coletadas duas amostras em seqüência, sendo uma

cinza-esbranquiçada, fina, e a outra de aspecto xistoso esverdeado.

A rocha cinza corresponde a um biotita-plagioclásio-quartzo xisto com textura lepidogranoblástica e contendo 32% de plagioclásio. A biotita é castanho-esverdeada, disseminando-se entre blastos irregulares e ocelares de quartzo e feldspato. Epidoto/zoisita ocorre ao longo da foliação, em blastos xenomórficos. Turmalina verde com núcleo azul intenso é abundante em algumas porções da rocha. Clorita ocorre eventualmente associada às bordas da biotita e ao epidoto.

A parte xistosa verde revelou um quartzo-muscovita xisto onde a muscovita é escura e forma uma foliação com a clorita, juntamente com finos e longos cristais de quartzo (*ribbons*). Ocasionalmente ocorrem ocelas de quartzo e plagioclásio, e neste caso as dimensões destes minerais são um pouco maiores do que na mesóstase. Opacos e epidotos distribuem-se de maneira uniforme na lâmina; algumas ocelas fortemente estiradas apresentam elevada concentração de opacos, além de muscovita mais colorida e goethita.

Dentro de Belo Horizonte, tanto a oeste como a noroeste da Av. Raja Gabaglia (ao longo da Av. Barão Homem de Melo e na R. Andrade Neves, com boas exposições na Praça Dom Bosco), ocorre uma faixa de rochas de granulação grossa, cinzentas a esverdeadas, contendo uma foliação grosseira, quase uma xistosidade lenticular, que apresentam a mica em palhetas maiores e formando agrupamentos aleatórios. Geralmente têm foliação de alto ângulo e estão meteorizadas, possuindo clorita, muscovita, feldspato cinzento e opacos; o seu aspecto é semelhante ao de um xisto grosso ou de um granito-gnaisse.

Na Av. Raja Gabaglia, na altura do quartel de polícia militar, ocorre uma zona de cisalhamento bem marcada de direção NE, cujos afloramentos seguintes nos eucaliptos mostram a presença de pegmatitos com turmalina negra, muscovita e feldspato que ocorrem também atrás da torre de microondas. Essa zona de cisalhamento parece em parte limitar essas rochas mais grosseiras. Há ocorrência de um granito/granitóide na Rua da Pedreira.

Os saprólitos dessas rochas grosseiras têm faixas de cor ocre ou arroxeadas contendo veios caulinizados e veios de quartzo.

Microscopicamente duas amostras dessa sequência mostraram uma composição bem distinta em relação à que se tinha para o Grupo Sabará.

A primeira mostra textura granolepidoblástica, sendo formada por grandes cristais de clorita castanho-amarelada formada sobre restos de biotita e de muscovita, bem orientados e dispersos entre blastos de mineral não identificado e núcleos de sericita fibrosa e radial. Outros núcleos sericíticos são distintos, apresentando cristais finos e não orientados com formas que lembram plagioclásio. Blastos de muscovita e clorita azulada, grandes e poiquiloblásticos, crescem a 60° da foliação.

Os opacos associados à mica fibrosa são finos, com textura quase simplectítica; os demais são grandes e se distribuem por toda a lâmina; foi denominada de clorita-mica branca-quartzo xisto.

Uma outra rocha de cor cinza, encontrada sob a forma de um matacão, com foliação espaçada, foi classificada, ao microscópio, como sendo um biotita-mica branca-plagioclásio-quartzo xisto. Apresenta, tal como na lâmina anterior, sericita fibrosa e radial em núcleos, além de grandes cristais de muscovita e biotita castanha parcialmente cloritizada. Difere daquela pela textura mais fina, grãos de quartzo mais irregulares, presença de plagioclásio (associado com quartzo) bem preservado, assim como de biotita.

Parte dos feldspatos, especialmente nos domínios mais ricos em mica fibrosa, está quase que completamente sericitizada. Numa análise mais detalhada, as seguintes observações são pertinentes:

- presença de mica fibrosa em grandes núcleos radiais com limites difusos que invadem os minerais vizinhos;
- presença de associação quartzo-sericítica, com sericita formando filmes contínuos que tanto atravessam os cristais de quartzo em fraturas dispostas paralelamente à foliação, como se encontram distribuídos ao longo dos limites dos grãos;
- substituição quase que completa dos feldspatos por sericita;
- substituição intensa de biotita em cristais marrons, amarelos com cor de interferência baixa interpretadas como cloritizadas;
- presença de grandes cristais poiquiloblásticos de muscovita.

Conclui-se que mostram evidências de terem sofrido ação metassomática/hidrotermal, associada principalmente à sericitização e alguma cloritização; o hidrotermalismo seria pelo menos em parte prévio à deformação principal que gerou a foliação principal dessas rochas.

Essas rochas foram caracterizadas por Dorr II como xistos granitizados do Grupo Sabará, posicionamento este mantido no presente trabalho, ainda que com restrições.

#### 2.2.7.5.5 Idade e Correlações

A única datação, feita por Machado *et al.* (1989) pelo método U/Pb em zircão detrítico, revelou uma idade de  $2.125 \pm 4$  Ma.

#### 2.2.8 Granitóide Morro das Pedras – P<sub>γ</sub>m

Ocorre em um pequeno corpo cercado por rochas do Grupo Sabará, que se mostram xistosas e mais grossas na parte N do granito, possivelmente ocasionando os efeitos descritos para os xistos granitizados do Grupo Sabará. Sua melhor exposição ocorre no final da Rua da Pedreira; é um granito leucocrático equigranular hipidiomórfico com proporções semelhantes de plagioclásio e K-feldspato. O plagioclásio é bastante saussuritizado. A biotita é escassa e freqüentemente transformada em mica branca. É pouco deformado e segundo Noce *et al.* (1994) parece contemporâneo ao Granito Córrego do Brumado. Próximo do granito, na entrada da Rua da Pedreira, são observados blocos de xisto granatífero parcialmente alterado.

#### 2.2.9 Supergrupo Espinhaço – P<sub>Me</sub>

Deve-se a Bruni *et al.* (1974; *in*: Assis e Marini, 1983) a denominação hierárquica estratigráfica de Supergrupo Espinhaço. Ao norte da área de trabalho essa unidade é constituída pelo Grupo Diamantina (Dossin *et al.*, 1984) dividido nas formações Sopa-Brumadinho (Pflug, 1965), Galho do Miguel (Pflug, 1968) e São João da Chapada.

Na Folha Belo Horizonte essa unidade representa a extremidade meridional da cordilheira do Espinhaço, que se estende por cerca de 2.000km des-

de o N do Quadrilátero Ferrífero até a Chapada Diamantina (BA), tendo sempre um *trend* disposto aproximadamente segundo N-S.

A sua largura, de cerca de 14km ao norte da folha, sofre uma drástica redução na área estudada, passando a constituir trechos bastante estreitos de serras, às vezes descontínuos devido à erosão e ao tectonismo; contudo, mantém sempre o *trend* N-S característico, somente modificado no extremo-sul por um sistema de falhas E-W que lhe impõe essa nova direção.

De Altamira para sul, as rochas do Supergrupo Espinhaço restringem-se a três segmentos com menos de 2km de largura cada um, que na altura do rio Taquaraçú se restringem a dois (lado leste), sendo o do extremo-oriental o mais contínuo.

Os trabalhos do IGA/SECTMG (1982), na escala 1: 50.000, mostram o Supergrupo Espinhaço dividido em duas unidades designadas informalmente de Superior e Inferior. A Unidade Inferior, mais impura, foi definida como constituída de filitos quartzosos, quartzo-sericita-especularita xisto feldspatizado, quartzo xisto e horizontes de metaconglomerados de forma lenticular, polimíticos, com seixos de itabirito, hematita compacta e quartzitos ferruginosos ou não, estirados numa matriz quartzo-sericítica, algo ferruginosa. Quartzo de veio com feições cataclásticas forma cristas na meia encosta das serras.

A Unidade Superior indivisa é caracterizada por uma seqüência de ortoquartzitos e metarenitos finos a médios, levemente sericíticos, às vezes friáveis, com intercalações de lamina sericíticas, exibindo marcas de onda e estratificações cruzadas proeminentes; alguns leitões dessa unidade são amarelados e friáveis.

Os trabalhos de mapeamento de detalhe do Projeto Fosfato, da METAMIG, realizados por Fritzsos Jr. *et al.* (1990) numa extensão N-S de 110km desde Sepetiba, incluem a parte NE da folha, englobando as serras da Matinha, Cachoeira e Altamira, até a altura de Nova União e Bom Jesus do Amparo. Nessa faixa foram mapeadas as formações Sopa-Brumadinho (Pflug, 1965) e Galho do Miguel (Pflug, 1968). Na Formação Sopa-Brumadinho ainda foi individualizado o Membro Campo Sampaio (Fogaça e Almeida Abreu, 1982), que mostrou ser portador de fosfato na forma de apatita. Aqueles autores concluíram, entretanto, com base nas observações ao longo dessa última unidade, que a mesma cons-

titui apenas uma fácies da Formação Galho do Miguel.

No extremo sudeste, a serra da Água Limpa ou Cambotas só recentemente (Freitas *et al.*, 1992) foi reconhecida como sendo constituída por rochas do Supergrupo Espinhaço, embora Hiron (1967) tenha retirado essa unidade da "Série" Rio das Velhas de Dorr II (1969), colocando-a no Grupo Itacolomi.

Freitas *et al.* (*op. cit.*) denominaram essa faixa de rochas como Grupo Tamanduá, constituído pela Formação Cambotas, representada por quartzitos (inferior) e metarcóseos (superior). Os quartzitos são brancos, finos e exibem marcas de onda e estratificações cruzadas tabulares de médio a grande porte; associam-se conglomerados mono/polimíticos lenticulares. Nos polimíticos os seixos são de quartzo puro, quartzo leitoso, quartzito ferruginoso, gnaiss e formação ferrífera bandada. Os metarcóseos são de cor cinza e granulação fina a média.

No limite meridional-oriental da Folha Baldim, Oliveira *et al.* (1996) mostraram a Formação Sopa-Brumadinho a leste do ribeirão Bandeirinhas, enquanto a oeste do mesmo ribeirão foi representada uma faixa de rochas da Formação Galho do Miguel, estabelecendo uma correlação estratigráfica inversa à de Fritzsens Jr. *et al.* (1990). Ocorre, entretanto, que o estudo das aerofotos mostra uma nítida continuidade física da Formação Galho do Miguel para dentro da Folha Belo Horizonte, ocupando a mesma os rochosos superiores ao N de Altamira (parte da serra da Lagoa Dourada e a leste de Maria Nazária, na margem esquerda das cabeceiras do rio Preto) com altitudes de 1.300 a 1.660m. A leste do ribeirão Bandeirinhas, as feições nas aerofotos indicam que as características dos elementos marcantes para um discernimento como Formação Sopa-Brumadinho, parecem entrar muito pouco na Folha Belo Horizonte. Essa região é muito escarpada e de pouco acesso.

Na Folha Baldim, a Formação Galho do Miguel é descrita como constituída por quartzitos brancos, finos, localmente bimodais, por vezes feldspáticos e raramente sericíticos, apresentando estratificação cruzada de grande porte. A Formação Sopa-Brumadinho é descrita como constituída por quartzitos finos a médios, localmente bandados, com níveis de metaconglomerados polimíticos, tendo no topo do pacote quartzitos finos com níveis filíticos.

Pelo exposto, essa região ainda apresenta significativas controvérsias estratigráficas, carecendo

de melhores estudos para um posicionamento mais correto das unidades. Tendo em vista as complicações estruturais inerentes à evolução do rifte do Espinhaço e, conseqüentemente, as variações na deposição, posteriormente agravadas pelos cavalgamentos, além das dificuldades de acesso, manteve-se a divisão efetuada por Fritzsens *et al.* (1990) somente nas partes a leste das serras de Altamira e da Matinha. É interessante notar que a região das cabeceiras do rio Preto forma um alto estrutural, pois, para o norte da mesma, e apesar das incisões de drenagem, os gnaisses não afloram entre os quartzitos, o que pode ter tido uma influência fundamental na sedimentação dos outros segmentos do Espinhaço. Para sul e oeste de Altamira, as rochas do Espinhaço situam-se em geral entre 1.100 e 1.200m de altitude, raramente ultrapassando esses valores (serra das Cambotas) e é a partir daí que as rochas do Supergrupo Espinhaço se dividem em três segmentos estreitos de direção N-S, ocupando as áreas altas dos interflúvios dos gnaisses subjacentes. Essas porções mais inferiores do Supergrupo Espinhaço na folha, por sua pequena distribuição lateral e deslocamentos tectônicos, dificultam um pouco sua correlação segura com as outras unidades, tendo como agravante possíveis variações faciológicas influenciadas talvez pelo "alto" já citado. Entretanto, a presença de xistos, quartzo xistos, conglomerados com abundantes seixos de formação ferrífera e quartzitos bimodais largamente distribuídos, indica uma equivalência, pelo menos em parte, com a Formação Sopa-Brumadinho.

Segundo informações verbais de Rosière e Almeida Abreu, as rochas da região de Altamira com essas características estariam mais ligadas à "fase rifte", sendo, portanto, correlacionáveis à Formação Sopa-Brumadinho, podendo ocorrer também porções da Formação Galho do Miguel, transicional entre a "fase rifte" e flexural (Almeida Abreu, informação verbal); esse último autor ainda sugere, para o conjunto das unidades consideradas, o termo "Grupo Guinda".

Para os mesmos autores, somente um estudo faciológico detalhado dessas seqüências definiria as tectono-seqüências e suas correlações. A ausência de diamantes nessa seqüência, para alguns autores, impossibilita a sua correlação com a unidade Sopa-Brumadinho clássica; entretanto, novas hipóteses indicam que a fonte dos diamantes poderia

estar na Formação São João da Chapada, e que os mesmos teriam sido redistribuídos, posteriormente, na Formação Sopa-Brumadinho (Martins Neto, 1995). A ausência da Formação São João da Chapada poderia validar tal correlação.

### 2.2.9.1 Distribuição Geográfica

A Formação Sopa-Brumadinho ocupa as bordas orientais das serras da Matinha e Gordiana, ocorrendo pequenos morros-testemunho nas cabeceiras do córrego Pai Miguel. O Membro Campo Sampaio, unidade inferior da Formação Galho do Miguel, ocupa a serra da Cachoeira, na região da Capela de Santana. A Formação Galho do Miguel ocupa a parte NE da serra de Altamira e as cabeceiras do córrego das Bandeirinhas, formando rochosos bastante alçados, com cotas de 1.400 a 1.650m, dada sua continuidade física para N (figura 2.1).

A unidade possivelmente equivalente à Formação Sopa-Brumadinho, podendo conter porções da Formação Galho do Miguel, forma as serras de Morro Vermelho, Capote e Prata, na parte mais ocidental. Na parte central ocupa as serras da Prata (a leste do córrego da Prata) até a região de Nova União, interrompendo-se na BR-262. Reaparece ao sul de Antônio dos Santos como Formação Cambotas para constituir o serrote da região de Caraça e, no extremo-sul, o morro Montalvão. A leste de Altamira ocupa a parte oeste da serra da Matinha, estreitando-se para sul e constituindo a serra do Boi (1.200m) e a serra dos Vieiras (1.100m), baixando a topografia ao atingir a BR-262 para menos de 900m na região de Felipe (Capela de São Cristóvão). A leste de Antônio dos Santos, da torre da EMBRATEL para sul, a topografia volta a ser alçada constituindo as serras de Cambotas, Caraça e Água Limpa com altitude de 1.250m, tendo um prolongamento delgado para oeste nas cabeceiras do córrego Trindade. Essa porção pertence à Formação Cambotas (foto 13).

### 2.2.9.2 Relações de Contato

O contato com os gnaisses e granito-gnaisses do Complexo Belo Horizonte é na grande maioria das vezes tectônico, representado por zonas de ci-

salhamento pouco espessas, de médio a alto ângulo, ocorrendo, também, as de baixo ângulo (foto 12). Desenvolvem-se milonitos e filonitos prateados nas rochas gnáissicas, enquanto nos quartzitos observa-se a formação de uma foliação milonítica; os conglomerados mostram seixos de quartzito, quartzo ou de formação ferrífera orientados, até estirados ou rompidos, a exemplo dos metaconglomerados de Altamira. Os contatos com o Complexo Caeté também são tectônicos, com formação de milonitos e deformação nos conglomerados, como no caso da torre da EMBRATEL (a leste de Antônio dos Santos).

Entre as unidades Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel os contatos são tectônicos, como na serra da Matinha, onde são vistos sigmoides indicando cavalgamento da Formação Sopa-Brumadinho sobre a Formação Galho do Miguel.

O contato do Membro Campo Sampaio com os conglomerados Sopa-Brumadinho é brusco, enquanto para nordeste são descritos contatos transicionais daquela unidade para a Formação Galho do Miguel.

Dentro da mesma unidade são comuns cisalhamentos cujas lineações minerais indicam cavalgamentos interestratais de leste para oeste.

### 2.2.9.3 Litologia, Metamorfismo, Deformação

A Formação Sopa-Brumadinho, na área mapeada pela COMIG (Fritzsos Jr. *et al.*, 1990), é caracterizada por um predomínio de quartzitos imaturos sobre quartzitos equigranulares ou metaconglomerados polimíticos e quartzitos microconglomeráticos. São inequigranulares, com grãos subarredondados até angulosos, grossos, imersos em matriz inequigranular a equigranular em geral fina a média; são brancos a claros, às vezes cinzentos, contendo manchas de hematita finamente disseminada ou em grãos. Podem ser feldspáticos ou não, ocorrendo ainda quartzo-mica xistos e filitos esverdeados, claros, os quais apresentam por vezes uma crenulação. Estratificações cruzadas acanala-das de pequeno porte, assim como estratificações cruzadas tabulares ou estratificação plano-paralela, são estruturas comuns.

Os conglomerados são monomíticos, oligomíticos ou polimíticos, descontínuos e pouco espessos, predominando os últimos. Os seixos variam de

1cm até 1m (raro), apresentam forma elipsoidal e são arredondados a subarredondados. O predomínio pode ser de seixos de quartzito inequigranular pouco ferruginoso, quartzito de veio branco ou enfumado, formação ferrífera bandada e filitos, sendo raríssimos os seixos de gnaiss; seixos de conglomerado retrabalhado também podem ser encontrados. Metarenitos microconglomeráticos estão intimamente associados aos conglomerados e são formados por grãos de quartzito e fragmentos de rocha. Em nível de afloramento pode-se observar a alternância dessas litologias, caracterizando paleocanais. Os quartzitos equigranulares ocorrem em menor escala, têm cor branca, são friáveis quando meteorizados, e vítreos a cinzentos quando frescos.

Fritzsons Jr. *et al.* (1990) citam vários autores quanto à paleoambiência da unidade, a exemplo de Fogaça e Schöll (1984), que atribuíram à porção basal uma sedimentação plataformal subsidente. Chaves (1987) propôs um ambiente marinho raso, resultante de um evento transgressivo associado a vulcanismo básico. Para os metaconglomerados, Pflug (1968) atribuiu uma deposição em época regressiva; Schöll e Fogaça (1979) atribuíram um ambiente de intramaré, com os conglomerados originados por retrabalhamento intraformacional; Almeida Abreu e Munhoz (1983) atribuíram-lhes ambiente de intramaré com elevada energia; Fogaça *et al.* (1981) atribuíram-nos a processos marinhos em águas rasas, com interferência fluvial em região periférica de linha de costa; segundo Chaves *et al.* (1988) correspondem a fácies fluviais interdigitadas com fácies de ambiente marinho raso.

O Membro Campo Sampaio, considerado aqui como sendo a unidade basal da Formação Galho do Miguel, é constituído de sericita-quartzito xisto com carbonato e quartzitos carbonatados bandados, marcados pela alternância de níveis decimétricos mais ou menos carbonatados com raras intercalações de metapelitos; contém apatita em quantidades apreciáveis. Possuem cor cinzenta com características marcantes, quando alterados, ficando porosos, pintalgados por pontuações de cor ocre a marrom-claro, inconfundíveis, formando cavidades com paredes castanhas pela dissolução da apatita; num primeiro exame, elas poderiam ser confundidas com cavidades de dissolução de feldspatos. Fritzsons Jr. e Nacif (1992) estimaram uma espessura de cerca de 180m em Capela Se-

nhora do Carmo (Santana). O teor em carbonato nas rochas é de 10 a 20%, raramente de 40%. A apatita ocorre preferencialmente em cristais eudrícos e subédricos, isolados ou constituindo agregados recristalizados. Mostra raras inclusões de carbonato, microcristais de opacos e sericita, além de inclusões bifásicas fluidas.

A apatita ocorre em níveis milimétricos concordantes com a foliação, ora associada a concentrações sericiticas, ora aos granoblastos quartzosos. A apatita ocorre no núcleo ou nas bordas do carbonato e apresenta um alto grau de cristalinidade, com fácies pouco rugosas e incomuns, se comparadas a outros depósitos sedimentares de fosfato.

O mineral contém flúor na sua composição, observando-se uma correlação direta entre as distribuições de  $P_2O_5$  e flúor (microsonda eletrônica); trata-se de francolita, e não há minerais secundários de fosfato. A constituição original teria sido colofana, posteriormente recristalizada.

Os teores de  $P_2O_5$  são baixos. As rochas do Membro Campo Sampaio teriam se depositado em episódio transgressivo, provavelmente vindo de leste, assentando sobre um paleorelevo irregular com embainhamentos e topografia com altos e baixos, num ambiente de planície de maré (Martins Neto *et al.*, 1988).

A associação de detritos finos portadores de feldspatos com a sedimentação carbonatada indica condições paleoclimáticas quentes a mornas, com área-fonte árida a semi-árida.

Testes realizados na BR-262 indicam uma reação positiva para  $P_2O_5$ , o que significa uma provável presença do Membro Campo Sampaio (Fritzsons Jr., 1995, informação verbal).

O Membro Campo Sampaio representa uma camada extremamente importante para caracterizar a presença de litologias do Supergrupo Espinhaço nas regiões circunvizinhas ou dentro do Quadrilátero Ferrífero.

A Formação Galho do Miguel, na fácies basal, é constituída por quartzitos finos a sílticos, brancos quando frescos e amarelados quando meteorizados, com estrutura plano-paralela. São observadas, ainda, estratificações cruzadas tabulares de baixo ângulo e com dimensões de 2-3m até 10m, além de estruturas como *flaser*, laminação cruzada do tipo espinha-de-peixe e marcas de onda de interferência. Chaves (1987) citou para os quartzitos finos intervalos com *fining up* e megaondulações

sigmoidais com cristas sinuosas superimpostas. Garcia e Uhlein (1987) descreveram estruturas do tipo *flaser*, corte e preenchimento, estratificações cruzadas truncadas por ondas e *hummocky*.

A outra fácies é constituída por quartzitos bem classificados e ortoquartzitos finos, cuja meteorização produz uma dessilicificação, tornando-os friáveis e propiciando acumulações residuais de areias brancas e puras.

Mostra estratificações cruzadas de grande porte (megaestratificações cruzadas) correspondentes a dunas eólicas, e marcas de onda.

O ambiente caracteriza-se pela interface de um ambiente marinho raso com uma fácies eólica (dunas).

Nas outras porções, a oeste e ao sul de Altamira, e daí até a região de Antônio dos Santos, não mapeadas pela COMIG, a parte inferior da Unidade Espinhaço é constituída por quartzitos imaturos, filitos, ritmitos xistosos, lentes de conglomerados polimíticos (por vezes monomíticos e oligomíticos), quartzitos maduros (ortoquartzitos) e quartzitos carbonáticos. São os prováveis equivalentes da Formação Sopa-Brumadinho e de remanescentes da Formação Galho do Miguel, não separáveis na escala de trabalho. De Antônio dos Santos para sul, os dois segmentos do Supergrupo Espinhaço são ocupados pela Formação Cambotas (Freitas *et al.*, 1992).

Os conglomerados foram observados a W do córrego Fundo, na base da vertente leste da serra da Prata, na base do rochoso situado imediatamente a norte de Altamira, na base da vertente oeste da serra da Matinha e na base da vertente oeste da serra do Boi. Da BR-262 para sul também são vistos na região de Felipe, na base da vertente W da ponta norte da serra Caraça (próximo à torre da EMBRATEL), na base da vertente oeste da serra Caraça, a leste da confluência do rio Vermelho com o córrego Caminho do Meio na região do mesmo nome, próximo à Pedra do Montalvão e no córrego Água Limpa (região de Água limpa). A maior parte desses corpos é basal em relação aos quartzitos, exceção feita àquele de Córrego Fundo, que parece estar sobre os quartzitos, talvez em função de inversão por dobramento; esse último tem as características daqueles descritos para a base da Formação Sopa-Brumadinho. Os metaconglomerados da parte meridional exibem um incremento na quantidade e no tamanho dos seixos de formação ferrífera. A deformação dos seixos é

variável, sendo os mais deformados aqueles de Altamira e da ponta norte da serra Caraça (serra dos Cambotas; foto 14).

Na região do córrego Fundo, na vertente leste da serra da Prata, ocorrem quartzitos brancos a cinzento-escuros, quando frescos, em camadas de 20cm, bastante puros, de granulação média a fina e cortados por veios de quartzo. O acamadamento tem atitude N5°W/70°NE e os quartzitos aparentemente estão em posição estratigráfica inferior ao conglomerado; a xistosidade mergulha menos, cerca de 60°NE.

Ao sul da serra da Prata, a oeste de Carmo, os serrotes de quartzitos têm pouca espessura, são finos, esbranquiçados a incolores (de cor areia ou bege, quando meteorizados), foscos, puros e semelhantes aos da serra da Matinha. Têm atitude N5°W/55°SE e mostram cavidades que lhes conferem aspecto ruiniforme; apresentam estratos cruzados de até 1m, tabulares e com ângulo muito baixo. Parece haver uma foliação de ângulo mais baixo superimposta à mencionada acima.

À entrada de Nova União, os quartzitos são brancos e apresentam marcas de onda. A partir daí, esse segmento do Supergrupo Espinhaço sofre solução de continuidade, tornando a aparecer ao sul das BR-262/381, mais especificamente, a leste de Antônio dos Santos, na região Caraça. Ali o conjunto tem dobras apertadas, estando encaixado nos gnaisses e apresenta-se bastante impuro, ocorrendo magnetita-muscovita-quartzo xistos e muscovita-quartzo xistos rítmicos, alternando níveis cinzentos e quartzosos ou níveis esbranquiçados de quartzito fino alternados com níveis centimétricos cinza esverdeados.

Têm a particularidade de apresentar coríndon, turmalina e rutilo, além de monazita.

Restos de xistos são observados ao sul da fazenda Água Limpa, nas proximidades de um reflorestamento de eucaliptos, mostrando que essa unidade tinha uma distribuição original maior, aparecendo em nesgas até Pedra do Montalvão.

No perfil da serra da Matinha (a leste de Carmo) o segmento mais oriental do Supergrupo Espinhaço é constituído, da base para o topo, por xistos, metaconglomerados e quartzitos.

No contato com o embasamento ocorre um gnaisse milonítico, com foliação N-S/45°E e que apresenta uma lineação mineral segundo 45°/45°. Por sobre esse gnaisse ocorre uma rocha xistosa esverdeada.

da-prateada com atitude N-S/25°E e que se estende por cerca de 30m, após o que ocorre um xisto-verde com prismas de turmalina negra, petrograficamente classificado como turmalina-muscovita xisto, lepidoblástico a microporfioblástico, crenulado. É salpicado de turmalina verde-azulada, que pode se concentrar em níveis preferenciais (até 50%) e que imprimem uma estrutura complexa à rocha. O quartzo é muito subordinado, intersticial, xenomórfico, associando-se a bolsões irregulares do tipo "turmalinito" (mm até 1cm); pode representar um hidrotermalismo. Seguem 3m de quartzito amarelado a ocre, grosso, com veios de quartzo branco e atitude N10°W/55°NE. Sobreposto a este ocorre um metaconglomerado com 5m de extensão lateral e matriz arenosa, bege a amarelada, grossa, contendo alguma muscovita e sericita. Os seixos apresentam-se desde arredondados até subarredondados, e aparentemente na base ocorre um maior número de seixos de formação ferrífera ou itabirito bandado, com tamanhos de 5 a 10cm, excepcionalmente de 15cm, geralmente alongados, mas nem sempre na mesma direção; podem ter de 1 a 4cm de espessura, sendo raros os de 10cm, semi-arredondados. Outros seixos são de quartzitos finos, brancos a bege, com dimensões de 5 a 10cm e apresentando estratificação (indicando que já estavam litificados). Os seixos de quartzo são brancos ou azulados, a opalescentes, com 3 a 4cm. No limite do conglomerado ocorre uma zona de cisalhamento rúptil de alto ângulo (N-S/70°E), observando-se veios de quartzo branco também cisalhado. A seguir, ocorre quartzo branco, fraturado e disposto segundo N-S/40°E, seguindo-se quartzito fino, esbranquiçado a bege, com níveis de cor ocre a amarelados mostrando no seu interior estratificação cruzada tabular (de baixo ângulo e com 3 a 4m de extensão), ocorrendo ainda, um pouco acima, níveis com marcas de onda assimétricas (foto 15).

Uma lâmina desse quartzito revelou textura granoblástica, inequigranular, fina a grossa. Possui uma matriz fina (0,05mm), enquanto os grãos maiores têm 0,3 a 1,5mm; os últimos são grãos arredondados de quartzo, elípticos ou algo angulosos e com bordas irregulares. Os grãos maiores são fortemente tensionados, mas recristalizados apenas nas bordas; em alguns planos preferenciais estão fortemente estirados e formam 60% da rocha. Na

matriz observa-se uma associação de opacos, coríndon e alguma sericita.

No sentido do topo ocorre um quartzito médio a grosso, branco quando fresco e que apresenta uma cor marrom ou avermelhada por meteorização, dada por palhetas de hematita. A exemplo do litótipo anterior, possui uma matriz com 0,08mm e outra porção com grãos de 0,5 a 1mm, elipsoidais a arredondados e raros pequenos seixos policristalinos de quartzo.

Outro nível quartzítico apresenta, em lâmina, além de quartzo dominante, pequenas quantidades de biotita verde, turmalina, feldspatos, zircão e opacos. Os cristais de quartzo são elipsoidais a irregulares, com contatos retilíneos ou corroídos e têm granulação média (1mm); ocorrem fragmentos de quartzito sericítico fino e, mais raramente, de quartzo com turmalina verde-amarelada. A matriz (0,07mm) tem textura em mosaico onde também ocorre biotita. Representa um quartzito menos maturo, porém com um grau metamórfico mais elevado. As turmalinas são petrograficamente similares às aquelas dos "turmalinitos" da Unidade Quebra Osso.

Já no altiplano da serra da Matinha, os quartzitos são grossos a médios, com estratos de 10cm de espessura e mostram superfícies corroídas, com cavidades semelhantes às descritas na Capela São Cristóvão (BR-262/381).

Uma lâmina desse local revelou um sericita quartzito feldspático, de textura inequigranular, fino a médio. A matriz é quartzosa, muito fina (0,02mm), contém algum feldspato e é rica em sericita bem orientada, que contorna fragmentos subarredondados a subangulosos (0,15 a 0,7mm) com contatos predominantemente retilíneos de quartzo com extinção ondulante, microclina límpida ou sericitizada, quartzito fino e rochas vulcânicas muito alteradas (textura de feldspatos ripiformes preservados e "turmalinitos" alterados). Os interstícios da rocha são preenchidos por material amarelo, possivelmente de origem intempérica.

Nas BR-262/381, no pé da serra do Boi, ocorrem quartzitos brancos, algo sericíticos, com porções ou níveis de aspecto maciço e com foliação rústica insinuando dobras. Esses quartzitos são originalmente de cor marrom-caramelo a cinza e, quando meteorizados, tornam-se brancos. Os quartzitos sericíticos apresentam níveis miloníticos com indi-



cações de cavalgamento de E para W. Uma lâmina do quartzito maciço revelou uma rocha bastante pura, com textura granoblástica fina, algo inequigranular, em mosaico, com granulação média de 0,15 a 0,25mm e cristais maiores de 0,5 a 0,6mm, alongados, com contatos irregulares e fortemente tensionados. Palhetas de sericita conferem alguma lineação à rocha, orientação essa não acompanhada pelos cristais maiores de quartzo. Na Capela São Cristóvão ocorrem enormes matacões de quartzito fresco, cinza, estratificado, mostrando estratos cruzados de baixo ângulo com dimensões de até 10 a 12m e algumas estruturas similares a *hummocky*. No limite com os gnaisses, a leste, ocorre uma rocha xistosa, amarelada clara a prateada e com grandes plaquetas de muscovita; apresenta *kink bands*, é milonítica e tem aspecto fibroso.

A leste de Antônio dos Santos, nas proximidades da torre da EMBRATEL (que está sobre gnaisses), ocorre um paredão rochoso de quartzitos com estratificação plano-paralela na base, passando a um quartzito com estratificações cruzadas; essas rochas integram a Formação Cambotas (Freitas *et al.*, 1992).

Ali são observados pelo menos dois níveis de gnaisses miloníticos a filoníticos com restos de quartzitos e filitos, além de grandes blocos de metaconglomerado bastante deformado e de quartzito com marcas de onda (foto 16).

Os quartzitos na base do rochedo são puros, esbranquiçados a cinzentos, finos, apresentando acamadamento quase horizontal, com estratos de 10 a 20cm e níveis de cor mais cinza, que salientam aquela estrutura; sericita define uma lineação mineral segundo  $100^{\circ}/5^{\circ}$ . O acamadamento medido, acima da lineação, mostra uma atitude segundo N-S/ $40^{\circ}$ E, notando-se, ainda, uma foliação de ângulo mais alto.

Ainda é incerta a correlação dos quartzitos do topo da serra Caraça, portadores de abundantes estratificações cruzadas, inclusive algumas de dimensões métricas, com a Formação Galho do Miguel. Freitas *et al.* (1992) descreveram, na serra das Cambotas (Caraça e Água Limpa), megaestratificações cruzadas com "granodecrescência ascendente", o que caracterizaria uma deposição subaquosa e não eólica, muito embora variações no meio deposicional pudessem ter acoplado dunas eólicas com depósitos de interdunas continentais e

marinhos rasos, com transgressões marinhas afogando dunas eólicas, conforme descrito por Dossin e Dardenne (1984).

Schorscher (1992) descreveu, na extremidade norte da serra das Cambotas, megaestratificações cruzadas atribuídas à Formação Galho do Miguel.

O limite norte da Formação Cambotas, assim como sua equivalência parcial ou total em relação à estratigrafia clássica do Supergrupo Espinhaço, requer trabalho em escala adequada.

Ao sul da torre da EMBRATEL o relevo torna-se mais realçado e as serras da Caraça e Água Limpa formam escarpas abruptas de até 1.400m (foto 17). Observações nas fotos aéreas mostram parte do topo da serra constituída por material mais friável, descrito por Freitas *et al.* (1992) como sendo metarcozóseos; a falta de acesso, entretanto, dificulta observações mais precisas.

Na região de Caminho Novo, nas proximidades do contato com gnaisses, ocorrem xistos e filitos junto com níveis de quartzitos puros, finos e brancos, com atitude desde N $10^{\circ}$ E/ $45^{\circ}$ SE, até à horizontalidade; os metapelitos mostram uma foliação de crenulação segundo N-S/ $85^{\circ}$ W. Os xistos são clorítico-sericíticos, verde-oliva a cinzentos, apresentando cubos de pirita com estrias ortogonais nas faces. No sentido do topo a seqüência torna-se rítmica, alternando-se níveis verde-escuros e brancos, os últimos de quartzitos com espessuras de 0,5cm, e com uma clivagem cortando o "acamadamento". A alteração de alguns níveis tem cor ocre. Ao microscópio, a parte xistosa revelou um muscovita-quartzo-clorita xisto. Há rompimentos de bandas por uma foliação superimposta, a  $40^{\circ}$  do bandamento.

Próximo dos gnaisses, no dreno, a atitude é N-S/ $65^{\circ}$ E, ocorrendo zonas de cisalhamento miloníticas com lineação de biotita segundo  $90^{\circ}/65^{\circ}$ , além de uma imbricação tectônica com lascas de gnaisses.

No dreno observa-se também uma grande profusão de blocos de metaconglomerado contendo seixos deformados de até 25 a 30cm, de formação ferrífera bandada, juntamente com seixos e blocos de quartzito.

O topo aplainado dessa região encontra-se no mesmo nível dos quartzitos situados ao sul da torre da EMBRATEL, não se observando aqui estratos cruzados. Pode-se observar para sul um nível inferior, bem marcado, saliente, semelhante aos observados na região de Altamira.

No extremo-sul da serra de Água Limpa (Cambotas) são intensos os fraturamentos e/ou falhas verticalizadas de direção E-W, resultantes da atuação do sistema de cavalgamento do Fundão, onde aqueles impõem uma direção estrutural E-W aos persistentes *trends* N-S, conforme se observa no perfil Caeté-Prainha-Santa Bárbara (foto 13).

#### 2.2.9.4 Idade e Correlações

Datações efetuadas em metariolitos intercalados nos sedimentos basais do Supergrupo Espinhaço, na região de Conceição do Mato Dentro, revelaram idade U/Pb de 1,75Ga (Brito Neves *et al.*, 1979). Essas metavulcânicas ácidas são consideradas correlatas daquelas da Chapada Diamantina, na Bahia, onde integram os grupos Rio dos Remédios e Santo Onofre, com idades Rb/Sr de 1,6 a 1,7Ga (Jardim de Sá, 1981).

#### 2.2.10 Rochas Metabásicas e Básicas – mβ/PMNmg

Rochas básicas ocorrem expressivamente, tanto no Complexo Metamórfico Belo Horizonte, na forma de diques, como no Supergrupo Espinhaço, na forma de diques e soleiras, por vezes sob a forma de corpos mais expressivos e mapeáveis. São metadiabásios, metagabros, gabros, diabásios e diabásios porfíricos, alguns dos quais foram denominados por Guimarães (1931) de anfíbolitos diabasóides.

