

PROJETO APA SUL RMBH Estudos do Meio Físico



ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
SUL DA REGIÃO METROPOLITANA
DE BELO HORIZONTE

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

PROGRAMA GATE
INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL

GEOLOGIA

Volume 1

Sérgio Lima da Silva - Geólogo Organizador

CEMIG
A Melhor Energia do Brasil.

**MINAS GERAIS**
GOVERNO DO ESTADO
MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

**CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de Geologia,
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de
Minas e Energia

**BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

**Belo Horizonte
2005**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Silas Rondeau Cavalcante Silva
Ministro de Estado

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Cláudio Scliar
Secretário

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Agamenon Sérgio Lucas Dantas
Diretor - Presidente

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Ribeiro Mendes
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Fernando Pereira de Carvalho
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Álvaro Rogério Alencar Silva
Diretor de Administração e Finanças

Carlos Schobbenhaus Filho
Chefe do Departamento de Geologia

Inácio de Medeiros Delgado
Chefe da Divisão de Geologia Básica

Cássio Roberto da Silva
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Regina Célia Gimenez Armesto
Chefe da Divisão de Gestão Territorial

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Hélio Pereira
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Araújo Vieira
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Silvia Efigênia Vieira de Melo
Gerente de Administração e Finanças

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Aécio Neves
Governador

**SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

José Carlos Carvalho
Secretário de Estado

Shelley de Souza Carneiro
Secretário Adjunto

Antônio Eustáquio Oliver
Chefe de Gabinete

Rubens Varga Filho
Superintendente de Apoio Técnico

Rogério Noce Rocha
Superintendente de Política Ambiental

Eduardo Henrique Alves de Paula
Superintendente de Administração e Finanças

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

Djalma Bastos de Moraes
Presidente

José Maria de Macedo
Diretor de Distribuição

Flávio Decat de Moura
Diretor de Finanças

Heleni de Mello Fonseca
Diretor de Gestão Empresarial

Celso Ferreira
Diretor de Planejamento, Projetos e Construções

Elmar de Oliveira Santana
Diretor de Geração e Transmissão

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

CONVÊNIO SEMAD - CPRM
Nº 011/CPRM/01

PROJETO APA SUL RMBH
Estudos do Meio Físico
Escala 1:50.000

Belo Horizonte
2005

EQUIPE TÉCNICA

COORDENAÇÃO E SUPERVISÃO

*Maria Antonieta Alcântara Mourão - Geóloga, M.Sc.
Helio Antonio de Sousa - Geólogo, M.Sc.*
Coordenadores do Projeto APA Sul RMBH

Maria Antonieta Alcântara Mourão - Geóloga, M.Sc.
Representante da CPRM

RELATÓRIOS TEMÁTICOS Responsáveis Técnicos

Geologia

*Sérgio Lima da Silva - Geólogo
Eduardo Araújo Monteiro - Geólogo
Orivaldo Ferreira Baltazar - Geólogo
Márcia Zucchetti - Geóloga, M.Sc.*

Mineração

Antônio Carlos Girodo - Eng. de Minas Consultor, Especialista

Cobertura e Uso da Terra

*Graziela da Silva Rocha Oliveira - Geógrafa Especialista
Patrícia Düringer Jacques - Geóloga, M.Sc.
Edgar Shinzato - Eng. Agrônomo, M.Sc.*

Geotecnia

*Jorge Pimentel - Geólogo, M.Sc.
Cornélio Zampier Teixeira - Eng. Civil Consultor, Dr.
Fábio Moraes Silva - Geólogo, M.Sc.*

Pedologia

*Edgar Shinzato - Eng. Agrônomo, M.Sc.
Amaury de Carvalho Filho - Eng. Agrônomo, M.Sc.*

Geomorfologia

*Antônio Ivo de Menezes Medina - Geólogo
Marcelo Eduardo Dantas - Geógrafo, M.Sc.
Allaoua Saadi - Geógrafo Consultor, Prof. Dr.*

Geoquímica Ambiental

*Fernanda Gonçalves da Cunha - Geóloga, Dra.
Gilberto José Machado - Geólogo, M.Sc.*

Hidrogeologia

*Décio Antônio Chaves Beato - Geólogo
André Luiz Mussel Monsorens - Geólogo, M.Sc.
Antônio Carlos Bertachinni - Geólogo Consultor, M.Sc.*

Hidrologia

*Elizabeth Guelman Davis - Eng. Civil
Eber José de Andrade Pinto - Eng. Civil Consultor Interno, M.Sc.
Magda Cristina Ferreira Pinto - Química, M.Sc.*

Uso e Disponibilidade de Recursos Hídricos

*Elizabeth Guelman Davis - Eng. Civil
Eber José de Andrade Pinto - Eng. Civil Consultor Interno, M.Sc.
Décio Antônio Chaves Beato - Geólogo*

APOIO OPERACIONAL

*Agnaldo Francisco Teixeira de Freitas - Ass. Tec. Especializado
Alessandro José da Silva - Ass. Tec. Especializado
Antônio dos Santos Neto - Auxiliar Tec. Manutenção
Arlindo Akio Yamato - Geólogo, M.Sc.
Branca Estrella Cardoso - Estagiária de Geografia
Deli Moreira Soares - Auxiliar Tec. Manutenção
Edésio Lucrécio Lucas Diniz - Hidrotécnico
Eliane Moraes Almeida - Estagiária de Geografia
Eloísa Helena Munck - Estagiária de Geografia
Francisco Magela Dias - Auxiliar Tec. Manutenção*

René Henrique Cardoso Renault - Biólogo
Gerente da APA Sul RMBH
Representante da SEMAD

APOIO OPERACIONAL

*Giovanni Diniz Moreira - Estagiário de Geografia
José Ismael Bento - Técnico de Perfuração
Keli Regina Rodrigues Pedroza - Técnico Administrativo
Lana de Cássia Andrade - Estagiária de Geografia
Márcio Alexandre - Técnico de Hidrologia
Marco Antônio Leitão Pimentel - Técnico Administrativo
Márcio de Oliveira Cândido - Eng. Civil, M.Sc.
Márcio Ferreira Augusto - Desenhista
Maria Lúcia Chagas Ribeiro Vasconcelos - Bibliotecária
Maurício Alves Ferreira Santos - Estagiário de Geografia
Maurício Vieira Rios - Técnico em Prospecção
Maurina Soares Siqueira de Freitas - Técnico de Hidrologia
Michelle Rodrigues Araújo - Estagiária de Geografia
Neuro Rodrigues - Técnico de Hidrologia
Osvaldo Pereira dos Santos - Técnico de Hidrologia
Paulo César Santarém da Silva - Geólogo, M.Sc.
Terezinha Inácia Carvalho Pereira - Técnica em Cartografia
Sarah Costa Cordeiro - Ass. Tec. Especializado
Valdiva de Oliveira - Ass. Tec. Especializado
Valter Gonçalves de Araújo - Ass. Tec. Especializado
Wanda A. X. França - Ass. Tec. Especializado
Wilson Luís Féboli - Geólogo*

APOIO TÉCNICO

**Contribuição Técnica no Capítulo de
Sedimentometria do Tema Hidrologia**
Alice Silva de Castilho - Eng. Civil, M.Sc.

Digitalização de Mapas para o Tema Geologia:
*José Geraldo de Souza - Técnico de Mineração
Lindouro Araújo Duarte - Técnico de Mineração*

Editoração Cartográfica e Composição de Leiaute Final:

*Elizabeth Almeida Cadete Costa - Tec. em Cartografia
Rosângela Gonçalves Bastos de Souza - Geógrafa*

Levantamento de Campo e Consistência de Dados Hidrogeológicos:

*Georgete Macedo Dutra - Geóloga
Júlio de Freitas Fernandes Vasques - Prospector e
Hidrotécnico*

Levantamento de Dados Secundários:

José do Espírito Santo Lima - Geólogo

Levantamento de Campo para os Temas Hidrogeologia e Hidrologia:

*Antônio Luiz do Nascimento - Hidrotécnico
Gesler Ferreira - Técnico de Mineração
Luiz Fernando Zacarias - Técnico de Mineração*

Normalização e Pesquisa Bibliográfica:

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária

Organização de Banco de Dados e Levantamento de Campo para o Tema Geotecnia:

Nelson Baptista de Oliveira Rezende Costa - Geólogo

Tratamento de Dados Temáticos em GIS:

*Carlos Augusto Silva Leite - Geólogo Supervisor
Márcio Antônio da Silva - Geólogo Supervisor, M.Sc.*

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

PROGRAMA GATE
INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL

PROJETO APA SUL RMBH
Estudos do Meio Físico

Texto Explicativo - Geologia
Volume 1

Sérgio Lima da Silva - Organizador



GEOLOGIA
Escala 1:50.000

Belo Horizonte
2005

CRÉDITOS DE AUTORIA

Item 4 - Sérgio Lima da Silva

Item 5 - Sérgio Lima da Silva

Item 6 - Eduardo Araújo Monteiro

Item 7 - Sérgio Lima da Silva
Eduardo Araújo Monteiro
Orivaldo Ferreira Baltazar

Item 8 - Orivaldo Ferreira Baltazar
Márcia Zuchetti

Item 9 - Eduardo Araújo Monteiro

Item 10 - Sérgio Lima da Silva
Eduardo Araújo Monteiro

Item 11 - Sérgio Lima da Silva

PROGRAMA GATE - INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL

PROJETO APA SUL RMBH - ESTUDOS DO MEIO FÍSICO

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil, 1731 - Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG - 30140-002
Fax: (31) 3261 5585
Tel: (31) 3261 0391
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Projeto APA Sul RMBH: geologia, mapa geológico, escala 1:50.000 em 3 partes. Sérgio L.da Silva (Org.), Eduardo A. Monteiro, Orivaldo F. Baltazar, Márcia Zuchetti - Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005.

64p., v.16: 1 mapa (Série Programa Informações Básicas para a Gestão Territorial - GATE).
Versão digital e convencional.

Conteúdo: Projeto APA Sul RMBH - inclui 10 volumes de textos, mapas, quadros e fotos de campo. Contém partes A, B e C do volume 9.

1- Gestão Territorial Regional de Belo Horizonte. 2 - Meio ambiente. I - Título. II - Silva, Sérgio L.. III - Monteiro, Eduardo A.. IV - Baltazar, Orivaldo F., V - Zuchetti, Márcia.. VI - Série.

CDU 577.4

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Aos órgãos, instituições e empresas que contribuíram para o desenvolvimento das atividades do Projeto, em especial:

*Água Consultores Associados
Anex (Superfilito)
Anglogold
Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC
Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA
Companhia Vale do Rio Doce - CVRD
Departamento de Estradas de Rodagem - DER
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM
Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG
Fundação João Pinheiro - FJP
Fundação Biodiversitas
Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM
Instituto Estadual de Florestas - IEF
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM
Minerações Brasileiras Reunidas S.A. - MBR
Serviços de Hidrogeologia Ltda. - MDGEO
Mineral do Brasil
Pedras Congonhas
Prefeituras dos Municípios integrantes da APA Sul RMBH
Província Brasileira Congregação Missão (Santuário Caraça)
Rio Verde Mineração
SAMOTRACIA ALPHAVILLE
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito
V & M Mineração Ltda*

RESUMO

A Área de Preservação Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte - APA Sul RMBH, com uma área de 1651 km², encontra-se totalmente inserida no Quadrilátero Ferrífero. Representa uma região de grande importância do ponto de vista econômico devido às suas imensas riquezas minerais, principalmente, ferro, ouro e manganês.

No contexto geotectônico, posiciona-se na borda sul do Cráton de São Francisco onde afloram rochas do Complexo Ortognáissico (complexos Belo Horizonte, Bonfim, Bação e Santa Bárbara), de seqüência vulcanossedimentar do tipo *greenstone belt* arqueana (Supergrupo Rio das Velhas) e de cobertura plataformar proterozóica (Supergrupo Minas). Rochas fanerozóicas são escassas e estão representadas por pequenas intrusões básicas, pequenos depósitos terciários, coberturas lateríticas e depósitos aluviais.

Dados geológicos, estruturais e geocronológicos indicam uma evolução policíclica para a região desenvolvida em pelo menos três eventos de deformação distribuídos em cinco episódios: Evento Rio das Velhas (deformações D1 e D2), Evento Transamazônico (Deformações D3 e D4) e Evento Brasileiro (deformação D5).

A APA Sul RMBH é recoberta por mapas geológicos, em diferentes escalas, resultantes de projetos de mapeamento com diferentes enfoques e executados em épocas distintas. Este tema teve como objetivo elaborar o mapa geológico integrado da área, em escala 1:50.000, reunindo todas as informações oriundas desses projetos.

LISTA DE TABELA E FIGURAS

TABELA

TABELA 1 - Participação dos municípios na área total da APA Sul RMBH.	5
--	---

FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de localização da APA Sul RMBH.	4
FIGURA 2 - Apresentação dos blocos em que se encontra dividido o mapa geológico e discriminação das quadrículas, em escala 1:25.000, que os compõem.	8
FIGURA 3 - Coluna Litoestratigráfica, para área do Projeto APA Sul RMBH, baseada em Heineck <i>et al.</i> 2003.	16
FIGURA 4 - Mapa das principais feições estruturais do Quadrilátero Ferrífero (modificado de CHEMALE Jr. <i>et al.</i> , 1994)	36

SUMÁRIO

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Lista de tabela e figuras	iii
Sumário	iv
1. Introdução.....	1
2. Histórico da criação da APA Sul RMBH.....	2
3. Localização e extensão territorial da APA Sul RMBH	4
4. Considerações iniciais.....	7
5. Aplicação e importância da geologia para o ZEE da APA Sul RMBH	10
6. Justificativa e métodos	12
7. Estratigrafia	15
7.1 - Introdução	15
7.2 - Complexos Ortognáissicos	17
7.3 - Supergrupo Rio das Velhas.....	17
7.3.1 Grupo Quebra Osso	18
7.3.2 Grupo Nova Lima.....	18
7.3.3 Grupo Maquiné	22
7.3.3.1 Formação Palmital.....	22
7.3.3.2 Formação Casa Forte	22
7.4 - Supergrupo Minas	23
7.4.1 Grupo Caraça	25
7.4.2 Grupo Itabira.....	26
7.4.3 Grupo Piracicaba	27
7.4.4 Grupo Sabará	28
7.4.5 Grupo Itacolomi	28
7.4.6 Rochas de Idade Indeterminada	28
7.5 - Formações Superficiais Continentais	28

7.5.1 Depósitos elúvio-coluviais	28
7.5.2 Depósitos lacustrinos	29
7.5.3 Coberturas detrito-lateríticas	29
7.5.4 Depósitos coluviais.....	29
7.5.5 Depósitos eluviais.....	29
7.5.6 Depósitos aluviais antigos	30
7.5.7 Argila e “mudstone”	30
7.5.8 Bauxita.....	30
7.5.9 Depósitos lacustres e de enchimento de vales	31
7.5.10 Depósitos aluviais recentes.....	31
8. Geologia Estrutural.....	33
8.1 - Arcabouço Tectônico Regional.....	33
8.2 - Evolução do Conhecimento.....	33
8.3 - Evolução Estrutural.....	35
Evento Arqueano	35
Deformação D1.....	35
Deformação D2.....	36
Evento Transamazônico	37
Deformação D3.....	37
Deformação D4.....	38
Evento Brasileiro.....	39
Deformação D5.....	39
9. Influência dos tipos de rochas na topografia.....	42
10. Recursos Minerais.....	46
Substâncias metálicas	47
Substâncias não metálicas	49
11. Conclusões e Recomendações	52
12. Referências Bibliográficas.....	53
APÊNDICES.....	62
APÊNDICE A - Mapa Geológico - Bloco Brumadinho	63
APÊNDICE B - Mapa Geológico - Bloco Rio Acima	64
APÊNDICE C - Mapa Geológico - Bloco Acuruí	65

1. INTRODUÇÃO

O Zoneamento Ecológico e Econômico da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belo Horizonte - APA Sul RMBH, instituído pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, do Governo de Minas Gerais, tem por meta constituir-se num instrumento de apoio e orientação à gestão ambiental da APA, criando e desenvolvendo mecanismos legais e técnicos que possibilitem a conservação e proteção do meio ambiente em todo seu território. Objetiva, ainda, tornar-se um instrumento capaz de fornecer orientações programáticas e respectivas normas gerais para disciplinamento e adequação da ocupação e uso do solo e dos recursos naturais, na sua área de abrangência, segundo o modelo de desenvolvimento sustentável.

Os objetivos básicos da APA Sul RMBH estão definidos no Art. 2º da Lei Estadual nº 13.960 de sua criação e correspondem à “proteção e conservação dos sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos necessários ao abastecimento da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte e das áreas adjacentes, com vistas à qualidade de vida da população local, à proteção dos ecossistemas e ao desenvolvimento sustentável”, justificando a realização dos estudos.

As justificativas de ordem institucional estão contidas na mesma Lei em seu artigo 3º item I e artigo 4º, parágrafo 2º, a seguir transcritos:

“Art. 3º – Para implantação da APA Sul RMBH, serão adotadas as seguintes providências:

I – zoneamento ecológico e econômico, com o respectivo sistema de gestão colegiado, ...”

“Art. 4º, parágrafo 2º – o zoneamento ecológico e econômico indicará as atividades a serem encorajadas em cada zona e as que deverão ser limitadas, restringidas ou proibidas, de acordo com a legislação aplicável”.

Os relatórios das atividades relativas ao meio físico ora apresentados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, fazem parte do conjunto de dados e informações que comporão o banco de dados do Zoneamento Ecológico e Econômico da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belo Horizonte - APA Sul RMBH, sob responsabilidade da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, do Governo de Minas Gerais.

2. HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DA APA SUL RMBH

A legislação ambiental brasileira possui dispositivos específicos que disciplinam o sistema de unidades de conservação, estabelecendo categorias de uso direto e indireto, conforme Decreto Federal nº 33.944 de 18 de setembro de 1992. A Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, bem mais específica, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e em seu Art. 14 enquadra as unidades que constituem o Grupo das Unidades de Uso Sustentável, do qual fazem parte as Áreas de Proteção Ambiental – APAs. O Art. 15 dessa mesma lei define APA como sendo *“uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”*.

Devido aos atributos dos meios físico e biótico, estéticos, culturais e econômicos significativos da região sul de Belo Horizonte, houve necessidade de se criar uma unidade de conservação que pudesse normatizar e disciplinar seu uso e ocupação. Desse modo, criou-se a APA Sul RMBH, cuja motivação deveu-se ao imenso potencial hídrico, à rica biodiversidade, aos aspectos sócio-culturais e econômicos profundamente ligados a uma tradição minerária, responsável pelo surgimento de núcleos populacionais desde o século XVIII, com o advento do ciclo do ouro e, posteriormente, com a mineração de ferro. É uma região que sofre uma forte pressão da expansão urbana de parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, principalmente em direção aos municípios de Nova Lima e Brumadinho, com riscos de comprometimento do equilíbrio natural da região, podendo vir ocasionar consequências sérias para o meio ambiente.

Segundo informações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, a demanda pela criação de uma APA na região sul de Belo Horizonte surgiu, inicialmente, de uma associação de proprietários de “residências de fins de semana” da localidade de São Sebastião de Águas Claras, também denominada de Macacos. Posteriormente a idéia foi levada ao Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, ampliando-se o debate em torno da viabilidade de sua criação.

As discussões e avaliações técnicas entre os vários setores atuantes na região, por meio de debates e seminários realizados com o aval do COPAM, redundaram no estabelecimento da APA Sul RMBH, através do Decreto Estadual nº 35.624, de 08 de junho de 1994,

posteriormente alterado pelo Decreto Estadual nº 37.812, de 08 de maio de 1996. Em 26 de julho de 2001, através da Lei Estadual nº 13.960, foi estabelecida a redação definitiva do texto de criação da APA Sul RMBH.

3. LOCALIZAÇÃO E EXTENSÃO TERRITORIAL DA APA SUL RMBH

A APA Sul RMBH, com uma extensão de 1625,32 km², localizada ao sul da RMBH, engloba parte dos municípios de Barão de Cocais, Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Catas Altas, Ibirité, Itabirito, Mário Campos, Nova Lima, Raposos, Santa Bárbara, Sarzedo e todo o município de Rio Acima (FIG. 1), com limites geográficos definidos em memorial descritivo anexo à Lei de criação. Os municípios de Nova Lima, Rio Acima, Itabirito e Santa Bárbara, compõem mais de 85% do território da APA (TAB. 1). A área é servida pelas rodovias federais BR-040 e BR-356 e por rodovias estaduais e municipais, em sua maioria de tráfego permanente.



FIGURA 1 - Mapa de localização da APA Sul RMBH.

TABELA 1
Participação dos municípios na área total da APA Sul RMBH.

Municípios	Área total do município (km²)	Participação na APA (km²)	Equivalente em %
Barão de Cocais	342,00	4,39	0,27
Belo Horizonte	335,00	34,37	2,11
Brumadinho	634,00	176,43	10,86
Caeté	528,00	39,55	2,43
Catas Altas	240,30	75,59	4,65
Ibirité	145,00	17,71	1,09
Itabirito	553,00	259,26	15,95
Mário Campos	37,00	11,62	0,71
Nova Lima	410,00	378,16	23,27
Raposos	77,00	39,75	2,45
Rio Acima	228,06	228,06	14,03
Santa Bárbara	859,00	337,82	20,78
Sarzedo	62,17	22,61	1,39
TOTAL		1625,32	100,00

Fonte: Enciclopédia dos Municípios Mineiros/Vol. 1, 1998; Rio Acima (Instituto de Geociência Aplicada - IGA/MG); Catas Altas (PRODEMGE)

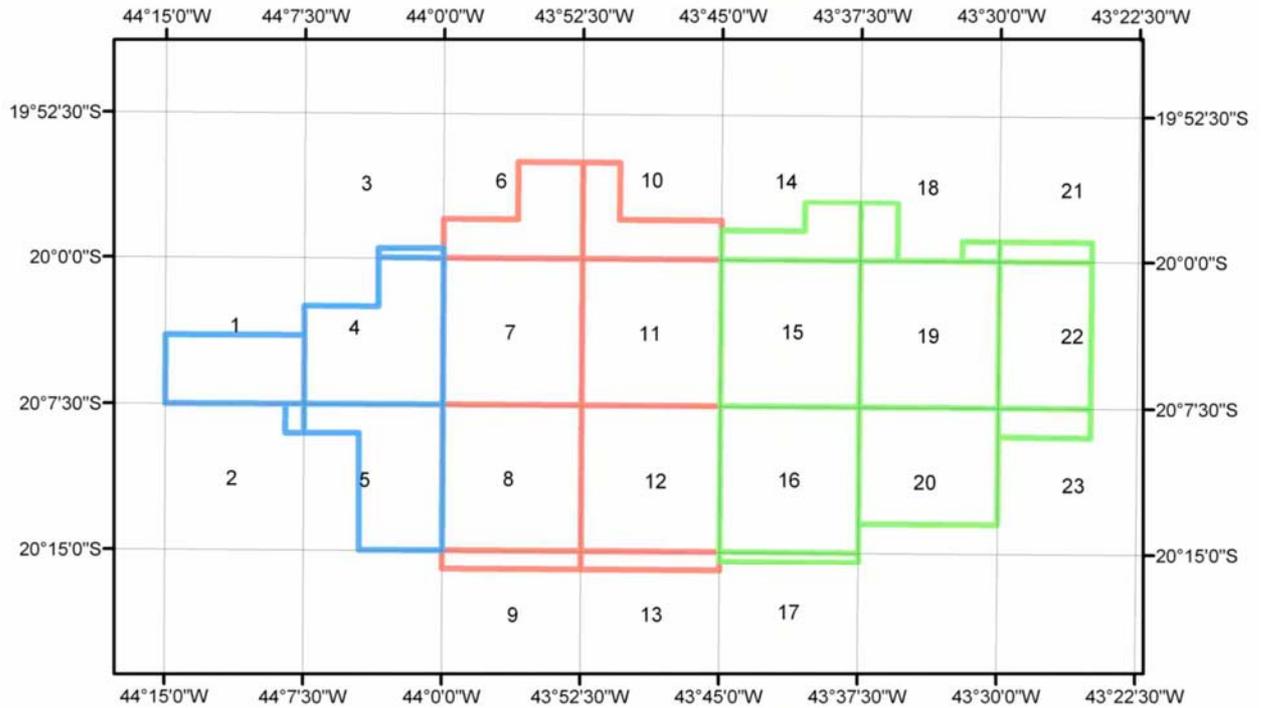
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Geól. Sérgio Lima da Silva

4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho teve por objetivo a elaboração do Mapa Geológico, em escala 1:50.000, da Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte – APA SUL RMBH. Está sendo apresentado em três blocos ([APÊNDICES A, B e C](#)) que consistem na integração de quadrículas de extensão 7° 15' x 7° 15' e que foram denominadas de: **Brumadinho** (quadrículas de Fecho do Funil, Brumadinho, Contagem, Ibirité e Piedade do Paraopeba), **Rio Acima** (quadrículas de Belo Horizonte, São Sebastião das Águas Claras/Macacos, Lagoa Grande, Barra do Gento/Marinho da Serra, Nova Lima, Rio Acima, Itabirito, e Bação) e **Acuruí** (quadrículas de Caeté, Gandarela, Rio de Pedras, Cachoeira do Campo, Gongo Sôco, Conceição do Rio Acima, Capanema, Santa Bárbara, Catas Altas, Santa Rita Durão). Os blocos e as quadrículas que os compõem, encontram-se apresentados na [FIG. 2](#).

Este texto explicativo é composto de uma parte introdutória que trata dos aspectos gerais sobre o tema, uma segunda que aborda, principalmente, os aspectos fisiográficos, litológicos, estratigráficos, estruturais e econômicos da área e a terceira trata das conclusões e recomendações.



BLOCO BRUMADINHO
BLOCO RIO ACIMA
BLOCO ACURUÍ

Articulação das quadrículas em escala 1:25.000 que compõem a APA Sul RMBH			
1	Fecho do Funil	13	Baçon
2	Brumadinho	14	Caeté
3	Contagem	15	Gandarela
4	Ibirité	16	Rio de Pedras
5	Piedade do Paraopeba	17	Cachoeira do Campo
6	Belo Horizonte	18	Gongo Sôco
7	São Sebastião das Águas Claras (Macacos)	19	Conceição do Rio Acima
8	Lagoa Grande	20	Capanema
9	Barra do Gentio (Marinho da Serra)	21	Santa Bárbara
10	Nova Lima	22	Catas Altas
11	Rio Acima	23	Santa Rita Durão
12	Itabirito		

FIGURA 2 – Apresentação dos blocos em que se encontra dividido o mapa geológico e discriminação das quadrículas, em escala 1:25.000, que os compõem.

*APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA
GEOLOGIA PARA O ZEE DA APA SUL RMBH*

Geól. Sérgio Lima da Silva

5. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA PARA O ZEE DA APA SUL RMBH

O mapa geológico constitui o embasamento fundamental no desenvolvimento de quaisquer outras disciplinas associadas ao estudo do meio físico. Previsões sobre o tipo, espessura, permeabilidade, resistência, composição e porosidade dos solos podem ser feitas pelo conhecimento dos tipos de rochas. Da mesma forma, pode-se prever a tipologia dos aquíferos e seu potencial em termos de qualidade, quantidade e vulnerabilidade.

A constatação da existência de sistemas de falhas e fraturas abertas em rochas de baixa porosidade e permeabilidade evidencia a possibilidade de recarga em aquíferos fraturados assim como indicam zonas de instabilidade geotécnica. Igualmente, as características relevo e drenagem de uma área estão frequentemente condicionadas pela estruturação e composição das rochas regionais.

Pelo fato dos recursos minerais serem de fundamental importância como vetor de desenvolvimento econômico para a APA Sul RMBH, o mapa geológico elaborado constitui uma fonte segura de informação, na escala 1:50.000, para empresas de mineração que atuam na área, bem como para pesquisadores de universidades e/ou outros centros de estudos.

Vale ressaltar, ainda, que o tema atende, também, aos ecólogos que tratam do estudo de ecossistemas, sob o aspecto da abundância e ciclagem de elementos químicos nos vários sistemas e sub-sistemas, assim como do ponto de vista da relação dos ecossistemas com o substrato rochoso e sua influência na formação das coberturas vegetais.

JUSTIFICATIVA E MÉTODOS

Geól. Eduardo Araújo Monteiro

6. JUSTIFICATIVA E MÉTODOS

A APA Sul RMBH é recoberta por mapas geológicos, em diferentes escalas, resultantes de projetos de mapeamento com diferentes enfoques e executados em épocas distintas. Este tema teve como objetivo a elaboração do mapa geológico integrado da área, em escala 1:50.000, reunindo todas as informações oriundas desses projetos, visando subsidiar os demais temas do meio físico desenvolvidos no Projeto APA Sul RMBH.

Os principais trabalhos que cobrem total ou parcialmente a área de interesse da APA Sul RMBH são produtos, basicamente, de três projetos: [Programa de Cooperação Técnica Brasil-Estados Unidos](#) (1946-1964), [Projeto Rio das Velhas](#) (1996) e [IGA](#) (1982). Os mapas geológicos oriundos desses projetos foram confeccionados por meio dos métodos tradicionais, onde as informações foram desenhadas e/ou coladas em “bonecas” de poliéster e posteriormente impressas. Na presente integração, esses mapas foram digitalizados e integrados em meio digital com tecnologia SIG - Sistema de Informações Geográficas.

Os trabalhos de [Bizzi *et al.*](#) (2001), [Leite *et al.*](#) (2004), [Heineck *et al.*](#) (2003), [Projeto Bacia do São Francisco](#) (2002), [Ribeiro-Rodrigues](#) (1992), [Alkmim *et al.*](#) (1996) e [MBR](#) (s.d.) foram utilizados no detalhamento de áreas específicas, como suporte na digitalização, na elaboração da legenda, na atualização dos dados geocronológicos e dos recursos minerais. Para solução de problemas específicos, como integração entre projetos ou mesmo entre mapas de um mesmo projeto e limite de escavações (minas e garimpos a céu aberto) foram utilizadas fotografias aéreas, em escala 1:30.000, e ortofotocartas em escala 1:10.000.

As etapas desenvolvidas na elaboração do mapa geológico foram:

Escaneirização: foram escaneirizados vinte e um mapas geológicos do [Programa de Cooperação Técnica Brasil-Estados Unidos - DNPM/USGS](#) (1946-1962) em escala 1:25.000, dezesseis mapas do [Projeto Rio das Velhas - DNPM/CPRM](#) (1996) em escala 1:25.000 e cinco mapas do Projeto Mapeamento Geológico da Região Metropolitana de Belo Horizonte – [IGA](#) (1982), em escala 1:50.000.

Base e parâmetros cartográficos: o projeto adotou como base cartográfica digital o Sistema Geominas de 1999, em projeção UTM e datum SAD 69, da Companhia de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais – PRODEMGE.

Georreferenciamento: devido à incompatibilidade dos parâmetros cartográficos entre os mapas geológicos e a base cartográfica digital adotada, todos os mapas *rasters* (escaneirizados) foram georreferenciados com base no vetor de drenagem do banco de dados do Sistema Geominas, no programa *Environment for Visualizing Images* - ENVI-3.5. Neste procedimento, o erro médio quadrático (RMS) máximo admitido foi de 20 metros com cerca de 50 pontos de controle por mapa. Também foram georreferenciadas dezoito ortofotocartas digitais em escala 1:10.000 da CEMIG, com quatro pontos de controle cada. Estas ortofotocartas foram utilizadas na delimitação das cavas (minas e garimpos a céu aberto)

Digitalização e geoprocessamento: com os parâmetros cartográficos uniformizados, iniciou-se a etapa de digitalização no programa *ArcView* 3.2. Foram discriminadas todas as informações existentes nos mapas geológicos, separadas em cinco *shapes* de polilinha representando estruturas e contatos geológicos; limites (de quadrícula, lagoa, drenagem de margem dupla, etc.); atividades de mineração cartografadas como áreas (cavas, pedreiras etc); e duas *shapes* de ponto representando as medidas estruturais e atividades de mineração pontuais (poços de prospecção, ocorrências minerais etc). A geração de mapas litológicos, em escala 1:25.000, a partir das *shapes* de linha transformadas em *shapes* de área (polígonos), e sua validação topológica foram executadas no programa *GeoMedia Professional* 5.1.

ESTRATIGRAFIA

*Geólogos Sérgio Lima da Silva,
Eduardo Araújo Monteiro e Orivaldo Ferreira Baltazar*

7. ESTRATIGRAFIA

7.1 Introdução

Existe na literatura um número considerável de trabalhos que tratam da geologia do Quadrilátero Ferrífero. Os trabalhos desenvolvidos pelo [Programa de Cooperação Técnica Brasil-Estados Unidos \(DNPM/USGS, 1946 – 1962\)](#) e pelo [Projeto Rio das Velhas \(DNPM/CPRM, 1996\)](#) promoveram um enorme avanço nesse sentido pois efetuaram o mapeamento geológico, em escala 1:25.000, de toda a região. O primeiro trabalho teve como enfoque principal as unidades do Supergrupo Minas enquanto o segundo restringiu-se ao Supergrupo Rio das Velhas. A coluna estratigráfica apresentada neste trabalho traz, basicamente, uma síntese desses mapeamentos com pequenas modificações.

Ocorrem na área da APA Sul RMBH quatro unidades litoestratigráficas principais: Complexos Ortognáissicos (Belo Horizonte, Bação, Bonfim e Santa Bárbara) e Supergrupo Rio das Velhas (grupos Quebra Osso, Nova Lima, Maquiné e Complexo Córrego dos Boiadeiros), de idade arqueana, e o Supergrupo Minas (grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará) e Grupo Itacolomi, do Paleoproterozóico. Rochas fanerozóicas ocorrem em pequenos depósitos lacustrinos terciários e como coberturas detrito-lateríticas e depósitos aluviais. Uma síntese da coluna litoestratigráfica proposta para a área é apresentada na [FIG. 3](#).

Convenções: (PP2itsa - Formação Santo Antônio); (PP1mpb - Formação Barreiro); (PP1mpt - Formação Taboões); (PP1mpf - Formação Fecho do Funil); (PP1mpc - Formação Cercadinho); (PP1mig - Formação Gandarela); (PP1mic - Formação Cauê); (PP1mcb - Formação Batatal); (PP1mcm - Formação Moeda); (A4rmce - Unidade Córrego do Engenho); (A4rmcc - Unidade Capanema); (A4rmcj - Unidade Jaguará); (A4rmcdc - Unidade Chica Dona/Fácies Córrego da Cidreira); (A4rmcdv - Unidade Chica Dona/Fácies Córrego do Viana); (A4rmpa - Unidade Andaimés); (A4rmprp - Unidade Rio de Pedras); (A4rnsc - Unidade Córrego do Sítio); (A4rnm - Unidade Mindá); (A4rnpo - Unidade Pau d'Óleo); (A4rnpc - Unidade Córrego da Paina); (A4rnfv - Unidade Fazenda Velha); (A4rnmc - Unidade Catarina Mendes); (A3rnm - Unidade Mestre Caetano); (A3rnsc - Unidade Santa Quitéria); (A3rnmv - Unidade Morro Vermelho); (A3rnof - Unidade Ouro Fino); (A3cbet - Complexo Córrego dos Boiadeiros – Esteatito); (A3cbmg - Complexo Córrego dos Boiadeiros – Metagabro); (A3cbcp - Complexo Córrego dos Boiadeiros – Serpentinó); (A3bf - Complexo Bonfim); (A3b - Complexo Bação); (A3bh - Complexo Belo Horizonte); (A3sb - Complexo Santa Bárbara); (ae – migmatitos); (cd - dolomito e calcário dolomítico); (cg –

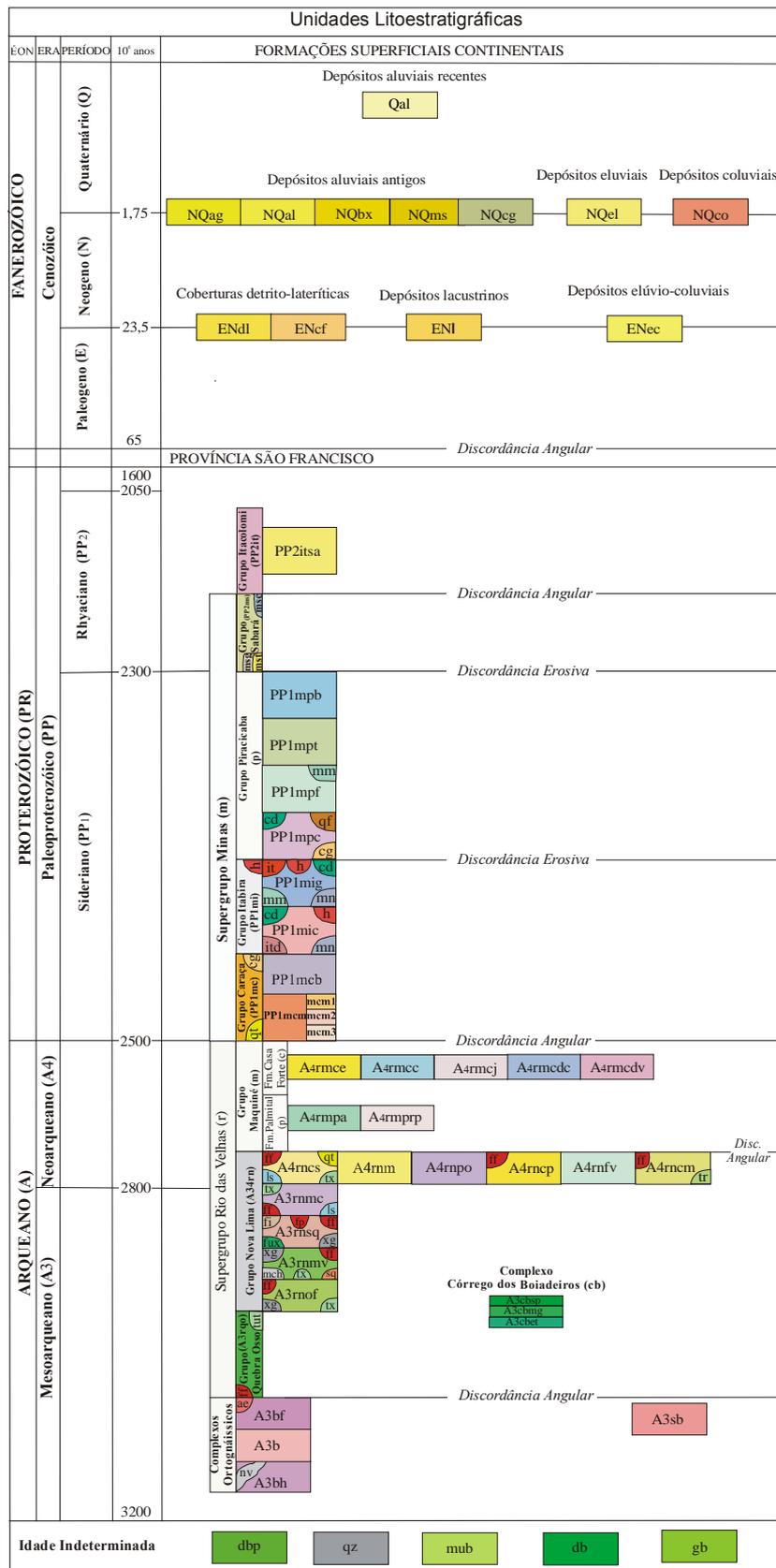


FIGURA 3 - Coluna litoestratigráfica, para área do Projeto APA Sul RMBH, baseada em Heineck et al. 2003.

conglomerado); (db - diques básicos - gabro e diabásio); (dbp - dique básico porfirítico - gabro e diabásio porfiríticos); (ff - formação ferrífera); (fi - filito); (fp - formação ferrífera e metapelitos); (fux - fucsita xisto); (h - hematita compacta e friável de alto teor); (it - Itabirito dolomítico); (itd - Itabirito ocráceo e rocha dolomítica meteorizada); (ls - lapa seca); (mch - metachert); (mcm1 - quartzito); (mcm2 - filito); (mcm3 - quartzito); (mm - mármore); (mn - zonas manganésíferas); (msc - xisto clorítico); (msg - quartzito, filito e grauvaca granitizados); (mst - xisto estaurolítico); (mub - serpentinito, serpentinito talcificado, clorita-talco xisto anfibolítico, clorita-talco xisto serpen); (nv - novaculito); (qf - quartzito ferruginoso); (qt - quartzito); (sq - sericita-quartzito xisto); (tr - tremolítico); (tut - turmalinito); (tx - talco xisto); (xg - xisto grafitoso).

7.2 Complexos Ortognáissicos

Os Complexos Ortognáissicos (Belo Horizonte, Bação, Bonfim e Santa Bárbara) são compostos por terrenos granito-gnáissicos constituídos por tonalitos migmatizados a gnaisses granodioríticos com características geoquímicas das suítes tonalíticas-trondjemíticas-granodioríticas arqueanas (NOCE, 1995). Intrusivos nestes gnaisses encontram-se variados corpos granitóides e rochas básicas e metabásicas provenientes de diferentes etapas de acresção mantélica ou retrabalhamento crustal (CARNEIRO, 1992; NOCE, 1995).

Esses complexos representam porções de um antigo embasamento retrabalhado em eventos posteriores (CORDANI *et al.*, 1980; LADEIRA *et al.*, 1983; CARNEIRO, 1992; ENDO, 1997).

As áreas de afloramento das rochas dos complexos ortognáissicos são as seguintes: Complexo Belo Horizonte – proximidades da cidade de Ibirité; Complexo Bação – região central da APA; Complexo Bonfim – região sudoeste da APA e Complexo Santa Bárbara – região leste da APA.

Estudos geocronológicos (TEIXEIRA, 1985 e 1993; MACHADO e CARNEIRO, 1992 *apud* FERREIRA FILHO, 1999 e CARNEIRO *et al.*, 1995) chegaram a valores de 2.9 a 3.2 Ga para algumas rochas desses complexos. Duas gerações de plútons para o Neoarqueano também foram determinadas: uma de 2.78 – 2.77 Ga caracterizada por plútons cálcio-alcalinos e outra de 2.73 a 2.62 Ga, caracterizada por granitos anorogênicos.

7.3 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas (LOCZY e LADEIRA, 1976), definido originalmente como Série Rio das Velhas (DORR *et al.*, 1957), é constituído, da base para o topo, pelos grupos Quebra Osso (SCHORSCHER, 1978), Nova Lima e Maquiné, (DORR *et al.*, 1957). É composto por rochas metavulcânicas e metassedimentares e foi caracterizado por Almeida (1976) e Schorsch (1976) como uma seqüência arqueana do tipo greenstone belt.

Encontra-se exposto na APA Sul RMBH em duas faixas principais, uma na sua porção central, seguindo o curso do rio das Velhas e outra à nordeste, ao longo do rio Conceição.

Datações geocronológicas de rochas desse supergrupo, pelo método U-Pb, em zircões de lavas félsicas, produziram idades de 2.776 Ga (MACHADO *et al.*, 1992) enquanto idades, também U-Pb, para zircões e monazitas de rochas metassedimentares atingiram um máximo de 2.857 Ga (MACHADO *et al.*, 1996).

7.3.1 Grupo Quebra Osso

[Schorscher](#) (1978) definiu uma associação de rochas sotopostas ao Grupo Nova Lima, para a qual deu a denominação formal de Grupo Quebra Osso. A seção tipo localiza-se no vale do córrego Quebra Osso.

O Grupo Quebra Osso ocorre no limite oriental da APA segundo uma estreita faixa com direção geral N-S. É constituído de komatiitos peridotíticos com espessos horizontes cumuláticos, além de delgados níveis de formação ferrífera pobre em ferro, metachert fuchsítico, turmalinito e filito carbonoso. O metamorfismo é de fácies xisto verde.

Os komatiitos têm coloração verde escura à negra, granulação fina a muito fina e aspecto sedoso ao tato. Apresentam estruturas típicas de lava almofadada, brechada e maciça, além de texturas *spinifex* ([SCHORSCHER](#), 1978, [SCHRANK et al.](#), 1993), *quench* e vidro vulcânico alterado. Os principais representantes metamórficos dos *komatiitos* são (anfíblio)-(carbonato)-(clorita)-(serpentina)-talco xisto, tremolita-actinolita xisto, serpentina-tremolita xisto, talco-antigorita xisto, (talco)-clorita xisto, tremolita-(clorita) xisto, serpentinito, tremolita serpentinito de granulação muito fina com vidro vulcânico intersticial alterado, actinolito e plagioclásio xisto. Na maior parte das exposições, a paragênese magmática original acha-se totalmente substituída por produtos de alterações hidrotermais, tais como talco, clorita, magnetita, serpentina e turmalina.

As rochas representadas por formação ferrífera, metachert, turmalinito e xisto carbonoso são pouco expressivas e ocorrem sempre associadas e encaixadas em rochas metavulcânicas. As formações ferríferas gradam lateral e verticalmente para metachert. O metachert pode conter fuchsita e minerais de ferro. O turmalinito ocorre como microbandas de turmalina esverdeada alternando-se com microbandas de metachert. O xisto carbonoso ocorre como bandas contínuas, intercaladas ou encaixando as rochas anteriores. Esses litótipos parecem representar sedimentos clasto-químicos, depositados sobre as rochas ultramáficas, preservados em núcleos de dobras apertadas.

7.3.2 Grupo Nova Lima

Foi definido por [Dorr et al.](#) (1957) como uma sucessão de micaxistos com leitões, lentes e zonas de formações ferríferas, grauvacas e subgrauvacas, quartzito, conglomerado, rochas metavulcânicas, xistos e filitos grafitosos, quartzo-anquerita xisto e outros metassedimentos.

Esses autores atribuem para esse grupo uma espessura não inferior a 4.000 m.

[Ladeira](#) (1980), [Oliveira et al.](#) (1983), [Vieira e Oliveira](#) (1988) e [Vieira et al.](#) (1991) subdividiram informalmente e localmente esse grupo em unidades basal, média e superior. Esta estratigrafia serviu de base para a subdivisão, em unidades informais, da cartografia do Projeto Rio das Velhas (1996), onde o Grupo Nova Lima foi assim dividido, da base para o topo, nas unidades: Ouro Fino, Morro Vermelho, Santa Quitéria, Ribeirão Vermelho (fora da área da APA SUL RMBH), Mestre Caetano, Córrego do Sítio, Mindá, Catarina Mendes, Fazenda Velha, Córrego da Paina e Pau d'Óleo. O Complexo Córrego dos Boiadeiros foi caracterizado como uma seqüência básico-ultrabásica intrusiva nas unidades basais do "greenstone belt".

O Grupo Nova Lima distribui-se na APA Sul RMBH em três faixas principais: uma a oeste da serra da Moeda posicionada entre os metassedimentos do Supergrupo Minas e os ortognaisses do Complexo Bonfim; outra que acompanha o eixo principal do rio das Velhas, balizada a oeste pela serra da Moeda e a leste pela serra do Espinhaço e a terceira que

acompanha o eixo principal do rio Conceição, limitada ao norte pelos metassedimentos do Grupo Caraça e ao sul pelos metassedimentos do Grupo Maquiné.

As informações apresentadas neste trabalho para as unidades do Grupo Nova Lima e do Grupo Maquiné encontram-se de acordo com [Zucchetti e Baltazar \(1998\)](#).

Unidade Ouro Fino: tem sua maior área de exposição na porção central da APA SUL, ao sul da cidade de Belo Horizonte. Constitui, junto com o Grupo Quebra Osso, o assoalho oceânico sobre o qual se depositaram as demais unidades do Supergrupo Rio das Velhas.

A Unidade Ouro Fino é constituída de metabasalto toleítico, maciço, localmente almofadado, variolítico e amidaloidal, com diversificado grau de alteração. Em proporções subordinadas, ocorre metaperidotito, metabasalto komatiítico, metatufo básico, metavulcânica ácida, metachert, formação ferrífera e xisto carbonoso. O metamorfismo é de fácies xisto verde.

O metabasalto toleítico tem cor cinza escura e cinza esverdeada que passa a amarela avermelhada a avermelhada por intemperismo. A granulação é fina e a estrutura dominante é xistosa, localmente pouco pronunciada. Nestes locais, ocorrem estruturas e texturas primárias preservadas como pillow lavas, amídalas e varíolas. Os litótipos metamórficos mais representativos são: (quartzo) - (albita) - (clorita) - (epidoto) - tremolita/actinolita xisto, (stilpnomelano) - (quartzo) - clorita xisto, (carbonato) - (plagioclásio) - (quartzo) - (mica)-clorita xisto, (quartzo) - plagioclásio - actinolita - clorita - epidoto xisto e albita – tremolita – clorita - epidoto xisto.

O metaperidotito constitui intercalações no metabasalto toleítico, do qual se diferencia pelo aspecto sedoso ao tato, pela cor verde clara e pela composição mineral. Com o intemperismo torna-se amarelado, contrastando com a coloração avermelhada do metabasalto. A estrutura é xistosa e laminada, ou maciça e fraturada no serpentinito.

O metabasalto komatiítico, cujo representante metamórfico é um epidoto – clorita - actinolita xisto, ocorre intercalado entre os derrames de basalto toleítico dos quais praticamente não se distinguem no campo, a não ser por rara estrutura *spinifex* como ocorre a sudoeste da cidade de Caeté, fora da APA ([SCHRANCK et al., op. cit.](#))

O metatufo máfico ocorre em raras lentes delgadas entre os derrames basálticos. São *interflows* piroclásticos de rochas xistosas, laminadas, de cor verde escura e granulação fina.

A metavulcânica ácida ocorre intercalada nos metabasaltos, com espessura que varia de poucos centímetros a dezenas de metros. Os principais representantes metamórficos são quartzo - mica xistos e muscovita - quartzo xistos, apresentando por vezes textura milonítica com porfiroclastos de quartzo azul com golfos de corrosão.

O metachert e a formação ferrífera ocorrem de forma subordinada. A formação ferrífera bandada tem mesobandas com espessura centimétrica constituídas de quartzo e martita/magnetita. Carbonato pode estar presente, mas em geral, em superfície, está totalmente lixiviado o que fornece um aspecto friável à rocha. O metachert, carbonático ou não, tem estrutura maciça e apresenta cristais equigranulares de quartzo em arranjo poligonal.

O xisto carbonoso é caracterizado, principalmente, pela presença de clorita, sericita, material carbonoso e quartzo.

Complexo Córrego dos Boiadeiros: originalmente Formação Córrego dos Boiadeiros (PADILHA, 1984) posteriormente denominada de Complexo Córrego dos Boiadeiros (COSTA *et al.* 1992). Encontra-se exposto na região central da APA Sul RMBH, ao sul da cidade de Belo Horizonte.

Trata-se de um *sill* máfico-ultramáfico, com metaleucogabros no topo e metadunitos (serpentinitos) na base, intrusivo nas rochas da Unidade Ouro Fino.

Os serpentinitos apresentam cor verde escura a verde clara e cinza esverdeada. Quando intemperizados adquirem cor verde clara, marrom avermelhada ou castanha. São rochas de filiação komatiítica e provável composição dunítica/peridotítica.

Os metagabros são cinza esverdeados, com estrutura maciça e granulação média a grossa. Análises químicas mostram para essas rochas composições correspondentes às dos basaltos toleíticos de baixo potássio.

O talco xisto tem distribuição restrita e uma coloração que varia de parda amarelada a cinza esverdeada.

Unidade Morro Vermelho: ocorre na região central da APA. Caracteriza-se pela abundância de formações ferríferas e de metachert intercalados com metabasaltos toleítico e komatiítico e filito carbonoso. Em proporções subordinadas ocorrem rochas metaepiclásticas finas e rochas metavulcânicas de provável composição intermediária.

Uma de suas melhores exposições ocorre no leito do ribeirão dos Macacos, próximo à estrada asfaltada que liga as cidades de Nova Lima e Rio Acima. Neste local, observa-se uma alternância rítmica de derrames de metabasalto toleítico e komatiítico com leitos de metachert e formação ferrífera, com espessuras que variam desde poucos centímetros até metros.

As rochas metavulcânicas básicas correspondem a basaltos transformados em (clorita)-(epidoto)-actinolita xisto, epidoto-actinolita xisto, (quartzo)-(carbonato)-(plagioclásio)-(epidoto)-(actinolita)-clorita xisto e clorita-plagioclásio xisto. As rochas metavulcânicas intermediárias são representadas por carbonato-plagioclásio xisto e quartzo-epidoto-clorita xisto com titanita.