As possíveis diferenças de idade entre essas rochas (ou suítes) dificultam uma separação mais segura dentro desse grupo. Assim, as rochas situadas no interior do Supergrupo Espinhaço e adjacências são correlatas dos episódios ígneos relacionados ao desenvolvimento daquela seqüência. As demais rochas situadas a oeste do Espinhaço não permitem uma caracterização etária segura desse conjunto, que pode também conter rochas mais antigas que as do Ciclo Espinhaço.

Aquelas inclusas no Supergrupo Espinhaço são geralmente de cor verde-escuro quando inalteradas, maciças ou ligeiramente foliadas ou deformadas, no contato com as encaixantes ou zonas de cisalhamento. Algumas apresentam, por vezes, estruturas planares provavelmente indicativas de um

acamadamento ígneo. Biondi *et al.* (1978) e Biondi (1979) definiram uma série magmática de filiação alcalina, destacando-se, nas regiões de São Gonçalo do Rio Abaixo e Serro, rochas de composição olivina-toleítica, e na região de Datas e Ipoema (leste da folha) rochas transicionais até basaltos alcalinos.

Hoppe (1980) e Hofmann e Hoppe (1981) destacaram dois tipos de rochas básicas no Espinhaço Meridional: um com foliação (pré-tectônico) e outro não foliado, contendo doleritos e eventualmente rochas porfíricas. Hoppe *et al.* (1983) identificaram três tipos principais de básicas: sinorogênicas, tardiorogênicas e pós-orogênicas.

Fogaça *et al.* (1984) relacionaram os diques básicos deformados com a abertura do rifte (seqüência rifte) e associam-nos a diques e *sills* ácidos (1,7 a 1,5Ga).

Moreira Silva *et al.* (1992) estudando essas rochas no Espinhaço Meridional, salientaram que corpos hipabissais cortam todas as seqüências do Supergrupo Espinhaço, sendo quase sempre deformados no contato com as encaixantes tendo textura ígnea preservada. São caracterizados como quartzo toleíticos e basaltos continentais. Têm direção NW-SE, NE-SW e, mais raramente, E-W, e idade U/Pb de 906Ma, segundo Machado *et al.* (1989).

Os enxames de diques de direção preferencial N20°-40°W, mais raros segundo NE-SW, a oeste do Espinhaço (de Taquaraçú de Minas para sudoeste e ao sul de Santa Luzia) cortam o Complexo Belo Horizonte, possuem granulação média a grossa e apresentam textura preservada, às vezes parcialmente. Em geral têm cores esverdeadas, ocorrendo tipos verde-escuro ou negros, e alguns destes últimos portam veios quartzo-feldspáticos, como ocorre no bairro São Benedito e no acesso Santa Luzia-BH. Diques básicos também foram observados cortando os granitóides Santa Luzia e General Carneiro, e no último caso são de granulação fina a média, com veios de quartzo enfumaçado no seu interior.

Moreira Silva *et al.* (1992) citam, ainda, Carneiro (1990) descrevendo duas gerações de diques máficos no Complexo Bonfim, ambas de direção N-S. A primeira encontra-se restrita aos gnaisses mais antigos e a outra está relacionada a uma suíte de granitóides de segunda geração. São encontrados diques e *sills* de rochas básicas de granulação média a grossa e com textura parcialmente preserva-

da. Citam, ainda, que dados de Teixeira *et al.* (no prelo) apresentam idades K/Ar mesoproterozóicas para algumas dessas rochas (1,7 a 1,5 Ga), concluindo existir uma primeira geração de rochas básicas com posicionamento durante o Arqueano e que poderia ter sido gerada conjuntamente com os terrenos granito-gnáissicos.

Sichel (1983a) na região de Barão de Cocais (pouco a leste dos limites da folha) observou que essas rochas cortam o Complexo Granito-Gnáissico, o Grupo Quebra Osso, o Grupo Nova Lima e o Supergrupo Espinhaço, não cortando as rochas do Supergrupo Minas e da Suíte Borrachudos. Observou ainda que a saussuritização e a deformação dessas rochas crescem de W para E.

## 2.2.11 Supergrupo São Francisco – Ns

Essa unidade estratigráfica reúne as seqüências metassedimentares e sedimentares do Grupo Macaúbas e as seqüências sedimentares epimetamórficas do Grupo Bambuí.

### 2.2.11.1 Grupo Macaúbas – Nsm

Esta unidade foi definida por Moraes (1937) e numa divisão proposta por Braun (1968) foi posicionada inferiormente ao Grupo Bambuí. Schöll (1972) elevou esta unidade à hierarquia de grupo.

Menezes Filho *et al.* (1977), ao cartografarem sistematicamente a Folha Belo Horizonte (1:250.000), descreveram o Grupo Macaúbas como constituído por conglomerados, quartzitos e metarcóseos.

#### 2.2.11.1.1 Distribuição Geográfica

Essa unidade ocupa faixa de direção meridiana de aproximadamente 15km, com largura de poucos quilômetros, situada imediatamente a leste de Felipe e a 20km a E de Jaboticatubas, ocupando parte da serra da Contagem e entrando na 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.

Outras porções menores ocorrem em Vargem Formosa (ao norte de Taquaraçú de Minas), ao norte de Ravena (estrada para Ribeirão Vermelho), onde forma um corpo estreito de largura não superior a 100m e alinhado segundo a direção ENE-WSW, estendendo-se por 6km. Porções que não aparecem na escala ocorrem da mesma forma.

#### 2.2.11.1.2 Relações de Contato

Na parte norte da folha, na sua faixa mais expressiva, a unidade está em contato tectônico (cavalgamento) por sobre os pelitos da Formação Serra de Santa Helena. 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 relação de contato das porções ao norte de Ravena não pôde ser precisada, observando-se restos de arenitos e quartzitos conglomeráticos em cristas alinhadas e contrastantes com os gnaisses.

#### 2.2.11.1.3 Litologia, Metamorfismo, Deformação

Os principais litótipos do Grupo Macaúbas são quartzitos, quartzitos feldspáticos, conglomerado e, mais raramente, filitos.

A estrada que vai do povoado de Filipe (extremo N da folha, a leste de Jaboticatubas) até o ribeirão Bom Jardim, cortando a faixa NNW da serra da Contagem, é um dos poucos, senão o único, acesso de carro aos litótipos desse grupo.

Entre os gnaisses miloníticos do embasamento, finamente laminados e com dobras intrafoliais apertadas, e os quartzitos, ocorre uma planície, ao norte da qual existe um morrote constituído por rocha básica porfirítica com fenocristais de feldspato de até 8cm.

Nas cabeceiras do córrego Filipe, ocorre uma seqüência de conglomerados com intercalações espaçadas de até 1m de quartzitos brancos, às vezes intercalada com filitos cinzentos, e para o topo, quartzitos com estratificações cruzadas de baixo ângulo e pequeno porte.

Os quartzitos são a primeira litologia a aparecer, em bancos de até 30-40cm com algumas intercalações de filito cinzento-claro. O primeiro conglomerado tem matriz de aspecto argiloso e esverdeada, quando mais fresca, e esbranquiçada, quando meteorizada. Nela estão imersos seixos angulosos de gnaiss desde 1cm até 50cm (média de 20cm) e possui também seixos de cor amarelada, ocre ou marrom.

Para sul da estrada, no alinhamento do quartzito, ocorre parede de conglomerado bem distinto daquele da estrada, após o dreno. Esse conglomerado associa-se, para sul, com um quartzito branco, puro, que pode ser do Espinhaço (foto 39). O conglomerado é constituído de seixos em geral bem arredondados e compostos por quartzitos, quartzo de veio enfumaçado a negro e quartzo leitoso. O tamanho dos seixos de quartzitos varia de 20 a 25cm, junto a seixos de 3 a 5cm, em média. Os seixos de quartzo enfumaçado variam de 3 a 10cm e os seixos de quartzo branco medem 2 a 10cm. Os seixos de quartzitos são esbranquiçados a amarelados, finos, bem classificados, às vezes com palhetas de hematita, dando uma cor amarelada à meteorização. Estão envolvidos em matriz fina, quartzosa e branca, cujos grãos são límpidos a opalescentes, mais raramente enfumaçados; há raros seixos cinzentos de rocha fina, quartzosa e portadora de magnetita/hematita.

A matriz é incolor a esbranquiçada, assumindo tons bege a amarronzados e o percentual de seixos em relação à matriz é grande. Nem sempre os seixos são achatados e raramente são de formação ferrífera bandada.

Retornando para a estrada, após o conglomerado de matriz esverdeada, ocorrem diversos níveis de conglomerados com espessuras variáveis. A matriz é esbranquiçada e pintalgada de gris róseo, parecendo constituída de quartzo e sericita/clorita (provavelmente metamórficas) e apresenta níveis com grânulos mais grossos. A distribuição dos seixos é aleatória, ocorrendo níveis com raríssimos seixos de quartzo razoavelmente arredondados e raros de gnaiss, quartzito laminado e quartzo branco e negro (foto 18). Ainda ocorrem seixos de 10cm, chatos ou placóides, de filito/ardósia, cinzentos esverdeados e finamente foliados. Um banco métrico de quartzito esbranquiçado muito fraturado apresenta foliação que mergulha com um ângulo mais forte do que a possível estratificação

(N10°E/60°SE). Quase no nível superior observam-se estratificações cruzadas muito entrecortadas. Após a 1ª drenagem, na parte alta, novamente ocorrem estratificações cruzadas de pequeno porte e um nível de conglomerado com 1m de espessura e matriz rósea pálida. Acima deste ocorre um banco métrico de quartzito fresco, cinza, fino, puro, bem classificado, fraturado e semelhante aos da Formação Sopa-Brumadinho. Logo acima volta a ocorrer um quartzito róseo, cheio de cavidades e com raros seixos da rocha filitosa (*clay balls?*).

No trecho a seguir, até o descampado aplainado, continuam os quartzitos róseo-avermelhados com estratos cruzados de pequeno porte, desde 10cm até 2 a 3m e com pequena inclinação (foto 19). Nesses estratos são raríssimos os seixos de quartzo bem arredondados com até 2cm de diâmetro. Na margem esquerda do ribeirão Bom Jardim, onde o mesmo secciona a parte plana, na borda de um paredão, ocorre um conglomerado semimeteorizado, róseo esbranquiçado, com vazios e matriz arenosa, na qual estão imersos seixos arredondados de quartzo leitoso e quartzito.

Ainda no aplainado, a 300m a W da casa onde termina a estrada, ocorre no pavimento da mesma um lajedo de quartzito branco mostrando um nível de marcas de onda, cujas cristas encontram-se com direção N30°E. As cristas têm uma altura de 2cm e o flanco W é mais curto (1cm), enquanto que o flanco E mede 6cm (foto 20).

O quartzito é esbranquiçado, fino, semimeteorizado, com superfícies externas róseo-amareladas e apresenta vazios esparsos de cor amarelada.

Nas proximidades de Contagem, mais ao sul, ocorrem quartzitos de cor cinza a cinza-escuro e conglomerado fresco; quando meteorizados são róseos.

No limite W dos quartzitos brancos fraturados, à saída de Felipe, considerados do Supergrupo Espinhaço, ocorrem dois matacões empinados de um conglomerado com matriz cinza-esverdeada, filitosa, foliada, contendo seixos de quartzo e gnaiss e que deve corresponder ao conglomerado de matriz clorítica semimeteorizada esverdeada (foto 21). Restos de formação ferrífera, em pequenos blocos, são observados no pasto.

Desse perfil, quatro amostras foram estudadas ao microscópio, conforme exposto a seguir.

Uma caracterização microscópica do conglomerado revelou uma textura lepidogranoblástica

inequigranular, fina a média até muito grossa e com proporções similares de matriz e fragmentos. Os fragmentos são bastante heterogêneos em termos de forma e granulação, variando de seixos com 2cm, arredondados, a fragmentos arenosos de 0,15 a 1,5mm, arredondados a muito angulosos e de composição tanto monominerálica como de rochas. Os fragmentos são de quartzo, plagioclásio mono- ou policristalino e intensamente alterado (calcita e/ou sericita, clorita e biotita), núcleos biotíticos (com ou sem quartzo associado) e núcleos de penita (com ou sem associação de opacos e biotita). Os cristais de plagioclásio desses fragmentos têm uma composição de  $An_{27-36}$ . Os seixos apresentam uma textura granoblástica grossa a média e são gnáissicos; naqueles gnaisses com plagioclásios de composição  $An_{24-31}$  ocorreu uma intensa alteração para calcita, enquanto que nos seixos com plagioclásio  $An_{24}$  observam-se transformações para clorita+biotita. Os seixos parecem ser todos de composição tonalítica, eventualmente com microclina.

A matriz é extremamente fina e constituída por sericita (levemente amarelada), quartzo e feldspatos, associados com biotita um pouco mais grossa e alguma clorita. Ocorrem níveis delgados e descontínuos sem fragmentos, dominados por sericita e biotita castanha. A orientação dos minerais micáceos da matriz, acompanhada pelo estiramento dos fragmentos menores, é perfeita, com os micáceos anastomosados ao redor dos seixos, que apresentam sombras de pressão. A matriz, no geral, é maciça. Trata-se de um metaconglomerado de matriz suportado um diamictito, originalmente maciço.

Uma lâmina de quartzito cinza e conglomerático, da fazenda Contagem, revelou uma textura lepidogranoblástica, inequigranular e média a fina. É formado por fragmentos de 0,15 a 1mm, angulosos a arredondados, constituídos por quartzo e feldspato em contato (clasto suportado) com 29% de material sericítico intersticial associado a quartzo muito fino (0,03mm), que, em parte, constitui uma matriz e em parte pode corresponder a fragmentos de argilito, ocasionalmente com contornos arredondados bem preservados. Minerais opacos estão parcialmente alterados para mineral amarelo isotrópico. Porções específicas da rocha apresentam muita calcita associada, inclusive pseudomorfos de feldspatos. Turmalina é um acessório abundante na matriz,

com cristais verdes bem formados. A biotita ocorre nos clastos sericíticos, preservados ou estirados, possuindo coloração castanho-esverdeada. Fragmentos policristalinos quartzosos ou gnáissicos, além de mirmequita, são constituintes eventuais; a rocha foi classificada como sericita quartzito feldspático, tendo um arenito imaturo como educto provável.

Um banco de quartzito do topo, acima dos conglomerados e abaixo dos quartzitos róseos com estratos cruzados, foi classificada como sericita quartzito feldspático. A textura é granoblástica, equigranular, fina, com a rocha variando de 0,07 a 0,15mm, constituída por cristais angulosos perfeitamente engranzados. Os limites dos cristais são lisos a irregulares, com finos cristais de sericita bem orientados, distribuídos nos contatos dos grãos. Algumas porções intersticiais são ocupadas por sericita em aglomerados, com tamanho suficiente para apresentarem *bending* com plano axial paralelo à orientação da rocha, podendo corresponder a grãos de plagioclásio sericitzado, fragmentos de argilito ou porções argilosas. Eventualmente os núcleos sericíticos estão associados a opacos e alguma biotita e/ou turmalina; esta última, no restante da rocha, é muito rara e ocorre como cristais perfeitamente arredondados, bem como os zircões. O educto provável é um arenito imaturo.

Uma amostra de quartzito branco e puro, associado com conglomerados bastante maduros, constituindo um conjunto que se crê ser do Supergrupo Espinhaço, revelou uma textura granoblástica inequigranular e uma granulação fina a média. A rocha é formada por duas populações de quartzo: uma de cristais elipsoidais de quartzo, subarredondados a subangulosos, fortemente tensionados e com 0,3 a 1mm de tamanho; e outra de cristais subarredondados a poligonizados, com menos de 0,05mm e que constituem 10% da rocha. Sericita e ocelas de quartzo definem uma orientação da rocha. A alteração intempérica da rocha se manifesta nos contatos escurecidos de grãos e na sericita amarelada com goethita. Uma heterogeneidade na rocha é marcada por concentrações diferenciais de matriz, que por vezes desaparece. A rocha foi classificada como um ortoquartzito com educto de arenito maturo. Esta porção está imbricada no Grupo Macaúbas observando-se uma similaridade em relação aos quartzitos presentes no referido grupo o que por vezes dificulta seu posicionamento.

Na cachoeira do rio Preto (fazenda Monjolo), ocorre um conglomerado com matriz foliada, cinza, com seixos orientados e compostos predominantemente de gnaiss. A leste, está em parte sotoposto a uma rocha gnáissica, à semelhança de uma imbricação tectônica, enquanto que a oeste, à margem direita do rio Preto, ocorrem quartzitos brancos, da serra da Prata, típicos do Supergrupo Espinhaço e que se encontram sotopostos ao conglomerado (foto 22).

Este conglomerado pode se estender para norte. É cortado por diques clásticos, posteriores à sedimentação Macaúbas, se este conglomerado for correlacionável ao anteriormente descrito nas lâminas.

Foram feitas três lâminas dessa rocha, dominando a textura granolepidoblástica inequigranular, fina a média. A matriz é quartzo-sericitica, fina a muito fina (diâmetro de até 0,03mm) com níveis predominantemente sericíticos e níveis mais quartzosos com fragmentos mono- ou policristalinos de quartzo e feldspatos ocelares de 0,05mm até 1cm, dando aspecto microconglomerático à rocha. A deformação das rochas chega a formar *ribbons*. Os seixos presentes têm textura granoblástica e são semelhantes às rochas com plagioclásios An<sub>21-23</sub>, encontram-se medianamente sericitizados e têm formas irregulares. Quartzito fino distribui-se nos níveis entre cristais de feldspato, às margens dos quais distribuem-se níveis sericíticos definindo a foliação, marcada também pelos *ribbons*. Contrariamente à matriz, não ocorre microclina nos fragmentos de rocha (de composição tonalítica), fato sugestivo de fontes diversas para os componentes da rocha; petrograficamente são quartzo-sericita xistos conglomeráticos (matriz suportados).

Uma lâmina de porção mais quartzosa revelou a presença de sericita-microclina quartzito com educto provável de arenito feldspático.

Essas descrições são perfeitamente compatíveis, guardadas as proporções de deformação, com os conglomerados do Grupo Macaúbas de Felipe.

As outras porções de cristas lineares constituídas de restos de rochas tidas como do Grupo Macaúbas têm como área principal aquela situada entre Ravena e Traíras.

São quartzitos conglomeráticos ou não, com matriz cinza bastante clara, com grânulos de quartzo

limpido, no geral bem arredondados, ocorrendo também porções com arredondamento pobre. Os seixos medem 2 a 3cm, são achatados e estão dispersos na matriz; são compostos por quartzo incolor a branco, ou ainda de quartzo enfumaçado, geralmente com bom arredondamento. Possuem cor bege na meteorização.

#### 2.2.11.1.4 Idade e Correlações

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 Supergrupo São Francisco (Machado *et al.*, 1989).

#### 2.2.11.2 Grupo Bambuí – Nsb

Deve-se a Rimann (1917) a primeira referência ao termo Bambuí, escrevendo sobre a região da Mata da Corda (MG) e definindo “xistos argilosos e argila xistosa” como pertencentes à Série Bambuí, correlacionando-a aos “calcários do São Francisco” de Derby (1881a, b). Ao longo dos anos, diversos autores, como Freiberg (1932) e Andrade Ramos (1956), desenvolveram trabalhos em rochas correlatas e ampliaram sua área de ocorrência para além dos limites mineiros. Branco e Costa (1961) estabeleceram a primeira divisão estratigráfica para o Grupo Bambuí, na região compreendida entre Belo Horizonte e Brasília, ao longo da BR-040, sugerindo as formações Carrancas, Sete Lagoas e Rio Paraopeba, esta última dividida nos membros Serra de Santa Helena, Lagoa Santa, Lagoa do Jacaré, Três Marias e Serra da Saudade. Barbosa (1965) abandonou a denominação Membro Serra de Santa Helena e passou a utilizar o termo Formação Serra da Gineta, compreendendo ardósias com intercalações siltosas. Oliveira (1967) tornou a enquadrar essas ardósias na Formação Serra de Santa Helena.

Braun (1968) propôs a divisão do Grupo Bambuí em três formações: Paranoá, Paraopeba e Três Marias, sendo a Formação Paraopeba, constituída de calcários e pelitos, dividida nas fácies Sete Lagoas, Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena e Samburá.

Schöll (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 filito. Dividiu também a Formação Sete Lagoas nas fácies Pedro Leopoldo (inferior) e Lagoa Santa (superior).

Menezes Filho *et al.* (1977), ao cartografarem geologicamente a Folha Belo Horizonte (1:250.000), utilizaram o termo Formação Paraopeba (portanto, uma adoção da coluna proposta por Braun, 1968) para caracterizar rochas predominantemente pelíticas e carbonáticas, agrupando ardósias calcíferas, argilitos, metapelitos e calcarenitos, localmente oolíticos.

Dardenne (1978) apresentou uma síntese da estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central, considerando-a válida para os estados de Minas Gerais, Bahia e Mato Grosso, dividindo-o em seis formações: Jequitaí, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias; isto representa um retorno parcial às definições de Branco e Costa (1961), na categoria de formações, e que também foi adotado neste trabalho.

Na área ocorrem as formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena, além de uma porção isolada e de diminutas proporções, no limite W da área, que é colocada, com dúvidas, no Grupo Bambuí, mas sem uma designação formal.

No Projeto VIDA (escala 1:25.000), Tuller *et al.* (1991; inédito), efetuaram modificações elevando as fácies de Schöll (1976) à categoria de membros, introduzindo na literatura geológica os "membros" Pedro Leopoldo e Lagoa Santa.

### 2.2.11.2.1 Formação Sete Lagoas – Nsbs

Na área a oeste do rio das Velhas foi possível individualizar, no Projeto Vida, o Membro Pedro Leopoldo na base e o Membro Lagoa Santa superior.

Nas demais áreas, a leste do rio das Velhas, a atual escala de trabalho não permitiu uma individualização dos dois membros, que aparecem reunidos, no mapa, sob a denominação Formação Sete Lagoas.

Esporadicamente, ocorrem porções de conglomerado basal da fácies Carrancas, não individualizáveis. A Formação Sete Lagoas é importante como fonte de calcário, seja como insumo básico,

seja como material de construção na forma de brita e fabricação de cal.

### Distribuição Geográfica

O Membro Pedro Leopoldo é basal, aparecendo em geral nas cotas mais baixas, como nas proximidades do rio das Velhas, ribeirão da Mata, córrego do Jaque, Laginha, leste de Fidalgos e Jenipapo, passando à Folha Baldim. Os afloramentos situados a leste da MG-020 possuem as características do Membro Pedro Leopoldo (figura 2.1).

O Membro Lagoa Santa ocupa cotas relativamente altas, como as da região de Vespasiano, Confins e Fidalgo, estendendo-se para a Folha Baldim.

À margem direita do rio das Velhas, a Formação Sete Lagoas ocupa áreas como nas regiões de Boa Vista, Taquaraçú de Baixo, São Vicente, Convento Macaúbas, Casa Velha e parte do vale do rio Taquaraçú, até a confluência com o córrego Félix.

Ocorrem partes ilhadas, nos domínios da Formação Serra de Santa Helena, como na região de Bamburral.

### Relações de Contato

O Membro Pedro Leopoldo assenta-se diretamente sobre o Complexo Belo Horizonte, em contato brusco do tipo inconformidade, ocorrendo vez por outra um conglomerado basal polimítico, pouco expressivo, denominado de fácies Carrancas. Segundo Schöll (1976), essa fácies, além do conglomerado basal, ainda conta com metarcóseos, metassiltitos e filitos, passando gradativamente aos carbonatos sobrepostos do Membro Pedro Leopoldo. O conglomerado apresenta seixos mal arredondados de gnaisses e raros seixos apresentando melhor arredondamento, constituídos de quartzito e quartzo de veio. Sua espessura atinge no máximo 10m.

O Membro Lagoa Santa sobrepõe-se ao Membro Pedro Leopoldo em contato gradacional concordante, ou brusco, enquanto no topo, por vezes em contato gradacional, é recoberto pela Formação Serra de Santa Helena.

Em alguns locais, entretanto, porções desses contatos podem estar modificadas por falhamentos.

## Litologia, Metamorfismo, Deformação

A base da Formação Sete Lagoas é constituída por uma seqüência detrítico-química, o Membro Pedro Leopoldo, e uma seqüência química, definida como Membro Lagoa Santa.

O Membro Pedro Leopoldo é uma seqüência detrítico-química constituída de rochas epimetamórficas a metamórficas de baixo grau, representadas por metassiltitos, filitos e filitos calcíferos, silicosos, cloríticos e marmorizados, apresentando caráter dolomítico.

Tendo em vista a importância dos trabalhos do Projeto VIDA para a caracterização faciológica do Membro Pedro Leopoldo, apresenta-se aqui dados de regiões próximas à Folha Belo Horizonte, onde os afloramentos permitiram sua definição, com plena continuidade física em relação à área da mesma.

O Membro Pedro Leopoldo, segundo o Projeto VIDA, é constituído por calcissiltitos, microespatitos/espatitos e laminitos algais (*algal mats*). Pela escala daquele trabalho (1:25.000), foi dividido em fácies:

– Fácies A (Pedreira Canaã, Sete Lagoas) constituída de calcário cinza-claro a médio, em camadas tabulares, delgadas, contínuas ou descontínuas e, mais raramente, médias espessas com intercalações mais escuras de metapelito, formando estratos delgados a muito finos com espessura de aproximadamente 100m. É constituída petrograficamente de espatito + microespatito, micrito (calcissiltito fino) pelmicrito;

– Fácies B (Pedreira Ilcon, SE de Sete Lagoas): calcário cinza-médio a escuro, com intercalações de calcário negro, observando-se a interseção  $S_0/S_1$  (obliqua), num conjunto com espessura de 50m. Petrograficamente é composta por microfácies: pelmicrito, micrito, oosparito e espatito/microespatito;

– Fácies C (Riacho do Campo, oeste de Sete Lagoas): laminito algal, cinza-claro a esverdeado, róseo, marrom-arroxado e creme, formando estratos com espessura média de aproximadamente 30cm, com intercalações mais escuras, centimétricas, de metapelito, na forma de lentes ou camadas com estratificação cruzada plano-paralela e de pequeno porte. Entre um estrato e outro, ocorrem níveis finos argilosos esverdeados com *draps* de argila. Apresenta estilólitos. Petrograficamente mos-

tra as microfácies: micrito/espatito e *mudstone* laminado/micrito, micrito/pelmicrito e laminações algais;

– Fácies D (Lagoa das Pedras, oeste de Capim Branco): margas cinza-claro a róseas e finamente laminadas, formando camadas plano-paralelas contínuas e milimétricas, podendo chegar a 50cm, pouco deformadas e com intercalações de estratos argilosos mais finos, milimétricos a centimétricos, com dobras assimétricas com vergência para W; presença de cristais milimétricos de pirita.

Afloramentos dessa unidade ocorrem na região do Convento Macaúbas e proximidades de Taquaraçu de Baixo.

A seqüência detrítico-química apresenta relevo suavizado, cores amareladas para as porções filitosas meteorizadas, enquanto que para as porções calciofilíticas e carbonática impura apresenta solos vermelhos (latossolos) do tipo *terra rossa*. Regiões com sumidouros e depressões cársticas são comuns nessa unidade. Nessa região da folha, as estruturas originais das rochas foram cisalhadas e transpostas, gerando uma foliação de transposição indicada pelas lineações mineral e de estiramento, dobras intrafoliais e a presença de calcixistos com sigmoides de foliação. As estruturas têm direção NNW a NNE e apresentam um baixo ângulo, em geral inferior a 15°. Os fraturamentos principais também estão dispostos segundo NNW e NNE.

O Membro Lagoa Santa é uma seqüência química, que, no geral, é representada por calcários puros, escuros e finos, com níveis grafitosos e sulfetados subordinados.

As impurezas dos calcários são representadas por quartzo, micas, clorita, fluorita, apatita, pirita e matéria orgânica, esta em lâminas milimétricas a micrométricas, intergranulares ou dentro dos cristais de calcita. Laminação rítmica é bastante constante dentro da unidade.

É constituída de calcarenitos, calcissiltitos, espatito/microespatito, brechas, estromatólitos e milonitos, divididos nas seguintes fácies:

– Fácies A (Pedreira Redimix): calcário cinza-escuro a negro quando fresco e cinza-médio a claro quando mais alterado, com granulação fina a grossa, sendo percebidas algumas linhas de oóides formando camadas tabulares, contínuas ou não, médias a espessas, e estratificações cruzadas tabulares de pequeno porte, além de corpos de forma sigmoidal. Apresenta dobras assimétricas com ver-



gência para *W*, microfalhas, veios de calcita dobrados e *tension gashes*. Pode chegar a 150m de espessura. Em lâmina delgada apresenta as microfácies: calcarenito fino a grosso, calcissiltito grosso e espatito/microespatito.

– Fácies B (Posto da Polícia Federal – BR-040, Sete Lagoas): biolitos constituídos por edificações estromatolíticas do gênero *Gymnosolida* e alongadas, bifurcadas, com laminação interna convexa e indivíduos com vários centímetros de diâmetro e até 50cm de altura.

As rochas dessa unidade constituem paredões de aspecto ruiforme, muito fraturados, muitas vezes descontínuos, tendo como característica a ausência de drenagem superficial, a presença de dolinas, lagoas e sumidouros. A exemplo do Membro Pedro Leopoldo, na área da Folha Belo Horizonte também mostram transposições tectônicas.

Quando meteorizadas, deixam resíduos que constituem uma *terra rossa*, de grande fertilidade.

O ambiente deposicional da Formação Sete Lagoas está relacionado à existência de um mar epicontinental extremamente raso e cobrindo extensas áreas continentais, com pequenos declives restringindo a circulação de águas e provocando hipersalinização (*in: Tuller et al., 1992*).

A sedimentação inicial deu-se pela invasão de áreas continentais pelo mar, inundando as partes mais baixas, representadas pelos carbonatos finos e claros do Membro Pedro Leopoldo. Posteriormente, por regressão marinha, depositaram-se os calcários mais grossos e escuros pertencentes ao Membro Lagoa Santa.

Tibana e Alkmim (1986/1987, *in: Magalhães, 1988*) propuseram um modelo no qual a sedimentação Sete Lagoas deve-se a um sistema progradante dentro do ambiente plataformar, com representantes de zonas de infra- e supramaré.

Os carbonatos mais claros do Membro Pedro Leopoldo, resultantes de um evento transgressivo, representariam a sedimentação da zona de plataforma externa de um ciclo progradante, que culmina com biolitos de subintermaré, enquanto os laminitos algais (Pedreira Samba), depositaram-se em condições de águas rasas, possivelmente em zonas de inframaré, com exposições periódicas e características de fácies de borda de plataforma; já os mais puros e rítmicos, que ocorrem no morro do Ca-

beludo, representariam a sedimentação de supramaré com influência evaporítica.

Um ciclo regressivo é representado pelo Membro Lagoa Santa, possibilitando a deposição de calcários mais escuros, onde os mais finos (predominantes) foram depositados em águas rasas e de alta energia, com alguma influência da sedimentação terrígena, enquanto os grossos (mais raros), pela sua boa seleção e a existência de oóides, indicam deposição em águas rasas e agitadas, de tal maneira a manter os grãos sempre em suspensão e em áreas bem protegidas, sugerindo um ambiente raso de submaré a supramaré.

#### 2.2.11.2.2 Formação Serra de Santa Helena – Nsbh

##### Distribuição Geográfica

É a unidade do Grupo Bambuí com maior distribuição na folha. À margem esquerda do rio das Velhas, ocupa a área do aeroporto de Confins e a região de Lagoa Santa. Na margem direita do rio das Velhas, ocupa cotas superiores às da Formação Sete Lagoas, abrangendo regiões do Capão do Julião, Capão do Paiol e áreas ao norte de Taquaraçu de Baixo, incluindo, Jaboticatubas, Morro Grande e Filipe. Estende-se para além do limite norte da folha, para a Folha Baldim (figura 2.1).

##### Relações de Contato

Seus contatos com a Formação Sete Lagoas são gradacionais ou bruscos, mas estruturalmente concordantes. Quando intemperizados, os contatos entre as rochas da Formação Sete Lagoas, mormente no caso de calcissiltitos com intercalações argilosas e os metassiltitos e metargilitos da Formação Serra de Santa Helena, são difíceis de estabelecer. Em relação aos gnaisses do Complexo Belo Horizonte, a Formação Serra de Santa Helena sobrepõe-se diretamente em contato brusco com os mesmos em discordância do tipo *unconformity* ou *angular unconformity*.

Os contatos com o Grupo Macaúbas são cisalhados e caracterizados por cavalgamento desta unidade sobre a Formação Serra de Santa Helena, como ocorre na faixa a leste e a sul de Filipe. Nessa região, devido aos empurrões, os contatos com a

Formação Sete Lagoas também podem ser tectônicos.

### **Litologia, Metamorfismo, Deformação**

A Formação Serra de Santa Helena é composta originalmente de clásticos finos transformados em metapelitos, constituindo filitos e ardósias calcíferas, aparecendo na base intercalações de margas ou calcários impuros e calcarenitos. Schöll (*op. cit.*) distinguiu três unidades: uma basal, constituída de filitos/ardósias com intercalações métricas a decimétricas de margas e calcários; uma média, representada por filitos e siltitos; e uma superior, com siltitos e quartzitos finos intercalados com filitos.

Na área a oeste do rio das Velhas e ao norte do ribeirão da Mata ocorrem metassiltitos e metargilitos, em geral semi-alterados e com coloração variegada (amarela, vermelha, passando a cinza-claro e esverdeada quando frescos), mostrando ou não clivagem ardosiana. Formam desde finos estratos, lâminas delgadas ou camadas espessas, sendo em geral fraturados e exibem anéis de Liesegang. Apresentam estratificação plano-paralela, geralmente com marcas de onda assimétricas e mais raramente estratificações cruzadas de pequeno porte.

Os metarenitos são bastante escassos, ocorrendo em finas lâminas e/ou camadas intercaladas nos metapelitos; são finos a muito finos e friáveis.

Na serra de Santa Helena, intercalados aos metapelitos, ocorrem lentes de calcarenitos cinza-escuro a negros, muito finos e fétidos, ocorrendo, ainda, veios ou vênulas de calcita branca ou negra.

Toda a seqüência é cortada por veios de quartzo ou quartzo-feldspáticos, às vezes dobrados, concordantes ou discordantes, com contatos bruscos, e drusas com cristais de quartzo hialino euédrico. O mergulho das rochas varia de subhorizontal a muito inclinado, ocorrendo dobramentos intensos e frequentes cavalgamentos.

Os calcarenitos (calcissiltitos também ocorrem) apresentam estratificação plano-paralela com ondulações e *load casts*. Fato digno de nota é a ocorrência de finas camadas manganíferas intercaladas aos metapelitos, na base da Formação Serra de Santa Helena, próximas à margem esquerda do rio das Velhas.

Ao microscópio, as rochas siltosas apresentam textura geralmente laminada, às vezes com cliva-

gem ardosiana, com granulometria entre muito fina a silte grosso, passando por vezes a areia muito fina. Os grãos são bem selecionados e constituídos por quartzo, feldspato, sericita, micas, argilo-minerais, biotita e, menos comumente, pirita.

Essa unidade apresenta, a partir de Taquaraçu de Baixo, um relevo bastante aplainado, com frequentes cascalheiras de quartzo e passagem para um latossolo vermelho, que se estende até Jaboticatubas. Para leste dessa cidade, o relevo eleva-se um pouco, havendo cotas máximas de 900m e com o álveo do ribeirão Santana situado a 740m.

Para leste, em direção a Filipe, os dobramentos com plano axial de baixo ângulo são comuns devido aos empurrões.

Nessa região, o conjunto mostra calcifilitos e mármores extremamente amarrotados, sendo encimado por metarritmitos areno-pelíticos, constituídos de filitos esbranquiçados a prateados alternados com níveis arenosos (areia fina) delgados (1 a 10cm), manganíferos e de cor cinza ( $S_0/S_1$ ). Nas partes mais xistificadas ocorrem crenulações com atitude segundo N-S/20°E.

O conjunto Serra de Santa Helena mostra um sistema de fraturas e/ou falhas NNW e outro WNW. Nas cabeceiras dos córregos Monjolo, Gameleira e Contendas, no extremo-norte da folha (a oeste de Jaboticatubas), os lineamentos estruturais e o arranjo da drenagem indicam uma estrutura do tipo antiformal.

O ambiente de sedimentação é marinho sublitorâneo e relativamente profundo, onde as correntes eram relativamente fracas, conforme pode ser deduzido pela presença de estruturas sedimentares predominantemente plano-paralelas, com escassos estratos cruzados e marcas de onda; além disso, tinha características redutoras e representa um paleociclo transgressivo sobre as rochas da Formação Sete Lagoas.

### **Idade e Correlações**

As rochas do Grupo Bambuí têm sido referidas ao Neoproterozóico e segundo Bonhomme (1976), a idade de 600Ma é um limite mínimo para a idade real do Grupo Bambuí. São correlacionáveis ao Grupo Una, da Bahia.

## **2.2.12 Unidades Cenozóicas**

### **2.2.12.1 Depósitos Elúvio-Coluvionares**

#### **2.2.12.1.1 Canga, Laterita – TQca**

A canga ocorre capeando as rochas supracrustais do Quadrilátero Ferrífero e se desenvolve principalmente sobre rochas ricas em ferro do Supergrupo Minas. É caracterizada por um agregado de fragmentos detríticos de natureza variada, predominando minério de ferro, cimentados por limonita.

As lateritas também são formadas sobre as rochas supracrustais do Quadrilátero Ferrífero e se constituem de material não estruturado, altamente aluminoso, às vezes ferruginoso e originado a partir da alteração residual dos litótipos subjacentes, devido à concentração de óxidos de ferro e alumínio e à lixiviação de sílica combinada (Dorr II, 1969).

#### **2.2.12.1.2 Coluviões – TQc**

Ocorrem próximo de áreas montanhosas relacionadas a tálus, encaixadas em vales ou cobrindo encostas. São constituídas de material inconsolidado, com clastos de tamanho variável, em geral matações e blocos de rochas adjacentes, que ocorre à meia encosta ou no sopé da serra do Curral e, principalmente, nas bordas da serra do Espinhaço, em ambientes de alta energia.