Os sedimentos epiclásticos correspondem a quartzo-clorita-mica xisto e micaxisto de fonte vulcanogênica.

As formações ferríferas têm micro e mesobandas de quartzo recristalizado em mosaico, alternadas com micro e mesobandas de opacos (magnetita martitzada e sulfetos). Ocorrem também bandas de carbonato siderita com ankerita subordinada (RAPOSO, 1996).

O metachert distingue-se pelo franco predomínio de quartzo e ausência de bandamento.

Unidade Santa Quitéria: aflora na região nordeste da APA Sul RMBH ao norte da serra do Caraça. Caracteriza-se pela alternância de metassedimentos clásticos finos (metapelitos) e metassedimentos químicos (formação ferrífera e metachert). Diferencia-se da Unidade Morro Vermelho pela ausência de rochas metavulcânicas.

Os metapelitos constituem mica-quartzo xisto, clorita-quartzo xisto, sericita-clorita-quartzo xisto, clorita xisto, clorita-sericita-quartzo-(carbonato) xisto e quartzo-sericita-biotita xisto. Localmente apresentam carbonatação e pontuações milimétricas de pirita limonitizada às vezes euédrica. São xistos interpretados como metassedimentos clásticos finos, com

alguma contribuição química, depositados em fundo oceânico e metamorfizados na fácies xisto verde.

As formações ferríferas bandadas são rochas magnéticas, formadas pela intercalação de níveis de óxido de ferro (hematita e magnetita), de clorita quartzo xisto avermelhado e metachert sacaroidal. Variam, em espessura, de 4 a 100 m.

Os contatos dessa unidade com as unidades Mindá e Córrego do Sítio são por falha de empurrão e transicionais, com o desaparecimento gradativo das formações ferríferas e predomínio dos sedimentos clásticos. O contato com a Unidade Córrego do Engenho e com o Grupo Quebra Ossos é por falha de empurrão.

Unidade Mestre Caetano: ocorre ao sul da serra do Curral e ao longo do eixo principal do rio das Velhas. Caracteriza-se por um predomínio de plagioclásio-sericita-clorita-quartzo xisto (metagrauvaca feldspática), quartzo-sericita-clorita xisto (metaquartzwacke), com intercalações subordinadas de plagioclásio-clorita-quartzo xisto, epidoto-mica-quartzo-plagioclásio xisto e quartzo-mica-plagioclásio xisto (metatufos), sericita-quartzo-clorita xisto (siltito arenoso) e carbonato-quartzo-mica xisto (siltito) e raras ocorrências de formação ferrífera quartzosa, xisto carbonático vulcanogênico (lapa seca), metaconglomerado e metandesito.

Unidade Córrego do Sítio: é constituída de metapelitos bandados com lentes subordinadas de metapsamitos, delgados níveis de xisto carbonoso e formação ferrífera bandada. Em testemunho de sondagem, as principais rochas dessa unidade são quartzo-carbonato-mica-clorita xisto, quartzo-mica-carbonato xisto, carbonato-quartzo-mica-clorita xisto, carbonato-mica-quartzo xisto, com intercalações de filito carbonoso. Estes litótipos exibem bandas centimétricas que caracterizam ciclos deposicionais granodecrescentes em seqüências rítmicas de até 1,0 m de espessura. A granulação varia desde média, nas porções basais quartzosas dos ciclos, até fina nas fácies micáceas superiores, caracterizando a natureza sedimentar dos mesmos com deposição, por correntes de turbidez, em ambiente marinho.

Unidade Mindá: caracteriza-se pela intercalação de metapsamitos e metapelitos, com predomínio dos primeiros. Ocorrem subordinados, delgados níveis de xisto carbonoso e formação ferrífera bandada. Os litótipos desta unidade são (plagioclásio)-(clorita)-mica-quartzo xisto, sericita-muscovita-quartzo xisto e quartzo-(clorita)-micaxisto. Caracteriza-se, ainda, pelo bandamento composicional, acamamento gradacional, presença de muscovita em agregados centimétricos e a grande quantidade de quartzo de segregação.

Unidade Catarina Mendes: é constituída de metagrauvas homogêneas com freqüentes níveis centimétricos de rochas calcissilicáticas, além de turmalinito, níveis de metagrauvaca félsica, lentes de metaparaconglomerado, tremolita xisto e metarenitos impuros. O metamorfismo é da fácies anfíbolito (presença de estauroлита, biotita titanífera e granada) com retrometamorfismo na fácies xisto verde.

O bandamento composicional freqüente nesta unidade é marcado por níveis de metagrauvaca, metarenito feldspático, metarenito impuro e metargilito, localmente margoso. O conjunto é interpretado como uma seqüência turbidítica proximal em relação à fonte, depositada em ambiente marinho.

Unidade Fazenda Velha: trata-se de uma seqüência de metagrauvaca, metagrauvaca feldspática, metaquartzwacke, metarenito feldspático, finos níveis de metargilito carbonoso e de rocha calcissilicática, que se distribuem em ciclos granodecrescentes de espessura centimétrica a métrica. Os principais litótipos são (plagioclásio)-clorita-quartzo xistos,

sericita-(plagioclásio)-biotita-clorita-quartzo xistos e biotita-plagioclásio-quartzo-mica xistos com metamorfismo na fácies anfibolito e retrometamorfismo na fácies xisto verde.

As estruturas primárias observadas nesta unidade são estratificações gradacional, cruzada tabular e cruzada acanalada.

Diferencia-se da Unidade Córrego da Paina pela dominância dos litótipos arenosos sobre os pelíticos e da Unidade Catarina Mendes, pelas menores proporções de grauvaca e rocha calcissilicática.

Unidade Córrego da Paina: é constituída de quartzo-mica-clorita xisto, quartzo-clorita xisto e biotita-plagioclásio-quartzo-mica xisto com delgadas intercalações de xisto carbonoso e formação ferrífera. Representa uma seqüência turbidítica argilosa, depositada em ambiente marinho distal. As estruturas sedimentares observadas nesta unidade são estratificações gradacional, plano-horizontal e cruzada de pequeno porte.

Unidade Pau D'Óleo: é constituída, basicamente, de (plagioclásio)-carbonato-quartzo-mica xisto e sericita-carbonato-plagioclásio-quartzo xisto. Apresenta um bandamento composicional caracterizado por maior concentração de sericita, muscovita e clorita que se alterna com bandas enriquecidas em quartzo, feldspato e carbonato.

7.3.3 Grupo Maquiné

Definido por [Dorr et al. \(1957\)](#), constitui-se principalmente de quartzitos, filitos e conglomerados. Na área-tipo foi dividido em Formação Palmital ([O'ROURKE, apud DORR, 1969](#)) e Formação Casa Forte ([GAIR, 1962](#)).

Na área da APA Sul RMBH o Grupo Maquiné aflora em duas faixas distintas localizadas no flanco ocidental da serra do Espinhaço, à leste do eixo principal do rio das Velhas e no sopé da serra do Caraça.

7.3.3.1 Formação Palmital: segundo [Zucchetti e Baltazar \(1998\)](#), no Projeto Rio das Velhas, a formação Palmital foi dividida informalmente nas unidades: Andaimés e Rio de Pedras.

Unidade Andaimés: é constituída de quartzitos micáceos com níveis subordinados de quartzito microconglomerático e metaconglomerado polimítico. Os quartzitos micáceos (metaquartzo arenitos) têm granulação fina à média, marcas de onda, estratificações cruzadas dos tipos "herring bone" e tabulares a tangenciais de médio porte. O metaconglomerado ocorre como lentes decimétricas a métricas contendo seixos de quartzo de veio, metachert ferruginoso, quartzito e xisto cinza escuro, sustentado por matriz quartzo-sericítica fina a média. Representam uma sedimentação detrítica depositada em ambiente litorâneo, fácies planície de maré com dunas eólicas.

Unidade Rio de Pedras: é constituída de xistos com intercalações de quartzitos micáceos finos com metamorfismo na fácies xisto verde. Representam uma sedimentação clástica depositada em ambiente marinho raso a litorâneo.

As estruturas primárias reconhecidas na unidade são estratificações cruzada tabular, acanalada e festonada de pequeno e médio porte.

7.3.3.2 Formação Casa Forte: segundo [Zucchetti e Baltazar \(op. cit.\)](#), no Projeto Rio das Velhas, a Formação Casa Forte foi dividida nas unidades: Chica Dona (Fácies Córrego do Viana e Córrego da Cidreira) e Jaguará.

Unidade Chica Dona: constitui-se de bancos de quartzito fino com intercalações de metaconglomerado polimítico. Com base nas variações de espessuras predominio de um litótipo sobre o outro e composição dos seixos, a unidade foi subdividida em duas litofácies: Córrego do Viana e Córrego da Cidreira.

Fácies Córrego do Viana: é composta por bancos de metaortoconglomerado polimítico e de quartzito, com 0,50 m de espessura. Paraconglomerado polimítico também é comum nesta fácies.

Os metaortoconglomerados são sustentados por clastos estirados de tamanho variado, atingindo até 0,30 m. São seixos e matações de formação ferrífera, *metachert*, xisto carbonoso e quartzo de veio. A matriz é quartzo-sericítica, geralmente ferruginosa e em quantidade bastante reduzida. Intercalam-se em quartzitos sericíticos finos, cinzentos, onde foram observadas estruturas sedimentares como estratificações cruzadas acanalada e tangencial e estratificação gradacional.

Fácies Córrego da Cidreira: caracteriza-se por bancos de metaparaconglomerado polimítico mais espessos (em torno de 2 – 3 m) que os de quartzito (0,50 – 1 m).

O metaparaconglomerado polimítico é constituído por seixos e matações de formação ferrífera, *metachert*, quartzo de veio e rochas metavulcânicas félsicas e metabásicas, geralmente sustentados por matriz composta de quartzo, sericita e clorita.

Unidade Jaguará: constitui-se de quartzito sericítico grosso, geralmente microconglomerático com intercalações finas e pouco freqüentes de metaconglomerado polimítico. As estruturas sedimentares reconhecidas são estratificações cruzada acanalada e tangencial, e estratificação gradacional.

Unidade Capanema: é constituída de sericita xistos e sericita-quartzo xistos finos e crenulados. Ocorrem intercalações subordinadas de quartzito fino com moscovita cianita e cloritóide.

Ocasionalmente, foram observadas nesta unidade estratificações cruzadas tabular e tangencial, com *sets* de espessuras centimétricas a decimétricas, e estratificação gradacional, com ciclos granodecrescentes com espessuras de 10 a 15 cm.

Unidade Córrego do Engenho: o quartzito é a litologia dominante desta unidade, que apresenta intercalações subordinadas de metaconglomerado. O quartzito é sericítico e a granulação fina a média. Geralmente é homogêneo e a cor cinza clara. Possui eventuais estratificações cruzada acanalada ou tangencial localizadas na base da unidade, em *sets* de 1,5 m de comprimento por 0,30 m de espessura, e ciclos granodecrescentes com 0,30 m a 0,50 m.

7.4 Supergrupo Minas

Dorr *et al.* (1957) subdividiram a Série Minas (atual Supergrupo Minas) nos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba que, posteriormente, foram acrescidos do Grupo Tamanduá por Dorr (1969).

Em 1958 estes grupos foram subdivididos em nove formações (DORR *et al.*, 1959). Posteriormente, seguindo a proposição de Barbosa (1968), a Formação Sabará, classicamente pertencente ao Grupo Piracicaba, foi retirada deste e elevada ao *status* de (RENGER *et al.* 1994).

Segundo [Dorr](#), (1969), o Supergrupo Minas assenta-se discordantemente sobre rochas do Embasamento Cristalino e do Supergrupo Rio das Velhas.

A maior divergência na caracterização das rochas desse supergrupo acontece com os metassedimentos da serra do Caraça, inicialmente atribuídos ao Grupo Tamanduá:

- [Harder e Chamberlin](#) (1915), incluíram estas rochas, juntamente com as rochas que compõem, hoje, o Grupo Maquiné e a Formação Moeda, no “Quartzito Caraça”.
- [Simmons e Maxwell](#) (1961) denominaram-nas de “Grupo Tamanduá” ocupando posição estratigráfica entre Supergrupo Rio das Velhas e o Supergrupo Minas, e o dividiram, da base para o topo, em Quartzito Cambotas e três Formações sem nome. Posteriormente, [Simmons](#) (1968) agrupou as três formações superiores em apenas uma Formação sem nome.
- [Dorr](#) (1969) posicionou o Grupo Tamanduá de [Simmons e Maxwell](#) (*op.cit.*) na base do Supergrupo Minas e afirmou que este se encontra sempre em concordância com o Grupo Caraça e que nenhuma discordância erosiva foi encontrada entre os mesmos. Sugeriu que a deposição daquele grupo ocorreu em um ambiente litorâneo com associação deltáica, o que possibilitou o acúmulo considerável de sedimentos antes da deposição do Grupo Caraça, na mesma bacia.
- [Maxwell](#) (1972) propôs o posicionamento do Grupo Tamanduá no topo do Supergrupo Rio das Velhas devido as relações de concordância com o Grupo Maquiné e com o quartzito Moeda. Dividiu o referido grupo em Quartzito Cambotas e Grupo Tamanduá Indiviso, e o interpretou como “... *remanescente erosional de uma ampla seqüência de quartzito, xisto, filito e formação ferrífera, parcialmente preservada em sinclinais que antecederam a deposição da Série Minas*”.
- [Alkmim e Marshak](#) (1998) mantiveram a proposta de [Dorr](#) (1969) e descreveram as unidades basais do Supergrupo Minas como conglomerados e arenitos aluviais que gradam para pelitos marinhos de mar raso representados, pelos grupos Tamanduá Caraça, e estando aquele posicionado concordantemente abaixo deste e composto pelas rochas aflorantes na serra do Caraça.
- [Ribeiro-Rodrigues](#) (1992), estudando as relações de contato entre as unidades estratigráficas da serra do Caraça e suas litofácies, concluiu que as rochas que sustentavam a referida serra correspondem a litótipos da Formação Moeda do Grupo Caraça e que a presença de litofácies inexistentes em outras regiões do Quadrilátero Ferrífero, indicava haver uma importante variação lateral de fácies no interior desta formação.
- Segundo [Machado et al.](#) (1996), datações U-Pb realizadas em zircões detríticos de quartzitos da serra do Caraça forneceram idades de 2.8 a 3.0 Ga compatíveis com idades obtidas para a Formação Moeda.

Neste trabalho, seguindo interpretação de [Ribeiro-Rodrigues](#) (1992), corroborada por [Machado et al.](#) (1996) e adotada por [Bizzi et al.](#) (2001), [Leite et al.](#) (2004) e [Heineck et al.](#) (2003) os metassedimentos que compõem a serra do Caraça foram considerados como pertencentes à Formação Moeda do Grupo Caraça.

Na APA Sul RMBH, o Supergrupo Minas distribui-se em dois blocos distintos, um a oeste do rio das Velhas constituindo as serras da Moeda e do Curral, e outro a leste compondo as serras do Espinhaço e do Caraça.

7.4.1 Grupo Caraça

O Grupo Caraça foi descrito por [Dorr et al.](#) (1957) como um conjunto de rochas clásticas situadas entre a discordância regional do Supergrupo Rio das Velhas e os metassedimentos químicos do Grupo Itabira. Foi subdividido nas formações Moeda, na base ([WALLACE](#), 1958) e Batatal, no topo ([MAXWELL e SIMMONS](#), 1958). Aflora na APA Sul RMBH como faixas estreitas na homoclinal da serra do Curral e nas sinclinais Moeda, Gandarela, Ouro Fino e Conta História. Ocorre também como espesso pacote rochoso na serra do Caraça.

Foi depositado em discordância angular e erosiva sobre as rochas do Grupo Nova Lima, posteriormente modificada por falhas de cavalgamento. Os contatos com as rochas do Grupo Itabira são estruturalmente concordantes e localmente gradacionais.

7.4.1.1 Formação Moeda: a Formação Moeda na seção tipo, situada na serra da Moeda, é constituída de três membros ([WALLACE](#), 1958):

- Membro Inferior (membro 1) – composto de quartzito sericítico, fino a grosseiro, com lentes de conglomerado, presentes em todo o membro, com extensão lateral que não ultrapassa 100 metros;
- Membro Intermediário (membro 2) – composto de filito arenoso;
- Membro Superior (membro 3) – composto de quartzito sericítico de granulometria fina a grossa com lentes de filito arenoso.

[Pomerene](#) (1964) constatou, nas quadrículas Belo Horizonte, Macacos e Ibité, que o Membro 1 da Formação Moeda constitui-se de quartzitos de granulometria média a grossa com espessura máxima de 200 m e que o contato desta formação com o Supergrupo Rio das Velhas é marcado por lentes de conglomerado com espessura de até 10 m. Segundo o mesmo autor, este conglomerado é composto por calhaus, seixos e grânulos arredondados de quartzo enfumaçado, quartzo de veio e quartzito distribuídos numa matriz de quartzito filítico. Sobre o Membro 1 ocorre um filito rico em sílica, cinza claro a marrom claro, que grada ao longo do *strike* para um quartzo sericita xisto e quartzito muito fino que corresponde ao Membro 2 de [Wallace](#) (1958). Este é recoberto por quartzito de granulometria média a grossa contendo lentes de conglomerado com grânulos, muito bem arredondados, de quartzito enfumaçado distribuídos numa matriz de quartzito de granulometria média a grossa (Membro 3 de [Wallace](#), 1958).

Para [Maxwell](#) (1972), nas quadrículas Catas Altas, Capanema e Santa Rita Durão, a Formação Moeda é composta, predominantemente, por um quartzito fino de coloração branca com filito sericítico subordinado. Localmente, ocorre conglomerado basal. Estudos petrográficos revelaram que a maioria das lâminas estudadas apresenta grãos de quartzo com textura cataclástica, extinção ondulante e recristalização. A sericita é orientada paralela ao acamamento. A cianita ocorre disseminada no quartzito, sendo que em falhas e zonas de cisalhamento, aparece em agregados com cristais medindo até 6 cm.

A Formação Moeda foi dividida por [Villaça](#) (1981), nas sinclinais Moeda, Gandarela e Ouro Fino, em três fácies: duas aluviais (base e topo) e uma marinha (intermediária). As fácies aluviais são constituídas por conglomerados oligomíticos e polimíticos, que apresentam gradação, interdigitação e intercalação com quartzitos grossos a médios, portadores de grânulos e seixos dispersos e com estratificações cruzada e gradacional. A fácies marinha é formada por um pacote de filitos com interlaminações milimétricas de quartzito fino e metassiltitos.

A espessura máxima atribuída a esta formação é de 1200 m e a média é cerca de 200 m. Caracteriza-se também pela sua rápida e extrema variação de espessura em certas partes do Quadrilátero Ferrífero [Dorr et al.](#) (1959).

7.4.1.2 Formação Batatal: consiste de filitos sericíticos, filitos grafitosos, e localmente, contem quantidades significativas de clorita e material carbonático. Ocorrem intercalações de metachert e delgadas lentes de hematita (itabiritos) no topo desta formação. Tem espessura de 30 m na área tipo, no entanto sua espessura é normalmente superior a 50 m.

O contato com a Formação Cauê é gradacional e varia de um a quatro metros ([POMERENE](#), 1964).

7.4.2 Grupo Itabira

O Grupo Itabira foi definido por [Dorr II et al.](#) (1957) como sendo constituído por uma seqüência metassedimentar predominantemente química, imediatamente superior ao Grupo Caraça. Foi subdividido em: Formação Cauê ([DORR](#), 1958a) e Formação Gandarela ([DORR](#), 1958b).

Na APA Sul RMBH, o Grupo Itabira tem maior distribuição nas serras do Curral e da Moeda e nas sinclinais Gandarela e Ouro Fino.

[Babinski et al.](#) (1993) inferiram, com base em dados Pb-Pb em rocha total da Formação Gandarela e taxas de deposição das formações ferríferas do Arqueano, que a sedimentação dos litótipos do Grupo Itabira (Formação Cauê) iniciou-se por volta de 2,52 Ga atrás. A sedimentação das formações ferríferas da Formação Cauê encontra-se balizada no tempo pela idade Pb-Pb em rocha total, 2420 +/- 19 Ma, obtida para a deposição dos carbonatos do topo da Formação Gandarela.

7.4.2.1 Formação Cauê: é constituída de itabiritos com lentes subordinadas de dolomito, hematita compacta e friável, filitos e mármore. Segundo ([DORR e BARBOSA](#), 1963) o itabirito é uma formação ferrífera fácies óxido, laminada e metamorfsada, onde o chert ou jaspe original foram recristalizados num quartzo granular e o ferro em hematita, magnetita ou martita.

A Formação Cauê varia em espessura aparente desde uns poucos metros até mais de 1.000 m. [Dorr et al.](#) (1959) sugerem uma espessura média de 250 m para essa formação.

Sob o ponto de vista econômico é a unidade mais importante no Quadrilátero Ferrífero devido aos seus depósitos de minérios de ferro e ouro.

7.4.2.2 Formação Gandarela: para [Dorr et al.](#)(1959), a Formação Gandarela é composta de dolomitos, mármore, filitos e itabiritos dolomíticos com intercalações de hematita e zonas manganesíferas. Tem espessura máxima de 1.000 m na quadrícula Gandarela, entretanto, via de regra, a sua espessura média é da ordem de 200 m. Para [Dorr et al.](#) (*op. cit.*) é menos espessa na região leste do Quadrilátero Ferrífero.

O limite entre essa unidade e os itabiritos da Formação Cauê é marcado pelo decréscimo no teor de ferro, que segundo [Dorr](#) (1969) ocorre numa faixa de transição que pode ser de um metro até centenas de metros. Com a Formação Cercadinho do Grupo Piracicaba sobrejacente, o contato é discordante erosivo.

7.4.3 Grupo Piracicaba

Harder e Chamberlin (1915) nomearam as rochas clásticas que afloram no rio Piracicaba entre Santa Rita Durão e a Fazenda Alegria na quadrícula Santa Rita Durão, de xisto e quartzito Piracicaba. Posteriormente, (DORR *et al.*, 1957) incluíram-nas no Grupo Piracicaba, definido como sendo constituído por rochas metassedimentares clásticas (*grit*, quartzitos, filito e filito carbonoso) e esporádicas lentes de dolomito. Segundo os mesmos autores o Grupo Piracicaba foi dividido em cinco formações: Cercadinho (POMERENE, 1958a), Fecho do Funil (SIMMONS, 1958), Taboões (POMERENE, 1958b), Barreiro (POMERENE, 1958c) e Sabará (GAIR, 1958).

Renger *et al.* (1994) seguindo a proposição de Barbosa (1968) retiraram a Formação Sabará do Grupo Piracicaba e a elevaram ao *status* de grupo.

Noce (1995) sugere que o término de deposição desse grupo deve anteceder à intrusão do Batólito de Alto Maranhão (2124 +/- 2 Ma) que marca uma nova etapa de instabilidade tectônica da bacia Minas.

7.4.3.1 Formação Cercadinho: é composta de quartzito ferruginoso, quartzito, filito, dolomito e conglomerado. Apresenta espessura máxima de 317 m na localidade-tipo, no entanto, possui espessura média em torno de 100 m (DORR *et al.*, 1959). O contato basal com a Formação Gandarela é discordante erosivo e com a Formação Fecho do Funil é transicional.

7.4.3.2 Formação Fecho do Funil: é constituída de dolomito; e filito dolomítico e por vezes interestratificado com quartzito fino e camadas lenticulares de specularita no dolomito. Os filitos podem ser hematíticos, enquanto os filitos dolomíticos são constituídos de dolomita, quartzo e sericita. São comuns ainda mármores impuros manganésíferos. Na localidade-tipo tem 492 m de espessura numa seção, enquanto a média geral é de 300 m. Passa gradativamente, numa zona de 3 m, ao quartzito Taboões, superior (DORR *et al.*, 1959).

7.4.3.3 Formação Taboões: descrita por Pomerene (1958b) tem como localidade-tipo as cabeceiras do rio Taboões. É constituída de quartzito de granulação muito fina. Onde este quartzito é pouco intemperizado, caracteriza-se pela granulação fina e pela cor cinza oliva clara. Por vezes, é utilizado como camada guia na interpretação estrutural dos terrenos filíticos.

Para Dorr *et al.* (1959) a espessura média da Formação Taboões é menor que 100 m, e o contato com a Formação Barreiro, sotoposta, é concordante e de transição brusca.

7.4.3.4 Formação Barreiro: o nome Formação Barreiro foi proposto por Pomerene (1958c) ao filito e filito grafitoso sobrepostos ao quartzito da Formação Taboões. De acordo com Maxwell (1972) as rochas desta formação são muito macias, facilmente intemperizáveis, gerando solos espessos com cobertura arbórea densa, sendo mapeada de forma inferida na maior parte da área.

A localidade tipo da Formação Barreiro se encontra no canto nordeste da quadrícula Ibirité, às margens do córrego do Barreiro. Possui 107 m de espessura na localidade-tipo e se caracteriza por possuir camadas de filito grafitoso preto, intercalado com filito de coloração marrom-clara a vermelho arroxeadado. Segundo Pomerene (1964) o contato com as rochas do Grupo Sabará, sobreposto, é marcado por conglomerado ou microconglomerado (*gritty phyllite*) de cor roxa clara.

7.4.4 Grupo Sabará

O Grupo Sabará (RENGER *et al.*, 1994), antiga Formação Sabará de Gair (1958), consiste de filito, xistos metavulcânicos, metagrauvascas, quartzito sericítico, quartzito feldspático. Na seção ao longo do rio das Velhas, próximo ao contato com as rochas intrusivas granito-gnaissicas, na direção noroeste, aumentam a granulação e o grau metamórfico. A metade superior deste grupo é composta por biotita-muscovita xisto com porfiroblastos de granada e estauroлита (GAIR, 1962). A seção tipo ao longo do rio das Velhas tem 4.000 m de extensão.

Na APA Sul RMBH ocorre numa faixa no flanco norte da serra do Curral, no sinclinal do Gandarela e em faixas estreitas na serra da Moeda.

Estudos geocronológicos de Noce (1995) revelaram uma vasta distribuição de idades para zircões de uma metagrauvasca do Grupo Sabará variando de 3,1 a 2,1 Ga. A variação de idades indica que o grupo incorporou sedimentos provenientes de várias épocas, e que 2,1 Ga é a idade máxima para a sua deposição.

7.4.5 Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomí ou Série Itacolomi de Guimarães (1931) está representado na APA Sul RMBH por dois domínios litológicos denominados de Grupo Itacolomi e Formação Santo Antônio.

O Grupo Itacolomi ocorre no extremo sudeste da quadrícula Capanema onde é composto por quartzitos com lentes de conglomerado e filito, e no Sinclinal Moeda, sudoeste da Lagoa das Codornas, composto por filito multicolorido e conglomerado com seixos, calhaus e matações. A Formação Santo Antônio aflora no extremo leste da Quadrícula Capanema. Segundo Maxwell (1972) a rocha mais abundante desta formação é um clorita-sericita-quartzo xisto de granulação fina e seu contato com as unidades inferiores é em discordância angular.

7.4.6 Rochas de Idade Indeterminada

Dentre as rochas metabásicas e metaultrabásicas destacam-se aquelas a oeste de Brumadinho, nos domínios do Complexo Bonfim. Segundo os mapas do IGA (1982) tem-se no local um domínio de metadiabásios e metagabros e outro de diques de gabro, diabásio e basalto, mais ou menos anfibolitizados. Um terceiro domínio é constituído de serpentinitos, serpentinitos talcificados, clorita-talco xisto anfibolíticos, serpentina-clorita-talco xisto, magnetita-clorita xistos e clorititos.

7.5 Formações Superficiais Continentais

Canga, colúvio e elúvio de minério de ferro, areia limonítica, argila, terraços fluviais, linhito, bauxita e aluvião são alguns dos depósitos terciários e quaternários que constituem as formações superficiais. Sua área de ocorrência é bem maior do que consta nos mapas, pois foram cartografadas apenas quando o autor julgou serem fisiográfica, geológica ou economicamente de maior importância imediata do que as rochas pré-cambrianas subjacentes (POMERENE, 1964 e MAXWELL, 1972).

7.5.1 Depósitos Elúvio-coluviais

A canga é um produto de alteração que consiste de fragmentos de formação ferrífera, hematita compacta e minoritariamente outros minerais, cimentados por óxido de ferro hidratado. Seu conteúdo de ferro varia em média de 40 a 60%. Ocorre, no Quadrilátero

Ferrífero, na maior parte das serras formadas pela Formação Cauê. Cobre os topos das serras e as encostas e pode estender-se por vários quilômetros sobre formações não ferruginosas, incluindo Complexos Ortognáissicos. Pode ainda ocorrer sobreposta e até interestratificada com sedimentos terciários e quaternários. Sua espessura varia de 2 a 10 m. Foi classificada em:

- canga rica – é uma brecha ou conglomerado de hematita compacta cimentada por pouca limonita, com teor de ferro superior a 66%;
- canga comum – é constituída por lascas de hematita e fragmentos de itabirito cimentados por quantidade considerável de limonita, e
- canga química – consiste, principalmente, de limonita cimentando argila e solo ferruginoso.

7.5.2 Depósitos Lacustrinos

No Quadrilátero Ferrífero, ocorrem quatro depósitos sedimentares lacustrinos de idade cenozóica, distribuídos nas bacias do Gandarela, rio do Peixe, Fonseca e Gongo Soco (MAIZATTO e CASTRO, 1993). Na APA Sul RMBH ocorrem os depósitos da bacia do Gandarela localizados próximo ao centro da quadrícula Gandarela, descritos primeiramente por Gorceix (1884), e os da bacia do rio do Peixe, localizados na borda leste da Lagoa do Miguelão, na quadrícula de Macacos, descritos por Pomerene (1964).

As rochas sedimentares que compõem o depósito da bacia do Gandarela são linhitos, folhelhos, arenitos, argilitos e conglomerados. Gorceix (1884) determinou idade terciária para estes depósitos baseado em plantas fósseis existentes numa camada de linhito com *laurináceas*, *rubiáceas*, *spondiláceas* e *ficus* que deveriam pertencer ao Plioceno, quando muito ao Mioceno Superior.

7.5.3 Coberturas Detrito-lateríticas

Ocorrem em vários locais da área, geralmente constituem superfícies aplainadas nos topos das serras em cotas quase sempre acima de 900 m. São constituídas, por solo laterítico, material areno-argiloso, concreções ferruginosas e freqüentes fragmentos de quartzo leitoso.

7.5.4 Depósitos Coluviais

São descritos por Pomerene (1964) como pequenos depósitos que variam de um a três metros de espessura, compostos por matações e calhaus arredondados de hematita compacta de alto teor acumulados nas regiões mais baixas das encostas das serras. Dorr (1969) sugere que alguns destes depósitos podem atingir 30 m de espessura e afloram continuamente por algumas centenas de metros.

7.5.5 Depósitos Eluviais

Foram mapeados por Pomerene (1964) na quadrícula de Ibrité, que os nomeou de “*rubble ore*” traduzido no mapa geológico da referida quadrícula para eluvião. Este autor salienta que estes depósitos, juntamente com os “rolados” são extremos de uma mesma série gradacional e que ocorrem em leques e cones aluviais e em planícies de lavagem. Consistem de fragmentos de itabirito misturados com solo ferruginoso. Podem apresentar até 4 m de espessura e teor de ferro acima de 60%.

7.5.6 Depósitos Aluviais Antigos

Segundo [Pomerene](#) (1964) os terraços fluviais, ou depósitos aluviais antigos ocorrem em vários níveis e devem representar sedimentos terciários e quaternários. Os depósitos, em níveis mais altos, consistem de seixos, calhaus e matações bem arredondados predominantemente de quartzo de veio. Situam-se no máximo 100 m do nível de base local, enquanto outros depósitos ocorrem em nível 30 a 40 m inferior e são compostos por calhaus de hematita compacta, muito bem arredondados.

Pequenos depósitos de cascalho em terraços aluviais antigos ocorrem no extremo leste da APA, na quadrícula Santa Bárbara. Parecem, segundo [Maxwell](#) (1972), constituírem remanescentes de depósitos mais expressivos.

7.5.7 Argila e “Mudstone”

Por toda a APA SUL RMBH ocorrem depósitos de argila. Esses depósitos podem ter até 10 m de espessura e a cor da argila bem variável, podendo ser branca, amarela, rosa e vermelha.

Na porção oriental da APA Sul RMBH aflora numa área de 600 m² com cerca de 50m de espessura, um depósito incomum de “argila-síltica”. É uma argila laterítica com alto teor de alumínio e titânio, contendo grãos arredondados de quartzo com diâmetro de 1 a 3 mm homoganeamente disseminados. Apresenta ausência de estratificação, presença de conglomerado basal e uma característica peculiar que é a quase total ausência de solo e vegetação. Devido à semelhança com depósitos de fluxos de lama (*mudflows*), geólogos do USGS adotaram o termo informal de “*mudstone*” para este depósito. Apenas [Gair](#) (1962), o individualizou com esta terminologia na quadrícula Nova Lima, que corresponde ao (NQms) do mapa geológico da APA Sul RMBH. [Johnson](#) (1962), [Wallace](#) (1965) e [Pomerene](#) (1964) incluíram-no na unidade “Depósitos Superficiais de Argila” (NQag) como apresentado no referido mapa geológico.

Com base nas ocorrências do platô da serra da Moeda, [Wallace](#) (1965) relacionou as ocorrências de “*mudstone*” com a altitude de 1300 +/- 50 m, fato que [Dorr](#) (1969) confirmou em caráter regional, com poucas exceções.

[Dorr](#) (*op. cit.*) propõe origem eólica para as argilas do tipo “*mudstone*”, semelhante aos depósitos do tipo “loess” depositados num período árido com contribuição de cinzas vulcânicas, como justificativa pelo alto teor de titânio. Entretanto, afirma que sua origem ainda é uma questão em aberto.

[Santos](#) (1998) estudando o “*mudstone*” do morro do Caxambú, no Sinclinal Dom Bosco, região contígua a APA Sul RMBH, definiu quatro fácies para esses depósitos: fragmentária, argilosa maciça, nodular e argilosa friável. As primeiras seriam alóctones, resultantes de processos sedimentares do tipo fluxo de detritos, e sobre estas ocorreria, em decorrência de retrabalhamento por canais, a argilosa friável.

7.5.8 Bauxita

[Dorr](#) (1969) utiliza o termo laterita para designar qualquer material com ausência de estrutura e alto teor de alumínio, por vezes ferruginoso e formado “*in situ*” por intemperismo em qualquer tipo de rocha.