#### **2.2.12.2 Depósitos Aluvionares – Qal**

Os depósitos aluvionares ocorrem em toda a extensão da folha, sendo os mais importantes aqueles situados nas drenagens que nascem ou cortam as supracrustais do Quadrilátero Ferrífero, destacando-se as aluviões ao longo do rio das Velhas, ou mesmo as que atravessam a serra do Espinhaço, e via de regra são mineralizadas em ouro secundário. Para aqueles depósitos localizados nas proximidades dos grandes centros urbanos, há um grande interesse direcionado ao seu uso na construção civil.

# 3

---

## GEOLOGIA ESTRUTURAL

### 3.1 Introdução

Para a área do Quadrilátero Ferrífero existe uma grande controvérsia em relação às fases deformacionais, produto dos diversos modelos tectônicos propostos para a região, sendo os principais protagonizados por Dorr II (1969), Ladeira e Viveiros (1984), Belo de Oliveira e Vieira (1987), Marshak e Alkmim (1989) e Chemale Jr. *et al.* (1991).

Dorr II (*op. cit.*) observou três fases deformacionais: a primeira de idade arqueana, presente com maior intensidade na porção ocidental; a segunda, pós-Minas e pré-Itacolomi (pré-Brasiliana); a terceira, de maior importância, pós-Itacolomi, e da qual teriam resultado as megaestruturas do Quadrilátero Ferrífero.

Ladeira e Viveiros (*op. cit.*) observaram e definiram 6 (seis) fases deformacionais, com base no estilo das dobras e orientação dos planos axiais:

- Fase D<sub>1</sub>: a mais antiga, caracterizada por dobras intrafoliais sem raiz, superfície S<sub>0</sub> paralela a S<sub>1</sub>, com eixos de dobras S65°E e vergência para NE;

- Fase D<sub>2</sub>: dobras isoclinais recumbentes associadas à foliação S<sub>2</sub>, a mais marcante do Quadrilá-

tero Ferrífero, *mullions* E-W, com vergência para S. Seria correlacionável ao Evento Transamazônico, segundo Belo de Oliveira e Vieira (1987).

- Fases D<sub>3</sub> e D<sub>4</sub>: caracterizadas por dobras assimétricas, apertadas, com cisalhamento gerando transposição e empurrões, tendo eixos de dobras paralelos (Lb3 paralela a Lb4 e a Lb2) e vergência para N;

- Fases D<sub>5</sub> e D<sub>6</sub>: geraram dobras em *chevron* e *kinks* (eixo N-S) com vergência para W, além de juntas e falhas normais.

Belo de Oliveira e Vieira (*op. cit.*) definiram o evento deformacional D<sub>n</sub>, de idade Brasiliana, dúctil, progressivo e que teria afetado todas as unidades do Quadrilátero Ferrífero, causando grandes falhas de empurrão e sendo responsável pelas feições planares principais, bem como pelas lineares generalizadas. Têm vergência de ESE para WNW, com base em análises tectônicas macro- e microscópica.

Marshak e Alkmim (*in*: Belo de Oliveira e Teixeira, 1990) apregoaram três fases compressivas:

- Fase D<sub>1</sub>: compressiva, responsável por *fold-thrust belts*, zonas de cisalhamento, lineação mineral e megaestruturas NE-SW (sinclinal de Gandare-

la, Conceição e Ouro Fino) com vergência para NW, atribuída ao Paleoproterozóico;

– Fase D<sub>2</sub>: contracional, caracterizada por dobras fechadas de plano axial E-W a WNW-ESE e responsável pela inflexão das mega-estruturas Gandarela e Ouro Fino, além de falhas reversas e o soerguimento do Complexo do Bação, apresentando vergência para N e sendo atribuída ao Mesoproterozóico;

– Fase D<sub>3</sub>: contracional e relacionada, do mesmo modo que a fase D<sub>1</sub>, a *fold-thrust belts*, sendo responsável por zonas de cisalhamento (Sistemas Garimpo e Fundão, entre outros), lineação mineral e vergência de ESE para WNW, tendo atribuído à mesma uma idade neoproterozóica. Por conseguinte, esta fase atinge também as rochas do Supergrupo Espinhaço e do Supergrupo São Francisco.

Belo de Oliveira e Teixeira (1990), baseados em novas datações efetuadas por Machado *et al.* (1989) posicionando o Grupo Sabará e a Formação Gandarela, além de outras unidades, acopladas a estudos tectônicos na região de Caeté e dados regionais disponíveis, subdividiram o Quadrilátero Ferrífero em três domínios, conforme exposto a seguir.

O Oriental, com uma fase deformacional brasileira, o Mediano com uma deformação principal transamazônica e outra brasileira, além de um Ocidental, com deformação principal transamazônica e evidências de uma deformação de idade arqueana afetando somente o Supergrupo Rio das Velhas.

Chemale Jr. *et al.* (1991), com base em dados estruturais disponíveis e em novas datações U/Pb (Machado *et al.*, 1989; Romano, 1990; Babinski *et al.*, 1991; Machado e Carneiro, 1992, no prelo; Teixeira *et al.*, no prelo; Carneiro, no prelo) estabeleceram um novo modelo evolutivo para o Quadrilátero Ferrífero e adjacências, conforme anexo (tabela 3.1).

No texto, Chemale Jr. *et al.* (1991) fazem comentários a respeito dos modelos anteriores conforme segue.

Entre os modelos anteriores, como os de Ladeira e Viveiros (1984), Marshak e Alkmim (1989) e Alkmim *et al.* (no prelo), existe um consenso em torno de uma deformação compressional Minas, de idade transamazônica e com campo vetorial de SE para NW, considerada a principal deformação. Esses autores basearam-se principalmente na orientação e na geometria de algumas megaestruturas NE-SW, sem uma correspondência direta de indicadores cinemáticos para tal. Conforme já discuti-

do, os registros de deformação anterior devem ocorrer ao longo de zonas de muito baixo *strain* de sua área de influência, ou na porção oeste do QF. Nesses locais consegue-se definir, nas unidades do Supergrupo Minas, apenas as estruturas do evento extensional e, de um modo muito localizado, estruturas compressoriais relativas ao evento E-W. Como já foi referido antes, essas megaestruturas com orientação NE-SW podem ter-se originado em um campo de natureza extensional e com transporte de WNW para ESE.

Outro aspecto importante é o que se refere às estruturas de orientação E-W, que são: sinclinal Dom Bosco, mesodobras abertas a fechadas, crenulações e clivagens. Tais estruturas, na concepção de Dorr II (1969), Ladeira e Viveiros (1984) e Marshak e Alkmim (1989), devem ter-se formado em um campo vetorial de direção N-S. A sinclinal de Dom Bosco, que se interconecta com as sinclinais da Moeda e de Santa Rita, formou-se pelo soerguimento dos blocos granito-gnáissicos (em parte admitido por Dorr II, *op. cit.*). As mesodobras abertas e fechadas com eixos E-W, bem como as clivagens de crenulação associadas, formaram-se, em grande parte, durante a segunda fase do Evento compressivo Brasileiro, especialmente através de fenômenos transpressivos. Interessante é que estas estruturas E-W temporalmente às estruturas N-S, relacionadas à terceira fase do evento E-W. Marshak e Alkmim (*op. cit.*) separaram-nas, colocando as estruturas E-W como pertencentes à deformação brasileira (cerca de 600 Ma), mas sem fornecer dados substanciais para tal hipótese.

O fenômeno extensional, a que se referiram Marshak e Alkmim (*op. cit.*) é neste trabalho também correlacionável ao magmatismo e sedimentação mesoproterozóicos. No entendimento dos presentes autores, corresponde ao evento extensional mesoproterozóico relacionável ao cráton do São Francisco (Chemale Jr. *et al.*, 1991).

Os principais grupos de rochas cartografadas no presente trabalho foram: uma suite TTG representada por gnaisses e granitóides do Complexo Belo Horizonte, uma seqüência supracrustal do tipo *greenstone belt* denominada Supergrupo Rio das Velhas, uma seqüência supracrustal com unidades clásticas/químicas do Supergrupo Minas, uma seqüência de rifte representada pelo Supergrupo Espinhaço e uma seqüência plataformal

Tabela 3.1 – Síntese da evolução do Quadrilátero Ferrífero e adjacências, segundo Chemale Jr. et al. (1991).

Geração de rochas	Idade	Caráter tectônico e outras características
1. Formação dos terrenos granito-gnáissicos mais antigos	>2.920Ma	Tectônica compressional com estruturação complexa
2. Deposição da seqüência vulcano-sedimentar do SGRV ( <i>greenstone belt</i> )	>2.880Ma	Tectônica extensional com magmatismo komatiítico e toleítico
3. Deformação e metamorfismo do SGRV, com magmatismo ácido e intermediário, bem como geração de rochas granito-gnáissicas	2.780 a 2.703Ma	Tectônica compressional com caráter predominantemente direcional. Presença de foliação e bandamento com direção N-S e mergulhos altos, bem como lineação mineral subhorizontal e horizontal
4. Deposição do Supergrupo Minas (início da deposição da unidade intermediária por volta de 2.400Ma)	<2.703 e >2.100Ma	Fase rifte inicial com extenso depósito plataformal (intracratônico) subsequente
5. Remobilização isotópica das rochas supramencionadas, com formação de pegmatitos e anfibólitos no embasamento e rochas de baixo grau no Supergrupo Minas	2.060 a 2.030Ma	Tectônica extensional com desenvolvimento de megazonas de cisalhamento extensionais, soerguimento dos blocos arqueanos e formação de megasinclinais (evento associado a um <i>metamorphic core complex</i> ?)
6. Intrusão de diques máficos	1.700 a 1.500Ma 1.200 a 900Ma	Tectônica extensional, com rifteamento mesoproterozóico do Cráton do São Francisco. Tectônica extensional relativa à abertura do proto-oceano brasileiro/panafricano
7. Deformação e metamorfismo das unidades no QF	650 a 470Ma	Tectônica compressional com implantação de um <i>fold-thrust belt</i> brasileiro, porção intermediária-distal
8. Tectônica meso/cenozóica, com intrusão de diques básicos e formação de bacias sedimentares	<130Ma	Registros distensionais relativos à abertura dos continentes América do Sul e África

com unidades clásticas e químicas do Supergrupo São Francisco (grupos Macaúbas e Bambuí).

No Complexo Belo Horizonte, a estrutura mais notável é uma foliação/bandamento gnáissico de médio a alto ângulo, originada por transposição, além de zonas de cisalhamento de alto ângulo (verticalizadas), de direção meridiana. Uma foliação de transposição generalizada deformou as rochas dos grupos Nova Lima, Maquiné e da Unidade Minas, transpondo uma superfície planar  $S_0$  da última e uma superfície de transposição pretérita dos grupos Nova Lima e Maquiné.

Uma outra fase contracional afetou as estruturas preexistentes dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, transpondo também as estruturas planares

primárias ( $S_0$ ) dos supergrupos Espinhaço e São Francisco. Está vinculada ao cisalhamento contracional do Sistema Garimpo e transpressivo do Sistema Fundão.

Fases rúpteis extensionais são menos generalizadas.

### 3.2 Deformação no Complexo Belo Horizonte

#### 3.2.1 Foliação/Bandamento Gnáissico de Transposição

Os gnaisses apresentam uma foliação/bandamento de médio a alto ângulo, em grande parte re-

sultante da transposição imposta a essas rochas e marcada principalmente pela presença de veios quartzo-feldspáticos brancos de composição granítica. A transposição desses veios produziu dobras intrafoliais, com raiz ou sem raiz, e no rompimento dos mesmos passou a constituir um bandamento lenticular milimétrico a centimétrico, dependendo da intensidade da deformação nos diversos níveis (foto 1).

Essas feições são vistas em diversas pedreiras como Santiago, Engenho Nogueira e Patrimone, com uma direção regional N50°-60°E e com mergulhos ora para NW, ora para SE. Dentro desse contexto ocorrem dobras maiores, não explicitadas totalmente, devido à erosão, com flancos aflorantes empinados, ondulados, do tipo “em cascata”, que na realidade representam dobras isoclinais amplas, preservadas devido à sua posição em relação às zonas de maior intensidade de deformação da transposição variável em grau nos diversos níveis (foto 1). Isto é deduzido nos cortes da estrada que vai até a garagem de ônibus Santa Inês, onde os eixos de dobras isoclinais têm atitude N40°E/NW e logo no grande corte aparecem dobras “em cascata”. Nas proximidades da garagem, essas dobras isoclinais sofrem interferência de outro esforço que modifica a foliação pretérita, evoluindo para zonas de cisalhamento N-S, verticalizadas, características desses domínios gnáissicos. A relação dessas fases de deformação com as que afetam os demais domínios carece de melhores estudos.

A idade da deformação que gerou a foliação de transposição nos gnaisses deve ser posterior à idade dos mobilizados graníticos transpostos (2.860Ma).

Outra deformação afeta essa unidade, na parte oriental da folha, a leste de Taquaraçú de Minas e Caeté, e está relacionada aos cisalhamentos N-S do Sistema Córrego do Garimpo, com sentido E-W e que será tratada adiante.

### 3.2.2 Zonas de Cisalhamento de Alto Ângulo (ZCAA)

Constituem faixas filoníticas verticalizadas, estreitas (2 a 30m, com variações abruptas de espessura), com *trend* N-S e que são preenchidas por veios de quartzo de várias gerações, atingindo extensões de 3 a 15km e largura de 2 até 30m. As maiores são visíveis em imagens TM ou aerofotos, e en-

contram-se ressaltadas na topografia devido aos veios de quartzo. As menores são difíceis de serem traçadas, pela inexistência de contraste topográfico e afinam abruptamente, em especial na região metropolitana de Belo Horizonte.

As mais extensas encontram-se no espaço entre Santa Luzia e proximidades de Ravena.

A maior delas, ora denominada de Zona de Cisalhamento de Ravena, tem seu extremo-sul logo após cortar a BR-262/381, nas proximidades do Posto de Ravena, estendendo-se para norte até o córrego Campo Santo Antônio, a leste do Convento Macaúbas. É constituída de filonitos verde claro a amarelados, com pelo menos três gerações de veios de quartzo; uma delas foi transformada em quartzo porcelânico (*gouge*). Tem direção N-S a N10°W e as estrias e sigmóides observados apresentam uma atitude 345°/50°, com movimento sinistral, tendo componente oblíqua. Ao longo da zona de cisalhamento nota-se a foliação anastomosada característica. Observa-se que a W dessa zona ocorrem restos de formação ferrífera bandada e xisto.

Outra feição importante é a zona de cisalhamento de alto ângulo de Traíras, a norte de Ravena, que se estende por 8km até a região do Engenho; é detectável somente no campo, tem direção N-S e mergulhos de 75° a 55° para WNW (LX 295°/65°), com movimento vertical, cujos sigmóides indicam uma cinemática em que o bloco W subiu sobre o bloco leste (retrocavalgamento?). Onde o acesso de Taquaraçú de Minas à MG-020 corta a ZCAA, ocorrem restos de rochas que parecem xistos e quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

Outra feição importante é a zona de cisalhamento de Santa Luzia, observada desde o norte de Santa Luzia (bairro do Amaral) e cruza as BR-262/381 após o posto da Polícia Rodoviária Federal. Estende-se por cerca de 12km, possui uma largura variável desde 50m até 5m e exhibe, ao norte de Santa Luzia, bifurcações que ampliam a sua largura. É bem marcada na topografia e preenchida com filonitos esverdeados a arroxeados, possuindo possantes veios de quartzo que sustentam a topografia. Suas características cinemáticas não foram precisadas. A maior parte dos mergulhos é para NW com valores entre 55° e 75°. É bom que se frise que imediatamente a oeste, ou seja, na face W da ZCAA, encontram-se pequenas faixas de formação ferrífera com magnetita, além de quartzito com magnetita.

Zonas de cisalhamento menores são encontradas na região metropolitana de Belo Horizonte, sendo mais difíceis de mapear, sendo detectadas somente através dos trabalhos de campo e acompanháveis por cerca de 3 a 4km de extensão. Destacam-se a ZCAA de Engenho Nogueira, próximo às cabeceiras do Aeroporto Carlos Prates; a ZCAA da Rua Biaggio Polizzi, na subestação da CEMIG, sinistral e com até 12m de largura; a ZCAA do bairro Ribeiro de Abreu; e a ZCAA do Bairro São Benedito, que é de direção NW.

A ZCAA de Morro Alto, que corta o acesso para Vespasiano e Confins, é uma das poucas que se afasta do *trend* N-S, tendo direção N40°E e cerca de 6m de largura de filonitos e veios de quartzo; encontra-se verticalizada, denotando uma cinemática dextral, foliação anastomosada e extensão de 5km. A sua importância reside no limite que impõe às ultramáficas de São Benedito e a um dos prováveis limites do Grupo Bambuí.

Essa deformação parece pretérita em relação aos empurrões generalizados que afetam os supergrupos Rio das Velhas e Minas, pois as direções N-S dos gnaisses não se refletem nas unidades citadas. Os gnaisses, na região de Marzagânia, têm seu *trend* N-S modificado para ENE-WSW por influência dos falhamentos de empurrão que afetam o Supergrupo Minas, como reflexo da foliação regional de transposição generalizada que atingiu os supergrupos Rio das Velhas e Minas.

Um cisalhamento N-S afeta a borda leste do corpo do granitóide de General Carneiro (Pedreira BRIVEL), que se não for originário de uma reativação, pode datar relativamente o evento.

### 3.3 Deformação $D_{n-1}$

O registro dessa deformação, que é a mais antiga a ser reconhecida nas rochas supracrustais do Quadrilátero Ferrífero, é bastante tênue e esporádico. Corresponde a uma foliação  $S_{n-1}$ , resultado da transposição das estruturas  $S_0$  deposicionais do Supergrupo Rio das Velhas, que, contudo, foi obliterada quase que totalmente pela deformação que atingiu o Supergrupo Minas e a borda sul dos gnaisses.

Representa uma foliação plano-axial e de transposição disposta segundo WNW (N50°–60°W), mergulhante para NE com ângulos de 50° a 70° e

encontra-se preservada em algumas poucas medidas a NE e leste de Sabará (vide mapa geológico).

### 3.4 Deformação $D_n$

Esta deformação afeta as estruturas interiores tanto do Supergrupo Rio das Velhas quanto do Supergrupo Minas, sendo próxima da coaxialidade com a deformação seqüente, o que dificulta o seu reconhecimento em relação à mesma, principalmente dentro da escala de trabalho. Entretanto é referida na bibliografia por Alkmim *et al.* (1994) relacionada a uma família de dobras e falhas de empurrão em todas as escalas de orientação preferencial NE-SW. Podem ser observadas sem obliteração por estruturas mais jovens no setor oeste da serra do Curral em vários domínios do Quadrilátero Ferrífero como nas serras do Caraça e da Piedade. São afetadas tanto por estruturas extensionais relacionadas ao desenvolvimento dos domos de rochas cristalinas como pela família de elementos tectônicos dominantes da região que tem sido atribuída ao Evento Brasileiro.

Idades Sm/Nd de auréolas de metamorfismo, de granitos em supracrustais do Grupo Sabará, remontam a 2,1Ga; identificam manifestações do Ciclo Transamazônico na área. A presença de diques com 1,6Ga que cortam as estruturas das rochas do Supergrupo Rio das Velhas, não cortando o Supergrupo São Francisco indicam manifestações de deformação anterior ao Ciclo Brasileiro.

### 3.5 Deformação $D_{n+1}$

É a deformação mais marcante na área, manifestada por uma foliação generalizada  $S_{n+1}$  resultante da transposição das estruturas do Supergrupo Minas, que obliterou deformações anteriores do Supergrupo Rio das Velhas, resultando daí diversas zonas de cisalhamento.

A transposição das estruturas do Supergrupo Minas é bem observada no Grupo Sabará, seja ao longo da Av. Raja Gabaglia, como no Taquaril. Na Av. Raja Gabaglia, próximo a uma agência do Banco do Brasil, leitões de composição distinta, com veios de quartzo, vão sendo gradativamente transpostos segundo a direção N30°E com mergulho de 70°SE, até a obliteração da alternância composi-



onal distinta que no benefício da dúvida poderia ser  $S_0$  ou uma estrutura posterior.

Essa transposição evolui para falhamentos de empurrão, cujas lineação mineral, lineação de estiramento e estrias, conforme observadas no Bairro Taquaril, no contato entre o Grupo Sabará e a Formação Cercadinho, indicam uma rampa lateral.

A região de contato entre o Grupo Sabará e os gnaisses do Complexo Belo Horizonte, na Rua Andrade Neves, apresenta feições de uma rampa frontal.

Nos domínios do Supergrupo Rio das Velhas, essa deformação gera uma foliação marcante, embora com direção variável (NW a NE), em função de sua posição em relação à geometria em bumerangue das frentes de cisalhamento escamadas, com convexidade apontando para W e esforços de oriente para ocidente. O regime de deformação é simples, em domínio dúctil e os cisalhamentos são sucessivos de um mesmo evento.

Nessas deformações principais destacam-se as zonas de cisalhamento de Caeté e do ribeirão da Prata, a última situada na parte sul da área. A posição das lineações (azimutes  $90^\circ$  a  $100^\circ$ ) em relação às frentes de cisalhamento, é indicativa de rampas frontais ou oblíquas. Entre esses dois sistemas de cisalhamento existe uma estreita faixa em que a foliação é E-W e as transposições têm direções idênticas, com lineações segundo o azimute  $90^\circ$ . Essa estrutura é do mesmo evento e caracteriza uma deformação progressiva, sendo encontrada na altura do ribeirão Vermelho e estende-se para leste.

Outra deformação sucessiva é vinculada ao Sistema Garimpo (Crocco *et al.*, 1992), com um *trend* característico marcado pela direção meridiana e aspecto retilíneo, afetando os gnaisses e limitando segmentos do Supergrupo Espinhaço, desde o norte da folha até o limite meridional de ocorrência dessa unidade estratigráfica, no contato com o Supergrupo Rio das Velhas.

Na sua porção NW, esse cisalhamento afeta também as seqüências sedimentares e metassedimentares do Supergrupo São Francisco, representadas pelo Grupo Bambuí, desde Filipe, no limite norte da folha, até a região de Felipe. Tem caráter dúctil e sentido de movimentação de leste para oeste, ocasionando dobramentos e a transposição de parte das estruturas deposicionais das rochas do Supergrupo Espinhaço e do Supergrupo São Francisco e gerando também cavalgamentos de

gnaisse sobre quartzitos do Supergrupo Espinhaço. Estes, por sua vez, cavalgam sobre o Grupo Macaúbas, que se encontra empurrado sobre o Grupo Bambuí.

Internamente à bacia Bambuí, Danderfer *et al.* (1991), caracterizaram a presença de transposição de estruturas sedimentares. Isto deu-se com a instalação de foliação de transposição e cisalhamento dentro do Membro Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, na região de Lagoa Santa, Confins e Vespasiano, marcadas por lineações de estiramento mineral e sigmoides, relacionados ao evento.

As lineações de estiramento mineral, com caimento no sentido do azimute  $100^\circ$ - $110^\circ$ , induzem a considerar essa deformação como progressiva em relação aos cisalhamentos de Caeté e Ribeirão da Prata.

Os efeitos dessa fase de deformação são tênues sobre as rochas do Supergrupo Rio das Velhas, quase sem registros.

Em continuidade à deformação progressiva, sempre com sentido de oriente para ocidente, instalou-se o Sistema Cambotas-Fundão (Alkmim, *in*: Crocco *et al.*, 1992), também com convexidade e vergência para oeste. Tem características dúcteis, modificando o *trend* N-S do Sistema Garimpo, no limite sul da serra da Água Limpa (Cambotas), para a direção E-W. Gerou transposições, foliação e zonas de cisalhamentos escamadas que afetam os supergrupos Minas e Rio das Velhas.

Com o decréscimo de intensidade da deformação que gerou os sistemas Garimpo e Cambotas-Fundão, em domínio dúctil-rúptil, ocorreu a formação de dobras abertas, sem geração de clivagem plano-axial, mas sim uma clivagem espaçada. A evidência dessa fase está impressa em rochas do Supergrupo Minas, visível na Formação Cercadinho, marcada por níveis de quartzito, como ocorre nas BR-262/381, na região do Palmital ou no bairro Taquaril e na entrada de Sabará.

Os planos dessas dobras são verticalizados e têm direção N-S, podendo progressivamente resultar em falhas N-S verticais. A essa fase deve pertencer o cisalhamento rúptil observado no alto do Posto Brumadinho (BR-262/381), a leste de Ravena.

Um pulso em domínio rúptil-dúctil tem registro no bairro Taquaril, após o terreno da RFFSA, onde um falhamento em quartzitos da Formação Cercadinho tem sentido de cavalgamento de W para E.

Falhas com arranjo em blocos podem ser observadas em alguns trechos encachoeirados do córrego do Onça, próximo do bairro Ribeiro de Abreu.

Finalmente, há registro de feições extensionais, embora localizadas, pela presença de estruturas *pull-apart* sobre cristais estirados de turmalina (Praça Dom Bosco) e de quartzo, no trevo de Caeté.

# 4

---

## GEOLOGIA ECONÔMICA E METALOGENIA

### 4.1 Jazimentos Minerais

Dois fatores são de extrema importância na constituição do grande aproveitamento econômico dos recursos minerais encontrados na Folha Belo Horizonte, a saber: a inserção quase que completa na Região Metropolitana de Belo Horizonte, que provoca uma grande demanda de materiais de construção, e o segmento setentrional relativo ao Quadrilátero Ferrífero, onde se destacam os jazimentos metálicos de ferro e ouro. De um modo geral, a estrutura de produção dentro daquilo que pode ser considerado como sendo um distrito mineiro, já se encontra bem desenvolvida, com investimentos de vulto e tradicionais nas indústrias de mineração de ferro, ouro, calcário, brita e areia.

Dentre as substâncias metálicas, merecem destaque os expressivos volumes de minérios de ferro e ouro produzidos na área, sendo que a esta última substância encontram-se associadas concentrações de prata e arsênio; atualmente os co-produtos do ouro estão restritos à obtenção de ácido sulfúrico a partir da lavra e tratamento dos minérios sulfetados. Por outro lado, os jazimentos de manganês e

antimônio (um semimetal, tal como o arsênio) são de menor expressão econômica e as atividades exploratórias relativas a estas substâncias já se encontram desativadas. No atual trabalho foi cadastrado um total de 211 jazimentos de substâncias metálicas e semimetálicas na área da folha, a grande maioria das quais tem um contexto geológico conhecido, tal como exposto na tabela 4.1.

Um grande número de substâncias minerais não-metálicas compõe uma importante pauta de produção de materiais de construção e de insumos da indústria cimenteira, com destaque para calcário, areia, brita, cascalho e argila. Os altos níveis de produção observados para a maioria dessas substâncias na área devem-se basicamente à sua inserção na Região Metropolitana de Belo Horizonte, cujo desenvolvimento urbano (edificações) implica numa demanda crescente pelas mesmas. Outras substâncias, como o quartzo e a areia refratária, têm uma produção mais restrita e atendem necessidades do parque industrial local. O cadastramento mineral, ainda que tenha um significado apenas parcial, revelou um número bastante expressivo de 222 jazimentos de substâncias não-metálicas na

Tabela 4.1 – Substâncias minerais da Folha Belo Horizonte e respectivos contextos geológicos.

Substância Mineral	Nº de ocorrências	Contexto Geológico	Substância Mineral	Nº de ocorrências	Contexto Geológico	
Água mineral	1	Gnaisses graníticos	Granito	7	Complexo Belo Horizonte	
Amianto	1	Metaultramáfica (Grupo Nova Lima)		1	Granitóide Santa Luzia (C. Belo Horizonte)	
Antimônio	1	Dolomito (Formação Gandarela)	Granito Industrial	11	Complexo Belo Horizonte	
Areia	50	Aluvião		3	Granitóide General Carneiro (C. Belo Horizonte)	
Areia industrial	1	Aluvião		1	Granitóide Santa Luzia (C. Belo Horizonte)	
	1	Colúvio		1	Granitóide Retiro (Complexo Caeté)	
Areia quartzosa	1	Aluvião	Manganês	3	Formação Sete Lagoas	
Argila	15	Aluvião		1	Formação Gandarela	
	4	Elúvio		3	Itabirito (Formação Cauê)	
	1	Elúvio de gnaisses leucocráticos		1	Grupo Nova Lima indiviso	
	1	Terraço sedimentar		1	Complexo Belo Horizonte	
Argila refratária	1	Elúvio		Mármore	1	Filitos e quartzitos (Supergrupo Minas)
	2	Complexo Caeté	Ouro	5	Aluviões quaternárias	
Arsênio	2	Oz-ank-xt (Lapa Seca)		1	Terraços terciário-quaternários	
Calcário	8	Formação Sete Lagoas		2	Formação Cauê	
	21	Formação Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)		79	Veios de quartzo±carbonatos±sulfetos	Grupo Nova Lima
	2	Formação Sete Lagoas (Membro Pedro Leopoldo)		53	Metacherte e formação ferrífera bandada	
	1	Formação Paraopeba		3	Lapa Seca (qz-ank xisto)	
Calcário dolomítico	1	Grupo Bambuí		14	Xistos (metapelitos e metavulcânicas)	
	1	Xistos (Grupo Bambuí)		2	Granito-gnaisses cisalhados	
	2	Formação Gandarela	Prata	1	Veios de quartzo aurífero	
Cascalho	30	Aluvião		1	Formação ferrífera bandada e metapelitos	
	20	Terraço sedimentar		2	Oz-ank xt (Lapa Seca)	
Caulim	1	Elúvio	Quartzo (cristal de rocha)	1	Supergrupo Espinhaço	
	2	Complexo Caeté	Quartzo	1	Grupo Macaúbas	
Cianita	1	Xistos (Grupo Nova Lima)		2	Supergrupo Espinhaço	
Dolomito	16	Formação Gandarela		4	Complexo Belo Horizonte	
Enxofre	2	Oz-ank xt (Lapa Seca)	Quartzito	1	Supergrupo Rio das Velhas	
Ferro	35	Itabirito (Formação Cauê)	Quartzito industrial	1	Supergrupo Espinhaço	
	1	Terraços com blocos de hematita rolada				

área, agrupadas de acordo com os respectivos contextos geológicos na tabela 4.

#### 4.1.1 Ferro

As mineralizações de ferro encontradas nas estruturas da serra do Curral e da sinclinal do Gandarela, no sudoeste e sul da área, respectivamente, correspondem ao principal item mineral metálico da Folha Belo Horizonte, tanto no que se refere às características das reservas totais (grandes volumes e altos teores) como ao número igualmente grande de empreendimentos mineiros em atividade. Conforme exposto na tabela 4.2, no ano base de 1992 havia cerca de uma dezena de minas de ferro em atividade, que se somam a outras três dezenas de jazidas e ocorrências. As reservas totais são de aproximadamente 2,2 bilhões de toneladas de minério de ferro e apresentam um teor médio em torno de 53% de metal contido. Acrescidos de um montante de produção que atingiu 17,5 milhões de toneladas de minério em 1992 (equivalentes a cerca de 350 milhões de dólares), esses dados demonstram fartamente a importância do ferro dentro dos panoramas nacional e internacional no que concerne ao comércio e à indústria siderúrgica.

Vale ressaltar que a produção de minério de ferro tem apresentado uma tendência ascendente nos últimos anos, com um crescimento médio da ordem de 9% a.a., no período 1988-1992, quando saltou

de 12,5 para 17,5 milhões de toneladas (ver figura 4.1). Cerca de 85% dessa produção total de ferro na folha encontra-se concentrada numa única mina, a de Águas Claras (MBR), no município de Nova Lima, enquanto que a maior parte do restante é lavrada na mina de Gongo Soco (SOCOIMEX), em Barão de Cocais. Essa última mina experimentou o maior crescimento na produção durante o período considerado de 1988 a 1993, aproximando-se de 138% a.a., e deverá assumir o papel de principal produtora de minério de ferro após o fechamento da mina de Águas Claras, previsto para ocorrer num futuro próximo. A questão ambiental, que tem influenciado decisivamente para o não aproveitamento da maior parte do minério existente na serra do Curral, no sentido de impedir que seja afetado o aspecto paisagístico particularmente agradável desse acidente geográfico, contribui também para uma maior brevidade do programa de lavra de Águas Claras. Está prevista uma avançada recuperação ambiental da área da mina, eliminando os efeitos da poluição visual.

A história da exploração do ferro no Quadrilátero Ferrífero remonta a meados do século XIX, quando entraram em produção as pioneiras fundições locais; na primeira metade do século atual foram realizadas algumas avaliações de reservas dentro das técnicas preconizadas pela legislação mineira, seguindo-se, nas décadas de 50 e 60, a primeira cartografia geológica sistemática de detalhe da área desse distrito pelas equipes do USGS e DNPM,

Tabela 4.2 – Distribuição dos jazimentos de ferro nos municípios da Folha Belo Horizonte.

Município	Reservas totais (em t)	Teores médios (% Fe)	Nº de minas ativas (1992)	Produção, em t (RAL's de 1992)
Barão de Cocais	873.098.094	52,0	3	2.412.948
Belo Horizonte	86.580.861	66,0	2	28.115
Caeté	428.896.000	48,7	0	-
Nova Lima	599.894.907	56,0	1	14.549.634
Sabará	116.240.000	57,2	3	499.508
Santa Bárbara	125.696.044	-	0	-
Total da folha	2.230.405.906	52,9	9	17.490.205

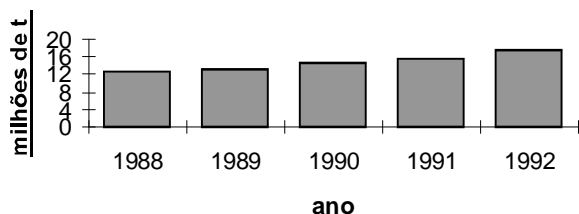


Figura 4.1 – Produções acumuladas de minério de ferro (em milhões de toneladas) na Folha Belo Horizonte, no período 1988-1992. (Fonte: RAL's, DNPM).

com o estabelecimento de uma estratigrafia completa para as unidades que compõem o Supergrupo Minas. A partir daí foi realizada a maior parte dos trabalhos de avaliação econômica do minério existente no QF, localizados os corpos mais importantes em termos de volume, teor e favorabilidade para a exploração, e dado início ao desenvolvimento dos projetos mais importantes e ambiciosos em termos de lavra do minério de ferro.

Todo o minério de ferro é extraído das camadas itabiríticas da Formação Cauê, sedimentada durante a transição dos tempos arqueanos para o Paleoproterozóico, mais precisamente no início deste último período. A Formação Cauê é integrante da unidade litoestratigráfica média do Supergrupo Minas, o Grupo Itabira. Está representada por um conjunto de jazimentos estratiformes onde se observa uma grande variação nos teores médios do metal (35,6 a 67,5% de Fe), de acordo com os resultados expostos nas avaliações das reservas realizadas por diversas empresas. As rochas objetivadas dentro da Formação Cauê são corpos lenticulares de hematita (compacta ou pulverulenta) e camadas de itabiritos, cuja mineralogia é constituída principalmente de hematita, magnetita, martita, quartzo (metacherte), carbonatos (calcita e dolomita) e sericita, além de limonita e óxidos e hidróxidos de manganês. No caso dos minérios mais ricos, com cerca de 67% de Fe, os outros parâmetros composicionais, de natureza química e que por vezes são determinantes na qualidade do minério, inclusive com exigências cada vez maiores por parte do mercado consumidor, são:  $\text{SiO}_2 = 0,8 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,9-1,7\%$  e  $\text{P} = 0,03-0,04\%$ . São os conteúdos de Fe, junto com alguns critérios mineralógicos e petrográficos, que definem as diferentes denominações dadas aos minérios produzidos no Quadrilátero Ferrífero:

- hematita - > 64% de Fe
- itabirito rico - 60 - 64%
- itabirito - < 60%

Os itabiritos são rochas que se caracterizam por uma estrutura bandada, de notável continuidade e onde se alternam lâminas escuras ricas em minerais de ferro, mormente a hematita e a magnetita, com lâminas claras formadas à base de quartzo. Quando submetidos a processos de alteração hidrotermal como a silicificação, os carbonatos originais estão parcialmente transformados em anfibólios (tremolita e actinolita). A predominância local desses carbonatos sobre os minerais de ferro determina a intercalação de lentes dolomíticas mais ou menos ferruginosas em meio aos itabiritos, bem como a passagem rápida, ainda que gradativa, para a Formação Gandarela, imediatamente sobreposta à Formação Cauê, dentro daquilo que constitui o Grupo Itabira, na estratigrafia clássica do Quadrilátero Ferrífero.

Embora não tenham sido objeto de quantificação de reservas até o momento, devido às pequenas dimensões dos corpos, cabe destacar a presença de lentes itabiríticas também no interior da Formação Gandarela. Também nas unidades basal e média do Grupo Nova Lima ocorrem formações ferríferas bandadas, mas que nunca foram objeto de atividades exploratórias em função das suas dimensões mais reduzidas (especialmente a espessura) e teores de Fe mais baixos, em relação aos itabiritos da Formação Cauê.

Devido à maior resistência à erosão, as rochas ferríferas resultam realçadas na topografia, quase sempre constituindo as cristas de serras de grandes dimensões longitudinais e favorecendo em muito as técnicas de lavra em bancadas, executadas a céu aberto. Isto é realizado com um desmonte variável de um capeamento de canga laterítica, rica em ferro (e por isso quase sempre aproveitada), e dos estratos adjacentes estéreis. As lavras do minério de ferro são inteiramente mecanizadas e normalmente envolvem o uso de explosivos. O tratamento do minério, para enriquecimento por eliminação da maior parte da sílica, é executado em áreas de servidão localizadas nas proximidades das minas, e os rejeitos desse beneficiamento ficam retidos, em grande parte, nas barragens de decantação. Mais recentemente, uma recuperação ambiental das áreas esgotadas pela lavra teve início iniciada através de programas que aplicam uma nova cobertura vegetal, principalmente de gramíneas, sobre as mesmas.

Em função das suas características granulométricas, o material beneficiado e produzido nas minas, recebe as seguintes denominações na comercialização:

*lumpy ore* – 2" – ¼"  
*sinter feed* – ¼" – 100#  
*pellet feed fine* – 100# – 325#

A maior parte do minério de ferro produzido é enviada, através de transporte ferroviário, para os portos de exportação, como o terminal de Tubarão, situado nas proximidades de Vitória (ES).

#### 4.1.2 Ouro

Desde o final do século XVII é conhecido o potencial aurífero da região do Quadrilátero Ferrífero, quando foram encontrados vários jazimentos secundários e teve início o primeiro ciclo do ouro no Brasil. Enquanto o metal foi explorado com técnicas rudimentares pelos bandeirantes, que se fixavam principalmente em lavras aluvionares (como as existentes ao longo dos terraços terciários e da planície quaternária do rio das Velhas e do ribeirão do Carmo) e algumas zonas oxidadas, os depósitos de ouro primário também foram sendo detectados sucessivamente pelos trabalhos pioneiros. Contudo, foi durante o século XIX que se deu a descoberta ou caracterização da maior parte dos jazimentos auríferos com grandes reservas e bons teores; foram desenvolvidos, então, os primeiros trabalhos mineiros com tecnologia mais adequada para as lavras subterrâneas, tendo havido ainda um aporte significativo de capitais estrangeiros, notadamente os de origem inglesa. Esses empreendimentos visando ao minério primário logo se esgotaram, no entanto, devido às dificuldades de recuperação mais expressiva do ouro associado a sulfetos, utilizando essencialmente processos gravimétricos, e às contínuas infiltrações de água, bem como a frequentes casos de malversação dos recursos financeiros ali investidos. Encerrava-se, assim, uma etapa da qual só sobreviveu, como digna de menção, a Mina Grande, em Nova Lima, já então consagrada mundialmente como uma grande produtora de ouro. Mas em 1995, essa mina, certamente a mais antiga do Brasil até então, também veio a sofrer uma paralisação por motivos técnicos, mais especificamente, aqueles relacionados ao custo e volume de transporte desde a frente de lavra subterrânea até as instalações de tratamento do minério.

Um dos primeiros cadastramentos dos recursos minerais auríferos existentes na região foi realizado por Paul Ferrand (1913), embora à época ainda não dispusesse de uma base cartográfica e de facilidades analíticas; mesmo assim, para muitos dos depósitos auríferos resultaram disponíveis informações básicas sobre algumas das suas características tipológicas e teores médios de ouro (em g/t).

Uma retomada das pesquisas de ouro no Quadrilátero Ferrífero foi realizada no início do século XX, mais especificamente durante a década de 30 (Moraes, 1937 e 1939), e consistiu basicamente na reavaliação dos depósitos encontrados anteriormente por diversos exploradores, através da limpeza de galerias, registros cartográficos (mapas com localização das minas) e anotações sistemáticas dos materiais amostrados e respectivos teores analíticos.

Enquanto os principais jazimentos, notadamente os da região de Nova Lima, vinham sofrendo atividades de lavra e novas quantificações de uma forma relativamente ininterrupta, foi a partir da década de 80, todavia, e seguindo uma forte valorização na cotação internacional do metal (iniciada em 1979), que ocorreu uma nova fase de pesquisas bem mais abrangentes e com aplicação de técnicas modernas. Destaca-se aí um surto notável de prospecções geofísicas e geoquímicas, a aplicação da análise da deformação aos sítios mineralizados e campanhas intensivas de sondagem rotativa, por parte das empresas detentoras dos direitos mineiros, em especial a Mineração Morro Velho/UNIGEO e a CVRD. Disso resultou um novo acervo de dados no que se refere ao conhecimento das características dos jazimentos e das suas reservas auríferas nos municípios de Nova Lima, Sabará, Caeté, Barão de Cocais e Raposos, culminando com o aerolevante geofísico de parte do Quadrilátero Ferrífero e a cartografia geológica de detalhe, na escala 1:25.000, do Supergrupo Rio das Velhas, esses últimos trabalhos tendo sido desenvolvidos já na década de 90. Um número razoavelmente grande de novos alvos para investimentos em pesquisa de ouro, gerados pela recente etapa de investimentos em prospecção geofísica, encontra-se em fase inicial de estudo.

O cadastramento mineral na Folha Belo Horizonte mostrou que há, no momento, poucas minas em atividade, correspondentes basicamente às de Cuíabá, Mina Velha e Roça Grande, enquanto que algumas minas tradicionais da região encontram-se paralisadas, como as denominadas Mina Grande

(Nova Lima), Raposos (no município homônimo) e Juca Vieira (Caeté). A paralisação recente desses empreendimentos mineiros devem-se a fatores como a exaustão das reservas, os teores médios antieconômicos (como reflexo da atual queda no preço internacional do ouro) e às dificuldades na extração (e transporte) do minério. Conforme exposto na tabela 4.3, há, ainda, um grande número de jazidas, ou simplesmente depósitos, com uma baixa tonelagem de minério e/ou com um teor médio de ouro pouco expressivo; essa situação é particularmente válida para aqueles jazimentos situados na região de Caeté, onde se observa também uma maior concentração dos mesmos. A julgar pelos dados das reservas avaliadas nesses sítios mineralizados, de um modo geral bastante discretos, a retomada e/ou o início da exploração de minério aurífero nos mesmos não deverá alterar substancialmente o quadro da produção regional do metal.

Apesar da diversidade tipológica que caracteriza as quase duas centenas de jazimentos de ouro primário na área da folha, destaca-se a sua incidência marcante no contexto do Grupo Nova Lima, tendo como metalotectos principais as formações ferríferas arqueanas ( fácies óxido e carbonato) e as zonas de cisalhamento hidrotermalmente alteradas, essas últimas denotando evidentes controles de processos epigenéticos na constituição das mineralizações. Uma outra unidade estratigráfica digna de nota refere-se à paleoproterozóica Formação Cauê, onde itabiritos e corpos de hematita pulverulenta, também denominados de jacutinga, representam hospedeiros de concentrações auríferas relativamente importantes, como é o caso da jazida de Congo Velho (ou Gongo Soco), cujas explorações pretéritas deixaram registros únicos sobre a intensidade da mineralização em alguns dos seus segmentos.

Conforme exposto na tabela 4.3, atualmente as mineralizações auríferas mais importantes da área encontram-se situadas no contexto das formações ferríferas bandadas do tipo Algoma (Grupo Nova Lima), particularmente as da fácies carbonato, a exemplo das minas de Cuiabá e de Raposos. Por outro lado, as rochas hospedeiras do ouro denominadas de Lapa Seca (xistos ricos em carbonatos de ferro), ocorrem ao longo de uma faixa relativamente estreita na região de Nova Lima (minas Grande, Velha e do Galo), e o seu aproveitamento econômico parece estar em franco declínio, após ter movimentado grande parte da produção (regional e nacional) do metal por mais de um século. Um outro tipo

de mineralização aurífera, igualmente situado no Grupo Nova Lima, encontra-se associado a camadas de metacherte sulfetado, como nas regiões de Lamego, Terras do Capão e Roças Grandes.

Quanto às mineralizações ocorrentes sob a forma de veios e *boudins* de quartzo, ou de quartzo e carbonato, encaixados em litologias as mais diversas do Grupo Nova Lima (metavulcânicas máficas, metapelitos carbonosos e metaturbiditos), observa-se a existência de uma série de jazidas de pequeno porte (Catita, Funil, Morro do Adão, etc; ver tabela 4.3), ao passo que algumas outras “minas” de renome nos trabalhos antigos, mostraram-se desinteressantes pelas reavaliações mais recentes (Carrancas, Borges, Cedro etc).

Na figura 4.2 observa-se uma tendência estável no montante da produção de minério aurífero nesse segmento do Quadrilátero Ferrífero, situado em pouco mais de 800 mil toneladas ao ano no período que se estendeu de 1988 a 1993; isto se baseia nos dados disponíveis no DNPM e que são relativos às minas de Cuiabá, Raposos e Grande, localizadas nos municípios de Sabará, Raposos e Nova Lima, respectivamente, todas de propriedade da UNIGEO/Mineração Morro Velho. Essa produção deve-se mormente à participação da mina de Cuiabá, cujo crescimento parece dar-se em sucessivos patamares e de uma forma consistente (exceção feita a uma produção mais elevada no ano de 1990), ao passo que se verificam decréscimos na produção das minas de Raposos (cerca de -4% a.a.) e Grande (pouco mais de -10% a.a.). Conforme referido acima, os problemas advindos com a dificuldade cada vez maior no transporte do minério dentro da mina Grande culminaram com o seu fechamento em 1995, embora ainda haja reservas totais conhecidas da ordem de 6,7 milhões de toneladas de minério com um teor de 8,5g/t de Au, mas situadas a mais de 3.000m de profundidade. Cabe adicionar que a produção do metal nessas três minas variou de 6,082t em 1988 para 5,822t em 1993, de modo que o valor médio anual desse produto situa-se em torno de 75 milhões de dólares na área da Folha Belo Horizonte, resultando num pequeno declínio, da ordem de 1% ao ano, no montante dessa produção. A mais recente queda no valor internacional do ouro motivou o fechamento, em 1998, também da mina de Raposos, cujo teor médio, de cerca de 6,7g/t de Au, não permitiu mais a lavra em bases econômicas. O mesmo problema já havia ocorrido, ainda em 1995, na mina de Juca Vieira, onde os vários corpos apresentam teores médios variáveis de 5,3 a 6,7g/t de Au.



Tabela 4.3 – Classificação dos jazimentos auríferos da Folha Belo Horizonte de acordo com os principais parâmetros geológicos e econômicos.

UNIDADE	TIPOLOGIA	STATUS	DENOMINAÇÃO	TEORES (g/t de Au)	PARAGÊNESE MINERAL
Cenozóico	Aluviões e terraços	Ocorrência	Córrego Caeté, Val Porto, Porto Rico	0,05g/m <sup>2</sup>	Quartzo, hematita, magnetita
		Mina ativa	Rio das Velhas	0,1g/m <sup>3</sup>	Quartzo, hematita, magnetita
Fm. Cauê	Jacutinga	Ocorrência	Taquaril		
		Jazida	Congo Velho (Gongo Soco)	2,45	Hematita, quartzo
Grupo Nova Lima	Desconhecida	?	Amianto	?	?
	Veios	Ocorrência	Ajunta Vaca, Bananeira, Bancadas, Bicho de Pé, Cachimbo, Capão do Ferraz, Capitão Clemente, <u>Cata Funda</u> , Círculo, Cocho, Coqueiro, Córrego Batatal, Córrego do Baú, Córrego Padrão, <u>Descoberto</u> , <u>Eguas</u> , <u>Estado</u> , <u>Espinho</u> , Faz. Chico Rosa, Fizuca, <u>Fundão</u> , Furnas do Cutão, <u>Gambá</u> , <u>Gordo</u> , Goiabeiras, João Barrão, <u>José Brandão</u> , Lavras Antigas, Macacos, Macaúbas, Marimbondo, Mestre Caetano, Quebra-Braço, Pacóbio, Santa Frutuosa, <u>Santinho</u> , Santo Antônio, Serra da Piedade, Sítio São José, Trincheirão, <u>Túnel</u> , <u>Ventania</u> , Veremos (verens), <u>Zé Firme</u> .	≤8	Ouro, quartzo, carbonatos, sulfetos (arsenopirita, pirrotita, pirita, calcopirita, galena, esfalerita, estibinita)
		Depósito	Alto do Gago, Batatal, <u>Bela Vista</u> , <u>Borges</u> , <u>Cedro</u> , Córrego Pataca, Enforcado, Gainha, Morro do Coelho, <u>Olhos d'Água (Minas do Pernambuco)</u> , Timbé (SE), Vira Copos.	≤7,0	Ouro, quartzo, carbonatos, sulfetos (pirita, arsenopirita)
		Jazida	<u>Arriai Velho de Santana</u> , <u>Mina do Carrapato</u> , <u>Morro do Carrapato</u> , <u>Vai-Vem</u> , Córrego do Teixeira, Faz. dos Cristais, Terras do Capão, <u>Viaduto</u> .	<4,0	Ouro, quartzo, carbonatos (calcita-Fe e dolomita-Fe), sulfetos (pirita, arsenopirita, pirrotita, calcopirita)
			<u>Catita</u> , <u>Fernandes</u> , Funil, José Fernandes, <u>Juca Vieira (Mina Nova)</u> , Moita, <u>Morro do Adão</u> .	4,0 - 10,0	Ouro, arsenopirita, pirita, pirrotita, calcopirita, galena, blenda, estibinita, quartzo, carbonatos, grafita, sericita, opacos, clorita
		Mina inativa	<u>Juca Vieira (Mina Velha)</u> , <u>Galena</u> .	5,3 - 6,4	Quartzo, ouro, pirita, arsenopirita, pirrotita, galena, esfalerita, calcopirita, estibinita, carbonato, sericita, plagioclásio
	Mina inativa	<u>Morro Velho (Mina Grande)</u> .	7-10	Ouro, pirrotita, arsenopirita, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, bornita, gersdorffita, quartzo, calcita, dolomita, siderita, ankerita	
	Lapa Seca	Mina ativa	<u>Morro Velho (Mina Velha)</u> , <u>Galo</u> .	6-11	Ouro, pirrotita, arsenopirita, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, bornita, gersdorffita, quartzo, carbonatos (calcita, dolomita, siderita, ankerita), clorita, albita
	Formações ferríferas Bandadas e Metacherte	Depósito	Carranca, <u>Eazenda Velha</u> , <u>Luis Antônio</u> , Lavra Velha, Matarelli, <u>Moinho</u> , <u>Morro Sujo</u> , Ouro Fino de Baixo, <u>Rocinha (Capitão Jimmy)</u> .	≤5	Ouro, quartzo, sulfetos (pirita, pirrotita, arsenopirita, calcopirita, marcassita, esfalerita), carbonatos
		Ocorrência	Água de Sapo, Azul, <u>Bom Caminho</u> , Cachoeira, Cachoeira do Falcão, Camará 2, Carrapato (Mina de Cima), Faz. Jacu de Cima, Faz. Da Quinta, Gaia, Mãe Catarina, Nascente, Paciência, Lagoa Seca, Luís Soares, Portão, Ribeirão Comprido, Roça Grande (5), Sanches, Tingua, Vale do Cocho, Veremos (Verens).	<7,8	Ouro, pirita, arsenopirita, pirrotita, carbonatos, calcopirita, esfalerita, galena, quartzo, sericita, carbonatos
		Jazida	Gongo Soco, <u>Morro da Mina</u> , Sobradinho, Timbé, Terras do Capão (Urubu).	<4,0	Ouro, pirita, arsenopirita, pirrotita, esfalerita, clorita, quartzo, sericita, carbonato, grafita, calcopirita
			<u>Boa Vista</u> , Lamego (Arco da Velha, Cabeça de Pedra, Carruagem, Ouro Fino, Paredão, Queimada), Paulina, <u>Roça Grande (1-4)</u> , Roças Grandes, <u>Severino (Abelha)</u> .	4,0-10,0	Ouro, arsenopirita, pirita, pirrotita, quartzo, carbonatos, clorita, sericita, esfalerita, galena, calcopirita, grafita, oligoclásio, ilmenita
			Camará 1, <u>Roça Grande (6-7)</u> .	10,1-15	Ouro, pirita, arsenopirita, quartzo, hidróxidos de Fe, sericita
	Mina inativa	<u>Raposos</u> (Corpo E-W, Espírito Santo, Santa Catarina, Santa Cruz, Sumidouro, Três Vinténs).	5-9	Ouro, pirita, pirrotita, arsenopirita, esfalerita, calcopirita, galena, bornita, marcassita, quartzo, carbonatos (siderita, calcita, ankerita), clorita, feldspato, sericita, grafita, hematita, magnetita	
	Mina ativa	<u>Cujabá</u>			
Compl. Basal	Veios	Ocorrência	Prainha, José Brandão.		

Obs.: as paragêneses minerais são encontradas no todo ou em parte nos jazimentos sublinhados.

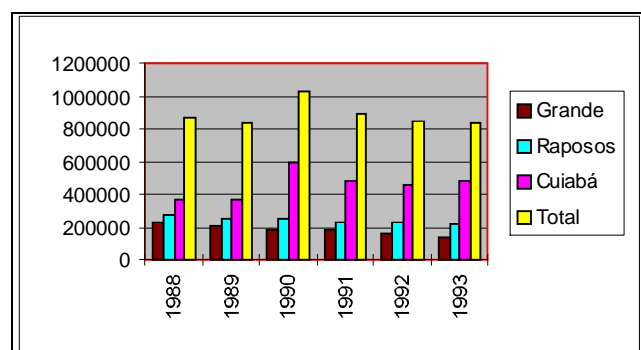


Figura 4.2 – Produções anuais (em toneladas de minério) das minas de Cuiabá, Raposos e Grande no período 1988-1993. (Fonte: DNPM (RAL's)).

Dentre as outras mineralizações auríferas com maior potencialidade devem ser distinguidas as jazidas da região do Lamego (UNIGEO/Mineração Morro Velho S.A.), no município de Sabará, e a de Roça Grande (CVRD), em Caeté/Barão de Cocais, que certamente deverão adicionar uma nova perspectiva em termos de produção de minério de ouro, a médio prazo.

#### 4.1.3 Prata, Arsênio e Enxofre

A prata constituiu, durante muito tempo, um co-produto da lavra e tratamento dos minérios de ouro, particularmente os sulfetados, encontrados no *greenstone belt* Rio das Velhas. A proporção Au:Ag em depósitos como o contido na denominada "lapa seca" da mina Grande, em Nova Lima, é da ordem de 10:4, o que sempre assegurou uma produção razoavelmente elevada desse metal. Já nas formações ferríferas das fácies carbonato (e óxido) da mina de Raposos esta proporção entre os referidos metais nobres cai para 8:0,1.

Analisado como co-produto do ouro, a situação do arsênio é bastante semelhante à da prata, na medida em que os altos conteúdos daquele elemento, em torno de 2,2% nos níveis mais elevados da mina Grande, propiciavam a sua extração em condições econômicas muito favoráveis. O tratamento do arsênio era realizado na Usina de Queiroz (MMV), mas foi interrompido junto com a desativação das atividades de lavra na mina Grande. As instalações da Usina de Queiroz atualmente ainda servem para tratar os minérios auríferos, relativamente

ricos em sulfetos de Fe e As (pirita, arsenopirita e pirrotita) extraídos na mina de Cuiabá (Sabará), mas são utilizadas exclusivamente na linha de produção de ácido sulfúrico.

#### 4.1.4 Manganês

Ainda que pouco expressivas, duas seqüências estratigráficas bastante distintas apresentam mineralizações de manganês, em parte como reflexo das condições de sedimentação marinhas plataformais que as geraram.

Na mais antiga dessas seqüências supracrustais, do Paleoproterozóico, ocorrem concentrações manganíferas intimamente associadas às rochas itabiríticas do Grupo Itabira, do Supergrupo Minas, onde em muitos dos depósitos de formações ferríferas do tipo Lago Superior observa-se também a presença de óxidos de manganês. Desta forma, as concentrações manganíferas também apresentam uma morfologia estratiforme, com eventuais enriquecimentos superficiais lenticulares, têm uma textura fina a nodular e a sua paragênese mineral contempla mormente os óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, associados a micas (sericita) e quartzo. Ao contrário do que se verifica na folha de Itabira, na área em tela os conteúdos médios desse metal são baixos, embora distribuídos em grandes corpos de minério de ferro, podendo atingir teores da ordem de 1 a 4% de MnO, o que caracteriza as mineralizações, mais propriamente, como indícios, mas nunca configurando o *status* de jazidas de manganês. O cadastramento mineral não constatou a existência de jazimentos específicos de manganês, mas sim vários relatos, sem um maior aprofundamento técnico, sobre a constante associação de concentrações subordinadas do metal nas áreas de ocorrência de depósitos de ferro da Unidade Cauê nos municípios de Nova Lima, Sabará, Caeté e Barão de Cocais. São da fazenda da Trindade, na serra do Congo, inserida na última daquelas unidades administrativas, os dados que situam o teor médio de Mn no minério itabirítico como sendo igual a 0,52%, valor este praticamente igual ao teor de fundo do metal em tais rochas e, portanto, sem interesse econômico.

No contexto da seqüência metassedimentar (epimetamórfica) do Grupo Bambuí, depositada como uma cobertura neoproterozóica sobre a infra-estrutura plutônica do Cráton do São Francisco, ocorrem algumas pequenas concentrações supergênicas de óxidos secundários de manganês.

Numa dessas mineralizações, na fazenda Ponte Nova, situada a cerca de 8km a noroeste de Taquaraçu de Minas, foram identificados minerais como pirolusita e criptomelano, constituindo crostas de espessura métrica sobre ardósias da Unidade Bambuí. Os resultados analíticos para os intervalos mineralizados de testemunhos de sondagem apresentaram os seguintes teores médios ponderados para o minério da citada região: Mn solúvel = 3,7 - 7,1%;  $\text{SiO}_2$  = 37,7 - 56,5%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  = 10,2 - 17,8%.

Desta forma, a importância econômica de todas as ocorrências observadas na área ainda é bastante reduzida, ao nível dos conhecimentos atuais, levando a classificá-las como indícios pouco promissores.

#### 4.1.5 Antimônio

Na localidade de Olhos d'Água, próximo ao limite meridional da cidade de Belo Horizonte (e folha homônima), é conhecida desde a década de 60 uma pequena mineralização antimonífera encaixada nos metassedimentos carbonáticos e meteorizados da Formação Gandarela. Nos anos 70 esse depósito foi objeto de atividades de lavra superficial, logo suspensas devido ao pequeno volume do jazimento e à interferência com a ocupação urbana já ocorrente naquela porção do município.

O jazimento é representado por dois corpos lenticulares de minério oxidado pela ação intempérica sobre os sulfetos de antimônio originais, resultando numa paragênese mineral dominada pela valentinita ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) e estibiconita ( $\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_5$ ), aos quais se associam, ainda, espécimes minerais complexos como a tripuita ( $\text{Fe}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ) e a lewisita ( $5\text{CaO} \cdot 2\text{TiO}_2 \cdot 3\text{Sb}_2\text{O}_5$ ). O teor de antimônio varia de 42 a 50% no minério rico, cujas reservas totais são de 2.032 t com um conteúdo médio de 46% de Sb, enquanto que um minério mais pobre (menos de 35% de Sb) apresenta reservas totais de 5.164 t e um teor médio de 25% de Sb. Os trabalhos de lavra dessa mina abandonada foram desenvolvidos a céu aberto, mas sem uma seqüência de beneficiamento do minério, que apenas se restringiu a uma classificação do mesmo segundo os tipos denominados rico e pobre.

#### 4.1.6 Água Mineral

Em rochas do embasamento (ortognaisses de composição granítica) há registro de captações de água mineral em fontes com uma vazão diária total

de cerca de 380.000 litros/dia, no sítio Elizabeth, localizado próximo à rodovia de acesso de Sabará a Belo Horizonte. A produção (com filtragem) e distribuição no município de Sabará e vizinhos é feita pela Bandeirantes Águas Minerais do Brasil Ltda. e alcança ali quase 70.000 litros/dia, correspondendo a um aproveitamento de 18% daquela vazão. Na água mineral, classificada como fluoretada e radioativa na fonte, os teores de cálcio, sódio, potássio e cloreto variam de 1,9 a 4,9mg/l, e os de bicarbonatos situam-se em torno de 25mg/l.

#### 4.1.7 Amianto

Na região de Caeté há uma referência bastante antiga, datada do início deste século, sobre a ocorrência de amianto em rochas metavulcânicas (metavulcânicas?) posicionadas no contexto da unidade basal do Grupo Nova Lima e possivelmente relacionada aos processos tectônicos e de alteração hidrotermal que afetaram toda a seqüência arqueana; todavia, a mesma parece prescindir de uma maior importância econômica, uma vez que nunca foi submetida a trabalhos de exploração.

#### 4.1.8 Areia

Os principais jazimentos de areia utilizada na construção civil encontram-se nas planícies aluviais como a da bacia do ribeirão da Mata, nas proximidades de Vespasiano, e onde tem sido desenvolvida uma exploração mecanizada por diversas empresas, tal como é realizada nos areais encontrados no rio Vermelho e seus tributários (a exemplo do ribeirão Preto), dentro dos municípios de Antônio Dias e Taquaraçu de Minas. Outros areais foram cadastrados no rio Taquara, no município de Taquaraçu de Minas, e também ali a acumulação de areias de boa qualidade é favorecida pela erosão de quartzitos do Supergrupo Espinhaço e rochas do embasamento cristalino. Já ao longo do curso do rio das Velhas, nas vizinhanças da cidade de Santa Luzia, a exploração é manual e a drenagem encontra-se muito poluída, tanto por receber os esgotos da RMBH, como pela atividade mineradora no Quadrilátero Ferrífero. É relativamente comum ocorrer um aproveitamento de cascalhos e argila junto com o de areia.

O regime de exploração desses jazimentos de areia dá-se através de licenciamentos obtidos nas

prefeituras locais e no DNPM, observadas normalmente as questões relativas à preservação ambiental.

Nos 51 areais cadastrados na área, e que podem ser tomados como uma amostra razoavelmente completa do universo de pontos de extração, a produção média anual individual das explorações em atividade situa-se em torno de  $3.000\text{m}^3/\text{ano}$ , com um máximo de  $36.000\text{m}^3/\text{ano}$  na fazenda Rio Preto, e o total (informalmente declarado pelas empresas) supera  $106.000\text{m}^3/\text{ano}$ .

Apenas dois jazimentos de areia são explorados a partir de colúvios e dos próprios quartzitos meteorizados do Supergrupo Espinhaço. Areia refratária utilizada na siderurgia é produzida em Bom Jesus do Amparo pela Magnesita S.A.

#### 4.1.9 Argila

Foram cadastrados 24 jazimentos de argila, dos quais doze correspondem a minas (argileiras) em atividade. As produções declaradas variam de 150 a  $6.000\text{m}^3/\text{ano}$ , alcançando uma média de quase  $2.000\text{m}^3/\text{ano}$ . Os depósitos de argila apresentam morfologias lenticulares e encontram-se localizados predominantemente em terrenos aluvionares recentes, sendo observados também tanto sob a forma de elúvios de gnaisses do embasamento cristalino (argila refratária associada a caulim), como sobre calcários do Grupo Bambuí, onde constituem resíduos da lixiviação secular dos carbonatos.

#### 4.1.10 Brita (Granito industrial)

A produção de brita dá-se mormente através da exploração de ortognaisses e granitóides arqueanos (Complexos Caeté, Belo Horizonte etc.), terrenos em meio aos quais foram encontradas 23 pedreiras, e mais raramente a partir de outros tipos rochosos, como os calcários do Grupo Bambuí. O valor de comercialização situa-se em torno de 13 dólares/t, no caso da brita ser encaminhada para a construção civil. Não foram obtidos dados de produção e a maior parte das pedreiras (cerca de 70%) encontra-se desativada, quase sempre correspondendo a pequenas produções por iniciativa das administrações municipais, para fazer frente à necessidade de conservação da rede viária não asfaltada.

#### 4.1.11 Calcário

De um total de 37 jazimentos cadastrados na área da folha, observa-se que a produção está restrita a doze minas ativas localizadas nos municípios de Vespasiano, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, todas elas de calcário calcítico do Grupo Bambuí. Esses jazimentos têm características estratiformes e correspondem basicamente a grandes camadas espessas e contínuas, o que tem possibilitado a sua lavra mecanizada a céu aberto, num sistema de amplas bancadas; alguns corpos de calcário são lenticulares e encontram-se intercalados em ardósias da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí), mas o desmonte da espessa capa pelítica inviabiliza o aproveitamento econômico daqueles jazimentos.

As reservas totais conhecidas no início da atual década aproximam-se de 3,5 bilhões de toneladas (tabela 4.4) e os teores médios situam-se em torno de 53% de CaO, sendo os litótipos predominantes os calcários de composição calcítica, que, por definição, podem conter até 1,1% de MgO. Estes termos ricos em cálcio esporadicamente exibem passagens para outros com conteúdos magnesianos mais expressivos, sendo a variação total observada correspondente a  $0,1\% < \text{MgO} < 3\%$ , o que equivale a uma seqüência composicional calcário calcítico - calcário magnesiano - calcário dolomítico. Os teores máximos de MgO (3%) nos calcários da Formação Sete Lagoas ainda se encontram situados abaixo do limite superior de MgO (4,3%) admitido na fabricação de cimento. Algumas restrições podem ocorrer para aplicações mais nobres dos calcários, como é o caso da produção de carbureto de cálcio e cal virgem usados na indústria açucareira, quando os teores de MgO são maiores do que 2% (calcários dolomíticos).

Na base das unidades carbonáticas do Grupo Bambuí há descontinuidades tectônicas que conferem um relativo grau de aloctonia ao pacote sedimentar e são decorrentes da deformação epidérmica que afetou a borda do Cráton do São Francisco durante o Ciclo Brasileiro. Isto propiciou o desenvolvimento local de rochas marmorizadas, mas é só no contato com os quartzitos do Supergrupo Espinhaço, no limite oriental da bacia neoproterozóica, que se teve uma exploração de mármore em bases econômicas. As formações carbonáticas são comumente recobertas por um manto de alteração intempérica bastante argiloso, e esse material, quando constitui reservas geológicas expressivas, também tem sido utilizado na fabricação do cimento.

Tabela 4.4 – Dados econômicos dos jazimentos de calcários do Grupo Bambuí na Folha Belo Horizonte.

Município	Nº de jazimentos	Nº de minas	Reservas (t)			Produção em 1993 (t/ano)
			Medida	Indicada	Inferida	
Jaboticatubas	1	0	–	–	–	0
Lagoa Santa	6	3	68.046.230	83.586.062	22.958.565	1.338.348
Matozinhos	2	0	702.977.850	13.450.000	12.481.000	0
Pedro Leopoldo	4	3	639.916.364	531.198.478	281.434.933	2.348.705
Santa Luzia	4	1	35.296.520	26.779.400	13.536.912	21.600
Taquaraçú de Minas	1	0	10.200.000	48.300.000	83.500.000	0
Vespasiano	15	7	390.882.504	246.547.410	270.430.176	2.691.857
Total	33	14	1.847.319.468	949.861.350	684.341.586	6.400.510

O calcário pode ser considerado a principal substância mineral da área: admitindo um valor de cerca de 120 dólares/t para o produto transformado em cimento em Minas Gerais e tomando por base a produção média anual (1993) de pouco mais de 6,66 milhões de toneladas de calcário, obtém-se um valor equivalente a 800 milhões de dólares anuais.

As produções individuais nas minas ativas são variáveis desde alguns milhares até cerca de três milhões de toneladas por ano. As maiores produções de calcários calcíticos têm sido registradas no município de Vespasiano (ver gráfico da figura 4.3), com uma tendência a serem superadas pelo montante da mineração realizada no município de Pedro Leopoldo.

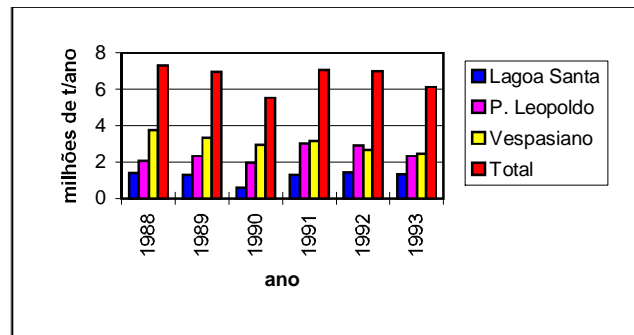


Figura 4.3 – Produções acumuladas de calcário calcítico (em milhões de toneladas/ano) na Folha Belo Horizonte, no período 1988-1993. (Fonte: RAL's, DNPM).

#### 4.1.12 Calcário Dolomítico e Dolomito

Enquanto na Formação Sete Lagoas ocorrem, de maneira bastante subordinada, alguns corpos de calcários dolomíticos com teores de MgO de até 3 %, na paleoproterozóica bacia da Formação Gandarela (Supergrupo Minas) é comum a existência de estratos e lentes de dolomitos calcíticos (limites de teores iguais a 10,8 e 19,5 % de MgO) e dolomitos (para MgO > 19,5 %). Os dolomitos, como têm sido genericamente denominadas as rochas carbonáticas da Formação Gandarela, apresentam

conteúdos médios de 19% de MgO e 30% de CaO, e apenas na pedreira situada nos limites urbanos de Belo Horizonte (Acaba Mundo) foram descritos materiais com até 40% de MgO, o que caracteriza carbonatos do tipo magnésita.

As reservas geológicas avaliadas nessas cerca de duas dezenas de lentes de rochas dolomíticas são geralmente pequenas e inferiores a 10 milhões de toneladas. Não há dados disponíveis sobre a produção atual ou passada, mas dominam as pedreiras abandonadas. O seu uso tem sido feito sob a forma de insumos na agricultura (corretivo de

solo) e na construção civil (brita e pedra de calçamentos, nas tonalidades creme e marrom).

#### 4.1.13 Cascalho

O aproveitamento de cascalhos dá-se mormente na construção civil local e na recuperação de estradas vicinais. Há produção de cascalhos em leitos de rios (sedimentos ativos quaternários) e terraços terciários, em particular ao longo do curso do rio das Velhas, para suprir o mercado consumidor de materiais de construção na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A tendência atual é de um gradual aumento na produção obtida nos 48 depósitos cadastrados durante os trabalhos de campo.

As zonas de maior potencialidade para atender esse aumento, estimulado e pressionado pelo correspondente crescimento na demanda, residem nos aludidos terraços sedimentares situados no vale do rio das Velhas, devido ao grande volume e excepcional qualidade do material, bem como à facilidade de acesso e de extração. Por serem depósitos situados em níveis topográficos geralmente bastante superiores aos das planícies aluviais inundáveis, o seu aproveitamento não sofre limitações de ordem sazonal. Além disso, em alguns segmentos tais depósitos ainda contêm ouro e podem ser utilizados também para a produção de quartzo.

A grande maioria dos jazimentos cadastrados encontra-se em exploração e essas lavras geralmente são de pequeno porte, com produções variáveis num amplo intervalo de 100 a 72.000m<sup>3</sup>/ano. Os jazimentos com as produções mais expressivas estão concentrados na região denominada Bairro do Amaral.

#### 4.1.14 Cianita

Uma única ocorrência de cianita foi encontrada na região do córrego Jacu, a SE de Caeté, dentro de um contexto de xistos do Grupo Nova Lima fortemente deformados e hidrotermalizados na Faixa Geriza. Embora haja outras referências sobre mineralizações de cianita no Quadrilátero Ferrífero, talvez posicionadas sempre em zonas de descontinuidades geológicas, o histórico do seu aproveitamento econômico lhes é bastante desfavorável, ou seja, não há um registro de explorações visando essa substância mineral, devido ao pequeno porte dos jazimentos.

#### 4.1.15 Mármore

Em meio à seqüência metamorfozizada das rochas supracrustais paleoproterozóicas do Grupo Itabira há lentes de calcários marmorizados da Formação Gandarela, numa transformação que se deu durante as tectônicas transamazônica e brasílica. Um exemplo, e o único de mármore estudado nessas condições geológicas, é o de Morro São Francisco, próximo à cidade de Sabará, onde foram quantificadas reservas totais de pouco mais de 2 milhões de toneladas.

As ocorrências de mármore no interior do Grupo Bambuí não têm despertado maior interesse, devido ao diminuto volume dos corpos, cabendo apenas destacar a potencialidade para tais jazimentos ao longo do contato por falhamento inverso com os metassedimentos do Supergrupo Espinhaço.

#### 4.1.16 Quartzo

Veios de quartzo encaixados em rochas granito-gnáissicas arqueanas e nas seqüências supracrustais arqueanas a paleoproterozóicas têm sido submetidos a uma exploração mecanizada, principalmente nas regiões de Santa Luzia e Jabuticatu-bas, e o maior uso dessa substância é na indústria siderúrgica. Na área do Complexo Belo Horizonte (fazendas Macaúbas e Engenho) a produção de quartzo alcançou 70.000t/ano (1992).

Uma fonte alternativa de quartzo reside nos terraços de sedimentos cenozóicos encontrados ao longo do vale do rio das Velhas, tanto no Quadrilátero Ferrífero como nas áreas situadas a jusante, de dispersão lateral. As pilhas de material lavado pelos Bandeirantes, ainda nos primeiros estágios de exploração do ouro (século XVIII), podem ser avaliadas preliminarmente como constituindo reservas de alguns milhões de metros cúbicos. Devido ao seu elevado grau de pureza, elas já vêm sendo utilizadas como fonte dessa substância, na região de Lagoa Santa.

#### 4.1.17 Quartzito

Na área há dois corpos de quartzitos com reservas avaliadas. No primeiro deles, em Pedra Grande, pesquisado como quartzito industrial, foi caracterizado um depósito com cerca de 47 milhões de toneladas em meio ao Supergrupo Espinhaço. Uma lavra intermitente de quartzito, com produção de

3.400 toneladas em 1990, encontra-se na fazenda dos Pinheiros, num domínio integrante do Supergrupo Rio das Velhas.

## 4.2 Metalogenia das Substâncias Metálicas

### 4.2.1 Ferro

Na área estão presentes dois tipos principais de mineralizações de ferro, sob a forma de grandes jazimentos estratiformes de formações ferríferas bandadas, a saber: os jazimentos contidos na seqüência metavulcano-sedimentar arqueana do Grupo Nova Lima (*greenstone belt* Rio das Velhas) e aqueles correspondentes à Formação Cauê do Supergrupo Minas. Em função das reservas gigantescas, altos teores médios de metal contido e topografia favorável, entre outros fatores, apenas o segundo destes tipos tem sido explorado economicamente durante o atual século.

Entretanto, as diferenças entre os dois tipos de formações ferríferas ultrapassam em muito a questão do seu aproveitamento pela indústria da mineração. Para as litologias ricas em minerais de ferro encontradas no Grupo Nova Lima pode ser presumido facilmente um vínculo com fenômenos exalativos proximais a distais associados ao magmatismo inicial, de fundo oceânico, que edificou parte da pilha supracrustal constituinte do *greenstone belt*. Essa associação caracteriza as formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, que têm uma presença expressiva nas unidades basal (Ouro Fino) e média (Santa Quitéria) do Grupo Nova Lima; na primeira, as ffb's seriam do tipo proximal ou vulcex, e no outro caso podem ser enquadradas nos tipos medial a distal ou sedex.