Segundo [Dorr](#) (*op. cit.*) o intemperismo ocasiona a quebra dos silicatos, a diminuição por lixiviação do conteúdo de sílica na rocha e conseqüente concentração de hidróxidos de ferro

e particularmente alumínio. Descreve, portanto, a bauxita como produto final do processo de laterização. Conclui que os altos platôs, os terraços e os flancos de serras são os locais apropriados para o desenvolvimento desses depósitos, pois nesses o gradiente hidráulico seria favorecido pela topografia.

[Pomerene](#) (1964) observa que os depósitos econômicos de bauxita existentes na quadrícula Macacos ocorrem sob uma superfície horizontal de bauxita compacta, coincidente com a curva de nível de 1350 m e sugere uma estreita relação entre sua gênese e a topografia.

Na região, a cor da bauxita comercial pode variar de vermelho a marrom amarelada chegando ao branco, de acordo com a diminuição do conteúdo de ferro.

7.5.9 Depósitos Lacustres e de Enchimento de Vales

[Pomerene](#) (1964) afirma que esta unidade compõe a maior parte dos sedimentos terciários e quaternários e os descreve como sedimentos heterogêneos de enchimentos de vales compostos por argila e grãos de quartzo, hematita e limonita. Podem possuir teor de ferro de 30 a 40%. São pobremente estratificados e podem estar sobrepostos tanto aos depósitos de canga quanto aos de rochas pré-cambrianas. Sua espessura pode chegar a 100 m.

Ocorrem na quadrícula Ibirité, em pequenos depósitos sobre a Formação Gandarela e nas quadrículas Belo Horizonte e Macacos onde existe um número maior de afloramentos.

7.5.10 Depósitos Aluviais Recentes

As acumulações aluvionares na região são incomuns e devem-se aos seguintes fatores: a) erosão ativa e intensa; b) posicionamento dos rios acima do nível de base regional e c) grau de intemperismo capaz de desagregar as rochas até as frações silte e argila, facilmente transportáveis aos rios na estação chuvosa. Segundo [Dorr](#) (1969), tais acumulações ocorrem a montante de cânions onde rios de primeira ordem atravessam rochas mais resistentes, como acontece próximo à Honório Bicalho, no rio das Velhas, onde há diminuição abrupta do gradiente e no rio Conceição, sudoeste de Barra Feliz, onde a atividade mineira ou a erosão do itabirito friável entulhou com cascalho e areia os rios com pouca competência.

GEOLOGIA ESTRUTURAL

Geólogos Orivaldo Ferreira Baltazar e Márcia Zuchetti

8. GEOLOGIA ESTRUTURAL

8.1 Arcabouço Tectônico Regional

O Quadrilátero Ferrífero posiciona-se no extremo sudeste do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), consolidado ao final do Ciclo Transamazônico e limitado por cinturões orogênicos brasileiros. No Arqueano esta província era parte de um bloco crustal mais extenso, o Cráton do Paramirim (Almeida, 1981), estabilizado ao final do Arqueano e com margens remobilizadas no Ciclo Transamazônico.

O Quadrilátero Ferrífero tem geometria definida por megadobras sinformes e antiformes, truncadas por cinturões de falhas de empurrão norte-sul, na sua parte oriental. A homoclinal da serra do Curral e as sinclinais Dom Bosco, Santa Rita e Moeda marcam, respectivamente, seus limites norte, sul, leste e oeste. A leste, as sinclinais do Gandarela, Ouro Fino, Conta História e Santa Rita dispõem-se segundo amplo arco de direção norte-sul afetadas pelos cinturões de cisalhamento brasileiros. Todos as sinformais são preenchidas por metassedimentos do Supergrupo Minas. Justapostos às sinformes orientais encontram-se a sinclinal Vargem do Lima e a anticlinal de Mariana, a primeira conformado por litótipos do Supergrupo Rio das Velhas e a segunda por estas rochas e pelo Supergrupo Minas. As seqüências supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas e Minas e do Grupo Itacolomi amoldam-se em torno de complexos granito-gnáissicos, como os do Bação, Bonfim, Caeté, Santa Rita e Santa Bárbara. Esse arranjo estrutural define dois megadomínios: um a leste, caracterizado pelos sistemas de empurrões brasileiros, destacando-se entre eles as falhas de empurrão Ribeirão da Prata e Caeté (CORRÊA NETO e BALTAZAR, 1995), o sistema de cavalgamento Fundão-Cambotas (ENDO e FONSECA, 1992) e o sistema de falhas do Caraça (RIBEIRO-RODRIGUES *et al.*, 1993); o domínio a oeste, pouco deformado por estes empurrões, preserva melhor as estruturas mais antigas de direção geral leste-oeste. A estruturação descrita encontra-se representada na FIG. 4.

8.2 Evolução do Conhecimento

Várias interpretações têm sido propostas para explicar a evolução tectônica da área. Entre os trabalhos pioneiros destaca-se o de Harder e Chamberlain (1915), em que os autores atribuem a deformação da porção central de Minas Gerais a falhas de empurrão e dobramentos a partir de esforços oriundos do sul e de leste. Guimarães (1931) e Barbosa (1949) propõem pelo menos duas fases de deformação, uma que teria afetado a “Série Minas” com dobramentos e soerguimento e outra mais intensa pós-Itacolomi. Barbosa (1961) também se refere à deformação compressiva pós-Itacolomi como a mais importante,

inicialmente de leste para oeste e, posteriormente, de sul para norte. O autor mostra a importância da atuação dos domos granito-gnáissicos, em especial o complexo do Bação, na conformação estrutural das seqüências supracrustais. Para [Guimarães et al.](#) (1966) o complexo do Bação ascendeu na forma de cunha ou diápiro de encontro às seqüências supracrustais proterozóicas. Marco importante na contribuição ao estudo tectono-estrutural do Quadrilátero Ferrífero é o trabalho de [Dorr](#) (1969), que admite três períodos principais de deformação: a primeira deformação é bem evidente no flanco oriental da serra da Moeda, onde discordância angular e erosiva ocorre entre as “séries” Rio das Velhas e Minas; a segunda, representada por arqueamentos e soerguimentos da “Série Minas”, precede a sedimentação Itacolomi; e a terceira resultou num sistema de dobras-falhas de empurrão com compressão a partir de este-sudeste, representando a orogenia principal da região. [Schorscher](#) (1976,1982) reconhece estas dobras-falhas nos metassedimentos do Supergrupo Minas, concluindo pela sua aloctonia.

[Ladeira e Viveiros](#) (1984) identificam seis eventos deformativos, o primeiro reconhecido apenas no Grupo Nova Lima e os demais afetando também as unidades proterozóicas superpostas. [Quade](#) (1985) interpreta a evolução tectônica da área em quatro eventos, enquanto [Belo de Oliveira](#) (1986) e [Belo de Oliveira e Vieira](#) (1987) defendem evento deformativo único, compressional, dúctil e progressivo para o Quadrilátero Ferrífero, relacionado ao Ciclo Brasileiro. [Marshak e Alkmim](#) (1989) propõem uma evolução proterozóica policíclica e polifásica para a região meridional do Cráton do São Francisco (incluindo o Quadrilátero Ferrífero), em quatro eventos representados por encurtamentos crustais nos ciclos Transamazônico e Uruçuano, seguidos de uma fase extensional com intrusão de diques máficos e, finalmente, nova fase compressional de falhas de empurrão e dobras NS, do Ciclo Brasileiro. [Chemale Jr. et al.](#) (1991) atribuem a formação de megassinclinais como as de Santa Rita, Serra do Curral e Dom Bosco e o soerguimento dos complexos Santa Rita, Bonfim, Bação, Belo Horizonte e Caeté a uma extensão crustal transamazônica. [Hippert et al.](#) (1992) e [Endo e Nalini Jr.](#) (1992) também descrevem estruturas extensionais pré-brasileiras na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero. [Chemale Jr. e Rosière](#) (1993) atribuem a morfologia em domo-e-bacia do Quadrilátero Ferrífero à esta tectônica extensional transamazônica. [Alkmim et al.](#) (1994) defendem uma fase compressiva inicial transamazônica pré-extensão.

[Corrêa Neto et al.](#) (1994) e [Baltazar et al.](#) (1995) atribuem as estruturas pré-cambrianas dos setores setentrional e central do Quadrilátero Ferrífero a dois eventos deformativos. O primeiro, arqueano, deformando o Supergrupo Rio das Velhas em dobras e empurrões vergentes para sul, e o segundo, brasileiro, compartilhado pelo Supergrupo Minas, responsável pelos sistemas de empurrão de direção NS. [Corrêa Neto e Baltazar](#) (1995) descrevem três eventos deformativos para o Supergrupo Rio das Velhas. O primeiro, compressional e arqueano; o segundo extensional, transamazônico e relacionado à ascensão de *core-complexes*; e o terceiro, compressional, brasileiro. [Marshak et al.](#) (1997) atribuem a estruturação em domo-e-bacia ao final do Evento Transamazônico. [Alkmim e Marshak](#) (1998) sugerem um evento contracional transamazônico seguido por um colapso orogênico, consistindo de empurrões com vergências para noroeste e o desenvolvimento posterior de estruturas em domo-e-bacia. [Baltazar e Zucchetti](#) (2000) apresentam uma revisão e reavaliação da geologia regional do *Greenstone Belt* Rio das Velhas, e em particular da história estrutural, da parte interna ao Quadrilátero Ferrífero. Esses autores basearam-se, principalmente na interpretação de dados estruturais levantados durante o mapeamento geológico sistemático do *greenstone belt*, no interior do Quadrilátero Ferrífero, executado em escala 1:25.000, pelo convênio CPRM/DNPM, no período de 1992 a 1996 ([ZUCCHETTI e BALTAZAR](#), 1998).

8.3 Evolução Estrutural

Este trabalho baseia-se preferencialmente nas propostas de [Alkmim e Marshak \(1998\)](#) e [Baltazar e Zucchetti \(2000\)](#). Assim, reconhecem-se para as seqüências arqueanas e coberturas proterozóicas da região do Quadrilátero Ferrífero, três eventos de deformação distribuídos em cinco episódios: Evento Rio das Velhas (deformações D1 e D2); Evento Transamazônico (deformações D3 e D4) e Evento Brasileiro (deformação D5).

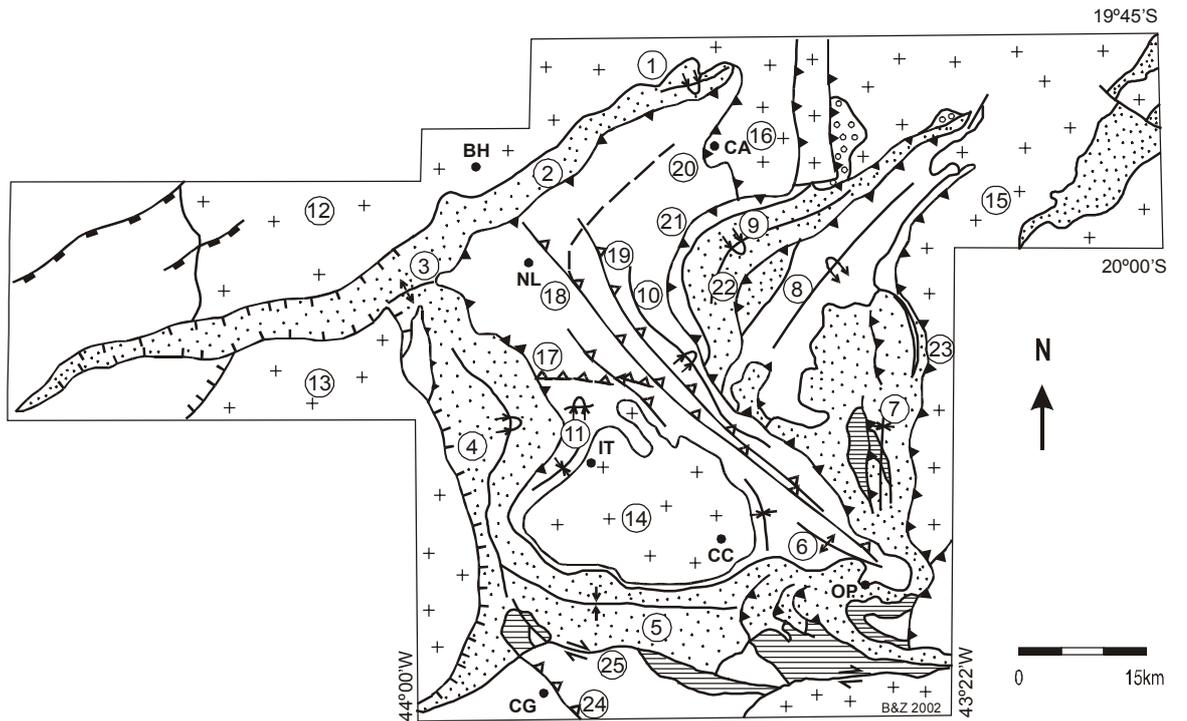
Evento Arqueano

As estruturas geradas neste evento de deformação estão melhor preservadas no setor meridional do Quadrilátero Ferrífero, na região ao norte da cidade de Itabirito.

Deformação D1

Em escala regional, a deformação D1 está representada pela falha de empurrão Bem-Te-Vi e pela sinclinal do Andaime ([FIG.4](#)). A falha Bem-Te-Vi constitui uma zona de cisalhamento simples, contracional, dúctil, de baixo ângulo, caracterizada por estreita faixa de milonitos. Coloca em contato metabasaltos e metaturbiditos em fácies xisto verde, ao norte, com metaturbiditos carbonáticos em fácies anfibólito, ao sul. Tem direção geral E-W, mergulhando cerca de 30° para norte. Seu traço é bem marcado em mapa aeromagnetométrico de campo total e em fotografias aéreas. A serra do Andaime, ao norte de Itabirito, constitui o núcleo de uma grande dobra sinclinal invertida, com flancos mergulhando fortemente para norte. Tem traço axial segundo ENE-WSW e eixo com caimento de atitude 055/22. Em sua zona de fechamento, o eixo encontra-se truncado e defletido, por zonas de cisalhamento de direção NW-SE, da deformação D2. Em escala mesoscópica as feições que caracterizam este evento são: (1) acamamento/bandamento composicional (S_0), com atitudes 334/62 e 353/32, identificado por estruturas sedimentares como marcas de ondas, estratificações cruzadas e estratificação gradacional; (2) dobras abertas e flexurais a isoclinais recumbentes, com vergência para sul e eixos médios segundo 060/16; (3) foliação S_1 , plano axial do acamamento dobrado e de transposição e milonítica nas zonas mais intensamente deformadas (falha Bem-Te-Vi), com atitude média em torno de 357/65; (4) lineação de interseção S_0/S_1 e (5) lineação mineral e de estiramento para 004/28.

É a deformação mais antiga registrada no *Greenstone Belt* Rio das Velhas, afetando o embasamento granito-gnáissico, o Grupo Nova Lima e a Formação Palmital do Grupo Maquiné. É sobreposta a oeste, em discordância angular e erosiva ([RYNEARSON et al., 1954](#)), por metassedimentos do Supergrupo Minas, que se depositaram sobre uma superfície de profunda erosão ([DORR, 1969](#)). [Ladeira e Viveiros \(1984\)](#) também reconhecem um evento deformativo que afetou apenas o Grupo Nova Lima. Esta deformação pode ser posicionada no Arqueano Superior, no intervalo entre 2749 Ma, idade U/Pb em zircão detrítico de arenitos afetados por esta deformação ([SUÍTA et al., 2002](#)), e 2710 Ma, idade das mineralizações auríferas do Grupo Nova Lima associadas à deformação D2 (datação Pb/Pb em galenas, [THORPE et al., 1984](#)).



LEGENDA

	Supergrupo Espinhaço		Falha de empurrão D1		Anticlinal, anticlinal invertido
	Grupo Itacolomi		Falha de empurrão D2		Sinclinal, sinclinal invertido
	Supergrupo Minas		Falha de empurrão D3		
	Supergrupo Rio das Velhas		Falha normal D4		
	Complexos Granito-gnáissicos		Falha de empurrão D5		
			Falha transcorrente		

Dobras: 1 - Sinclinal Piedade, 2 - Homoclinal Serra do Curral, 3 - Anticlinal da Serra do Curral, 4 - Sinclinal Moeda, 5 - Sinclinal Dom Bosco, 6 - Anticlinal de Mariana, 7 - Sinclinal Santa Rita, 8 - Anticlinal Conceição, 9 - Sinclinal Gandarela, 10 - Sinclinal Vargem do Lima, 11 - Sinclinal dos Andaimos. Complexos granito-gnáissicos: 12 - Belo Horizonte, 13 - Bonfim, 14 - Bação, 15 - Santa Bárbara, 16 - Caeté. Falhas: 17 - Bem-Te-Vi, 18 - São Vicente, 19 - Raposos, 20 - Caeté, 21 - Cambotas, 22 - Fundão, 23 - Água Quente, 24 - Congonhas, 25 - Engenho. Cidades: BH - Belo Horizonte, CC - Cachoeira do Campo, IT - Itabirito, NL - Nova Lima, CA - Caeté, CG - Congonhas, OP - Ouro Preto.

FIGURA 4 - Mapa das principais feições estruturais do Quadrilátero Ferrífero (modificado de CHEMALE Jr. *et al.*, 1994).