Já no que se refere à Unidade Cauê, observa-se uma sedimentação química em condições de plataforma estável, equivalente ao ambiente tectônico das margens passivas preconizado pela moderna tectônica de placas, tipificando depósitos de ferro do tipo Lago Superior. Os vestígios dessa paleoplataforma continental, sobre a qual se assentaram os itabiritos Cauê, são ainda encontrados desde a porção mais meridional do Cráton do São Francisco, onde integram o Lineamento Jeceaba-Bonsucesso, estendendo-se seguramente até o núcleo antigo retrabalhado, na região de Itabira, no nordeste do Quadrilátero Ferrífero. Caso se confirme o caráter cronocorrelato das formações itabiríticas existentes na Faixa Serro-Morro do Pilar e na região de Guanhões, a extensão mínima dessa bacia

marginal paleoproterozóica era de aproximadamente 400km.

A inexistência de jazimentos hodiernos comparáveis a essas enormes acumulações arqueanas a paleoproterozóicas vem impondo sérias restrições às hipóteses (Barry-Maynard, 1983) tanto sobre a origem dos precursores mineralógicos das formações ferríferas bandadas (no caso do cherte e dos hidróxidos de ferro originais), como das condições físico-químicas (atmosfera redutora ou oxidante) dominantes no Neoarqueano e Paleoproterozóico, além de problemas na identificação das fontes do metal (vulcânico-exalativas, erosão continental etc.) e a intensidade da influência biológica (bacteriana?). Ainda assim, esses corpos têm sido considerados singenéticos, uma vez que as acumulações de ferro ocorreram junto com a sedimentação.

Muitos corpos de minério de ferro da Formação Cauê são compostos essencialmente de hematita compacta e dura, caso em que sempre são ricos em ferro e constituem muitos dos picos topograficamente realçados no perfil das serras que delineiam a complexa estrutura do Quadrilátero Ferrífero, integrando-se com a própria história da ocupação humana da região a partir do século XVII. Para tais corpos, a hipótese mais aceita sobre a sua gênese é a que favorece os fenômenos de concentração diagenética a partir das camadas itabiríticas, em contraposição às teorias apoiadas essencialmente em processos de concentração hidrotermal-isometassomáticos.

Um tipo particular de formação ferrífera igualmente existente na Unidade Cauê refere-se às denominadas jacutingas, intercaladas nas camadas de itabiritos e distinguidas pelo seu aspecto friável, pulverulento, atribuível às alterações superficiais.

### 4.2.2 Ouro

A situação atual mostra que o nível dos conhecimentos específicos sobre os processos genéticos que levaram às mineralizações auríferas do Quadrilátero Ferrífero ainda é bastante limitado. Este aspecto é ilustrado, por exemplo, pela pequena quantidade de dados disponíveis sobre a idade das rochas encaixantes/hospedeiras; pelas incertezas que perduram na petrogênese de alguns tipos líticos, como os xistos carbonáticos denominados de Lapa Seca (Grupo Nova Lima); e no desconhecimento ainda muito elevado das principais características físico-químicas dos fluidos mineralizantes, como as suas faixas de temperatura e sali-

nidades, bem como dos parâmetros relativos aos isótopos estáveis (C, O, S e deutério).

Outros fatores restritivos referem-se à indefinição das épocas de constituição dos jazimentos e na análise das deformações superimpostas. Desta forma, sem um volume adequado de produção de dados técnicos especializados, a discussão sobre as mineralizações auríferas presentes na pilha de rochas supracrustais da região tem se limitado à apreciação dos principais modelos genéticos vertidos na literatura internacional, utilizando particularmente os tipos caracterizados como metamórfico-hidrotermais (epigenéticos) e os de exalações submarinas (singenéticos).

Nos jazimentos de ouro primário do Quadrilátero Ferrífero, este metal encontra-se quase que exclusivamente associado a sulfetos, seja no interior ou nos contatos entre grãos dos mesmos. A exceção reside em alguns corpos de quartzo cinzento ("enfumaçado"), praticamente monominerálicos e posicionados dentro do Grupo Nova Lima, onde o ouro ocorre com um elevado grau de liberação. Ouro livre também é encontrado nos metaconglomerados (paleopláceres) da Formação Moeda, na base do Supergrupo Minas e, obviamente, nas zonas de alteração superficial dos depósitos sulfetados.

A grande maioria das mineralizações de ouro apresenta características de substituições confinadas a certas unidades liticas (tipo *stratabound*), com destaque para as camadas de formações ferríferas bandadas e metacherte, além de rochas metamáficas integrantes da seqüência metavulcano-sedimentar. Os registros dessas últimas, muitas vezes têm sido interpretados como correspondentes a rochas metavulcânicas. Ainda no contexto do *greenstone belt* Rio das Velhas, um número apreciável de jazimentos, embora consideravelmente menor, encontra-se alojado em rochas interpretadas como metavulcânicas ácidas e em metassedimentos.

Com relação à tectônica, as pesquisas denotaram um marcante controle estrutural no atual posicionamento da grande maioria dos corpos de minério. Este controle está relacionado a uma lineação de estiramento com atitude do máximo em torno de 113°/31° (ver figura 4.4), decorrente de uma deformação em domínio dúctil e que conferiu uma morfologia linear aos corpos, junto com um apreciável transporte de massa no sentido de WNW. Ainda constitui um objeto de discussão a influência relativa de cada uma das deformações (arqueana e os ciclos proterozóicos Transamazônico e Brasileiro) na constituição da geometria final do distrito do

Quadrilátero Ferrífero e suas mineralizações auríferas. Alguns veios mineralizados, discordantes em relação à foliação penetrativa que deforma os litótipos do Grupo Nova Lima, exemplificam a intervenção de fluidos epigenéticos.

Quanto à idade dos jazimentos, datações dos sulfetos das minas de São Bento e Raposos forneceram uma idade em torno de 2,65Ga, conforme dados de equipe do USGS (deWitt, 1995, comunicação oral) e considerada como indicativa de processos singenéticos de mineralização. Contudo, esta idade difere em mais de 100Ma daquela obtida para zircões de rochas metavulcânicas ácidas da pilha supracrustal (ver capítulo relativo à estratigrafia).

Ainda há um relativo desconhecimento das características dos fluidos que produziram a maioria das mineralizações; os avanços mais notáveis são pertinentes às minas de Raposos, Cuiabá (Ribeiro-Rodrigues, 1998) e Grande (Ladeira, 1980a).

Conforme exposto na tabela 4.3, que representa apenas uma classificação tipológica das mineralizações, há uma grande diversidade de jazimentos auríferos primários presentes na área, bem como um número bastante elevado de cada um desses tipos, devendo ser destacados os seguintes:

a) jazimentos associados à seqüência metavulcano-sedimentar arqueana (*greenstone belt* Rio das Velhas):

– mineralizações *stratabound* hospedadas em formações ferríferas bandadas (ffb's), integrantes do fundo oceânico que veio a constituir parte do Grupo Nova Lima. Merecem um destaque especial as ffb's de fácies óxido (a exemplo das contidas na mina de Raposos) e carbonato (tipificadas pelas existentes nas minas de Raposos e Cuiabá; Ribeiro-Rodrigues, 1998). Esses jazimentos podem atingir volumes expressivos, com dezenas de milhões de toneladas de minério aurífero, ocorrendo intercalados em meio a rochas metavulcânicas (ffb's proximais?) e metapelitos (ffb's mediais a distais?). As determinações de idade (baseadas em isótopos contidos nas fases sulfetadas) apontam no sentido de eventos mineralizantes ocorridos ainda durante o Neoarqueano (deWitt, 1995, comunicação oral), mas que não foram necessariamente coevos em relação aos fenômenos exalativos submarinos. Os controles estruturais ainda não se encontram claramente estabelecidos, mas durante a constituição dos jazimentos salienta-se a importância dos metalotectos litológicos (as ffb's e os xistos máficos), que controlaram a deposição dos fluidos hidrotermais auríferos devido à alta reatividade dos carbo-



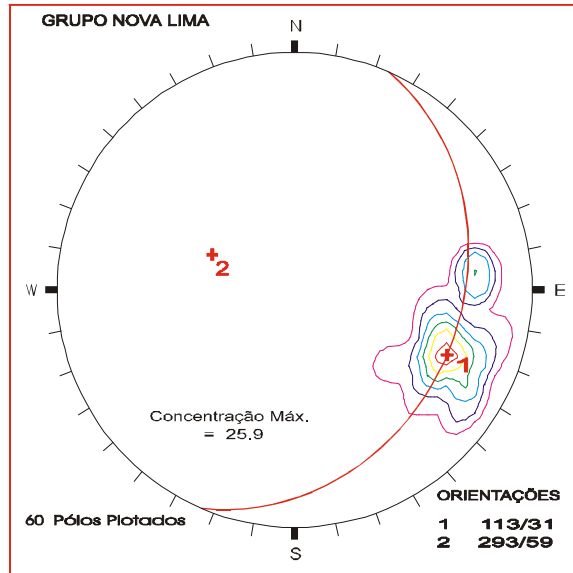


Figura 4.5 – Estereograma das atitudes (sentido e caimento) dos corpos de minério aurífero do Grupo Nova Lima na região de Caeté, Nova Lima, Raposos e Sabará.

natos e outros minerais de ferro. Ao longo desses estratos carbonáticos-ferríferos podem ser observadas irregularidades mais ou menos pronunciadas nos limites e na geometria geral dos corpos de minério, sugestivas de um metamorfismo hidrotermal dentro dos preceitos visualizados por Phillips (1985). Junto com um zoneamento na distribuição espacial das fases sulfetadas, tais aspectos são indicativos de uma interveniência de processos mineralizantes epigenéticos. A estes últimos encontram-se superimpostas acentuadas deformações por dobramentos (neoarqueanos?), com concentrações auríferas secundárias em zonas de charneiras. Também ocorrem mineralizações em zonas de cisalhamento atribuíveis a eventos ocorridos durante o desenvolvimento do Ciclo Transamazônico (Paleoproterozóico), responsável pelo transporte tangencial (escamas de empurrão) de grandes massas rochosas no sentido de WNW, junto com uma rotação dos elementos estruturais arqueanos e um notável estiramento dos corpos de minério. A influência das deformações brasilianas, neoproterozóicas, sobre a gênese dos jazimentos auríferos, parece ter sido exagerada em trabalhos anteriores;

– camadas de metacherte sulfetado, como em parte dos jazimentos do Lamego, onde também se fazem presentes mudanças faciológicas para termos cada vez mais ricos em ferro;

– veios de quartzo sulfetados, nitidamente epigenéticos e não raro contendo uma fração mineralógica carbonática relevante. Apresentam comumente uma forma lenticular, ou mesmo de *charutos* estruturalmente controlados pela direção de estiramento tectônico, e por vezes são grosseiramente concordantes com os estratos encaixantes, constituindo então os corpos antigamente denominados de “vieiros-camadas”. Alguns desses corpos podem ter o significado de remobilizações e/ou recristalizações metamórficas, de baixo grau de aloctonia. Quando a granulação é muito fina, podem ser confundidos com camadas de metacherte;

– xistos carbonatados correspondentes às litologias denominadas genericamente de Lapa Seca. Expostas particularmente na região de Nova Lima, segundo uma faixa de direção NW-SE onde se insere a centenária mina Grande, essas rochas estão intimamente associadas com grandes zonas de silicificação e o minério contém sempre abundantes carbonatos de cálcio, magnésio e ferro. A mineralização da mina Grande distingue-se pela escala quilométrica e o arranjo geométrico segundo uma lineação mergulhante aproximadamente para leste. As hipóteses genéticas contemplam desde processos singenéticos (por exemplo, Ladeira, 1980a) de alteração das rochas hospedeiras e concentração do ouro, até um metamorfismo hidrotermal proterozóico (Vial *et al.*, 1987; Vieira, 1988, 1991);

– zonas de alteração hidrotermal, com intensas transformações das rochas encaixantes e/ou hospedeiras originais pelos processos de sericitização, cloritização, silicificação, carbonatação, sulfetação, epidotização etc, e incidentes tanto em charneiras de dobras amplas, como em rampas laterais e frontais associadas a eventos tectônicos compressivos. A mina tipo desses jazimentos é a de Juca Vieira, no município de Caeté, onde se destaca uma disposição concêntrica ou especular do zoneamento da alteração, e uma morfologia linear do corpo de minério, denunciando um forte controle tectônico e um fluxo focalizado dos fluidos mineralizantes (Vieira, 1988, 1991);

b) jazimentos associados a seqüência metassedimentar paleoproterozóica (Supergrupo Minas):

– nos metassedimentos da Formação Moeda, que constituem a unidade basal do Supergrupo Minas, há evidências de acumulações auríferas detriticas relativamente expressivas em metaconglomerados da sinclinal de Gandarela (e mais ao sul da área, na sinclinal de Ouro Fino), depositados em paleocanais fluviais (Renger *et al.*, 1988; Minter *et al.*, 1990), com uma grande semelhança tipológica

em relação aos importantes depósitos de ouro nos leques aluviais proximais a distais de Witwatersrand, na África do Sul. Dentro da Folha Belo Horizonte tais depósitos rudáceos não apresentam concentrações auríferas economicamente relevantes, talvez devido a uma relativa instabilidade do bloco continental durante a deposição da seqüência sedimentar, na transição do Arqueano para o Paleoproterozóico;

– nas formações ferríferas da Formação Cauê (Grupo Itabira), particularmente nos itabiritos friáveis denominados de “jacutingas”, há concentrações de ouro bastante erráticas, ainda que de médio a alto teor e eventualmente com volumes apreciáveis, a exemplo das encontradas na antiga mina de Gongo Soco. A hipótese genética mais provável para esse tipo compreende uma concentração supergênica do ouro superimposta a uma mineralização epigenética primária, associada à circulação de fluidos hidrotermais.

c) jazimentos detriticos em pláceres cenozóicos (ouro secundário):

– ao longo de todo o curso do rio das Velhas são encontrados terraços terciários a quaternários constituídos de depósitos de cascalhos e conglomerados cimentados por limonita (os “congelados”), cujas dimensões aumentam substancialmente de Santa Luzia, no sul, para Fidalgo, no norte, e que foram muito lavrados no passado para extrair o ouro contido na matriz. Nos seus níveis mais elevados, tais terraços ostentam um vínculo com as pedimentações ocorridas durante a atuação do Ciclo erosivo Velhas, plio-pleistocênico, e, em menor proporção, do Ciclo Sul-Americano, que se estendeu até o Terciário Médio;

– os jazimentos auríferos mais recentes encontram-se nas aluviões quaternárias da região, com destaque para os sedimentos ativos e/ou acumulados na planície do rio das Velhas.

#### 4.2.3 Manganês

As concentrações supergênicas de manganês na área são pequenas e restritas às áreas de ocorrência de rochas carbonático-ferríferas do Grupo Itabira e pelítico-carbonáticas do Grupo Bambuí. Em ambos os casos parecem ter prevalecido as condições primitivas de sedimentação química em ambientes marinhos plataformais, globalmente tão comuns (Barry-Mainard, 1983), onde ocorreram discretas acumulações de óxidos e hidróxidos de manganês, e sucedidas, muito posteriormente,

pelo enriquecimento sob condições de alteração próximo à superfície atual do terreno.

#### 4.2.4 Antimônio

O jazimento antimôniofero de Olhos d'Água, ao lado da rodovia Belo Horizonte-Rio de Janeiro, encontra-se alojado na Formação Gandarela, numa situação em que tanto o minério como a rocha encaixante já se encontram bastante meteorizados. É provável que a morfologia *stratabound* da mineralização, de espessura decimétrica e estrutura bandada, seja decorrente de uma substituição dos estratos carbonáticos daquela unidade por fluidos hidrotermais.

### 4.3 Áreas de Potencialidade Mineral

#### Área I

Corresponde a um conjunto de jazimentos auríferos com morfologia *stratabound* hospedados em formações ferríferas bandadas (ffb's) das fácies carbonato e óxido, por sua vez intercaladas em xistos pelíticos carbonosos e metavulcânicas (?) máficas a ultramáficas (ffb's proximais), integrantes da Unidade Ouro Fino. Este conjunto constitui a mina de Raposos é representado pelos corpos denominados Espírito Santo, Três Vinténs, Poço 4, Corpo E-W, Sumidouro, Santa Cruz e Santa Catarina. A reserva total de minério é de aproximadamente 4,5 milhões de toneladas e os teores médios correspondem a 6,3g/t de Au, 0,1g/t de Ag, 0,6% de As e 3,4% de S. O minério sulfetado é constituído de pirita, pirrotita, arsenopirita, calcopirita, galena, esfalerita e bornita; os óxidos presentes são a magnetita, a ilmenita e a hematita, enquanto que a ganga é composta à base de quartzo, siderita e calcita. A mineralização aurífera foi definida como neoarqueana (cerca de 2,65Ga; deWitt, 1995) e apresenta um *plunge* com atitude 100°/36°, denotando um controle tectônico provavelmente derivado da deformação transamazônica; neste sentido, cabe destacar que o pacote de rochas supracrustais encontra-se cortado por diques de metadiabásio, possivelmente mesoproterozóicos.

#### Área II

Compreende um grande número de jazimentos auríferos intimamente associados a formações fer-

ríferas bandadas das fácies carbonato e óxido e camadas de metacherte, intercaladas em xistos pelíticos carbonosos (ffb's mediais a distais das unidades Mestre Caetano, Córrego do Sítio e Mindá). Os maiores volumes de minério aurífero da Folha Belo Horizonte apresentam esta tipologia, sendo ali conhecidas, no momento, reservas totais superiores a 15 milhões de toneladas. As concentrações do metal não raro atingem níveis bastante elevados, com teores médios acima de 8g/t de Au; normalmente vários corpos menores constituem os jazimentos, como na mina de Cuiabá e nas regiões das escavações do Lamego (Carruagem, Queimada, Arco da Velha, Arco Sul, Cabeça de Pedra, Paredão etc.) e Terras do Capão (Urubu, Sabará, Cabeça de Boi etc.). Esses corpos têm uma característica morfologia do tipo *stratabound*.

Uma outra forma de ocorrência do ouro, dentro dessa área, dá-se em veios ou massas de quartzo ± carbonato, que tanto ocorrem seccionando a foliação das rochas encaixantes (quartzo-clorita-carbonato-sericita xistos) como são concordantes com a mesma, a exemplo dos corpos da fazenda dos Cristais.

Todos esses jazimentos apresentam, em comum, um forte controle estrutural definido por uma lineação de estiramento, associada a um evento de deformação tangencial ( $D_n$ ) reportado ao Ciclo Transamazônico; essa lineação, como também os corpos de minério, encontra-se disposta, em média, com um caimento em torno de 30-35° no sentido do azimute 115°. Portanto, são corpos lenticulares e alongados, muitas vezes bastante contínuos em profundidade (mínimo de várias centenas de metros), e que costumam ser descritos como "charutos".

Além da mina de Cuiabá, que constitui o principal depósito aurífero do Quadrilátero Ferrífero, outros jazimentos importantes de ouro são encontrados em Sabará (Terras do Capão) e Lamego; os dois últimos representam áreas com estudos mais recentes e são bastante promissores em termos do seu aproveitamento econômico. É digna de nota a anomalia eletromagnética detectada na região do Lamego, coincidente com corpos de minério sulfetado.

### Área III

Compreende jazimentos auríferos associados a xistos carbonáticos (quartzo-ankerita xistos), denominados localmente de Lapa Seca, que encerram minas famosas como a Grande e a Velha, além da

mina do Galo, todas situadas nas proximidades de Nova Lima. Nas duas primeiras, as reservas conhecidas superam em pouco a 6,5 milhões de toneladas de minério aurífero com um teor médio de 8,5g/t de Au, 4g/t de Ag, 2,2% de As e 8% de S, que constituem os elementos aproveitados economicamente nas últimas décadas. Destaca-se também o teor de cobre, com 0,11% de metal contido. Próximo à superfície do terreno, esses depósitos encontram-se intensamente meteorizados e com um alto grau de liberação do ouro, o que propiciava os antigos processos de concentração gravimétrica e motivou o seu amplo aproveitamento. Abaixo da zona de oxidação, os xistos carbonáticos, intercalados em xistos/filitos carbonosos, exibem um minério constituído à base de sulfetos (pirrotita, arsenopirita, pirita, calcopirita, galena, esfalerita, bornita e gersdorffita) e ganga (quartzo, calcita, dolomita, siderita, ankerita e albita).

As mineralizações exibem um forte controle tectônico, comportando-se os corpos de minério como lineações contidas em planos de cisalhamento subverticais e cujo caimento diminui em profundidade para algo em torno de 10°. Este aspecto estrutural tem propiciado a formulação de hipóteses epigenéticas sobre a constituição dos jazimentos, como a percolação focalizada de fluidos hidrotermais, nos quais o ouro (bem como a prata) encontrava-se complexado com o enxofre, e a sua deposição ao longo de planos de cisalhamento. De qualquer maneira, independentemente da sua gênese, o jazimento da mina Grande atesta a escala quilométrica (segundo o comprimento) que as concentrações auríferas, ao menos as de maior porte, podem atingir no Quadrilátero Ferrífero.

### Área IV

Nesta área encontram-se reunidos alguns depósitos auríferos equivalentes às denominadas "minas antigas", que no caso dos corpos de Roça Grande (CVRD) vieram a ser caracterizados como jazidas de pequeno porte e onde já se encontra em fase de implantação um novo projeto de exploração mineral a céu aberto. Também apresentam alguma importância econômica os jazimentos da fazenda Geriza.

As mineralizações auríferas do tipo *stratabound* estão contidas principalmente em camadas de metassedimentos químicos (metacherte e formações ferríferas bandadas) associadas a metassedimentos pelíticos (quartzo-clorita xistos e quartzo-sericita-grafita xistos) e metavulcânicas do Gru-

po Nova Lima (unidades Ouro Fino e Morro Vermelho) e outras foram caracterizadas como veios de quartzo. A paragénese mineral é variada e compreende quartzo, carbonatos (siderita e dolomita), clorita, grafita, oligoclásio, pirita, arsenopirita, pirrotita, esfalerita e calcopirita.

Enquanto as foliações metamórficas exibem uma direção meridiana modificada no segmento setentrional, com uma acentuada inflexão para ENE, os corpos de minério encontram-se frequentemente com um *plunge* em torno de  $100^{\circ}/30^{\circ}$ , denotando um forte controle tectônico no seu posicionamento final. Uma anomalia eletromagnética coincide com grande parte da área delimitada.

### Área V

A região que se estende de Juca Vieira e das minas do Carrapato no sentido da Rocinha (Capitão Jimmy) apresenta uma deformação marcante segundo a direção ESE-WNW e congrega diversas "minas antigas" como as Carrancas, Viracopos, Tinguá, Cedro, Borges etc., além das acima citadas. Neste contexto foram encontradas centenas de galerias antigas, mas de um modo geral os teores e/ou reservas de ouro se revelaram desinteressantes para ensejar um prosseguimento das pesquisas. A única exceção parece residir na mina de Juca Vieira (MMV), com cerca de 320.000 toneladas de minério com um teor de 5,3g/t, mas também foi paralisada recentemente devido à queda na cotação internacional do metal. O ouro está contido principalmente em veios de quartzo e formações ferríferas bandadas alternadas com xistos máficos a ultramáficos (plagioclásio-clorita-anfibólio xistos, talco xistos), metapelitos (quartzo-sericita-carbonato xistos e grafita xistos) e metagrauvacas das unidades Ouro Fino, Morro Vermelho e Ribeirão Vermelho. A composição mineral dos minérios auríferos comumente contém quartzo, carbonatos e sulfetos (arsenopirita, pirita, pirrotita, calcopirita, galena, esfalerita e estibinita). Uma forte anomalia geofísica eletromagnética coincide com a região mineralizada de Juca Vieira, junto com anomalias geoquímicas de Au e As em sedimentos de corrente e concentrados de bateia.

### Área VI

Compreende um grande número de "minas antigas" distribuídas desde a região de Juca Vieira para norte, no sentido da serra da Piedade, passando ao lado de Caeté. Os corpos de minério cor-

respondem a veios de quartzo, formações ferríferas bandadas e metacherte, sendo que estas últimas encontram-se intercaladas com xistos máficos e metapelitos da Unidade Ouro Fino. Os corpos de minério são geralmente pequenos, com reservas de poucas dezenas de milhares de toneladas, exceção feita ao conjunto de corpos da mina da Catita. Na gênese desses corpos parece ter havido o concurso tanto de processos hidrotermais francamente epigenéticos, gerando os depósitos de veios de quartzo aurífero (Catita, Pacóbio, Morro do Adão, José Fernandes etc), como de exalações submarinas no fundo oceânico (Severino e Ouro Fino). Também nesta área há intensas zonas de anomalias geofísicas (eletromagnéticas) e geoquímicas (ouro e arsênio em sedimentos de corrente).

### Áreas VIIa,b,c

As formações ferríferas bandadas do tipo Lago Superior, integrantes da Formação Cauê (Grupo Itabira, do Supergrupo Minas), constituem gigantescos depósitos de ferro distribuídos ao longo das serras do Curral e da Piedade (Área VIIa), do Piacó, da Paula e do Congo Velho (Área VIIb) e do Baú (Área VIIc). Estas acumulações de ferro ocorreram na transição do Arqueano para o Paleoproterozóico, em ambiente plataformar. Nestes locais há um grande número de jazidas e minas ativas a céu aberto, com destaque para as de Águas Claras (MBR, na serra do Curral), do Gongo Soco (SOCOIMEX, município de Barão de Cocais) e do Córrego do Meio (SAMITRI, na serra do Curral). As reservas totais aproximam-se de 2,2 bilhões de toneladas de minério de ferro e apresentam um teor médio em torno de 53% de metal contido.

Os minérios são constituídos principalmente por corpos estratiformes de itabiritos e de hematita pulverulenta, eventualmente de hematita compacta, facilmente reconhecidos pelo seu relevo realçado e pelas fortes anomalias magnéticas detectadas através dos aerolevantamentos geofísicos. Os dados de prospecções geoquímicas exibem uma incidência de anomalias de Au, As e Sb, em especial nas amostras de concentrados de bateia.

Em alguns locais, como nas fazendas Gongo Soco e Taquaril, podem ocorrer importantes concentrações auríferas associadas às denominadas "jacutingas", que correspondem a formações ferríferas pulverulentas. A sua gênese ainda constitui matéria duvidosa, sendo possível a interveniência de fluidos/alterações hidrotermais associadas a

outras de caráter meteórico. Além do ouro, há ainda algumas referências a depósitos de manganês associados aos estratos itabiríticos, mas na área da Folha Belo Horizonte as análises disponíveis dos minérios mostraram apenas valores ao nível do teor de fundo em tais rochas.

### Áreas VIIIa,b,c

Ao longo da estrutura da serra do Curral, bem como nos flancos ocidental (serras da Paula e do Congo Velho) e oriental (serra do Baú) da sinclinal da Gandarela, há um grande número de ocorrências e minas inativas de calcários dolomíticos e dolomitos da Formação Gandarela (Grupo Itabira, do Supergrupo Minas). Essas rochas resultam de uma sedimentação química em ambiente de plataforma (interna) estável. Foram cadastrados cerca de 20 jazimentos com reservas estimadas de 22 milhões de toneladas, cabendo ressaltar que não há dados disponíveis para a grande maioria dos mesmos. As poucas análises químicas registradas forneceram teores médios de 19% de MgO e 30% de CaO.

No interior das camadas dolomíticas têm sido relatadas diminutas concentrações de carbonatos secundários de cobre (malaquita), mas sem expressão econômica. O mesmo ocorre com relação a óxidos e hidróxidos de manganês, a exemplo do indício descrito em trabalhos antigos na região da fazenda Mato Dentro, na vertente oriental da serra da Paula.

Na serra do Curral, mais especificamente na localidade de Olhos d'Água e próximo ao vértice sudoeste da folha, durante alguns anos da década de 70 foi lavrado, a céu aberto, um pequeno jazimento *stratabound* contendo minerais oxidados de antimônio; as reservas avaliadas eram de 7.000 toneladas de minério com um teor médio de 30,7% de Sb, e a lavra do minério foi logo desativada devido à interferência com a expansão urbana. Várias anomalias desse elemento foram detectadas em sedimentos de corrente ao longo da vertente ocidental da referida serra, indicando uma provável existência de outros jazimentos similares ao de Olhos d'Água, para cuja gênese pode ser aventado um fluxo focalizado de fluidos hidrotermais ricos em antimônio e enxofre, produzindo-se substituições epigenéticas dos estratos carbonáticos. A complexa composição mineralógica, oxidada, ali observada, resulta de alterações superficiais (meteóricas) recentes.

### Áreas IXa,b,c,d,e,f

Na área de ocorrência da Formação Sete Lagoas, do Grupo Bambuí, estão compreendidos pouco mais de três dezenas de jazimentos de calcários de cor cinza a cinza-escuro, depositados num sistema progredente em ambiente plataformar. Os corpos (estratiformes) de maiores dimensões e continuidade lateral dessas rochas encontram-se situados no quadrante noroeste da Folha Belo Horizonte, na região de Vespasiano, Lagoa Santa, Lapinha e Fidalgo. Apresentam intercalações de filitos, ardósias e calcifilitos; em zonas de falha pode ocorrer uma marmorização localizada dos calcários. As suas reservas totais foram estimadas em cerca de 3,5 bilhões de toneladas, com teores de CaO variáveis entre 42 e 55%, ao passo que os de MgO situam-se entre 0,1 e 3%. A grande maioria das 14 minas existentes na região encontra-se em atividade e tem produzido aproximadamente 6,5 milhões de toneladas anuais de calcário (dados de 1989 a 1993).

As áreas selecionadas encerram ainda uma ambiência relativamente favorável também para jazimentos de chumbo e zinco; este aspecto é corroborado pela existência de pequenas concentrações sulfetadas desses metais a oeste dos limites da área estudada, nas regiões de Sete Lagoas e Inhaúma, bem como pela presença de anomalias isoladas de zinco (70 a 140ppm) em sedimentos de corrente.

### Área X

O vale do rio das Velhas ainda exhibe os resquícios da intensa atividade exploratória encetada pelos bandeirantes durante o primeiro ciclo do ouro em Minas Gerais, no século XVIII. Ali pode ser observado, praticamente ao longo de todo o seu curso, um grande número de escavações superficiais realizadas para a extração do ouro secundário contido na matriz de depósitos rudáceos fluviais. Nos níveis mais elevados das encostas daquele vale, a jusante da localidade de Santa Luzia, esses depósitos adquirem uma maior expressão superficial, constituindo terraços sedimentares terciários, de idades progressivamente mais jovens no sentido do talvegue, onde dominam as aluviões quaternárias (recentes).

Desde aqueles tempos já foi lavrada uma grande parte do material sedimentar relativamente consolidado dos terraços, talvez mais da metade do volume original. Não há dados sobre os teores de ouro, mas é possível que os mesmos sejam superiores

aos encontrados nas aluviões recentes do rio das Velhas, onde foram avaliadas reservas totais de cerca de 147 milhões de toneladas com um teor de 0,1g/t de Au.

Os rejeitos daquela exploração antiga encontram-se ainda organizados sob a forma de pilhas bastante contínuas de cascalho de composição essencialmente quartzosa, motivo pelo qual podem ser utilizados facilmente tanto na construção civil, como na indústria siderúrgica.

Porções menores dos terraços ocorrem nas áreas contíguas, confundindo-se com os pedimentos (meteorizados) das superfícies Sul-Americana e Velhas, e podem ser a origem, por novo retrabalhamento superficial, de um expressivo número de anomalias de Au detectadas em concentrados de bateia, algumas das quais com 10ppm.

## Área XI

Dentre as várias regiões produtoras de areia para construção civil destaca-se uma concentração de explorações ao longo do curso do ribeirão da Mata, nas imediações de Vespasiano, até a sua confluência com o rio das Velhas. Em outros locais, como na fazenda Rio Preto e no rio Taquaraçú, a produção é aparentemente mais significativa, embora não haja dados para uma comparação mais precisa. O material extraído corresponde essencialmente a aluviões quaternárias.

### 4.4 Panorama Metalogenético

A metalogênese da área estudada encontra-se fortemente condicionada pela história evolutiva e os ambientes tectônicos em que se geraram as unidades líticas da infra-estrutura do Cráton do São Francisco e suas coberturas. Em decorrência da diversidade de ambientes, é marcante o contraste na densidade de mineralizações (e a sua importância econômica) existente entre a infra-estrutura plutônica dessa entidade e as rochas supracrustais, sejam elas seqüências metavulcano-sedimentares ou de cobertura, conforme exposto a seguir.

#### 4.4.1 Complexos Belo Horizonte e Caeté

No contexto dessas unidades encontram-se rochas granitóides resultantes de um ciclo neoarqueano com características regionais, que abrangem

grandes áreas do núcleo continental antigo. Esse evento apresenta uma certa contemporaneidade com o desenvolvimento do *greenstone belt* Rio das Velhas e foi sucedido por uma outra granitogênese, tardia em relação à fase de estabilização do núcleo primordial e da constituição de um típico terreno granito-*greenstone*.

Além do seu bombeamento, essas massas siálicas foram submetidas a uma gnaissificação parcial, em condições compatíveis com a fácies anfíbrito, com deformações através de regimes transcorrentes e, de uma maneira subordinada, de uma tectônica tangencial. O seu retrabalhamento deve-se ao Ciclo Transamazônico, durante o Paleoproterozóico, e, em menor proporção, ao Ciclo Brasileiro (Neoproterozóico), ao qual tem sido atribuído o desenvolvimento de algumas zonas de cisalhamento contracional, nas zonas de rampas frontais de escamas cristalinas de empurrão. Durante o Arqueano também ocorreram importantes deformações através de mecanismos de cisalhamento transcorrente.

Ainda não são devidamente conhecidos parâmetros como o grau de especialização geoquímica e o nível de erosão desses granitóides e ortognaisses. Contudo, a escassez de corpos pegmatíticos associados e a aparente ausência de concentrações metálicas de valor nos mesmos, certamente constituem características que apontam para uma baixa especialização geoquímica e/ou para um profundo nível de erosão dos plutonitos. Os granitóides do tipo I, bastante subordinados e tardios, poderiam ser investigados para mineralizações típicas do *trend* ígneo de médio-K, calcialcalino e metaluminoso.

No que se refere às atividades exploratórias em curso, deverá manter-se a utilização dos metagranitóides e ortognaisses, migmatíticos ou não, na obtenção de materiais de construção (com destaque para a brita), ao lado de alguns poucos pontos de produção de água mineral. Algumas anomalias geoquímicas de Au detectadas através da amostragem de concentrados de bateia são essencialmente provenientes da dispersão lateral a partir das mineralizações dessa substância no Quadrilátero Ferrífero e concentrações variadas nos terraços cenozóicos da bacia do rio das Velhas, não se revestindo de um significado metalogenético no que se refere às rochas do embasamento. As zonas de cisalhamento acima referidas parecem ter tido pouca influência no desenvolvimento de jazimentos auríferos; os processos mineralizantes das ocorrências situadas no embasamento, a E e SE de

Caeté, já nas proximidades do contato com as rochas do Grupo Nova Lima, ainda não se encontram suficientemente esclarecidos.

#### 4.4.2 Supergrupo Rio das Velhas

A pilha metavulcano-sedimentar do *greenstone belt* homônimo compreende, na porção tida como inferior, uma seqüência de fundo oceânico (dominada por metamáficas de quimismo toleítico, formações ferríferas bandadas e metapelitos carbonosos), que hospeda centenas de mineralizações de ouro, algumas das quais de grande importância econômica. Uma evolução bastante expressiva, quiçá nos momentos mais finais da constituição da unidade estratigráfica proposta como Grupo Nova Lima, exibe registros líticos indicativos de um ambiente de margem continental (metaturbiditos), junto com os quais são encontradas algumas rochas interpretadas como metavulcânicas ácidas.

A área desse domínio apresenta-se muito deformada e com um padrão de dobramentos complexo, que aparentemente influenciou, já a partir do Arqueano Superior, a disposição espacial observada nos jazimentos de ouro do tipo *stratabound*. Observa-se, além disso, um notável transporte tectônico tangencial para WNW e movimentações transcorrentes, ambas de caráter regional e provavelmente ocorridas durante o Paleoproterozóico (Ciclo Transamazônico). Tais transportes de massa são indicados pelas lineações minerais e de estiramento, quase sempre com um caimento de baixo ângulo em torno do azimute 110°. Durante o desenvolvimento das escamas de empurrão, durante o referido evento, pode ter sido introduzida uma reorientação de parte dos corpos de minério, por rotação passiva e/ou estiramento dos elementos estruturais no sentido do fluxo tectônico, interpretação válida para os jazimentos determinados como arqueanos (cerca de 2.650Ma). O metamorfismo regional dessa seqüência litica atingiu as condições compatíveis com a fácies anfíbolito, e o pico das transformações foi sucedido por um retrometamorfismo bastante generalizado para a fácies xisto-verde. Há também evidências locais de metasomatismo por carbonatação e silicificação (metamorfismo hidrotermal) e mesmo de alterações para rochas peraluminosas.

Anomalias geoquímicas de Au, As, Ag e metais básicos (Cu, Pb e Zn) nas drenagens e solos têm levado a uma rápida identificação de um grande número de áreas mineralizadas; a detecção das parti-

culas de Au em concentrados de bateia (contagem de pintas) foi utilizada com enorme sucesso desde os tempos da primeira corrida do ouro em Minas Gerais, no final do século XVII, em particular na área do Quadrilátero Ferrífero. Os métodos geofísicos elétricos (polarização induzida) e eletromagnéticos, mais sofisticados (e dispendiosos), têm adicionado informações bastante valiosas na busca de novos jazimentos auríferos; neste sentido, cabe destacar um grande número de anomalias detectadas através do mais recente aerolevantamento geofísico direcionado para a área de ocorrência do Supergrupo Rio das Velhas.

No âmbito do Grupo Nova Lima e abrangendo a quase totalidade da sua área de ocorrência, são encontradas centenas de jazimentos auríferos (por vezes acompanhados por concentrações importantes de Ag, As e S), quase sempre de pequeno porte ou mesmo abaixo dos limites de explotabilidade econômica. As mineralizações de ouro mais expressivas estão associadas a formações ferríferas bandadas (fácies óxido e carbonato), quando têm características presumivelmente singenéticas, e a xistos carbonáticos (a denominada Lapa Seca, da região de Nova Lima), sobre as quais há hipóteses singenéticas e epigenéticas, com uma tendência à aceitação das últimas. Além desses metalotectos litológicos, também se revestem de grande importância alguns metalotectos estruturais, como as zonas de cisalhamento que vêm sendo identificadas na região de Caeté, a exemplo da que controla o jazimento epigenético da mina de Juca Vieira. Sem um controle litológico ou estrutural aparente, a não ser uma lineação de estiramento, está presente, ainda, nesta mesma unidade, um grande número de jazimentos auríferos correspondentes a veios de quartzo mais ou menos sulfetados, mas que nunca têm uma expressão econômica relevante como a dos outros depósitos mencionados.

A atividade de mineração do ouro vem registrando montantes de produção decrescentes, inclusive com o fechamento recente de muitas das minas antigas da região. A potencialidade de novos jazimentos auríferos reside particularmente nos níveis mais profundos, a serem estudados com base no controle exercido pelas lineações de estiramento com caimento para ESE. As rochas metaultramáficas associadas à unidade inferior do Grupo Nova Lima vêm sendo interpretadas como intrusivas na seqüência supracrustal (*sills* sin-vulcânicos?) e poderiam conter depósitos de cromita. Outras substâncias minerais são o ferro das formações ferríferas bandadas do tipo Algoma e concentrações lo-

calizadas de cianita, estas últimas integrando uma paragênese exótica em zonas de alteração metasomática. As rochas referidas como constituindo a unidade superior do Supergrupo Rio das Velhas, o Grupo Maquiné, não apresentam um histórico de aproveitamento econômico favorável; o seu potencial mineral ainda é relativamente desconhecido, registrando-se apenas alguns poucos veios de quartzo aurífero de pequena expressão, em termos de teores e volumes.

#### 4.4.3 Supergrupo Minas

Na transição do Neoarqueano para o Paleoproterozóico teve lugar uma sedimentação que recobriu tratos relativamente grandes do terreno granito-*greenstone*, em decorrência de uma transgressão marinha. Nos segmentos do núcleo antigo que constituíam ambientes variáveis desde continental distal até uma plataforma continental, os registros mostram que ocorreram acumulações de sedimentos clásticos e químicos (formações ferríferas bandadas do tipo Lago Superior e carbonatos), sendo digna de menção a ausência de rochas vulcânicas. Esses depósitos são característicos dos ambientes modernos de margem passiva (ou atlântica) e que, à época, estendia-se, provavelmente, das proximidades de Bonsucesso, a SSE do Quadrilátero Ferrífero, até a região de Serro-Guanhães (a NNE).

Essa faixa, já bastante descontínua pela erosão, foi deformada, em domínio dúctil-rúptil, por mecanismos de tectônica compressional envolvendo escamas de empurrão e lascas do embasamento arqueano, com transporte para WNW (no Ciclo Transamazônico) e para W (no Ciclo Brasileiro). Em ambos os casos as seqüências dos empurrões foram do tipo *overstep*, e o metamorfismo dinâmico variou da fácies anfíbolito a xisto-verde. Diagênese e/ou metassomatismo produziram alguns corpos de hematita compacta na Formação Cauê e o metamorfismo regional levou à marmorização de parte dos dolomitos da Formação Gandarela.

O principal produto mineral desta unidade reside nos corpos de minério de ferro, formados principalmente por itabiritos. A produção e reservas totais de minério são muito importantes, especialmente ao longo das serras do Curral, da Piedade e do Piacó. O ouro foi extraído a partir de camadas de itabirito/hematita friável, a denominada "jacutinga", no que ficou consagrado como constituindo os jazimentos do tipo Gongo Soco, com elevado grau de liberação do metal; as reservas remanescentes são

pequenas, mas deverão permitir uma lavra a céu aberto. Na serra do Curral, mais precisamente nos arredores de Belo Horizonte, os dolomitos da Formação Gandarela exibem zonas muito magnesianas (Acaba Mundo) e na região de Olhos d'Água ocorrem concentrações de antimônio com morfologia *stratabound*. Num passado relativamente recente, ambas já foram objeto de lavras de pequeno porte e sofreram paralisações definitivas devido aos problemas ambientais e de ocupação urbana; não são conhecidas outras mineralizações desses tipos na região.

Nas atividades prospectivas encetadas na região do Quadrilátero Ferrífero, têm sido observadas anomalias geoquímicas para Au, As e Sb, elementos que se comportam como indicadores e farejadores de mineralizações auríferas nas drenagens e solos. No que concerne aos levantamentos magnetométricos, tem resultado perfeitamente delimitada a área de ocorrência das formações ferríferas, devido à presença de magnetita (metamórfica) nas mesmas.

Numa análise da potencialidade mineral da Unidade Minas na área, deve ser destacado que o ferro, apesar do declínio da mineração nas proximidades de Belo Horizonte (MBR, na serra do Curral), devido aos problemas paisagísticos e ambientais, ainda apresenta reservas bastante expressivas de rochas itabiríticas na Formação Cauê; desta forma, as perspectivas para este metal são muito boas, mesmo num futuro próximo, em especial devido aos novos projetos de lavra na região do Piacó (CVRD) e Barão de Cocais (SOCOIMEX), este último já em andamento. Em contraste com este panorama, o papel do manganês é inexpressivo, ao nível dos conhecimentos atuais, e só há relatos de pequenas ocorrências associadas ao Grupo Itabira. A potencialidade do ouro é variável de acordo com o ambiente em análise: é baixa na Formação Moeda, onde são expectáveis pequenos jazimentos detríticos em paleoplácetes (tipo Witwatersrand ou Jacobina), mas apenas nos seus níveis mais profundos, pois os superficiais nada revelaram; por outro lado, ela pode ser considerada média nas formações ferríferas bandadas e principais descontinuidades tectônicas (falhamentos de empurrão), a exemplo dos jazimentos de Gongo Soco, Itabira e Passagem de Mariana. A mineralização de antimônio é, aparentemente, de menor importância econômica e restrita à Formação Gandarela, unidade na qual se destacam jazimentos de porte médio a pequeno de dolomitos, por vezes metamorfizados em mármores. A pirofillita, tal como outros minerais alumino-



tos, apresenta uma baixa potencialidade de concentrações econômicas em zonas de alteração metassomática, como as descritas no contato da Unidade Sabará com o embasamento cristalino. De um modo geral, as rochas do Grupo Piracicaba representam um conjunto gerado em grande parte por fluxos gravitacionais em ambiente plataformal (metaturbiditos) desprovido de interesse econômico.

#### 4.4.4 Supergrupo Espinhaço

Depositada num ambiente variando de continental distal a plataforma interna, esta unidade é composta essencialmente por corpos quartzíticos e metaconglomerados. O pacote de metassedimentos foi originalmente depositado por drenagens que fluíam de oeste para leste, o que impede a definição de um rifte submeridiano paleo- a mesoproterozóico nesta região. Posteriormente, no final do Neoproterozóico, foi submetido a um metamorfismo regional na fácies xisto-verde e a uma tectônica compressiva, de características dúcteis-rúpteis, que produziu predominantemente escamas epidérmicas. O envolvimento do seu embasamento na tectônica, durante o Ciclo Brasiliano, é eventual e tipifica um domínio de faixa móvel (zona externa da Faixa Araçuaí).

Neste domínio são reportados diminutos jazimentos de ouro e quartzo em veios, além de delgadas camadas com concentrações fosfáticas de baixo teor de  $P_2O_5$ , areia industrial (proveniente da desagregação superficial das rochas quartzíticas mais puras) e areia para construção civil. As atividades exploratórias para algumas dessas substâncias têm se revelado em níveis poucos expressivos, como parece ser também o caso geral da potencialidade para novos jazimentos, incluindo-se aí escassas informações sobre garimpos e ocorrências de diamante.

#### 4.4.5 Grupo Bambuí

No Neoproterozóico, uma invasão marinha epicontinental (por sobre o Cráton do São Francisco), em mar raso e com uma sucessão de episódios regressivos e transgressivos, produziu extensas acumulações de sedimentos químicos (carbonáticos) e clásticos. As deformações compressionais brasileiras superimpostas desenvolveram, neste pacote, um anquimetamorfismo generalizado, escamas

tectônicas epidérmicas e dobramentos com vergência para oeste.

Os calcários representam a principal substância mineral da área, quando se computa o valor da fabricação do cimento obtido a partir dos mesmos, e as suas reservas conhecidas são de grande porte. Intercalações de calcários dolomíticos, ou mesmo magnesianos, são raras, o que permite um amplo aproveitamento destas unidades rochosas do Grupo Bambuí para aquela finalidade. Nas zonas de cisalhamento associadas às escamas tectônicas acima referidas, dentro das unidades predominantemente clásticas (pelíticas), por vezes são exploradas pedras de revestimento como a denominada "Lagoa Santa" (um tectonito LS), de boa aceitação no mercado de rochas ornamentais. Ardósias e mármore apresentam exposições pouco importantes, do ponto de vista econômico, e o mesmo aspecto é válido para algumas poucas concentrações de sulfetos, o que sugere que não houve um fluxo substancial de fluidos de alta salinidade (salmouras) através das camadas Bambuí, durante a tectônica brasiliana. Alguns enriquecimentos secundários de manganês, pequenos e essencialmente superficiais, foram encontradas na região compreendida entre Lagoa Santa e Jabuticatubas, a partir de anomalias geoquímicas na drenagem.

#### 4.4.6 Coberturas Cenozóicas

Terraços terciários e aluviões quaternárias encontram-se distribuídos num intervalo de mais de uma centena de metros, ao longo das encostas do rio das Velhas. Esta feição constitui um reflexo da atuação de pelo menos dois ciclos geomórficos, desnudacionais, sob condições paleoclimáticas áridas a semi-áridas. Os terraços mais antigos, e portanto os mais elevados (em torno de 800m de altitude), devem remontar à época da elaboração da Superfície Sul-Americana, uma pediplanação ocorrida até o Terciário Médio. Uma outra pedimentação mais restrita e subsequente ocupou os segmentos mais inferiores do vale do rio das Velhas, durante o Plio-Pleistoceno, e suas anfratuosidades foram sendo preenchidas com os detritos da erosão em lençol. A coalescência desses últimos pedimentos (a Superfície Velhas) foi ali desenvolvida apenas de uma maneira incipiente, numa zona de transição para a de erosão vertical, remontante, no Quadrilátero Ferrífero, que constituía a área-fonte dos sedimentos. Devido à mais recente oscilação climática, teve lugar a implantação do ciclo fluvial

atual, sob condições mais úmidas (clima tropical), gerando acumulações de sedimentos holocênicos nas planícies situadas a um nível de aproximadamente 650m de altitude, e com um controle apenas discreto por neotectônica distensional.

É devido à proveniência dos sedimentos que os terraços e planícies aluviais abrigam tantos depósitos de ouro, pois se formaram à custa da erosão de parte dos jazimentos situados a montante. Partículas deste metal são relativamente abundantes nos depósitos fluviais de areias e cascalhos, os últimos dos quais foram sendo transformados em conglomerados, uma vez que cimentados por limonita, e são também denominados de "congelados", na terminologia dos garimpeiros da região. O ouro já foi lavrado manualmente em grande parte desses depósitos de terraços, desde a época dos bandeirantes, e as reservas avaliadas nas aluviões recentes têm sido alvo de programas exploratórios intermi-

tentes, através de dragagem fluvial no leito do rio das Velhas.

As coberturas cenozóicas são igualmente importantes como fonte econômica de quartzo, existente sob a forma de seixos com elevado grau de pureza em sílica. Este material tem um bom aproveitamento na indústria siderúrgica (fabricação de ferro-silício) e vem sendo utilizado a partir de alguns depósitos de terraços situados às margens do rio das Velhas, ao norte de Lagoa Santa. A sua área de lavra pode ser ampliada para a quase que totalidade dos rejeitos da lavra para ouro, com reservas estimadas de vários milhões de metros cúbicos e nos quais grande parte dos seixos já se encontra cuidadosamente lavada. As demais aluviões quaternárias têm sido utilizadas na obtenção de cascalho e areia para a construção civil, com destaque para a bacia do ribeirão da Mata, que drena gnaisses arqueanos, e algumas áreas de erosão dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

# 5

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões

1 – A Folha Belo Horizonte insere-se na Província Geotectônica São Francisco (Padilha, 1991), tendo rochas da crosta intermediária, de fácies anfibolito, e supracrustais de fácies xisto-verde a anfibolito baixo e epimetamórficas, além de rochas sedimentares.

2 – O Complexo Belo Horizonte é constituído por uma suíte TTG cuja migmatização remonta a 2.860 Ma.

3 – No Complexo Belo Horizonte as estruturas mais importantes são: uma foliação de transposição e milonítica de baixo ângulo, que deforma estruturas migmatíticas, sendo aquela modificada por uma foliação de alto ângulo associada a zonas de cisalhamento N-S.

4 – Foram individualizados quatro corpos de rochas granitóides denominadas Granitóide Coelho, Granitóide Retiro, Granitóide Santa Luzia e Granitóide General Carneiro, os dois últimos dos quais têm idade de 2.720 Ma (Noce *et al.*, 1994), e um metassienito (quartzo sienito Santa Paula), que parece estar relacionado à Suíte Borrachudos.

5 – O Sistema Ravena é constituído por zonas de cisalhamento de alto ângulo a verticalizadas, desenvolvidas em domínio dúctil e regime simples, com direção aproximada N-S e extensões de 3 a 15km. É constituído principalmente pelas zonas de cisalhamento de Ravena (sinistral), Santa Luzia, Trairas, Bairro São Benedito e Morro Alto, além de outras menores, na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Esse sistema não se reflete nas rochas dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas.

6 – A foliação de transposição  $S_{n-1}$ , reliquiar, resulta da deformação mais antiga impressa no Supergrupo Rio das Velhas e marcada pela direção NNW a  $N50^{\circ}-60^{\circ}W$ .

7 – A deformação  $S_n$ , desenvolvida em regime simples e domínio dúctil, tem caráter compressivo e representa o evento mais marcante nas rochas supracrustais, obliterando a primeira deformação do Supergrupo Rio das Velhas e transpondo as superfícies  $S_0$  do Supergrupo Minas, produzindo inversões estratigráficas bem visualizadas neste último. O transporte de massa deu-se de leste para oeste, com frentes de cisalhamento em forma de bumerangue, nos domínios do Supergrupo Rio das

Velhas. As zonas de cisalhamento de Caeté e Ribeirão da Prata constituem um sistema escamado de rampas frontais com lineações minerais segundo E-W. Tem idade brasileira, segundo Corrêa Neto e Baltazar (1995).

8 – Em deformação sucessiva do mesmo evento instalou-se o Sistema Garimpo, em regime simples e domínio dúctil e com *trend* N-S, afetando os gnaisses e as unidades do Supergrupo Espinhaço com empurrões sucessivos sobre o Grupo Macaúbas e a borda do Grupo Bambuí. O sentido desse transporte tectônico foi de E para W, produzindo zonas de cisalhamento de baixo ângulo que deixaram impressas lineações de estiramento nos membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, na região de Confins e Vespasiano. Essa deformação é pouco marcada no Supergrupo Rio das Velhas.

9 – O sistema Cambotas – Fundão, igualmente desenvolvido em regime simples e domínio dúctil, representa uma continuidade progressiva da deformação anterior, tem convexidade e vergência das escamas tectônicas para W e é responsável pelas estruturas ortogonais ao Sistema Garimpo, no extremo-sul da serra das Cambotas, afetando os supergrupos Espinhaço, Rio das Velhas e Minas.

10 – Numa fase mais tardia dessa deformação, em domínio dúctil-rúptil, foram impressas no Supergrupo Minas dobras abertas, de plano axial verticalizado e com o desenvolvimento de clivagem espaçada, evoluindo para falhas verticais.

11 – O Grupo Nova Lima, definido como parte de um *greenstone belt*, é caracterizado por quatro domínios comportando diversas unidades com caráter de formação:

– vulcânico máfico: compreende a Unidade Ouro Fino;

– vulcano-sedimentar-químico: Unidade Morro Vermelho;

– vulcano-clástico félsico: Unidades Mestre Caetano e Ribeirão Vermelho;

– sedimentar marinho: Unidades Córrego do Sítio e Mindá.

Restos de seqüências metassedimentares estão distribuídos em Santa Luzia, Taquaraçú de Minas e Nova União.

12 – As rochas máficas-ultramáficas de São Benedito são constituídas de serpentinitos com textura *mesh* (com preservação parcial de textura cumu-

lática), tremolita-talco xistos (com textura ortocumulática reliquiar) e quartzo anfibolitos subordinados.

13 – O Grupo Maquiné é representado pelo Membro Rio das Pedras, da Formação Palmital, que caracteriza um domínio sedimentar litorâneo.

14 – O Supergrupo Espinhaço está representado pelas formações Sopa-Brumadinho, Galho do Miguel e Cambotas, enquanto os segmentos mais estreitos foram cartografados como equivalentes à Formação Sopa-Brumadinho. O Membro Campo Sampaio faz parte da base da Formação Galho do Miguel, sendo portador de quartzitos carbonáticos contendo apatita. Metaconglomerados polimíticos, embora lenticulares, têm boa distribuição desde Altamira até a serra das Cambotas.

15 – O Grupo Bambuí é representado pelas formações Serra de Santa Helena e Sete Lagoas, sendo esta última subdividida nos membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa; a Formação Serra de Santa Helena é portadora de níveis manganésiferos.

16 – Diques quartzosos de direção E-W cortam gnaisses do Complexo Belo Horizonte, tendo no seu interior grãos arredondados com características sedimentares clásticas.

17 – Diques básicos ocorrem desde o Proterozóico até o Cretáceo.

18 – O levantamento aerogeofísico de detalhe da área de ocorrência do Supergrupo Rio das Velhas, recentemente realizado, propiciou as seguintes observações:

– os mapas aeromagnéticos produzidos (Campo Total, Gradiente Vertical e Mapas de Sombras) mostram a predominância de um relevo extremamente suave na parte central da Unidade Rio das Velhas, em contraste com o relevo bastante ativo das bordas da área levantada, correspondentes às formações ferríferas do Supergrupo Minas (unidade Cauê). O Grupo Maquiné aparece ao sul da folha, correspondente a uma pequena área que se distingue do Grupo Nova Lima por apresentar um relevo magnético ainda mais suave que este último. Contudo, esta caracterização geral do *greenstone belt* Rio das Velhas apresenta-se modificada nas imediações de Nova Lima e ao sul de Caeté, onde são observadas fortes feições magnéticas devidas aos corpos e/ou a estruturas rasos, sugerindo fácies de formações ferríferas;

– além disso, os mapas de resistividade aparente obtidos da frequência média do levantamento HEM (4.175Hz) mostram os alvos e faixas anômalas correspondentes a profundidades de até 120m, sendo que algumas delas contêm mineralizações auríferas. O exemplo mais notável de anomalia eletromagnética coincide com os corpos auríferos sulfetados (hospedados em camadas de metacherte e formações ferríferas bandadas) da região do Lamego;

– os resultados da gamaespectrometria mostram fortes variações, particularmente nos mapas de Contagem Total e Potássio, apresentando boa correlação, em termos qualitativos, com os dados aeromagnéticos. Em geral, as áreas de alto relevo magnético são aquelas de mais baixas respostas radiométricas. Estes dados, por refletirem as características dos materiais superficiais, tanto do solo quanto das rochas, propiciaram de forma precisa a determinação de padrões ou assinaturas geofísicas das diferentes unidades e, principalmente, litótipos do Grupo Nova Lima, constituindo uma ferramenta poderosa para o mapeamento geológico. Da mesma forma, os dados radiométricos são de grande valia para a prospecção mineral, por delimitarem zonas de alterações hidrotermais (sericitização, carbonatação, silicificação etc.) relacionadas a mineralizações auríferas;

– no que se refere aos dados do aerolevanteamento geofísico realizado na década de 70 através do Convênio Geofísica Brasil-Alemanha (CGBA), os mesmos são de pouca utilidade na área do Quadrilátero Ferrífero, uma vez que encerram uma exagerada influência por parte das formações ferríferas da Unidade Minas.

19 – A partir da compilação de vários levantamentos geoquímicos feitos por diversas empresas e entidades ligadas ao ramo da pesquisa mineral, foram obtidos os seguintes resultados geoquímicos:

– a cobertura dos trabalhos prospectivos (concentrados de bateia e sedimentos de corrente) abrange cerca de 60% da área da Folha Belo Horizonte;

– na parte sul da folha foram identificadas anomalias de cobre, chumbo, zinco, cobalto, níquel, cromo, arsênio, antimônio e ouro em diferentes segmentos e horizontes estratigráficos do Complexo Belo Horizonte e dos supergrupos Rio das Velhas e Minas. As representações dos halos geoquímicos

anômalos têm um maior destaque nas áreas de distribuição dos litótipos do Grupo Nova Lima, onde são conhecidas diversas minas e ocorrências de ouro. Os valores mais expressivos de ouro em sedimentos de corrente, com uma densidade de anomalias bastante consistente, foram detectados no ribeirão Juca Vieira (máximo de 7ppm);

– no âmbito do Grupo Bambuí foram observados teores máximos de cobre (50ppm), chumbo (50ppm) e zinco (140ppm) em sedimentos de corrente, e de ouro (3ppm) em concentrados de bateia. Apesar desses conteúdos metálicos não serem elevados, há que considerar a favorabilidade para a ocorrência de mineralizações plumbo-zincíferas em meio aos calcários e calcários dolomíticos da Formação Sete Lagoas, talvez propiciadas pelas remobilizações associadas à tectônica brasileira.

20 – A integração multidisciplinar de dados geológicos (cartografias de semidetalhe), geoquímicos, geofísicos e das mineralizações permitiu concluir sobre os seguintes aspectos econômicos e metalogenéticos da área:

– nos domínios do embasamento cristalino (complexos Belo Horizonte e Caeté) não há jazimentos de substâncias metálicas (exceção feita a pequenas lavras antigas e inativas nas proximidades de Caeté), nem explorações importantes de materiais não-metálicos. Cabe destacar apenas o seu aproveitamento sob a forma de brita na indústria da construção civil, através da lavra em um grande número de pedreiras, das quais uma parcela significativa (aproximadamente 65%) já se encontra desativada;

– a seqüência metavulcano-sedimentar do *greenstone belt* Rio das Velhas, que integra a infraestrutura arqueana do Cráton do São Francisco, destaca-se por encerrar um grande número de jazimentos auríferos (cerca de 180), variáveis desde indícios e ocorrências, até minas ativas. Estas mineralizações estão alojadas principalmente em rochas formadas no fundo oceânico e que têm sido interpretadas como integrantes das porções inferior e média do Grupo Nova Lima: formações ferríferas bandadas ( fácies carbonato e óxido), metabásicas (vulcânicas?) e metacherte. Outras rochas hospedeiras do ouro e de grande importância no desenvolvimento da indústria da mineração no Quadrilátero Ferrífero são representadas pelos xis-

tos carbonáticos denominados de Lapa Seca. As principais minas correspondem às de Cuiabá (situada no município de Sabará), Velha e Grande (Nova Lima), Raposos (no município homônimo) e Juca Vieira (Caeté), das quais apenas as duas primeiras encontram-se em atividade. Além da retomada dos trabalhos de lavra nas outras minas citadas, apresentam boas perspectivas as áreas denominadas Lamego e Roça Grande;

– no Supergrupo Minas, uma pilha metassedimentar acumulada em margem passiva na transição do Arqueano para o Paleoproterozóico, o interesse encontra-se restrito à seqüência química do Grupo Itabira, onde foram cadastradas mais de duas dezenas de minas de ferro (em itabiritos da Formação Cauê) e outro tanto de calcários dolomíticos e dolomitos da Formação Gandarela. As minas de ferro de maior porte são as de Águas Claras (na serra do Curral) e de Gongo Soco (Barão de Cocais). Jazimentos de ouro, mármore, antimônio e manganês, ainda que de menor importância e em número mais reduzido, completam o quadro da potencialidade mineral do Grupo Itabira, no interior do qual cabe destacar a mina de ouro de Gongo Soco (Barão de Cocais), pela singularidade e riqueza eventualmente atingida pela mineralização nas jacutingas da Formação Cauê;

– o pacote metassedimentar do Supergrupo Espinhaço representa uma ambiência continental distal a plataformal (interna), onde se acumularam materiais transformados em quartzitos e metaconglomerados. A sua exploração mineral tem se limitado a pequenos jazimentos de quartzo (em veios) e areia industrial, produto da desagregação dos quartzitos. Há potencialidade, em níveis pouco expressivos, para depósitos de fosfato sedimentar, ouro (veios hidrotermais) e diamantes (em matriz secundária), além do aproveitamento como rocha ornamental;

– a bacia Bambuí, uma cobertura neoproterozóica da entidade cratônica, contém importantes jazimentos de calcários calcíticos (cerca de 3,5 bilhões de toneladas), integrantes dos membros Lagoa Santa e Pedro Leopoldo (Formação Sete Lagoas), dos quais têm sido extraídas mais de 6 milhões de toneladas por ano, visando primordialmente a fabricação de cimento, além de brita e cal;

– a área destaca-se pelos altos valores da produção de ferro, ouro e calcário, embora as duas primeiras substâncias apresentem tendências de

declínio nos seus montantes, devido ao fechamento das principais minas da região. Cabe ressaltar que este aspecto não está demonstrado nos gráficos estatísticos das respectivas produções, elaborados para a primeira metade da atual década. No caso do ouro, os atuais baixos preços praticados no mercado internacional (que exigem reservas e teores médios relativamente elevados para viabilizar os empreendimentos), aliado às dificuldades de exploração do minério a grandes profundidades, impuseram o cancelamento temporário e recente das atividades de lavra nas minas de Raposos, Juca Vieira e, inclusive, da antiga e famosa mina Grande, todas elas de propriedade da Mineração Morro Velho. Quanto ao ferro, os níveis de produção ora ainda observados devem-se principalmente à mina de Águas Claras (MBR), cuja paralisação definitiva deverá ocorrer num futuro próximo;

– as reservas totais avaliadas para calcário e ferro, ainda que distribuídas em vários corpos, demonstram a existência de grandes volumes de minério, superiores a alguns bilhões de toneladas, ao passo que no caso das reservas de minério aurífero, com poucas dezenas de milhões de toneladas e concentradas basicamente na mina de Cuiabá, os dados indicam uma ampla predominância de jazimentos de pequeno (a muito pequeno) porte e com teores que não raro inviabilizam programas de lavra subterrânea. Uma mudança deste panorama da mineração do ouro no Quadrilátero Ferrífero, encontra-se na dependência direta de uma nova valorização na cotação internacional do metal. Maiores reservas de minério aurífero só poderão ser adicionadas após de estudos detalhados das anomalias geofísicas e, principalmente, pelo encetamento de futuras campanhas de sondagem, algumas das quais poderão ser assestadas na continuação em profundidade dos corpos já conhecidos.

## 5.2 Recomendações

Se por um lado a evolução do conhecimento geológico permitiu que se chegasse a resultados conclusivos, após uma análise crítica observa-se, por outro lado, uma série de problemas suscitados no texto, decorrentes das idéias expostas nele, e que impõem a necessidade de recomendar uma série de procedimentos, visando trabalhos futuros na área.

No âmbito do Complexo Belo Horizonte são necessários estudos de litogeoquímica, para um melhor conhecimento da evolução petrogenética e ambiente de formação dos gnaisses, anfibolitos e migmatitos, uma vez que, o atual trabalho não contou com este importante subsídio acoplado à petrografia efetuada. A dificuldade de se trabalhar com rochas granito-gnáissicas impõe também a datação de alguns segmentos desse Complexo, como aqueles situados a leste de Caeté e na parte oeste da Folha de Itabira, ainda mantidos no Complexo Belo Horizonte. A definição do limite setentrional do Complexo Caeté carece de estudos mais acurados. Do mesmo modo, a datação de corpos granitóides é importante para ratificar regionalmente fases de granitização e a evolução dessa faixa, até agora na Província São Francisco. O estudo litogeoquímico desses corpos possibilitaria o estabelecimento de suítes arqueanas ou proterozóicas.

No que tange à estruturação de parte do Complexo Belo Horizonte, ainda são necessários estudos para se conhecer melhor a cinemática da maior parte das ZCAA do Sistema Ravena, a sua idade e a sua influência na compartimentação do arcabouço estrutural da folha.

A análise de elementos de terras-raras de formações ferríferas bandadas das porções do Grupo Nova Lima ilhadas nos gnaisses (Pau Santo), adquire um interesse todo especial quando busca seu po-

tencial mineral, e essa investigação poderia ser entendida àquelas da Formação Sabará. Poderiam haver assinaturas diferentes para as duas unidades.

São necessários trabalhos em escala adequada a leste do trevo de Caeté (BR-262/381), visando estabelecer correlações com a Unidade Nova Lima ou Sabará, já que existem formações ferríferas nas duas unidades e as litologias são similares.

A verificação da extensão lateral do metaconglomerado do rio Preto (fazenda Monjolo), considerado como sendo do Grupo Macaúbas, pode implicar em inversões estratigráficas.

Estudos de parte das rochas do Supergrupo Espinhaço são importantes para verificar sua correlação ou/não com a estratigrafia clássica do Espinhaço.

Fica registrada aqui a necessidade de diagnósticos preventivos no que tange ao assentamento de bairros em regiões de ocorrências do Grupo Sabará e das formações Cercadinho e Cercadinho-Fecho do Funil, quando em terrenos de topografia acidentada, em função da instabilidade dos seus saprólitos.

Do mesmo modo, deve ser feito um zoneamento urbano, a fim de direcionar o crescimento de bairros para longe de pedreiras, pois a falta de um planejamento acarretou o fechamento de pelo menos 10 pedreiras, onerando sobremaneira o frete e, conseqüentemente, o preço final de alguns materiais de construção.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ALMEIDA ABREU, P.A., MUNHOZ, D.T.V. A reconstrução paleogeográfica e o estudo dos minerais pesados como indicativos de áreas fontes primárias dos diamantes da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2, 1983, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1983. p. 219-33. [Bol. 3].
- ALMEIDA ABREU, P.A., SALES, J.C.S. de, KNAUER, L.G. Estudo de fácies sedimentares e sistemas deposicionais na Lavra dos Caldeirões e adjacências, distrito de Sopa (Diamantina - MG). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 34, 1986, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1986, (1): 368-76.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Estruturas do Pré-Cambriano Inferior brasileiro. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, 1976, Ouro Preto. *Anais...* Resumo dos Trabalhos. Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976, p. 201-202.
- ASSIS, L.C. de, MARINI, O.J. Contribuição à controvérsia da correlação Espinhaço-Minas. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2, 1983, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1983. p. 361-75. [Bol. 3].
- BABINSKI, M., CHEMALE JR, F., van SCHMUS, W.R. Geocronologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA*, 3, 1991, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1991, (1): 628-31.
- BALTAZAR, O.F., RAPOSO, F.O., MATTOS, G.M.M. de. Estratigrafia, Petrografia e Petrologia. *In: Folha Mariana SF.23-X-B-I*, escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM, 1993. p. 17-92, cap. 2.
- BARBOSA, O. Série Bambuí. Simpósio sobre Formações Eopaleozóicas do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 19, 1965, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1965, 11 p.
- BARRY-MAYNARD, J. *Geochemistry of sedimentary ore deposits*. New York, Springer Verlag, 1983. 305 p.
- BELO de OLIVEIRA, O.A., TEIXEIRA, W. Evidências de uma tectônica tangencial Proterozóica no Quadrilátero Ferrífero - MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, 1990, Natal. *Anais...* Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, (6): 2589-604.
- BELO de OLIVEIRA, O.A., VIEIRA, M.B.H. Aspectos da deformação dúctil e progressiva no Quadrilátero Ferrífero. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 4, 1987, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1987. p. 237-53. [Bol. 7].



- BIONDI, J.C., SCHRANK, A., PINHEIRO, J.C.F. Basaltos e ultrabásitos do Espinhaço Meridional e Região Sul de Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, (3): 1213-9.
- BONHOMME, M.G. Mineralogie des fractions fines et datations rubidium/strontium dans le Groupe Bambuí, MG, Brésil. São Paulo: *Rev. Bras. de Geoc.*, 6 (4): 211-22, 1976.
- BRANCO, J.J.R., COSTA, M.T. da. Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 14, 1961, Brasília. Belo Horizonte: UFMG/Inst. Pesq. Radioat., Publ. n<sup>o</sup> 15, p. 13-21, 1961.
- 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. 155-66.
- BRITO NEVES, B.B. Evolução monocíclica x policíclica de faixas móveis, uma discussão prefacial. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, 1990, Natal. *Anais...* Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Nordeste, 1990, (6).
- BRITO NEVES, B.B., KAWASHITA, K., CORDANI, U.G., *et al.* Evolução geocronológica da cordilheira do Espinhaço; dados novos e interpretação. São Paulo: *Rev. Bras. de Geoc.*, (9): 71-85, 1979.
- CARNEIRO, M.A. Características petrográficas e geoquímicas dos diques máficos da porção setentrional do Complexo Metamórfico do Bonfim, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. II *Workshop "Diques Máficos do Brasil"*. Boletim dos Trabalhos Apresentados, p. 27-32. 1990.
- CARNEIRO, M.A. *O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais): litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. (Tese de Doutorado). 233 p. 1992.
- CARNEIRO, M.A., NOCE, C.M., CUNHA, E.M. da, FERNANDES, R.A. Afinidades geoquímicas entre gnaisses arqueanos dos complexos metamórficos Bonfim e Belo Horizonte. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 8, 1995, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1995. p. 50-52. [Bol. 13].
- CHAVES, M.L.S.C. Novas contribuições à geologia de Diamantina (MG). *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 4, 1987, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1987. p. 72-87. [Bol. 7].
- CHAVES, M.L.S.C., DOSSIN, I.A., RUDNITZKI, B.D. Geologia e paleoambiente de sedimentação do Supergrupo Espinhaço na região do alto Paraúna (MG). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, 1988, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, (2): 617-632.
- CHEMALE JÚNIOR, F., ROSIÈRE, C.A., ENDO, I. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero - Um modelo. P. Alegre: *Pesquisas*, Instituto de Geociências - UFRGS, 18 (2): 104-127, 1991.
- CROCCO RODRIGUES, F.A., COSTA, A.F. da, SOUZA, R.A.C., ROSIÈRE, C.A. Sistemas de cavalgamento do Nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 5, 1989, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1989. p.6-10. [Bol. 10].
- COSTA, A.F. da. Feições microestruturais das rochas do Complexo Granito-Gnáissico Caeté no contato com o Grupo Nova Lima na região de Caeté, QF-MG. Dados preliminares. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 6, 1991, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Revista da Escola de Minas, Ano 56, v. 45, n. 01/02, p. 35-7, 1992.
- DARDENNE, M.A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 32, 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, (2): 597-610.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Mapa Rodoviário/Climático/Pluviométrico*: escala 1:10.000.000. Rio de Janeiro: DNER, 1963.
- DERBY, O.A. Reconhecimento geológico do Vale do Rio São Francisco no Brasil. Rio de Janeiro: Comissão Hidrográfica do Rio São Francisco, Anexo 1, p. 1-24. 1880.
- DERBY, O.A. Modes of occurrence of the diamond in Brazil. Newhaven: *Amer. Journ. Sci.*, 3rd. Serv., Vol. XXIV, p. 34-42. 1881a.
- DERBY, O.A. Reconhecimento geológico dos vales do Rio das Velhas e Alto São Francisco. Rio de Janeiro: *Min. Agr.*, 38 p. 1881b.

- DERBY, O.A. The Serra do Espinhaço, Brazil. Chicago: *J. Geol.*, 14: 374-401, 1906.
- DORR II, J.V.N. The Cauê Itabirite - Soc. Bras. Geol., Bol. 7 (2), 1958.
- DORR II, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geological Survey, *Prof. Paper 641-A*, 1969. 110 p.
- DORR II, J.V.N., GAIR, J.E., POMERENE, J.B., RYNEARSON, G.A. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero – Brasil. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 31 p. 1957. [Boletim Avulso, 81 - DFPM]
- DORR II, J.V.N., BARBOSA, A.L.M. Geology and ore deposits of the Itabira District, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geological Survey, *Prof. Paper 341-C*, 1963. 110 p.
- DOSSIN, I.A. & DARDENNE, M.A. Geologia da borda ocidental da Serra do Cipó, Minas Gerais (Área do Inhamé). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, p. 3104-17.
- DOSSIN, I.A. *et al.* 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, p. 3118-32.
- DRAKE Jr., A.A., MORGAN, B.A. Tectonic studies in the Brazilian Shield. Washington: U.S. Geological Survey, *Prof. Paper 1119-B*, p. 1-19. 1980.
- FERRAND, P. *L'or a Minas Gerais*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 2 v. 1913.
- FOGAÇA, A.C.C., ALMEIDA ABREU, P.A. Depósitos de planície de maré na Formação Sopa-Brumadinho (Proterozóico Superior), Cordilheira do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 5, 1982, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires, 1982, (2): 373-88.
- FOGAÇA, A.C.C., SCHÖLL, W.U. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina (MG). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 1, 1979, Diamantina. *Atas...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1979. p. 55-73. [Bol. 1].
- FOGAÇA, A.C.C., SCHÖLL, W.U. Estratigrafia e tectônica das rochas arqueanas e proterozóicas da região de Guinda e Gouveia (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, (6): 2638-53.
- FOGAÇA, A.C.C., ABREU, P.A.A., SCHORSCHER, H.D. Estratigrafia da seqüência supracrustal na porção mediana da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, (6): 2654-67.
- FOGAÇA, A.C.C., MARTINS NETO, M.A., COSTA, N.B.O.R. Comportamento faciológico das rochas quartzíticas e conglomeráticas da Formação Sopa-Brumadinho (nível E) na região de Costa Sena – MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, 1985, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1985. p. 112-124. [Bol. 5].
- FREIBERG, B. von. Ergebnisse Geologischer Forschungen in Minas Gerais (Brasilien). Stuttgart: Neues Jb. Min. Geol. Paleon. Abh., Sonderband 2, 403 p. 1932.
- FREITAS, M.E., CROCCO RODRIGUES, F.A., ROSSIÈRE, C.A. Correlação do Quartzito Cambotas com a Seqüência Espinhaço apoiada por mapeamento geológico na escala 1:10.000. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1991, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Revista da Escola de Minas, Ano 56, v. 45, n. 01/02, p. 51-3, 1992.
- FRITZSONS JÚNIOR, O. Projeto Fosfato (Conceição do Mato Dentro/Presidente Kubitschek/Bom Jesus do Amparo). Belo Horizonte: COMIG, 1992. [Relat. Interno].
- FRITZSONS JÚNIOR, O., NACIF, M.A. Distribuição areal das rochas do Membro Campo Sampaio entre os municípios de Presidente Kubitschek e Bom Jesus do Amparo - Espinhaço Meridional. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1991, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Revista da Escola de Minas, Ano 56, v. 45, n. 01/02, p. 105-8, 1992.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. *Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: COPAM/CETEC, 1983. V. 1. [Série de Publicações Técnicas, 10].
- GAIR, J.E. The Sabará Formation. Soc. Bras. Geol., Bol., 7 (2): 68-69. 1958.