Deformação D2

A deformação D2 está melhor representada na parte central do Quadrilátero Ferrífero, em uma faixa com cerca de 70 km de extensão, orientada segundo NW-SE, com largura aproximada de 10 km na região entre Nova Lima e Raposos e de 2 km junto à cidade de Mariana (FIG. 4). É representada por extensos lineamentos estruturais que são falhas de empurrão, com importante componente direcional sinistral, orientadas segundo N40°-60°W, com mergulhos medianos (40°-60°) para NE. Destacam-se os lineamentos de Acuruí, São Vicente (ou Paciência), Tapera e Raposos, na parte central do *Greenstone Belt* Rio das Velhas. São zonas de cisalhamento dúcteis, compressionais, marcadas por zonas de

milonitos e uma lineação mineral e de estiramento com atitude média 060-070/20. As dobras dessa fase têm perfis variando desde abertas e flexurais até inversas e isoclinais, com vergências para SW. Uma foliação S_2 gerada nessa fase é plano axial das dobras de S_0/S_1 e de transposição a milonítica (Sm_2) nas zonas mais deformadas, com atitude média de 060/30. Uma característica importante desta deformação é a ocorrência de mineralizações auríferas, associadas a zonas de alteração hidrotermal, ao longo das zonas de cisalhamento.

Os lineamentos NW desta fase de deformação são nitidamente superpostos, reativados e truncados pelas falhas de empurrão da deformação brasileira D5 subsequente, principalmente em sua extremidade sudeste, como acontece por exemplo na região de Mariana, onde a falha do Fundão (DORR, 1969) superpõe-se ao lineamento São Vicente. Em sua extremidade noroeste esses lineamentos são interrompidos pelos metassedimentos paleoproterozóicos do Supergrupo Minas na serra do Curral. Ao norte de Itabirito, esses lineamentos truncam e deslocam as estruturas D1, fato bastante nítido nos quartzitos da serra dos Andaimés. Essa deformação atingiu também a Formação Casa Forte (topo do Grupo Maquiné). Seixos de rochas deformadas do Grupo Nova Lima e de filitos da Formação Palmital, presentes nos conglomerados basais da Formação Casa Forte (A. V. Corrêa Neto informação verbal, 2000), ratificam o evento de deformação D1 anterior à deposição de seus sedimentos. Além disso, a leste do rio das Velhas, na região da cidade de Rio Acima, quartzitos com conglomerados da base da Formação Casa Forte estão em contato brusco ora com filitos grafitosos do Grupo Nova Lima, ora com xistos da Formação Palmital. Estas características e, ainda, a presença constante de ortoconglomerados com quartzitos (leques aluviais) na base da formação, sugerem uma discordância angular e erosiva. O arranjo geométrico e os indicadores cinemáticos indicam uma deformação do tipo *fold-thrust belt* em regime dúctil, não-coaxial. Representa um evento compressional, com transporte tectônico de NE para SW.

Esta deformação é também anterior à deposição dos sedimentos do Supergrupo Minas e portanto mais velho que 2650 Ma (idade Pb-Pb em zircão detrítico – MACHADO *et al.*, 1993), idade máxima de início da sedimentação (RENGER *et al.*, 1994). Deve situar-se em torno de 2710 Ma, idade Pb/Pb, em galenas, para as mineralizações auríferas do *Greenstone Belt* Rio das Velhas (THORPE *et al.*, 1984), associadas a esta deformação.

Evento Transamazônico

De acordo com Marshak *et al.* (1997) e Alkmim e Marshak (1998), o Evento Transamazônico caracteriza-se pelo desenvolvimento na região de um orógeno contracional paleoproterozóico com transporte de massa de SE para NW (deformação D3), seguido de um colapso orogênico, extensional, regional e com o posicionamento de domos granito-gnáissicos (deformação D4).

Deformação D3

Evidências desta deformação são indicadas por Alkmim e Marshak (1998) principalmente na porção norte do Quadrilátero Ferrífero, ao longo da serra do Curral. Os autores descrevem, na sua extremidade oeste, dobras assimétricas apertadas e falhas de empurrão, com direções NE-SW e vergências para NW (FIG. 4). Essas estruturas são cortadas por zonas de cisalhamento normais que bordejam os domos do embasamento, justapondo gnaisses e migmatitos do complexo Belo Horizonte a estratos invertidos do Grupo Piracicaba, na borda norte da homoclinal da serra do Curral. Uma série de falhas normais de direção norte, em alguns casos, associadas a diques máficos de 1700 Ma, cortam a homoclinal (ALKMIM e MARSHAK, 1998). Na junção da homoclinal com a sinclinal Moeda esses autores reconhecem uma grande dobra anticlinal assimétrica, vergente para NW, denominada

anticlinal Serra do Curral (PIRES, 1979; PIRES *et al.*, 1993; ALKMIM *et al.*, 1996), também atribuída a esta fase. Na extremidade nordeste da serra do Curral, a sinclinal Piedade (DORR, 1969) é também atribuída a esta deformação. O limite entre o flanco noroeste da sinclinal Piedade e o complexo Belo Horizonte, ao norte, é uma zona de cisalhamento que foi reativada no Evento Brasileiro mostrando movimento dextral reverso. Entretanto, neste local, a sinclinal tem, sobreimpresa, uma típica auréola metamórfica de bordo, indicando que o desenvolvimento da sinclinal é anterior ou contemporâneo ao posicionamento do domo (ALKMIM e MARSHAK, 1998). Outros lugares onde os autores mencionam evidências desta deformação são calhas isoladas de rochas supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, no interior do embasamento, nas regiões de Itabira e João Monlevade.

É uma deformação contracional, dúctil, com transporte tectônico de SE para NW, que envolveu os supergrupos Minas e Rio das Velhas e seu embasamento. Situa-se, portanto, no intervalo entre 2600 Ma (início de deposição do Supergrupo Minas, RENGER *et al.*, 1994) e 2095 Ma (idade das auréolas metamórficas de contato em estratos Minas nas bordas dos domos, MARSHAK *et al.*, 1997).

Deformação D4

Os elementos estruturais gerados na deformação D4 estão bem representados ao redor do complexo do Bação (FIG. 4). Estão representados por uma foliação milonítica (S_4), de médio/alto ângulo, contornando o complexo e mergulhando para fora do corpo, impressa tanto em seus litotipos quanto nas supracrustais, com uma lineação mineral *down dip* associada. Há uma reorientação das foliações pré-existentes S_0/S_1 em torno de todo o corpo e da foliação S_2 em seu bordo nordeste. Dobras sinformais da foliação S_0/S_1 , junto às bordas leste e oeste do complexo, têm eixos subhorizontais com orientação geral N-S e flancos subverticais. As lineações minerais em seus flancos são subhorizontais com caimentos suaves para N ou S. As dobras intrafoliais em S_0/S_1 , nas bordas leste e oeste do complexo, têm eixos verticais (BALTAZAR e ZUCCHETTI, 2000). Uma auréola de metamorfismo, em fácies anfibolito alto, associa-se à foliação milonítica da borda do corpo.

No domínio norte do complexo, as foliações mergulham para norte, com indicadores cinemáticos (foliações S/C, *shear bands*), observados junto ao contato dos domos granito-gnáissicos/supracrustais, mostrando movimentos diferenciais ora reversos ora normais, com estes superpondo-se àqueles. Já no bordo sul, foram observados apenas movimentos normais. O arranjo geométrico e cinemático destas estruturas e o seu posicionamento em torno de um corpo granito-gnáissico arredondado são interpretados como devidos ao soergimento de domos em rochas previamente foliadas segundo E-W e com transporte tectônico de norte para sul (deformação D1). A ascensão vertical dos corpos granito-gnáissicos, responsável pela geração da foliação milonítica de bordo e respectiva auréola de metamorfismo, teria provocado movimentos diferenciais normais ao sul e ao norte do corpo e reorientado marcadores cinemáticos de empurrão do evento D1, na borda sul, para uma falsa posição normal. Na borda sul, antigos indicadores cinemáticos dos empurrão de N para S estariam indicando, por efeito de rotação aproximadamente paralela à direção da foliação, falsos movimentos normais. Nas bordas leste e oeste, a foliação S_0/S_1 foi rotacionada e dobrada, segundo um eixo horizontal normal à sua direção, dando origem às sinclinais marginais, originalmente assimétricas, com flancos adjacentes ao corpo granito-gnáissico mergulhando fortemente para fora e flancos externos de mergulhos suaves contra o mesmo. As lineações minerais, originalmente *down dip* nestes planos de foliação, assumem posições subhorizontais por efeito da rotação, com caimentos para sul (sul das sinformes) ou para norte (ao norte destas estruturas). O Evento Brasileiro subsequente (deformação D5), compressional, de ESE para WNW ao sul do Quadrilátero Ferrífero, amplificou essas sinclinais, transformando-as em dobras apertadas, com flancos subverticais nos bordos W e E do complexo, ambas quase simétricas, com desenvolvimento

de uma nova foliação plano axial. Portanto, uma tectônica extensional regional teria sido responsável pelo soerguimento de blocos do embasamento granito-gnáissico, à maneira de *metamorphic core complexes* e pela geração da homoclinal da serra do Curral e das sinclinais Moeda, Dom Bosco, Santa Rita e, provavelmente, Gandarela (MARSIAK *et al.*, 1992). Zonas de cisalhamento normais desenvolveram-se nos contatos dos domos com as supracrustais. O campo vetorial regional durante esta fase teria orientação WNW-ESE (CHEMALE Jr. *et al.*, 1994).

Evento Brasileiro

Este é o evento mais notável no interior do Quadrilátero Ferrífero, dominando todo o seu setor oriental.

Deformação D5

A deformação D5 é representada regionalmente pela foliação S_5 , que tem direções NW, NS e NE, de sul para norte, e mergulhos medianos para leste. As atitudes das foliações estão relacionadas a rampas oblíquas e frontais dos *fronts* de empurrão, que são as macroestruturas marcantes de uma tectônica tangencial, compressional, rotacional, dúctil a dúctil-rúptil, dirigida de leste para oeste, responsável pela geração de cinturões de dobras-falhas (FIG. 4). Os empurrões têm formas de arcos, com concavidade para leste, sendo progressivamente mais novos de oeste para leste, em sentido oposto ao de transporte tectônico (BALTAZAR *et al.*, 1995) em uma propagação do tipo *overstep* (BUTLER, 1982). As dobras associadas são apertadas a isoclinais junto às frentes de empurrão, com eixos paralelos às direções das falhas e vergências para oeste, facilmente identificáveis em unidades conglomeráticas da Formação Casa Forte. Tornam-se progressivamente abertas a suaves, paralelas, fora das zonas de maior deformação. Nestas a foliação é milonítica, preservando marcadores cinemáticos como estruturas S/C, dobras assimétricas e sistemas porfiroclásticos assimétricos indicativos de empurrão. As lineações mineral e de estiramento associadas (Lx_5), representadas pela orientação de micas e clorita nos planos de foliação milonítica, estiramento de seixos em conglomerados da Formação Casa Forte e sombras de pressão em cristais de pirita em metapelitos do Grupo Nova Lima, têm direção geral E-W a WNW-ESSE. As lineações são representadas por interseções da foliação S_5 com estruturas planares de geração anterior e por eixos de minidobras. As orientações destes acompanham as direções dos *fronts* de empurrão.

Entre as megaestruturas relacionadas destaca-se o sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas (CHEMALE Jr. *et al.*, 1991; ENDO e FONSECA, 1992), formado pela articulação das falhas do Fundão (DORR, 1969) e das Cambotas (RODRIGUES *et al.*, 1989), configurando um *front* de empurrões e dobramentos envolvendo a sinclinal do Gandarela. Exibe em mapa um traçado em arco, com concavidade para leste, podendo ser dividido em três segmentos: os segmentos norte e sul, com direções NE-SW e NW-SE, respectivamente, configurando rampas oblíquas e o segmento central, com direção NS, em rampa frontal. Além desta descontinuidade mestra, sucedem-se, em direção a leste, diversas escamas imbricadas, superpostas, representadas pelas falhas de Ouro Fino, das Flechas, da Alegria, do Frazão e da Água Quente (ENDO e FONSECA, 1992). Estas três últimas compõem o sistema de falhas do Caraça (RIBEIRO-RODRIGUES *et al.*, 1993). Para oeste do sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas foram cartografados outros *fronts* de empurrão, progressivamente mais antigos naquela direção, tendo as falhas de Ribeirão da Prata e de Caeté como as mais importantes. São, portanto, progressivamente mais novos de W para E, em sentido oposto ao de transporte tectônico (BALTAZAR *et al.*, 1995) em uma propagação do tipo *overstep* (BUTLER, 1982). Na região da localidade de Morro Vermelho, no centro-norte da área, há uma extensa faixa milonítica, configurando um leque de orientação EW, abrindo-se, a oeste, para NW e SW, aqui interpretada como uma zona de

interferência entre dois *fronts* de empurrões: o *front* Caraça, ao norte, e o Ribeirão da Prata, ao sul. A sobreposição deste ao primeiro originou esta extensa rampa lateral de direção EW e mergulhos medianos a baixos para sul, com lineações de estiramento subhorizontais. Ao norte da serra do Caraça, na região drenada pelo rio Conceição, [Malouf e Corrêa Neto \(1996\)](#) identificam grande dobra sinformal, com traço axial segundo SW-NE, fechamento para nordeste e flanco sudeste invertido, com antiformes e sinformes menores, parasitas, neste flanco. Esta estrutura é referida por [Dorr \(1969\)](#) como uma anticlinal invertida e denominada de anticlinal de Conceição. Como manifestações tardias da deformação dessa fase são comuns, por toda a área, clivagens de crenulação e de fratura, de direções gerais NS e EW, subverticais; eixos de crenulações com estas direções ocorrem onde estas clivagens não se desenvolveram. Esse evento é relacionado ao Ciclo Orogênico Brasileiro ([CHEMALE Jr. et al., 1991](#); [ALKMIM et al., 1994](#)) e falhas rúpteis segmentando os *fronts* de empurrão são as últimas manifestações deste evento.

INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE ROCHAS NA TOPOGRAFIA

Geól. Eduardo Araújo Monteiro

9. INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE ROCHAS NA TOPOGRAFIA

A APA Sul RMBH é uma região de rara beleza cênica e topografia incomum. Isto se deve aos diversos processos deformacionais sofridos pelas rochas ao longo de sua evolução geológica, assim como uma resposta das mesmas aos agentes intempéricos. Neste contexto estas rochas podem ser agrupadas segundo sua maior ou menor resistência ao intemperismo e conseqüentemente à erosão, com resposta direta na topografia, segundo Dorr (1969) em:

Ortognaisses: os ortognaisses dos complexos Belo Horizonte, Bação, Bonfim e Santa Bárbara são, em geral, as rochas menos resistentes da região. Formam depressões, englobando baixadas extensas, pequenos morros arredondados e encostas de baixo gradiente com altitude média de 1.000 m, como ocorre na região de Itabirito. São dissecados por uma drenagem em padrão dendrítico com perfil de alteração que pode ultrapassar 50 m. Intemperizam-se para um solo argiloso rosa, localmente com alto teor de alumínio. Esse solo é sujeito a intenso voçorocamento, quando a vegetação é retirada seja em trilhas de animais, desmatamento ou mesmo pastagem excessiva.

Xistos: os xistos pertencentes ao Grupo Nova Lima são rochas pouco resistentes ao intemperismo. Alteram para saprólitos de cor vermelha, rosa, roxa e bege e conservam, comumente, um forte bandamento relacionado à foliação. Em algumas minas podem-se encontrar saprólitos desses xistos a mais de 100 m de profundidade.

Formam uma topografia de pequenos morros irregulares nas baixadas, com pequenas serras sustentadas por camadas mais competentes de quartzito ou formação ferrífera. Sua altitude é bem variável, ocorrendo a menos de 800 m no vale do rio das Velhas até mais de 1300 m, na serra Morro do Chapéu a SE de Macacos

Filitos: os filitos dos grupos Piracicaba e Itacolomi são sujeitos a escorregamentos e movimentos de *creep*, onde o desmatamento, obras de engenharia ou qualquer outra atividade antrópica interfiram no equilíbrio dinâmico entre o gradiente da encosta, o clima, a vegetação e a competência do solo.

Nas quadrículas Gongo Sôco e Conceição do Rio Acima, os filitos do Grupo Sabará foram profundamente intemperizados e formam saprólitos cobertos por fina camada de solo laterítico. Resultam numa topografia arredondada de relevo moderado.

A Formação Batatal, composta essencialmente de filitos, é facilmente intemperizada e forma vales ou degraus litoestruturais entre os quartzitos da Formação Moeda e os iltabiritos da Formação Cauê. Apresenta-se com solo espesso e aflora muito pouco, no entanto, é relativamente fácil de se delimitar, pois suporta apenas gramíneas e pequenos arbustos.

Na APA Sul RMBH, o filito dolomítico e argiloso da Formação Fecho do Funil está entre as rochas menos resistentes ao intemperismo e com espessos perfis de alteração. Topograficamente, forma vales e áreas baixas de relevo insignificante com raros afloramentos. É mapeada, em muitos lugares, pelo solo laterítico aluminoso, composto por pequenas concreções de bauxita numa matriz de laterita vermelha. Em alguns locais, este solo, grada para espessos depósitos de bauxita.

Em geral, onde a Formação Fecho do Funil ocorre em área bem drenada de relevo positivo apresenta-se capeada por depósito de bauxita. Estes depósitos, normalmente, não se estendem sobre a Formação Cercadinho ou sobre a Formação Barreiro.

De modo geral, os filitos podem apresentar uma fina camada superficial de até 10 cm, levemente cimentada por limonita ou bauxita. Essa capa superficial protege o solo da erosão mecânica e permite a formação de encostas íngremes. Uma vez removida a superfície protetora tem início um rápido processo erosivo.

Quartzitos: as rochas quartzíticas apresentam diversas formas de expressão topográfica, dependendo de sua composição, espessura e grau de deformação. Os quartzitos da Formação Moeda, presentes na serra do Caraça, são as rochas mais resistentes da região. Nesse local, atingem altitudes superiores a 2.000 m.