- GARCIA, A.J.V., UHLEIN, A. Sistemas deposicionais do Supergrupo Espinhaço na Região de Diamantina, MG. In: SIMPÓSIO DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS NO PRÉ-CAMBRIANO, 1987, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1987. p. 113-35. [Bol. 6].
- GUIMARÃES, D. *Contribuição à geologia do Estado de Minas Gerais*. Rio de Janeiro: DNPM/SGM, 1931. 36 p. [Boletim 55].
- HARDER, E.C., CHAMBERLIN, R.T. The geology of Central Minas Gerais, Brazil. Chicago: *J. Geol.*, 23: 341-424. 1915.
- HERZ, N. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geological Survey, *Prof. Paper 641-B*, p. 1-55. 1970.
- HIRSON, J.R. Contribuição para o estudo geológico do Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. Junta de investigações do Ultramar. Lisboa: Estudos, Ensaios e Documentos nº 122, 1967.
- HOFMANN, C., HOPPE, A. Metamorphism and petrology of basic Rocks of Southern Serra do Espinhaço (Precambrian Eastern Brazil). Stuttgart: *Zbl. Geol. Paläontol.*, Teil I (3/4): 359-71. 1981.
- HOPPE, A. Geology and petrography of the Middle Precambrian in the Southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, 13: 275-96. 1980.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. *Folha Geológica Belo Horizonte SE.23-Z*: escala 1:500.000. Belo Horizonte: IGA, 1978.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. *Folha Belo Horizonte SE.23-Z-C-VI-3*: escala 1:50.000. Belo Horizonte: IGA, 1980.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. *Folha Sete Lagoas SE.23-Z-C-VI-1*: escala 1:50.000. Belo Horizonte: IGA, 1980.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. *Folha Jaboticatubas SE.23-Z-C-VI-2*: escala 1:50.000. Belo Horizonte: IGA, 1980.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. *Folha Caeté SE.23-Z-C-VI-4*: escala 1:50.000. Belo Horizonte: IGA, 1980.
- 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. Bás. Geol. Rec. Min. da Bahia*, 4: 111-20. 1981.
- LADEIRA, E.A. *Metalogenesis of gold at the Morro Velho Mine and Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. University of Western Ontario, Unpubl. PhD Thesis, 272 p. London, Ontário, Canadá. 1980a.
- LADEIRA, E.A. Gênese do ouro na Mina de Morro Velho e no Distrito de Nova Lima, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú. *Anais...* Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980b, (2): p. 371.
- LADEIRA, E.A. Geology, petrology and geochemistry of the Nova Lima Group, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. 7 Geow. Lateinamer. Koll. Heidelberg, Tagungsheft, 47-48. 1980c.
- LADEIRA, E.A., VIVEIROS, J.F.M. de. Hipótese sobre a estruturação do Quadrilátero Ferrífero com base nos dados disponíveis. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1984. [Bol. 4].
- LOCZY, L. de, LADEIRA, E.A. *Geologia estrutural e introdução à geotectônica*. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1976. 528 p.
- 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., CARNEIRO, M.A. U/Pb evidence of Late Archean tectonothermal activity in Southern São Francisco Shield, Brazil. *Can. Jour. of Earth Sci.*, 29: 2341-6. 1992.
- MACHADO, N., et al. U/Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, Southern São Francisco Craton, Brazil. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 104: 1221-7. 1992.
- MAGALHÃES, L. *Análise qualitativa nos sedimentos do Grupo Bambuí (Faixa Sete Lagoas - Serra do Cipó)*. Ouro Preto: UFOP/DEGEO. (Dissertação de Mestrado). 1988. 110 p.
- MARSHAK, S., ALKMIM, F.F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, 8 (3): 555-71. 1989.
- MARTINS NETO, M.A. Evolução tectono-estratigráfica do rifte Espinhaço na região de Sopa-Guinda

- (MG) e sua implicação nas mineralizações diamantíferas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8, 1995, Diamantina. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1995a. p. 19-21. [Bol. 13].
- MARTINS NETTO, M.A. Tectono-estratigrafia da Bacia do Espinhaço no Estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8, 1995, Diamantina. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1995b. p. 25-27. [Bol. 13].
- MARTINS NETTO, M.A. *et al.* Sistemas deposicionais das formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho (Supergrupo Espinhaço) na região de Diamantina/Costa Sena, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, (2): p. 633-47.
- MAXWELL, C.H. The Batatal Formation. Sociedade Brasileira de Geologia, Bol., 7 (2): 60-1. 1958.
- MENEZES Fº, N.R. de, MATTOS, G.M., FERRARI, P.G.F. *Projeto Três Marias*: relatório final. Belo Horizonte: Convênio DNPM/CPRM, 1977. V. 1.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Projeto Rio das Velhas*: escala 1:25.000. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1996.
- MINTER, W.E.L., RENGER, F.E., SIEGERS, A. Early Proterozoic gold placers of the Moeda Formation within the Gandarela Syncline, Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.*, 85 (5): 943-51, 1990.
- MOORE, S.L. Geology and ore deposits of the Antonio dos Santos, Gongo Soco, and Conceição do Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geol. Survey, *Prof. Paper 341-I*, 50 p. 1969.
- MORAES, L.J. de. Geologia econômica do Norte de Minas Gerais. Rio de Janeiro: DNPM/SFPM, 1937. 192 p. [Bol. 19].
- MORAES, L.J. de. Jazidas de ouro dos Districtos de Caeté e Santa Bárbara. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1939. p. 20-150. [Bol. 38].
- MOREIRA SILVA, A., KUYUMJIAN, R.M., CHEMALLE JR., F. Rochas básicas do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional - Estudos preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1991, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: *Revista da Escola de Minas*, Ano 56, v. 45, n. 01/02, p. 60-2, 1992.
- NOCE, C.M. *et al.* O Complexo Belo Horizonte e a evolução arqueana do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. *Anais...* Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994.
- NOCE, C.M. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos da Região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. São Paulo: Instituto de Geociências, USP. (Tese de Doutorado). 1995.
- OLIVEIRA, M.J.R. *et al.* Folha Baldim: escala 1:100.000. *Projeto Espinhaço*. Belo Horizonte: COMIG/UFMG. 1996.
- OLIVEIRA, N.A.M. de. *Contribuição à geologia da parte Sul da Bacia do São Francisco e áreas adjacentes*. Rio de Janeiro: PETROBRAS-DEPIM-CENPES, 1967. [Coletâneas de Relatórios de Exploração, (1): 71-105].
- PFLUG, R. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. *Boletim*, 226, Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1965, 55 p.
- PFLUG, R. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. *Boletim*, 142, Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1968, 20 p.
- PHILLIPS, G.N. *Archaean gold deposits of Australia*. Texto reproduzido da Information Circular Nr. 175, Economic Geology Research Unit. Belo Horizonte, IGC-UFMG, Ciclo de Palestras sobre Metalogenia do Ouro, (inéd.), 1985, 43 p.
- POMERENE, J.B. The Cercadinho Formation. Sociedade Brasileira de Geologia, Bol., 7 (2): 64-5. 1958a.
- POMERENE, J.B. The Taboões Quartzite. Sociedade Brasileira de Geologia, Bol., 7 (2): 66-7. 1958b.
- POMERENE, J.B. The Barreiro Formation. Sociedade Brasileira de Geologia, Bol., 7 (2): 67-8. 1958c.
- POMERENE, J.B. Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geol. Survey, *Prof. Paper 341*, 84 p. 1964.
- PROJETO VIDA. CPRM (Relat. Inédito). 1992.
- RENGER, F.E. *et al.* Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Geonomos*, 1995.

- RENGER, F.E., SILVA, R.M.P. da, SUCKAU, V.E. Ouro nos conglomerados da Formação Moeda, sinclinal de Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, 1988, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. (Bol. SBG – Núcleo de Belém, 1, p. 44-57).
- RIBEIRO, C.M., MOL, C.R.F. Avaliação das mudanças climáticas em Belo Horizonte: Análise dos parâmetros temperatura e precipitação. Simpósio situação ambiental e qualidade de vida na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG. Assoc. Brasil. de Geol. de Engenharia e Instituto de Geociências, UFMG, 1985.
- RIBEIRO-RODRIGUES, L.C. *Gold mineralization in Archaean banded iron-formation of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. The Cuabá Mine*. Aachen, Aachener Geowissenschaftliche Beiträge, 1998. (Dissertação de Doutorado). 262 p.
- RIMANN, F.A. A quimberlita no Brasil. Ouro Preto: *An. Esc. Minas*, (15): 27-32, 1917.
- RODRIGUES, D.M.S. Condições climáticas de Minas Gerais. Belo Horizonte: *Bol. Mineiro de Geografia*, 7 (12): 3-36, jul. 1966.
- ROESER, H. *et al.* The petrological and geochemical evolution of the basement of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *In: CONGR. LATINO-AMER. GEOL.*, 5, 1983, Argentina, *Actas...* V. 3, p. 675-90. 1983.
- ROMANO, A.W. *Évolution tectonique de la région nord-ouest du Quadrilatère Ferrifère, Minas Gerais, Brésil (Geochronologie du socle; aspects géochimiques et pétrographiques des Supergroupes Rio das Velhas et Minas)*. Tese de doutorado, Univ. de Nancy I, França, 1989. Inéd., 259 p.
- SCHMIDT, J.C.J. Classificação climática de Köppen. *Revista Bras. Geografia*, Ano IV, nº 3, 1963.
- SCHÖLL, W.U. Der Glied westliche Randbereich der Espinhaço-Zone, Minas Gerais, Brasilien. Hannover: *Geol. Jb., Beih.*, 121: 59-94. 1972.
- SCHÖLL, W.U. Sedimentologia e geoquímica do Grupo Bambuí na parte sudeste da Bacia do São Francisco. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976, (2): 207-32.
- SCHÖLL, W.U., FOGAÇA, 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].
- SCHORSCHER, H.D. *Entwicklung des polymetamorphen präkambrischen Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien*. Universidade de Heidelberg, (Tese de Doutorado). 304 p., 11 mapas. 1975.
- SCHORSCHER, H.D. Komatiitos na estrutura "Greenstone Belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife. *Resumo das Comunicações*. Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, 292-3. [Bol. 1].
- SCHORSCHER, H.D. Contribuição à estratigrafia proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. Rio de Janeiro: *Anais Acad. Bras. Ciências*, 52 (1): 195. 1980.
- SCHORSCHER, H.D. *Arcabouço petrográfico e evolução crustal de terrenos Pré-Cambrianos do Sudeste de Minas Gerais: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e domínios granito-gnáissicos adjacentes*. São Paulo: Instituto de Geociências, USP. (Tese de Livre Docência), 1992. 394 p.
- SCHORSCHER H.D., GUIMARÃES, P.F. Estratigrafia e tectônica do Supergrupo Minas e geologia do Distrito Ferrífero de Itabira. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, 1976, Belo Horizonte. *Roteiro das Excursões*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976.
- SCHORSCHER, H.D. *et al.* Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das Velhas Greenstone Belt and Proterozoic Rocks. Salvador: International Symposium on Archean and Proterozoic - ISAP, *Excursions Amex*, 44 p. 1982.
- SCHRANK, A. *et al.* Nova ocorrência de rochas com textura spinifex no Grupo Nova Lima – Distrito de Caeté, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 7, 1993, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1993. p. 123-7.
- SICHEL, S.E. *Geologia das rochas pré-cambrianas da região de Barão de Cocais e geoquímica preliminar dos komatiitos do Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1983a, 232 p. (Dissertação de Mestrado).

- SICHEL, S.E. Metamorfismo, idade relativa, petrografia e geoquímica do magmatismo básico proterozóico na região de Barão de Cocais. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2, 1983, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1983b. p. 187-96. [Bol. 3].
- SICHEL, S.E., VALENÇA, J. Geologia do Arqueano na região de Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2, 1983, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1983. p. 197-208. [Bol. 3].
- SIMMONS, G.C. The Fecho do Funil Formation. *Soc. Bras. Geol., Bol.*, 7 (2): 65-6. 1958.
- SIMMONS, G.C. Geology and mineral resources of the Barão de Cocais area, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geol. Survey, *Prof. Paper 341-H*, 46p. 1968.
- SIMMONS, G.C., MAXWELL, C.H. Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas. Trd. J.J.R. Branco. *Boletim*, 211, Rio de Janeiro: DNPM, 30 p. 1961.
- TEIXEIRA, W. *et al.* Geocronologia K-Ar do enxame de diques básicos da parte meridional do Cráton São Francisco e implicações no contexto geotectônico (no prelo).
- TULLER, M.P., RIBEIRO, J.H., DANDERFER FILHO, A. Geologia da região de Lagoa Santa - Sete Lagoas. *In: Projeto Vida*. Belo Horizonte: CPRM, 1991.
- VIAL, D.S., FERREIRA Jr., M.G., FERRARI, P.G. A lapa seca na mina de Morro Velho: metavulcanitos alterados hidrotermalmente. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 4, 1987, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1987. p. 369-90. [Bol. 7].
- VIEIRA, F.W.R. Textures and processes of hydrothermal alteration and mineralization in the Nova Lima Group, Minas Gerais, Brazil. *In: LADEIRA, E.A. (ed.) Brazil Gold'91*. Rotterdam, Balkema, 1991, p. 319-25.
- VIEIRA, F.W.R. Processos epigenéticos de formação dos depósitos auríferos e zonas de alteração hidrotermal do Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, 1988, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, ext. abstr., p. 76-87.
- VIEL, R.S., MOREIRA, P.C.H., ALKMIM, F.F. Faciologia da Formação Cauê e gênese do minério de ferro friável da Mina de Águas Claras, Serra do Curral, MG. *In: Simpósio sobre Sistemas Depositionais no Pré-Cambriano*, 1987, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1987, p. 137-53. [Bol. 6].
- VIVEIROS, J.F.M. de, VASCONCELOS, J.A. de, SÁ, E.L. de. Pesquisa de minério de ferro na Serra do Piacó, Quadrilátero Ferrífero, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2, 1983, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1983. p. 347-59. [Bol. 3].
- WALLACE, R.M. Geology and mineral resources of the Pico de Itabirito District, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geol. Survey, *Prof. Paper 341-F*, 68 p. 1965.
- WALLACE, R.M. The Moeda Formation. *Soc. Bras. Geol., Bol.*, 7 (2): 59-60. 1958.

# DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO

---

## 1 – Mapeamento Geológico

Caminhamento geológico (km) . . . . .	850
Área mapeada (km <sup>2</sup> ) . . . . .	2.880
Afloramentos estudados . . . . .	326
Amostras coletadas . . . . .	350
Análises petrográficas (neste projeto) . . . . .	129
Análises petrográficas (Projeto Rio das Velhas/1:25.000) . . . . .	454

2 – Cadastramento Mineral. . . . .	428
------------------------------------	-----

## 3 – Interpretação Geofísica (km<sup>2</sup>)

Magnetometria (CGBA, 1:100.000) . . . . .	2.880
Magnetometria (Rio das Velhas, 1:25.000). . . . .	431
Gamaespectrometria (Rio das Velhas, 1:25.000) . . . . .	431
Eletromagnetometria (Rio das Velhas, 1:25.000). . . . .	431

## 4 – Geoquímica (Compilação de Dados)

Sedimentos de corrente . . . . .	1.962
Concentrados de bateia . . . . .	1.332
Análises geoquímicas . . . . .	11.310

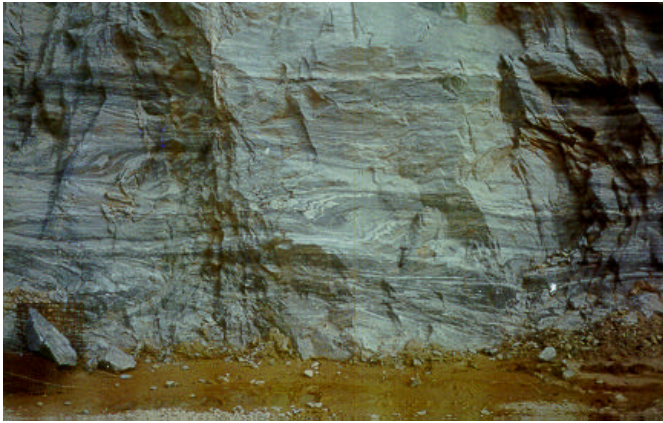
# Documentação Disponível para Consulta

Base de Dados (AFLOR, PETR, META)  
Mapas Temáticos Geofísicos e Geoquímicos  
Relatório Temático de Geoquímica

## **Llista de Figuras e Tabelas**

- Figura 1.1 – Mapas de localização e situação da Folha Belo Horizonte.
- Figura 2.1 – Distribuição das unidades estratigráficas na Folha Belo Horizonte.
- Figura 4.1 – Produções acumuladas de minério de ferro (em milhões de toneladas) na Folha Belo Horizonte, no período 1988-1992.
- Figura 4.2 – Produções anuais (em toneladas de minério) das minas de Cuiabá, Raposos e Grande no período 1988-1993.
- Figura 4.3 – Produções acumuladas de calcário calcítico (em milhões de toneladas/ano) na Folha Belo Horizonte, no período 1988-1993.
- Figura 4.4 – Estereograma das atitudes (sentido e caimento) dos corpos de minério aurífero do Grupo Nova Lima na região de Caeté, Nova Lima, Raposos e Sabará.
- Tabela 3.1 – Síntese da evolução do Quadrilátero Ferrífero e adjacências.
- Tabela 4.1 – Substâncias minerais da Folha Belo Horizonte e respectivos contextos geológicos.
- Tabela 4.2 – Distribuição dos jazimentos de ferro nos municípios da folha Belo Horizonte.
- Tabela 4.3 – Classificação dos jazimentos auríferos da folha Belo Horizonte de acordo com os principais parâmetros geológicos e econômicos.
- Tabela 4.4 – Dados econômicos dos jazimentos de calcários do Grupo Bambuí na Folha Belo Horizonte





**Foto 1**

*Bandamento gnáissico do Complexo Belo Horizonte mostrando uma alternância de bandas cinza escuro e bandas cinza-claro cortadas por veios quartzo-feldspáticos. Local: pedreira abandonada Córrego do Engenho.*



**Foto 2**

*Anfibolitos (cinza-escuro) do Complexo Belo Horizonte, cortados por veios de quartzo e/ou quartzo-feldspáticos, com foliação pretérita discordante. Local: pedreira abandonada Souza Lima.*



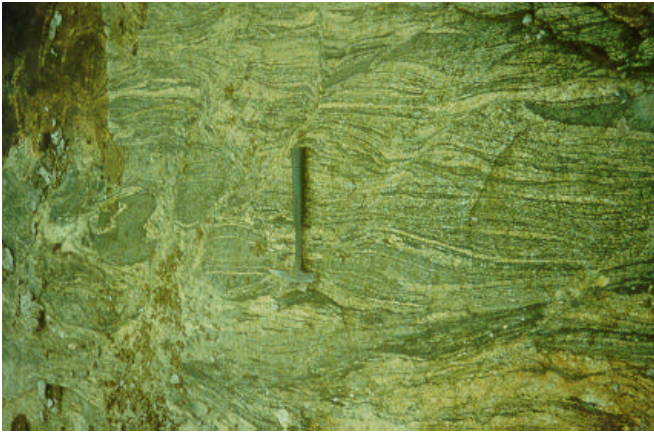
**Foto 3**

*Migmatito do Complexo Belo Horizonte com neossoma granítico mostrando alto grau de plasticidade (cinza-claro) e com restos de paleossoma anfibolítico (cinza-escuro). Local: leito do rio Taquaraçú, bar Aritana, estrada Taquaraçú de Minas - Nova União.*



**Foto 4**

*Estruturas migmáticas tipo schlieren com contatos bruscos ou difusos entre as partes brancas quartzo-feldspáticas e o paleossoma anfibolítico (Complexo Belo Horizonte). Local: cachoeira do ribeirão Vermelho, a leste de Pinhões.*



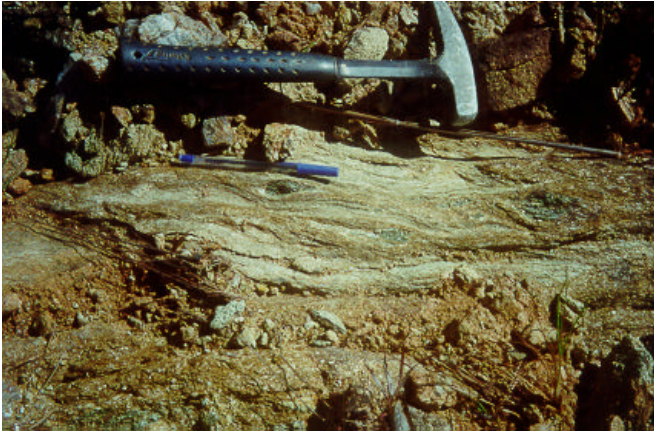
**Foto 5**

*Paleossoma anfíbolítico (em migmatito do Complexo Belo Horizonte) injetado por neossoma quartzo-feldspático (estromático até agmatítico); boudins de foliação na parte esquerda atestando estágio plástico. Local: cachoeira do ribeirão Vermelho, a leste de Pinhões.*



**Foto 6**

*Aspecto de granitóide porfírico (Unidade Granitóide Retiro) na pedreira da fazenda Retiro. Note-se a foliação e a forma sigmoidal dos porfiroclastos. Local: fazenda do Retiro (BR-262/381), próximo do entroncamento de Roças Novas.*



**Foto 7**

*Sigmóides de foliação em metalultrabásica (São Benedito) indicando movimentação para NE (atitude 220/40). Local: região da Serra Verde.*



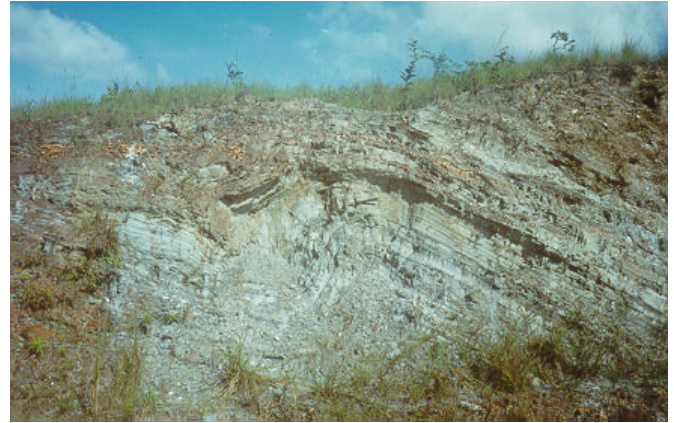
**Foto 8**

*Morfologia serrilhada da serra da Piedade constituída pelos itabiritos da Formação Cauê, tendo no último plano o observatório astronômico da serra da Piedade (pico mais alto). Observe-se a foliação verticalizada dos itabiritos. Local: serra da Piedade, ao norte de Sa-bará, em área abandonada da Mineração SAMITRI.*



**Foto 9**

*Ritmitos da Formação Cercadinho com intercalações de filito cinza e quartzitos à esquerda, e à direita mostrando ritmitos arenosos com quartzitos (grits) negros e brancos. Local: entrada de Sabará.*



**Foto 10**

*Ritmitos da Formação Cercadinho, observando-se dobra aberta em joelho. Local: Bairro Taquaril, estrada para o Triângulo e Nova Lima, após o terreno da RFFSA.*



**Foto 11**

*Alternância de níveis arenosos e argilosos formando ritmitos no Grupo Sabará, salientados pela erosão diferencial. Local: acesso à Av. Barão Homem de Melo, próximo da TRATEX (Bairro Buritis).*



**Foto 12**

*Contato dos gnaisses do Complexo Belo Horizonte (abóboda) com o Supergrupo Espinhaço, na quebra da topografia acima da abóboda. Local: estrada de Altamira para Maria Nazária.*



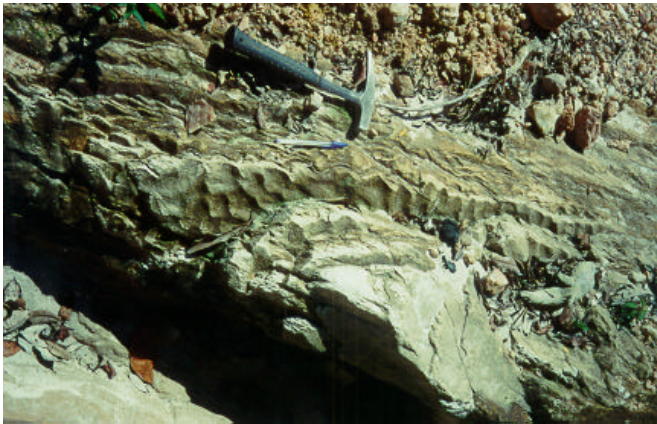
**Foto 13**

*Aspecto dos quartzitos da Formação Cambotas com fraturamentos/falhas verticais na parte direita da foto. Local: estrada Antônio dos Santos – Água Limpa, próximo de Água Limpa.*



**Foto 14**

*Aspecto de conglomerado que ocorre próximo à base da Formação Sopa-Brumadinho. Note-se o achatamento e orientação dos seixos devido à tectônica. Local: base da serra Altamira, na cidade de Altamira.*



**Foto 15**

*Marcas de onda em quartzitos do Supergrupo Espinhaço com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo. Local: serra da Matinha, a NE de Nova União, estrada para o córrego Santana.*



**Foto 16**

*Quartzito da Formação Cambotas que ocorre na base da serra da Caraça (Cambotas), exibindo marcas de onda com cristas sinuosas levemente assimétricas. Local: proximidades da torre da EMBRATEL, a leste de Antônio dos Santos.*



**Foto 17**

*Relevo alçado dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço da serra da Caraça (Cambotas, Água Limpa) atingindo cotas de 1.400m. A parte superior corresponde a uma escama de empurrão. Nota-se um nível contínuo e resistente, que também ocorre nas regiões de José de Melo e Altamira. Local: estrada de Antônio dos Santos para Água Limpa.*



**Foto 18**

*Conglomerado do Grupo Macaúbas com seixos suportados pela matriz e de distribuição aleatória; observe-se uma foliação à direita. Local: estrada Felipe - córrego Bom Jardim.*



**Foto 19**

*Quartzitos róseo-avermelhados do Grupo Macaúbas mostrando estratificação cruzada de pequeno porte. Local: estrada Felipe – córrego Bom Jardim.*



**Foto 20**

*Pavimento de estrada formado por quartzitos do Grupo Macaúbas exibindo ripple marks assimétricas com direção de crista N30°E, flanco W curto e flanco E longo. Local: proximidades da cachoeira do córrego Bom Jardim.*



**Foto 21**

*Grandes blocos de metadiamicctito (Grupo Macaúbas) com matriz foliada cinza-esverdeada contendo seixos de quartzo e gnaïsse. Local: Felipe.*



**Foto 22**

*Detalhe de metaconglomerado do Grupo Macaúbas. A maior parte dos seixos é de gnaïsse ou granito-gnaïsse, com arredondamento variável e tendência ao achatamento. Local: rio Preto, fazenda Monjolo, a oeste de Carmo, no sopé da serra da Prata.*

Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
37	Ferro	Cuiabá	Itabirito da Fm. Cauê	RM = 11.751.438t; RI = 29.509.000t; RF = 952.000t (55,69% de Fe). Itabirito pobre: RM = 15.320.000t; RI = 26.138.000t; RF = 368.154.000t (38,23% de Fe)
38	Manganês	Faz. Mato Dentro	Fm. Gandarela	
39	Manganês	C. do Cedro	Complexo B. Horizonte	
40	Manganês	C. Magalhães	Gr. Nova Lima Indiviso	
41	Manganês	Sa. da Piedade	Itabirito da Fm. Cauê	
42	Manganês	Faz. São José	Fm. Sete Lagoas	
43	Manganês	Sumidouro	Fm. Sete Lagoas	
44	Manganês	C. da Lajinha	Fm. Sete Lagoas	
45	Ouro	Camará 1	Metacherte e formação ferrífera	RM = 35.360t; RI = 6.968t; RF = 6.968t. Teor médio = 14,85g/t de Au
46	Ouro	Camará 2	Formação ferrífera	
47	Ouro	Gongo Soco	Filito ferruginoso e metacherte	RT = 160.000t. Teor médio = 2,45g/t
48 *	Ouro	Luís Soares	Metavulcânicas máficas, metacherte e qz-se-gf xisto	Teor = 3g/t de Au
49	Ouro	Mo. Vermelho - Faz. Velha	Veios de quartzo e formação ferrífera em xistos	Teor médio = 0,85g/t de Au
50	Ouro	Faz. Jacu de Cima	Formação ferrífera	Teor médio = 1,2g/t de Au
51	Ouro	Roça Grande 1	Formação ferrífera	RM = 284.353t; RI = 369.659t; RF = 369.659t. Teor médio = 4,66g/t de Au
52 *	Ouro	Roça Grande 5	Xistos do Grupo N. Lima	
53 *	Ouro	Roça Grande 7	Veios em zona de cisalhamento	RM = 33.372t; RI = 19.129t; RF = 19.129t. Teor médio = 13,44g/t de Au
54	Ouro	Roça Grande 2	Formação ferrífera	RM = 436.966t; RI = 406.796t; RF = 406.796t. Teor médio = 9,05g/t de Au
55 *	Ouro	Roça Grande 6	Metacherte, xistos e formação ferrífera	RM = 90.836t; RI = 17.872t. Teor médio = 11,36g/t de Au
56	Ouro	Roça Grande 3	Metavulcânicas, ffb, metacherte e metapelitos	RM = 24.741t; RI = 76.494t; RF = 76.494t. Teor médio = 8,2g/t de Au
57 *	Ouro	Roça Grande 4	Metacherte e quartzo	RM = 34.661t; RI = 18.866t; RF = 18.866t. Teor médio = 6,69g/t de Au
58 *	Ouro	Faz. Geriza - Roças Grandes	Veios de quartzo em formação ferrífera	RI = 76.187t. Teor médio = 3,99g/t de Au
59	Ouro	Faz. Geriza - Morro da Mina	Veios de quartzo em formação ferrífera	RM = 978.987t; RI = 79.040t; RF = 39.312t. Teor médio = 1,75g/t de Au
60 *	Ouro	Faz. Geriza - Cachoeira	Formação ferrífera	
61 *	Ouro	Faz. Geriza - Ajunta-Vaca ou Junta Vaca	Veios de quartzo em formação ferrífera	
62 *	Ouro	Faz. Geriza - Vai-Vem	Veios de quartzo em formação ferrífera	RI = 9.523t; RF = 28.568t. Teor médio = 3,31g/t de Au
63 *	Ouro	Faz. Geriza - Santinho (galerias 20 e 20A)	Veios de quartzo	Teor = 4,6g/t de Au
64	Ouro	Cachoeira do Falcão ou Paredão	Formação ferrífera?	
65	Ouro	Mo. Vermelho - Matarelli	Veios de quartzo e formação ferrífera	Teores ≤15,8g/t de Au em clorita xisto e ≤5g/t de Au em ffb
66 *	Ouro	Mo. Vermelho - Bela Vista	Veios de quartzo em clorita xisto	Teores ≤7g/t de Au
67 *	Ouro	Faz. Geriza - Santo Antônio	Veios de quartzo em formação ferrífera	
68 *	Ouro	Amianto		
69	Ouro	Moita	Quartzo sacaróide em clorita xistos	RT = 130.000t. Teor médio = 6,98g/t
70 *	Ouro	C. Roça Grande	Formação ferrífera?	Teor ≤ 9,5g/t de Au
71	Ouro e prata	Furnas do Cutão - Boa Vista	Formação ferrífera em metapelitos	RM = 170.600t; RI = 170.810t; RF = 113.874t. Teores = 7,14g/t de Au; 1,4g/t de Ag
72	Ouro	Furnas do Cutão - Fernandes	Veios de quartzo em metapelitos carbonosos	RM = 12.361t; RI = 12.691t; RF = 12.691t. Teor médio = 6,31g/t de Au
73 *	Ouro	Chameca	Formação ferrífera, metacherte e metapelitos	Teor < 0,7 g/t de Au
74	Ouro	Furnas do Cutão - Luís Antônio	Formação ferrífera e veios de quartzo em metapelitos	Teores ≤ 8,0g/t de Au; média (galeria 3) = 2,8g/t de Au
75	Ouro	Olhos d'Água - Lavra Velha	Formação ferrífera e metacherte	Teor = 3-20g/t de Au e média ≈ 4g/t de Au
76 *	Ouro	Água de Sapo	Formação ferrífera	
77 *	Ouro	Paciência	Formação ferrífera?	
78		Olhos d'Água - Pernambuco	Veios de quartzo em metapelito carbonoso	Teores médios ≈ 3-14g/t de Au, com máximo = 54g/t de Au
79 *	Ouro	Serra do Paraíso	Qz-crb-mica xisto	Teores ≤19,6g/t de Au

Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
80 *	Ouro	Serra do Paraíso	Qz-mica xisto	
81	Ouro	Minas do Sanches	Veios qz-crb e ffb	Teores $\leq 7,3\text{g/t}$ de Au (ffb) e $\leq 36,7\text{g/t}$ de Au (qz-crb)
82	Ouro	Zé Firme	Veios qz-crb em metapelitos grafitosos	Teores: $\leq 48,5\text{g/t}$ de Au e média de $11\text{g/t}$ de Au
83	Ouro	Córr. Batatal I	Veios de quartzo	
84 *	Ouro	Córr. Batatal II	Veios qz-crb	Teores $\leq 101,0\text{g/t}$ de Au
85	Ouro	Faz. da Quinta	Formação ferrífera?	
86	Ouro	C. Lagoa Seca I	Se-qz xisto	
87 *	Ouro	C. Lagoa Seca II	Formação ferrífera	
88	Ouro	Carrapato - Morro do Carrapato	Veios de quartzo, metacherte e ffb	RM = 648t; RI = 2.592t; RF = 8.424t. Teor médio = $3,64\text{g/t}$ de Au
89 *	Ouro	Carrapato - Mina do Carrapato	Veios de quartzo, metacherte e ffb	RM = 257t; RI = 2.831t; RF = 5.148t. Teor médio = $3,87\text{g/t}$ de Au
90 *	Ouro	Carrapato - Mina de Cima	Ffb, metacherte e veios qz-crb em metamáficas	Teor $\approx 6,0\text{g/t}$ de Au
91 *	Ouro	Escavação do Trincheirão	Veios em metapelitos	Teor $\leq 2,3\text{g/t}$ de Au
92 *	Ouro	Escavações das Bancadas	Veios em metapelitos	Teor $\leq 1,6\text{g/t}$ de Au
93	Ouro	Juca Vieira - Mina Nova (NW-3)	Veios qz-crb-sulfetados em metabásicas	RM = 24.868t. Teor médio = $6,74\text{g/t}$ de Au
94 *	Ouro	Juca Vieira (Mina Velha, Galena, FJV)	Veios de quartzo em xistos máficos e metapelitos	RM = 61.741t; RI = 171.892t; RF = 91.108t. Teor = $5,3\text{g/t}$ de Au. Produção = 9.676t (1995)
95 *	Ouro	Paulina	Formação ferrífera	RM = 2.734t; RI = 11.618t; RF = 10.935t. Teor = $5,37\text{g/t}$ de Au
96	Ouro	Catita (Louro, Dreno, Meio, Marimbondo, Bezero e FCT)	Veios de quartzo em metamáficas e metagrauvacas	Zona oxidada: RM = 47.700t; RI = 30.300t; RF = 30.300t ( $3,69\text{g/t}$ de Au). Zona sulfetada: RI = 31.360t; RF = 23.760t ( $8,26\text{g/t}$ de Au)
97	Ouro	Nascente	Formação ferrífera	
98	Ouro	Carrancas	Veios de quartzo e formação ferrífera	Teor médio = $3\text{g/t}$ de Au
99 *	Ouro	Viracopos	Lentes de quartzo em qz-crb-cl-(gf) xt	Teor $\leq 3\text{g/t}$ de Au
100	Ouro	Tingá	Formação ferrífera	
101	Ouro	Prainha	Veios de quartzo em gnaisse	
102	Ouro	Cachimbo	Veios de quartzo	
103	Ouro	Santa Frutuosa	Veios de quartzo em qz-mi xisto	Teores $\leq 1,6\text{g/t}$ de Au; média $\approx 0,6\text{g/t}$ de Au
104	Ouro	Veremos ou Verens ou C. Pau de Espinho	Veios de quartzo em qz-mi xisto	Teores $\leq 4,0\text{g/t}$ de Au; média $\approx 1,0\text{g/t}$ de Au
105 *	Ouro	Veremos ou Verens	Formação ferrífera e quartzo	Teores $\leq 4,0\text{g/t}$ de Au; média $\approx 2,5\text{g/t}$ de Au
106	Ouro	João Barrão	Formação ferrífera e quartzo em metapelitos carbonosos	Teor $\leq 7,8\text{g/t}$ de Au
107	Ouro	Pacóbio	Veios de quartzo em xisto	Teor $\leq 14\text{g/t}$ de Au; média $\approx 2,0\text{g/t}$ de Au
108	Ouro	Severino - Abelha I e Abelha II	Formação ferrífera e metacherte carbonático	RM = 12.625t; RI = 39.520t; RF = 27.100t. Teor médio = $6,21\text{g/t}$ de Au
109 *	Ouro	Cocho	Boudins de quartzo em metavulcânicas	Teor $\leq 5,0\text{g/t}$
110 *	Ouro	Vale do Cocho	Formação ferrífera	Teor $\leq 1,5\text{g/t}$
111 *	Ouro	Bicho de Pé	Massas de quartzo em qz-se-crb xisto	Teor = 3 - $10\text{g/t}$
112	Ouro	Funil	Veios de quartzo	RM = 4.860t; RI = 10.935t; RF = 10.935t. Teor médio = $4,5\text{g/t}$ de Au
113	Ouro	Morro do Adão	Veios de quartzo em qz-crb-mica xisto	RM = 4.100t; RI = 27.180t; RF = 22.555t. Teor médio = $5,45\text{g/t}$ de Au
114 *	Ouro	José Fernandes	Veios de quartzo em qz-mica xisto	RM = 8.957t; RI = 42.718t; RF = 37.895t. Teor médio = $4,4\text{g/t}$ de Au
115 *	Ouro	José Brandão	Veios de qz-crb em xistos e ffb	Teor $\approx 0,5\text{g/t}$ de Au
116 *	Ouro	Faz. Chico Rosa	Xistos metapelíticos	
117	Ouro	Ouro Fino (Faz. Ouro Fino de Cima)	Formação ferrífera em xisto máfico	RF = 21.600t. Teor = $5,62\text{g/t}$ de Au
118 *	Ouro	Ouro Fino	Formação ferrífera em metapelitos	
119 *	Ouro	Ouro Fino de Baixo (Faz. Chico Rosa)	Formação ferrífera e quartzo em xisto máfico	Teor $\leq 8,2\text{g/t}$ de Au
120 *	Ouro	Córr. do Teixeira	Veios de quartzo em se-qz-crb xisto (metamáfica?)	RM = 1.900t; RI = 3.800t; RF = 4.940t. Teor médio = $2,39\text{g/t}$ de Au
121	Ouro	Azul	FFB (f. óxido) com sulfetos	
122 *	Ouro	Bom Caminho	FFB e veios de quartzo	



Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
123 *	Ouro	Córr. Caeté	Aluvião	
124 *	Ouro	Córr. Caeté	Aluvião	
125	Ouro	Córr. Padrão	Xistos (metavulcânicas?)	
126	Ouro	Córr. Caeté - Val Porto	Aluvião	
127	Ouro	José Brandão	Granito gnaissado cisalhado	
128	Ouro	José Brandão	Granito gnaissado cisalhado	
129	Ouro	Córr. do Baú	Metavulcânicas	
130	Ouro	Estado	Veios de quartzo em clorita xt	Teor $\leq$ 14,6g/t de Au; média $<$ 0,5g/t
131 *	Ouro	Ventania	Veios de quartzo em clorita xt	Teor $\leq$ 3,8g/t de Au; média $\approx$ 0,9g/t
132 *	Ouro	Gambá ou Jararaca	Veios de quartzo em clorita xt	
133	Ouro	Escavação das Éguas	Veios de quartzo em clorita xt	Teor $\leq$ 6,3g/t de Au; média $\approx$ 0,8g/t de Au
134 *	Ouro	Escavação do Fundão	Veios de quartzo em clorita xt	Teor $\leq$ 4,7g/t de Au; média $\approx$ 0,9g/t de Au
135	Ouro	Escavação do Gordo	Veios de quartzo em clorita xt	
136	Ouro	Descoberto	Metapelitos e metacherte	Veios de qz-tu = 3,2 - 7,3/t de Au
137 *	Ouro	Cata Funda	Metabásicas e metapelitos	Veios de qz-tu-pi-asp = 5,7 - 16,4g/t de Au
138 *	Ouro	Fizuca	Metabásicas e metapelitos	
139 *	Ouro	Túnel	Metabásicas e metapelitos	
140 *	Ouro	Espinho ou Formigueiro	Metacherte	
141 *	Ouro	Macacos		
142 *	Ouro	Coqueiro		
143	Ouro	Marimbondo		
144	Ouro	Mãe Catarina		
145	Ouro	Rocinha ou Capitão Jimmy	Formação ferrífera e veios de quartzo	Teores = 3 - 10g/t de Au
146 *	Ouro	Cedro	Lentes de quartzo em qz-crb-cl-(gf) xt	Teor $\leq$ 3g/t de Au; média $\approx$ 0,5/t de Au
147 *	Ouro	Borges	Lentes de quartzo em qz-crb-cl-(gf) xt	Teor $<$ 3g/t de Au
148 *	Ouro	Alto do Gago	Boudins de qz-crb e formação ferrífera	Teor $\leq$ 19g/t de Au; média $\approx$ 0,6g/t de Au
149	Ouro	Timbé (SE) - Galerias 1-4	Veios de qz-crb em quartzo xisto	Teor $\leq$ 1,7g/t de Au
150 *	Ouro	Rib. Comprido	Formação ferrífera e veios de quartzo em metapelitos	Teor = 6,0g/t de Au (ffb)
151 *	Ouro	Timbé	Boudins de quartzo em ffb	RT = 8.250t. Teor = 2,33g/t de Au
152	Ouro	Córr. das Patacas	Boudins de quartzo em metapelitos	
153 *	Ouro	Córr. das Patacas - Galeria 26	Boudins de quartzo em xisto	Teor $\leq$ 11,5g/t de Au
154	Ouro	Córr. Lagoa Seca		
155 *	Ouro	Córr. Juca Vieira - Viaduto e Abelha	Veios de qz-crb em metacherte e metapelito	RM = 7.130t; RI = 14.260t; RF = 14.260t. Teor médio = 2,62g/t de Au
156	Ouro	Rio das Velhas - Porto Rico	Aluviões e terraços	Teor $\approx$ 0,05 /t de Au
157	Ouro	Córr. Pataquinha II	Veios de quartzo em xisto	
158 *	Ouro	Córr. Pataquinha I	Veios de quartzo em xisto	
159 *	Ouro	C. Pataquinha - Galeria 5	Veios de qz-crb em quartzo xisto	
160 *	Ouro	C. Pataca - Galeria 6	Veios de qz-crb em quartzo xisto	Teor $\leq$ 0,6g/t de Au
161	Ouro	Mo. do Coelho (Galerias 7 a 10)	Quartzo xisto grafitoso com massas qz-crb	Teor $\leq$ 22,1g/t de Au; média $\approx$ 2g/t de Au
162 *	Ouro	Faz. Batatal - Galeria 11	Veios de qz-crb em quartzo xisto	Teores = 1,3 - 7,3g/t de Au
163	Ouro e prata	Furnas do Cutão	Veios de quartzo	Teor = 1,0g/t de Ag
164	Ouro	Quebra-Braço	Veios de quartzo	
165	Ouro	Portão	Formação ferrífera e veios de quartzo em filito	Teor = 0,5 - 5g/t de Au (ffb)
166	Ouro	C. do Brumado - Gainha		
167 *	Ouro	C. Sobradinho		
168	Ouro	Sobradinho	Veios qz-crb em ffb e filito carbonoso	RM = 12.309t; RI = 12.309t; RF = 12.309t. Teor = 2,4g/t de Au

Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
169 *	Ouro	C. Sobradinho		
170 *	Ouro	Córr. Piçarrão		
171	Ouro	C. do Brumado - Pataca		
172 *	Ouro	C. do Brumado - Capão do Ferraz		
173	Ouro	C. das Patacas - Círculo	Boudins de quartzo em metapelitos	Teor < 1,0g/t de Au
174	Ouro	Gaia	Formação ferrífera bandada	
175	Ouro	Sítio São José	Veios de quartzo	
176	Ouro	Lamego - Carruagem, P.A., Gal. 48 e Gal. 62	Formação ferrífera, metacherte, quartzo e metapelitos grafitosos	Minério oxidado: RM = 16.170t (3,5g/t de Au). Minério sulfetado: RI = 174.000t; RF = 141.810t (8,95g/t de Au)
177	Ouro	Lamego - Queimada e MC-44	Formação ferrífera, metacherte e metapelitos grafitosos	Minério oxidado: RM = 10.780t; RI = 10.780t; RF = 10.780t (9,43 g/t de Au). Minério sulfetado: RM = 116.725t; RI = 76.125t; RF = 60.900t (8,64g/t de Au)
178 *	Ouro	Lamego (Arco da Velha-NE, MC-69, MC-51/53, Lavinho e Córrego)	Formação ferrífera, metacherte e metapelitos grafitosos	Minério oxidado: RM = 55.440t (2,43g/t de Au). Minério sulfetado: RM = 40.600t; RI = 112.824t; RF = 101.790t (4,97g/t de Au)
179 *	Ouro	Terras do Capão - C. Gainha ou Alvo B	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	Minério oxidado: RT = 656.228t. Teor médio = 3,04g/t de Au
180	Ouro	Lamego - Arco da Velha, Arco Sul, Arco SW e Paredão	Formação ferrífera, metacherte e metapelitos carbonosos	Minério oxidado: RT = 188.361t (1,90g/t de Au). Minério sulfetado: RM = 610.508t; RI = 980.552t; RF = 331.905t (4,34g/t de Au)
181 *	Ouro	Lamego - Cabeça de Pedra	Formação ferrífera, metacherte e xistos pelíticos a grafitosos	RI = 217.370t; RF = 66.480t. Teor = 6,50g/t de Au
182 *	Ouro	Terras do Capão - Mo. do Urubu ou Alvo A	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	Minério oxidado: RM = 633.729t; RF = 187.500t. Teor médio = 1,93g/t de Au
183 *	Ouro	Terras do Capão - Extensões A12 e B13	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	
184	Ouro	Faz. dos Cristais - Corpo 1	Veios de quartzo em qz-se-cl-crb xisto	RM = 31.154t; RI = 44.500t; RF = 55.109t. Teor médio = 3,34g/t de Au
185 *	Ouro	Faz. dos Cristais - Corpo 6	Veios de quartzo em qz-se-cl-crb xisto	
186	Ouro	Arraial Velho de Santana - Cerâmica	Qz-cl-crb-se xisto com massas de qz-crb	RM = 4.542t; RI = 6.762t; RF = 6.010t. Teor
187	Ouro	Arraial Velho de Santana - Região SE	Qz-cl-crb-se xisto com massas de qz-crb	médio = 3,2g/t de Au
188	Ouro	Arraial Velho de Santana - Bananeira	Qz-cl-crb-se xisto com veios de qz-crb	
189	Ouro	Sítio Retirinho		
190	Ouro	Terras do Capão - C. Cabeça de Boi ou Alvo 10	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	RT = 125.000t. Teor médio = 3,18g/t
191	Ouro	Terras do Capão - C. Saquinho ou Alvo 8	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	RT = 150.000t. Teor médio = 3,13g/t
192	Ouro	Terras do Capão - Sabará ou Alvos 1+2+3	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	RT = 125.000t. Teor médio = 2,45g/t
193	Ouro	Terras do Capão - C. Saquinho - Lavra antiga L3 ou Alvo 6	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	Teores = 0,15 - 6,2g/t de Au
194	Ouro	Terras do Capão - C. da Pataca - Lavra antiga L2 ou Alvo 4	Veios de quartzo em metacherte e metapelito	Teores = 2,8 - 5,3g/t de Au
195 *	Ouro	Córrego Comprido - Escavação Gainha	Quartzo microcristalino em metapelito	Teor ≤ 2,1g/t de Au
196 *	Ouro	Córrego Comprido - Escavação Enforcado	Veios de quartzo em metapelito carbonoso	Teor ≤ 2,1g/t de Au
197	Ouro	Mina de Cuiabá	Formação ferrífera bandada (qz-crb) e metapelitos carbonosos	RM = 6.548.125t; RI = 1.950.506t; RF = 3.232.701t. Teor médio = 8,95g/t de Au. Produção (1995) = 551.674t ou 4,18t de Au
198	Ouro	Cuiabá	Metavulcânica ácida?	
199	Ouro	Mestre Caetano	Metandesito?	
200	Ouro	Capitão Clemente		
201	Ouro	Descoberto	Veios de quartzo em metavulcânica ácida(?)	
202 *	Ouro	Lavras Antigas	Metavulcânica ácida?	

Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
203	Ouro	Macaúbas		
204 *	Ouro	Goiabeiras		
205	Ouro	Serra da Piedade	Metandesito?	
206	Ouro	Rib. da Prata		
207	Ouro	Raposos - Poço 4		
208 *	Ouro	Três Vinténs		
209	Ouro	Espírito Santo		
210 *	Ouro	Corpo E-W	Formação ferrífera bandada em xistos pelíticos carbonosos	RM = 886.762t; RI = 1.538.243t; RF = 2.257.134t. Teores = 6,27g/t de Au; 0,1g/t de Ag; 0,6% de As; 3,4% de S. Produção (1995): 161.634t (0,97t de Au)
211 *	Ouro	Sumidouro		
212 *	Ouro	Santa Cruz		
213 *	Ouro	Santa Catarina		
214	Ouro	Galo	Qz-ank xt (Lapa Seca)	RM = 39.060t; RI = 39.060t; RF = 39.060t. Teor = 6,37g/t de Au
215	Ouro, prata, arsênio e enxofre	Morro Velho - Mina Velha	Qz-ank xt (Lapa Seca)	RM = 1.631.515t; RI = 2.564.093t; RF = 2.477.651t. Teores = 8,47g/t de Au; 4,0g/t de Ag; 2,23% de As; 8,0% de S. Produção (1995) = 138.265t (1,17t de Au)
216	Ouro, prata, arsênio e enxofre	Morro Velho - Mina Grande	Qz-ank xt (Lapa Seca)	
217	Ouro	Morro Sujo	Formação ferrífera e veios de quartzo	Teores = 1,3 - 6,3g/t de Au
218	Ouro	Moinho	Veios qz-crb e ffb	Teor ≤ 15,5g/t de Au; média ≈ 2,2g/t de Au
219	Ouro	Rio das Velhas	Aluviões recentes	RM = 5.183.590t; RI = 28.928.500t; RF = 112.393.450t. Teor = 0,1g/t.
220	Ouro	Rio das Velhas - Cachoeira	Terraços sedimentares	
221	Ouro	Rio das Velhas - Brumado	Terraços sedimentares	
222	Ouro	Rio das Velhas - Palmital	Terraços sedimentares	
223	Ouro	Rio das Velhas - Quinta do Sumidouro	Terraços sedimentares	
224	Água mineral	Sítio Elizabeth	Gnaisses graníticos	Vazão = 382.135l/dia. Produção = 69.900l/dia
225	Amianto	Caeté	Metaultramáfica do Grupo Nova Lima	
226	Areia e cascalho	Granja Werneck	Aluvião	
227	Areia	Fazenda Quinta do Lago	Aluvião	
228	Areia industrial	Fazenda Quinta do Lago	Aluvião	Produção = 180m <sup>3</sup> /ano
229 *	Areia industrial	Fazenda Quinta do Lago	Colúvio	
230	Areia	Faz. do Funil	Aluvião	
231	Areia	Rio Vermelho	Aluvião	Produção = 1.500m <sup>3</sup> /ano
232	Areia	Faz. Fortuna	Supergrupo Espinhaço	
233	Areia quartzosa	Várzea dos Lopes	Aluvião	
234	Areia e argila	Faz. Capim Seco	Aluvião	Areia: RM = 327.735m <sup>3</sup> ; RI = 37.119m <sup>3</sup> . Teor médio: SiO <sub>2</sub> = 79,0%
235 *	Areia	Faz. Mato Virgem (Rib. da Mata)	Aluvião	
236 *	Areia	Faz. do Pinhal	Aluvião	
237	Areia	Rio Vermelho	Aluvião	Produção = 2.000m <sup>3</sup> /ano
238	Areia	Faz. Diogo (Rio Vermelho)	Aluvião	Produção = 2.000m <sup>3</sup> /ano
239	Areia e cascalho	Sol Nascente	Aluvião	Produção = 100m <sup>3</sup> /ano
240	Areia	Faz. Severina	Aluvião	
241	Areia	Sítio Pedregal	Aluvião	
242	Areia e cascalho	Baú	Aluvião	
243	Areia	Faz. Dengo d'Água	Aluvião	
244	Areia e cascalho	Rio Vermelho (Faz. Itatiaia)	Aluvião	
245	Areia e cascalho	Faz. Ribeirão Vermelho	Aluvião	
246	Areia e cascalho	Ribeirão da Mata	Aluvião	
247 *	Areia	Faz. do Carmo (Rio Taquaraçú)	Aluvião	
248	Areia	Faz. Bom Destino	Aluvião	

Nº de Referência	Substância Mineral	LOCAL	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
249	Areia	Faz. Bom Destino	Aluvião	
250	Areia	Faz. Santa Helena	Aluvião	Produção = 7.200m <sup>3</sup> /ano
251	Areia	Faz. Rio Vermelho	Aluvião	Produção = 5.000m <sup>3</sup> /ano
252	Areia	Faz. Macaúbas	Aluvião	Produção = 4.800m <sup>3</sup> /ano
253 *	Areia	Faz. Macaúbas	Aluvião	Produção = 6.500m <sup>3</sup> /ano
254 *	Areia	Taquaraçú de Baixo	Aluvião	
255	Areia	Barra do Rio Taquaraçú	Aluvião	Produção = 7.200m <sup>3</sup> /ano
256	Areia	Taquaraçú de Baixo	Aluvião	Produção = 7.200m <sup>3</sup> /ano
257	Areia	Vargens dos Crioulos	Aluvião	Produção = 7.200m <sup>3</sup> /ano
258	Areia	Bairro São Benedito	Aluvião	
259 *	Areia	Sítio Barragem	Aluvião	
260 *	Areia	Usina da Cia. Belgo-Mineira	Aluvião	Produção = 6.000m <sup>3</sup> /ano
261	Areia	Faz. Vargem Alegre	Aluvião	
262	Areia	Faz. Pinhal	Aluvião	Produção = 1.000m <sup>3</sup> /ano
263	Areia	Faz. Todos os Santos	Aluvião	Produção = 2.000m <sup>3</sup> /ano
264 *	Areia	Faz. São José	Aluvião	Produção = 500m <sup>3</sup> /ano
265	Areia	Faz. Agromita	Aluvião	
266 *	Areia	Faz. Vargem Formosa	Aluvião	Produção = 200m <sup>3</sup> /ano
267 *	Areia	Faz. Vargem Grande	Aluvião	Produção = 600m <sup>3</sup> /ano
268	Areia	Faz. Cumbe	Aluvião	
269	Areia	Faz. Rio Preto	Aluvião	Produção = 36.000m <sup>3</sup> /ano
270	Areia	Faz. Boa Vista	Aluvião	Produção = 800m <sup>3</sup> /ano
271	Areia	Faz. Cachoeira	Aluvião	Produção = 800m <sup>3</sup> /ano
272	Areia	Faz. das Lajes	Aluvião	Produção = 700m <sup>3</sup> /ano
273	Areia	Rio Jaquaruçu	Aluvião	Produção = 7.200m <sup>3</sup> /ano
274	Areia	Faz. Nova Granja	Aluvião	Produção = 530m <sup>3</sup> /ano (1986); 119m <sup>3</sup> (1987)
275	Areia	Faz. Bem-te-vi	Aluvião	
276	Areia	Faz. Areia branca	Aluvião	
277	Argila refratária e caulim	Jogo da Bola	Complexo Caeté	Argila: RM = 251.000m <sup>3</sup> . Caulim: RM = 1.050.000m <sup>3</sup> . Teores: 27% de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 55-60% de SiO <sub>2</sub> ; 2,3% de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
278	Argila refratária e caulim	Tinoco	Complexo Caeté	RM = 1.450.500m <sup>3</sup> . Produção (1969) = 90.700t de argila; 43.450t de caulim
279	Argila	Rancho Novo	Aluvião	
280	Argila	Prainha	Aluvião	
281 *	Argila e areia	Faz. Capim Seco	Aluvião	Argila: RM = 637.000t; RI = 295.000t; RF = 387.000t. Areia: RM = 564.000t; RI = 374.000t; RF = 392.000t
282	Argila refratária	Retiro da Quitéria	Elúvio	
283	Argila	Córrego da Bomba	Aluvião	Produção = 1.000m <sup>3</sup> /ano
284	Argila	Penha	Aluvião	Produção = 500m <sup>3</sup> /ano
285 *	Argila	Penha	Aluvião	Produção = 250m <sup>3</sup> /ano
286	Argila	Faz. Serafim (Morro Vermelho)	Aluvião	Produção = 1.500m <sup>3</sup> /ano
287	Argila	Faz. de Cima	Aluvião	Produção = 300m <sup>3</sup> /ano
288	Argila	Mato de N. Sra. da Conceição	Aluvião	Produção = 300m <sup>3</sup> /ano
289	Argila	Rod. Nova Aparecida/Nova União	Terraço sedimentar	Produção = 5.000m <sup>3</sup> /ano
290 *	Argila	Sol Nascente	Aluvião	Produção = 150m <sup>3</sup> /ano
291 *	Argila e calcário dolomítico	Faz. Macaúbas	Elúvio e Grupo Bambuí	
292	Argila e caulim	Faz. Maria Custódia	Elúvio	
293	Argila	Faz. Campo de Santo Antônio	Elúvio de gnaiss leucocrático	RM = 20.000t. Teor: SiO <sub>2</sub> = 54,55%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 5,85%

Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
294	Argila	Faz. da Rocinha	Elúvio	Produção = 1.250m <sup>3</sup> /ano
295 *	Argila	Faz. Rocinha	Aluvião	Produção = 6.000m <sup>3</sup> /ano
296	Argila	Bairro Novo Horizonte	Aluvião	Produção = 2.000m <sup>3</sup> /ano
297	Argila	Faz. Vargem Formosa	Aluvião	Produção = 2.000 m <sup>3</sup> /ano
298 *	Argila	Faz. Agromita	Aluvião	RM = 333.475t; RI = 140.234t; RF = 1.258.210t
299	Argila	Palmital	Aluvião	
300	Argila	Faz. Boa Esperança	Elúvio	
301	Calcário dolomítico	Lapinha	Xistos	RM = 12.542.850t; RI = 12.596.040t; RF = 29.667.600t. Teor médio: CaO = 29,36%; MgO = 18,25%
302 *	Calcário dolomítico	Faz. Mãe d'Água	Formação Gandarela (Grupo Itabira)	
303	Calcário	Bamburral	Fm. Sete Lagoas	
304	Calcário	Lagoa dos Mares	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RT = 1.000.000t. Teores: CaO = 54,42%; MgO = 0,32%; CO <sub>2</sub> = 42,6%
305	Calcário	Lapa Vermelha	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 21.356.308t; RI = 62.580.562t. Teor médio: CaO = 52,9%; MgO = 0,5%. Produção = 1.310.750t (1991)
306	Calcário	Moinho	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 21.680.000t; RI = 6.228.000t; RF = 6.350.000t. Teor médio: CaO = 54,1%; MgO = 0,3%. Produção inclusa no jazimento 329
307	Calcário e areia	Faz. Bela Vista/ Ribeirão da Mata	Fm. Sete Lagoas	RM = 9.590.655t; RI = 6.193.800t; RF = 8.024.265t. Teor médio: CaO = 55,0%. Produção = 27.600t (1993)
308	Calcário	Grota do Urubu (Faz. Nova Granja)	Fm. Sete Lagoas	RM = 12.836.200t; RI = 8.584.300t; RF = 8.584.300t. Teor médio: CaO = 49,0%; MgO = 0,91%
309	Calcário	Faz. do Pombal	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 1.583.067t. Teor: CaO = 54,14%; MgO = 0,18%
310 *	Calcário	Luziense	Fm. Sete Lagoas (Membro Pedro Leopoldo)	
311	Calcário	Mocambo	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 691.604.850t . Teor médio: CaO = 52,1%; MgO = 0,8%
312	Calcário	Faz. Samambaia	Formação Sete Lagoas	RM = 356.405.508t; RI = 530.157.478t; RF = 281.434.933t. Produção = 785t (1991)
313	Calcário	Faz. do Quilombo	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 271.341.410t. Produção = 2.326.842t (1992)
314	Calcário	Sítio do Salitre	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 1.759.446t. CaO = 54,2%; MgO = 0,1%. Produção = 21.078t (1993)
315	Calcário	Faz. do Engenho	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 10.410.000t; RI = 1.041.000t. Teor médio: CaO = 52,7%
316 *	Calcário	Serra d'Anta	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 11.373.000t; RI = 13.450.000t; RF = 12.481.000t. Teor médio : CaO = 54,4%; MgO = 0,3%
317	Calcário	Ribeirão da Mata	Formação Sete Lagoas	RM = 34.798.800t; RI = 26.779.400t; RF = 12.872.500t. Teor médio : CaO = 52,71%
318	Calcário	Faz. Macaúbas	Formação Sete Lagoas	RM = 497.720t; RF = 644.412t. Teor médio: CaO = 45,7%
319	Calcário	Bicas	Formação Sete Lagoas	Produção = 21.600t (1992)
320	Calcário	Faz. do Sumidouro	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 10.200.000t; RI = 48.300.000t; RF = 83.500.000t. Teor médio: CaO = 47,0%; MgO = 2,0%
321	Calcário	Faz. Nova Granja ( S. José da Lapa)	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 77.219.700t. Teor médio: CaO = 55,0%. Produção = 763.310t (1988)
322 *	Calcário	Faz. do Barreiro (S. José da Lapa)	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 69.016.453t; RI = 34.400.000t; RF = 141.000.000t. Teor: CaO = 53,4%. Produção = 284.684t (1993)
323 *	Calcário	Vista Chinesa	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 805.000t; RF = 2.234.000t. Teor: CaO = 54,2%; MgO = 1,0%
324 *	Calcário	Faz. do Barreiro (S. José da Lapa)	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 82.685.346t; RI = 75.000.300t; RF = 50.773.876t. Teor: CaO = 53,4%; MgO = 1,0%. Produção = 1.131.608t (1993)
325	Calcário	Faz. do Barreiro	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 8.630.000t; RI = 5.566.000t; RF = 4.327.000t. Teor médio: CaO = 53,4%; MgO = 0,4%
326	Calcário	Faz. Nova Granja	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 9.744.000t. Teor: CaO = 54,4%
327	Calcário	Faz. Tabocas	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 570.746t; RF = 2.497.500t. Teor médio: CaO = 52,2%. Produção = 110t (1990)
328	Calcário	Faz. do Barreiro	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 2.107.738t; RI = 1.600.000t. Teores: CaO = 41,9%; MgO = 2,7%. Produção = 7.118t (1993)

Nº de Referência	Substância Mineral	Local	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
329 *	Calcário	Faz. Granja e Moinho	Fm. Sete Lagoas Membro Lagoa Santa)	RM = 149.975.510t. Produção = 1.037.550t (1991)
330	Calcário	Faz. do Barreiro	Fm. Sete Lagoas	RM = 22.044.000t; RI = 106.655.000t; RF = 68.476.300t. Teor: CaO = 47,0%
331 *	Calcário	Faz. Barreiro	Fm. Sete Lagoas	RM = 5.712.310t (CaO = 54,4%); RI = 5.060.110t; RF = 3.121.500t (CaO = 41,0%). Produção = 240.000t/ano
332 *	Calcário	Carreira Comprida	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 1.000.000t; RI = 12.700.000t. CaO = 53,1%; MgO ≅ 3%; SiO <sub>2</sub> ≅ 2%
333	Calcário	Faz. do Barreiro	Fm. Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa)	RM = 6.732.000t; RI = 5.566.000t. Teores: CaO = 49,8%; MgO = 1,4%
334	Calcário	Lapinha	Fm. Sete Lagoas (Membro Pedro Leopoldo)	
335 *	Calcário	Faz. Nova Granja	Sotoposto a xistos e ardósias	RM = 31.860.000t. Teores médios: CaO = 51,8%; MgO = 0,8%; PF = 40,8%; SiO <sub>2</sub> = 5,6%
336 *	Calcário dolomítico	Segredo	Grupo Itabira	RM = 100.164t
337 *	Cascalho	Bairro Amaral	Aluvião	
338 *	Cascalho	Descoberta	Aluvião	Produção = 1.200m <sup>3</sup> /ano
339 *	Cascalho	Descoberta	Aluvião	
340	Cascalho	Correias	Aluvião	Produção = 200m <sup>3</sup> /ano
341 *	Cascalho	Rio Vermelho	Aluvião	Produção = 1.000m <sup>3</sup> /ano
342	Cascalho	Faz. Engenho Velho	Aluvião	
343	Cascalho	Faz. Fortuna	Aluvião	Produção = 600m <sup>3</sup> /ano
344	Cascalho	Faz. Vera Cruz	Aluvião	Produção = 100m <sup>3</sup> /ano
345 *	Cascalho	Faz. Fortuna	Aluvião	Produção = 600m <sup>3</sup> /ano
346 *	Cascalho	Faz. Fortuna	Aluvião	
347	Cascalho	Faz. Garça	Aluvião	Produção = 2.000m <sup>3</sup> /ano
348 *	Cascalho	Faz. Garça	Aluvião	Produção = 600m <sup>3</sup> /ano
349	Cascalho	Estância Paraíso	Terraço sedimentar	
350	Cascalho	Alto da Caiana	Terraço sedimentar	Produção = 1.200m <sup>3</sup> /ano
351	Cascalho	Alto da Boa Vista	Terraço sedimentar	Produção = 10.000m <sup>3</sup> /ano
352	Cascalho	Pedra Branca	Terraço sedimentar	Produção = 20.000m <sup>3</sup> /ano
353	Cascalho	Faz. Vista Alegre	Terraço sedimentar	Produção = 10.000m <sup>3</sup> /ano
354	Cascalho	Faz. Vazante	Aluvião	Produção = 1.500m <sup>3</sup> /ano
355	Cascalho	Faz. Mata do Engenho	Terraço sedimentar	Produção = 3.000m <sup>3</sup> /ano
356	Cascalho	Saúde	Terraço sedimentar	Produção = 14.400m <sup>3</sup> /ano
357	Cascalho	Bairro do Amaral	Aluvião	Produção = 72.000m <sup>3</sup> /ano
358	Cascalho	Faz. Bairro do Amaral	Terraço sedimentar	Produção = 24.000m <sup>3</sup> /ano
359	Cascalho	Bairro do Amaral	Aluvião	Produção = 24.000m <sup>3</sup> /ano
360	Cascalho	Faz. Angico	Terraço sedimentar	
361	Cascalho	Faz. Água Limpa	Terraço sedimentar	
362	Cascalho	Sol Nascente	Terraço sedimentar	Produção = 200m <sup>3</sup> /ano
363	Cascalho	Faz. Tainha	Aluvião	Produção = 500m <sup>3</sup> /ano
364	Cascalho	Faz. Vargem do Saco	Terraço sedimentar	
365 *	Cascalho	Faz. São José	Terraço sedimentar	Produção = 200m <sup>3</sup> /ano
366	Cascalho	Faz. Vargem Grande	Terraço sedimentar	
367 *	Cascalho	Faz. Vargem Grande	Terraço sedimentar	Produção = 100m <sup>3</sup> /ano
368 *	Cascalho	Faz. Capão	Aluvião	Produção = 300m <sup>3</sup> /ano
369 *	Cascalho	Bairro Novo Horizonte	Aluvião	
370	Cascalho	Faz. Vargem Formosa	Terraço sedimentar	Produção = 100m <sup>3</sup> /ano
371	Cascalho	Faz. Zé Mané	Aluvião	Produção = 300m <sup>3</sup> /ano

Nº de Referência	Substância Mineral	LOCAL	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
372 *	Cascalho	Faz. Agromita	Aluvião	
373	Cascalho	Faz. Val Belo	Terraço sedimentar	Produção = 250m <sup>3</sup> /ano
374	Cascalho	Faz. Mata das Cobras	Terraço sedimentar	Produção = 600m <sup>3</sup> /ano
375	Cascalho	Boticário	Terraço sedimentar	Produção = 300m <sup>3</sup> /ano
376	Cascalho	Faz. Ponte Nova	Terraço sedimentar	Produção = 36.000m <sup>3</sup> /ano
377	Cascalho	Faz. Imperial	Aluvião	
378 *	Dolomito	Acaba Mundo (Lagoa Seca)	Itabiritos - Formação Gandarela	RM = 106.134t; RI = 370.000t; RF = 200.000t. Teores médios: CaO = 30,1%; MgO = 18,8%
379	Dolomito	Faz. Caieira	Formação Gandarela	
380	Dolomito	Faz. Henrique Freus	Formação Gandarela	
381	Dolomito	Congo Soco	Formação Gandarela	
382 *	Dolomito	Congo Soco	Formação Gandarela	
383	Dolomito	Mineração SOCOIMEX	Formação Gandarela	
384	Dolomito	Faz. Mãe d'Água	Formação Gandarela	
385	Dolomito	Socorro	Formação Gandarela	
386 *	Dolomito	Socorro	Formação Gandarela	
387	Dolomito	Acaba Mundo	Formação Gandarela Quartzito ferruginoso (base) e itabirito (topo)	RM = 3.023.380t; RI = 1.345.020t. Teor: CaO = 17,7 - 58,4%; MgO = 11,2 - 40,0%
388	Dolomito	Acaba Mundo	Formação Gandarela Quartzito e itabirito	RM = 4.763.340t; RI = 690.370t; RF = 2.681.650t
389 *	Dolomito	Acaba Mundo (Mannesmann)	Formação Gandarela Quartzito e itabirito	RM = 4.607.987t; RI = 2.247.790t
390 *	Dolomito	Socorro	Formação Gandarela	RM = 1.231.000t; RI = 1.619.000t. Teor: CaO = 29,9%; MgO = 19,9%
391 *	Dolomito	Faz. Cabral e Trindade	Formação Gandarela	
392 *	Dolomito	Socorro e Tabuleiro da Baiana	Formação Gandarela	
393	Dolomito	Taquaril	Formação Gandarela Filito (lapa), itabirito e quartzito (capa)	RM = 360.066t; RI = 382.860t; RF = 644.976t
394	Granito industrial	Morro do Sino	Granitóide General Carneiro (Complexo Belo Horizonte)	
395 *	Granito	Gorduras	Complexo Belo Horizonte	
396	Granito industrial	Capim Pubo	Complexo Belo Horizonte	
397	Granito industrial	Jardim Europa	Complexo Belo Horizonte	
398 *	Granito industrial	Retiro	Granitóide Retiro (Complexo Caeté)	
399	Granito industrial	Faz. Lapa	Complexo Belo Horizonte	
400	Granito, cascalho e areia	Borges (Faz. Capitão Eduardo)	Complexo Belo Horizonte	Granito: RM = 6.398.080m <sup>3</sup> ; RI = 3.990.000m <sup>3</sup>
401 *	Granito industrial	Pedreira 12	Complexo Belo Horizonte	
402	Granito industrial	Britel	Granitóide General Carneiro (Complexo Belo Horizonte)	
403	Granito industrial	Prefeitura	Granitóide General Carneiro (Complexo Belo Horizonte)	
404	Granito industrial	Pedreira DNER	Complexo Belo Horizonte	
405	Granito industrial	Meta Engenharia	Complexo Belo Horizonte	
406 *	Granito industrial	Nono	Complexo Belo Horizonte	
407 *	Granito industrial	Alto do Espia	Complexo Belo Horizonte	
408	Granito industrial	Souza Lima	Complexo Belo Horizonte	
409	Granito	Córrego Calazans	Complexo Belo Horizonte	
410	Granito	Tamanduá	Complexo Belo Horizonte	
411	Granito	Faz. Quebra-Cangalha	Complexo Belo Horizonte	
412	Granito	Olaria Maquiné	Complexo Belo Horizonte	
413	Granito	Bairro Frimisa	Granitóide Santa Luzia (Complexo Belo Horizonte)	

Nº de Referência	Substância Mineral	LOCAL	Rocha Encaixante/Hospedeira	Dados Econômicos
414	Granito	Faz. Cachoeira	Complexo Belo Horizonte	
415	Granito industrial	Parque Boa Esperança	Complexo Belo Horizonte	
416	Granito industrial	Patrimone	Complexo Belo Horizonte	
417	Mármore	Morro São Francisco	Filitos e quartzitos do Supergrupo Minas	RM = 2.240.000t (800.000m <sup>3</sup> )
418	Quartzito industrial	Pedra Branca e fazenda Piauí	Supergrupo Espinhaço	RM = 1.382.000t; RI = 9.006.000t; RF = 36.676.000t. Teores: SiO <sub>2</sub> = 97,8%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1,3%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,12%
419	Quartzito	Faz. dos Pinheiros	Supergrupo Rio das Velhas	RM = 34.900t; RI = 5.900t; RF = 316.000t. Teores: SiO <sub>2</sub> = 91,0%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1,0%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,7%; Produção = 3.427t (1990)
420	Quartzo (cristal de rocha)	Mata dos Correias	Supergrupo Espinhaço	Produção = 12t (1992)
421 *	Quartzo	Faz. Fortuna	Supergrupo Espinhaço	
422	Quartzo	Pedra Redonda	Supergrupo Espinhaço	
423	Quartzo	Faz. Capão Grande	Grupo Macaúbas	
424	Quartzo e cascalho	Faz. Macaúbas	Complexo Belo Horizonte e alúvio	Produção (1992): quartzo = 22.680t/ano; cascalho = 8.640m <sup>3</sup> /ano
425	Quartzo e cascalho	Faz. Engenho	Complexo Belo Horizonte e alúvio	Produção (1992) = 12.000t/ano de cascalho
426	Quartzo	Faz. Engenho	Complexo Belo Horizonte	Produção = 36.000t/ano (1992)
427	Quartzo	Córr. do Engenho	Complexo Belo Horizonte	
428	Cianita	Córr. Jacu	Xistos do Grupo Nova Lima	

(\*) = Jazimentos não representados no mapa; RM = reserva medida; RI = reserva indicada; RF = reserva inferida; RT = reserva total.