Muitos quartzitos do Grupo Maquiné e da Formação Moeda são ricos em muscovita e sericita. Esses quartzitos são resistentes à erosão e ocorrem em grandes afloramentos e serras de tamanho diretamente proporcional à espessura dessas camadas. Quando ocorre diminuição de muscovita tornam-se cada vez mais resistentes à erosão mecânica e química. O intemperismo decorre da dissolução intergranular do quartzo e da alteração da sericita para argila. Ressalta-se que, a muscovita de granulação grossa é mais resistente às ações intempéricas.

O solo derivado destas rochas é estéril e os afloramentos esparsos e escarpados com vegetação rasteira e ocorrências de flora especializada localizada nas regiões planas.

O quartzito da Formação Taboões é excepcionalmente puro contendo até 98% de sílica. Por possuir uma granulação fina e homogênea esta rocha é facilmente intemperizada e aflora friável com textura semelhante à de um arenito, ou mesmo de areia fina.

Dolomitos: as rochas carbonáticas da região apresentam composição muito variada, e por conseguinte, apresentam resposta variada ao intemperismo e à erosão. O dolomito quartzítico é menos resistente que o dolomito puro, mas pode aflorar de forma proeminente.

Próximo às cabeceiras do rio Socorro, o dolomito puro e maciço da Formação Gandarela resiste à erosão e dissolução e forma escarpas e um relevo peculiar de pequenos morros. Altera-se para solo laterítico aluminoso, marrom claro e solo laterítico manganêsífero. Este varia de marrom avermelhado a preto azulado, tornando-se plástico próximo da superfície, e transforma-se num material preto vítreo semelhante ao linhito em sub-superfície. Foi primeiramente descrito como produto de alteração do dolomito por Guild (1957) que o nomeou de *splash rock* ou “rocha que respinga”. É formada *in situ* pela lixiviação, por água meteórica, do carbonato presente no dolomito manganêsífero.

São conhecidas dolinas na Formação Gandarela, sendo que as maiores localizam-se na sinclinal do Gandarela. Uma grande dolina denominada de Lagoa das Cobras localiza-se no flanco oeste da serra do Itabirito, a oeste da cidade homônima.

Formações ferríferas: as formações ferríferas da Formação Cauê assomam por toda a APA Sul RMBH. O itabirito, componente litológico principal desta formação e mais resistente à erosão sustenta serras de 400 a 600 m acima das baixadas. Sua área de ocorrência se restringe a vales, topos de serras e em *monadnocks*, ou testemunhos, que se projetam acima das serras, produzindo interessantes formas topográficas.

Canga: a canga é um produto de alteração das formações ferríferas da Formação Cauê e capeia a maior parte das serras da região. É composta por formação ferrífera detrítica e hematita, cimentadas por hidróxido de ferro. Esta rocha, inerte ao intemperismo químico e muito resistente ao intemperismo físico, forma encostas suaves e altos platôs.

Hematita compacta: é a rocha mais resistente ao intemperismo e à erosão, ao lado das rochas quartzíticas. As ocorrências desse minério formam picos e feições escarpadas como o Pico do Itabirito.

RECURSOS MINERAIS

Geólogos Sérgio Lima da Silva e Eduardo Araújo Monteiro

10. RECURSOS MINERAIS

Os dados apresentados neste capítulo estão contidos nos relatórios de [Brandalise, et al.](#) (2000) e [Perilo](#) (2000). Segundo esses autores resultaram da consulta de diversas obras, algumas publicadas há décadas. Ressalte-se que não houve trabalho de campo no Projeto APA Sul RMBH, visando recadastrar as várias ocorrências assinaladas no mapa geológico apresentado.

Os trabalhos regionais mais importantes consultados são aqueles do convênio DNPM/USGS (1946-64) relativo ao mapeamento geológico do Supergrupo Minas e do convênio DNPM/CPRM (1994-1996) relativo ao mapeamento do Supergrupo Rio das Velhas. Foram consultadas dissertações de mestrado, informações obtidas das empresas de mineração, publicações técnicas (simpósios regionais de geologia, congressos, etc.), relatórios de pesquisa apresentados ao DNPM (até 1995), relatórios anuais de lavra (principalmente dos anos-base de 1998 e 1999) e a página do DNPM, na Internet, no site www.dnpm.gov.br-sicom-processocompleto.

As informações detalhadas sobre os recursos minerais de importância mais destacada, em especial ferro e ouro, estão contempladas no relatório relativo à avaliação estratégica e desenvolvimento sustentável dos recursos/reservas minerais da APA Sul RMBH e os impactos ambientais associados aos seus desenvolvimentos e exploração ([GIRODO](#), 2005), integrante dos estudos desenvolvidos pela CPRM.

Os recursos minerais mais importantes da APA Sul RMBH, como já mencionado, são os minérios de ferro e ouro. Associados ao ouro encontram-se 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.

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.

Um grande número de substâncias minerais não metálicas compõe uma importante pauta de produção de materiais de construção com destaque para 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 implica numa demanda crescente pelas mesmas. Outras

substâncias, como o quartzo e as areias especiais, têm uma produção mais restrita e atendem às necessidades do parque industrial local.

Substâncias metálicas

Ferro: as mineralizações de ferro encontradas nas serras do Curral, da Moeda, do Gandarela e do Caraça correspondem ao principal recurso mineral da APA Sul RMBH, tanto no que se refere às características das reservas totais (grandes volumes e altos teores) como no número igualmente elevado de empreendimentos mineiros em atividade.

Toda produção de ferro do Quadrilátero Ferrífero é extraída dos minérios de hematita compacta e pulverulenta, canga e itabirito, que se encontram encaixados nas camadas itabiríticas da Formação Cauê. O minério de hematita compacta contém de 66 a 69% de ferro e baixa concentração de sílica, fósforo e enxofre. O mineral principal é a especularita de granulometria muito fina e contém subordinadamente quartzo, talco e crisotila. O minério pulverulento é derivado do minério compacto por lixiviação supergênica da hematita ao longo dos interstícios dos grãos. A canga é o principal minério de teor intermediário com uma concentração de 50 a 60% de ferro.

O ferro contido no itabirito varia muito (25 a 50%) e o itabirito intensamente intemperizado é macio, friável, de lavra simples e fonte de larga tonelagem de material que pode ser concentrado a 67% de ferro no produto final. O itabirito pode ser encontrado enriquecido sob as camadas de canga em lugares que chegam conter 55% de ferro. Neste caso, pode ser minerado junto com a canga.

As litologias da Formação Cauê são muito resistentes à erosão, dessa forma sustentam serras de grandes dimensões longitudinais e favorecem a aplicação da técnica de lavra a céu aberto, em bancadas. Esta lavra é desenvolvida com a remoção do capeamento laterítico (muitas vezes aproveitado) e do estéril por meio de explosivos, escavadeiras e caminhões.

O tratamento para enriquecimento do minério é executado em áreas de servidão localizadas nas proximidades das minas sendo que os rejeitos ficam retidos em barragens de decantação.

Ouro: o Quadrilátero Ferrífero é uma das maiores províncias auríferas do mundo. Segundo [Ribeiro-Rodrigues](#) (1988) de acordo com a idade e a natureza das rochas hospedeiras, o ouro dessa região pode ser reunido em quatro grupos:

- veios de quartzo auríferos, discordantes, hospedados nas rochas granito-gnáissicas dos complexos metamórficos arqueanos. Este tipo de ocorrência é pouco documentada;
- depósitos hospedados no *greenstone belt* arqueano Rio das Velhas, subdivididos em: a- tipo *stratabound*, contidos numa única unidade estratigráfica; b- relacionados às zonas de cisalhamento dúcteis com ouro disseminado; c- relacionados às zonas de cisalhamento dúcteis com ouro concentrado em veios de quartzo, e d- *paleoplacers* em metaconglomerados;
- depósitos auríferos em rochas sedimentares proterozóicas, subdivididos em: a- zonas de cisalhamento dentro das formações ferríferas; b- associado a veios de quartzo em rochas do Supergrupo Minas; c- posicionados no contato do Supergrupo Minas com o Supergrupo Rio das Velhas e d- hospedados em conglomerado tipo *Witwatersrand*, e
- depósitos em aluviões e lateritas cenozóicas.

Os depósitos auríferos do tipo *stratabound* hospedados em formações ferríferas ocorrem nas minas de Raposos, Brumal, São Bento, etc. e em lapa seca ¹ na mina Morro Velho. Zonas de cisalhamentos dúcteis com ouro disseminado, hospedado em rochas vulcânicas félsicas e vulcanoclásticas ocorrem nas minas de Bela Fama e Paciência, e em metassedimentos na mina Córrego do Sítio. Depósitos do tipo paleoplacer arqueano, em metaconglomerados, ocorrem na mina Tanque Preto.

Depósitos auríferos em formações ferríferas proterozóicas associados às zonas de cisalhamento do tipo jacutingas ², são conhecidos nas minas de Gongo Sôco, Maquiné e Conceição. Veios de quartzo auríferos em rochas do Supergrupo Minas ocorrem na mina de Santana. Depósitos de ouro em conglomerados do tipo *Witwatersrand*, localizados na base da Formação Moeda, são conhecidos na mina Gandarela.

Depósitos de ouro em aluviões, do tipo placer e paleoplacer, foram responsáveis por cerca de 39% da produção de ouro no Quadrilátero Ferrífero, principalmente no século XVIII. Hoje são extraídos, por garimpeiros no rio Conceição, nas quadriculas de Conceição do Rio Acima e Santa Bárbara.

Prata: 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 do tipo lapa seca é da ordem de 10:4, o que sempre assegurou uma produção razoavelmente elevada desse metal. Já nas formações ferríferas esta proporção cai para 8:0,1.

Arsênio: a situação do arsênio é bastante semelhante à da prata, na medida em que os altos conteúdos, em torno de 2,2 %, nos níveis mais elevados da mina Grande, propiciavam a sua extração em condições econômicas muito favoráveis.

Manganês: o minério de manganês é lavrado de forma rudimentar no Quadrilátero Ferrífero desde 1940, para uso nos alto-fornos da Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas, em Barão de Cocais.

Segundo [Pomerene](#) (1958a) as concentrações manganésíferas estão posicionadas na parte superior da Formação Cauê assim como nos dolomitos intemperizados da Formação Gandarela, próximo ao contato com esta formação. O minério ocorre em lentes ou camadas estratiformes que podem atingir 6 m de espessura. Sua persistência lateral não ultrapassa algumas centenas de metros.

As principais ocorrências de minérios de manganês localizam-se nas serras da Moeda e do Itabirito, entretanto os depósitos mais expressivos são aqueles do Alto do Conta História, explorados na Mina Conta História, extremo SE da Quadricula Capanema. Apresentam teor máximo de 45% de manganês, que tende a diminuir com a profundidade, o que sugere enriquecimento supergênico.

¹ O termo lapa seca é descrito como um conjunto variado de produtos hidrotermalmente alterados (dominado por carbonato) formados a partir de diferentes rochas, entre as quais a distinção mineralógica e textural nem sempre é possível ([Ribeiro-Rodrigues](#), 1998). O mapa geológico segue a descrição do [Projeto Rio das Velhas](#) (1994) que individualizou o lapa seca nas unidades Mestre Caetano e Córrego do Sítio, descrevendo-o como quartzo carbonato clorita xisto.

² A origem do termo jacutinga remonta ao século XIX, e foi utilizado em alusão ao pássaro homônimo por este possuir plumagem preta e brilhante, à qual se assemelhava o minério. Com a mineração aurífera na quadricula de Gongo Sôco e o estudo dessas mineralizações por [Henwood](#) (1871) entre outros, o termo jacutinga ficou consagrado para designar tanto o minério pulverulento de hematita de alto teor, assim como o itabirito "macio" (*soft itabirite*), sendo amplamente utilizada como uma denominação de campo sem claro sentido técnico-científico. Henwood, no entanto, utilizou este termo para descrever apenas a hematita pulverulenta de alto grau, e não o itabirito "macio", e afirma, por meio de descrições pormenorizadas, que a formação ferrífera é dividida em itabirito, onde o ouro é raramente encontrado, e a jacutinga, hospedeira da mineralização aurífera.

Antimônio: na localidade de Olhos d' Água, em Belo Horizonte, é conhecida, desde a década de 60, uma pequena ocorrência de antimônio encaixada nos metassedimentos carbonáticos e hidrotermalizados da Formação Gandarela. Nos anos 70, esse depósito foi lavrado por pouco tempo devido ao pequeno volume do jazimento e à interferência com a ocupação urbana.

Existe outra ocorrência no limite norte da quadrícula de Lagoa Grande, região das antigas minas de Pau Branco na Serra da Moeda. Os minerais de antimônio como a estibiconita, preenchem fraturas irregulares e fendas em itabirito friável e filito do Grupo Itabira. Também são observadas massas amorfas capeando fragmentos e blocos de itabirito e hematita compacta.

Urânio: existem duas jazidas de urânio descobertas pela CNEN na década de 70. Uma na serra das Gaivotas em Casa Branca, e outra no limite oeste da quadrícula de Conceição do Rio Acima, próximo ao córrego Gandarela, ambas associadas com metaconglomerado basal da Formação Moeda.

Alumínio: o início da exploração de bauxita no Quadrilátero Ferrífero remonta a meados do século XX, quando já haviam sido identificadas características favoráveis ao seu aproveitamento econômico em diversos sítios. Para grande parte desses jazimentos foram relatados baixos conteúdos de Fe (< 3%) e teores de 38 a 40% de Al_2O_3 . Dois depósitos de bauxita descritos por Pomerene (1964) localizados na quadrícula de Macacos, região de Vargem dos Óculos, revelaram teores de até 43% de Al_2O_3 . Hoje os depósitos estão exauridos e as minas inativas.

Minas ativas de bauxita com processos registrados no DNPM, foram identificadas somente nas localidades de Água Limpa e Retiro José Antônio, ambas na quadrícula de Lagoa Grande.

Substâncias não metálicas

Asbesto: ocorre em serpentinito nas quadrículas de Macacos e Rio Acima. O serpentinito, parcialmente alterado para talco xisto, está associado a gabro de granulação média do Complexo Córrego dos Boiadeiros, intrudido no Grupo Nova Lima. O mineral de asbesto é a crisotila. É explorado na localidade de Mostarda, 1,5 km a norte de Amianto.

Existem também duas jazidas e uma mina ativa no Grupo Quebra Osso, na quadrícula Capanema, limite leste da APA..

Calcário dolomítico e dolomito: os dolomitos, como têm sido genericamente denominadas as rochas carbonáticas da Formação Gandarela, apresentam conteúdos médios de 19 % de MgO e 30 % de CaO. Apenas nas minas do Acaba Mundo, limite urbano de Belo Horizonte, foram descritos materiais com até 40 % de MgO, caracterizando carbonatos do tipo magnesita. Seu uso é feito sob a forma de insumos agrícolas e na construção civil como brita e pedra de calçamentos, nas tonalidades creme e marrom.

Exposições de dolomito maciço em *hogbacks* da Formação Gandarela, no vale do córrego do Gandarela, e da Formação Cercadinho, na quadrícula Nova Lima, apresentam potencial para rocha ornamental.

Cianita: ocorrem veios de quartzo ricos em cianita encaixados em rochas da Formação Cercadinho, em uma faixa com 200 m, localizada na encosta leste da serra do Itabirito. Os veios não são contínuos e estão presentes, em diferentes níveis estratigráficos, em

pequenas zonas de cisalhamento. Duas minas que existem na região, Botica e Codorna, estão inativas.

Argila: ocorrem diversos depósitos de argila por toda a APA Sul RMBH e duas minas ativas localizadas na margem direita do rio das Velhas, nos arredores da cidade de Rio Acima. Sua espessura pode chegar a 10 m e sua cor é bem variável, podendo ser branca, amarela, rosa e vermelha. A depender de sua composição química são classificadas para uso na indústria cerâmica e/ou oleira.

Areia: os principais depósitos de areia para uso na construção civil encontram-se nas planícies aluviais como acontece no rio das Velhas. A exploração é manual sendo comum ocorrer o aproveitamento de cascalhos e argila junto com a areia. A morfologia desses depósitos é irregular ou lenticular.

Areias especiais: são areias muito puras empregadas para a fabricação de vidro em fundição e em materiais abrasivos. Ocorrem associadas, com corpos lenticulares e estratiformes, de quartzito do membro superior da Formação Moeda.

Existe registro de pequenas minas inativas de areias especiais à oeste-nordeste de Itabirito, nas serras da Paina, do Galinheiro, dos Trovões e do Pico.

Mármore: existem quatro lentes de calcários marmorizados na Formação Gandarela descritas e individualizadas por Wallace na década de 60, localizadas no limite norte da quadrícula de Lagoa Grande.

Quartzo: são conhecidos diversos veios de quartzo, resultantes de hidrotermalismo em rochas do Grupo Nova Lima, localizados na serra do Caraça, região de Capanema.

Cristal de rocha: as ocorrências da serra do Caraça, entre Conceição do Rio Acima e São Bartolomeu, estão associadas com quartzitos da Formação Moeda. São corpos filoneanos pequenos, resultantes da percolação de fluidos hidrotermais.

Granito: o termo granito é empregado de modo genérico pelos produtores para as rochas granitóides, independente de estarem deformadas e possuírem foliação ou de serem não deformadas e isotrópicas. É utilizado como rocha ornamental ou como brita em obras de engenharia.

Nas cercanias de Itabirito, as rochas lavradas são ortognaisses graníticos e granodioríticos do Complexo Bação.

Ocre: é um dos pigmentos de ferro, formado por hidróxidos de ferro em diversas proporções e diferentes graus de hidratação estando, às vezes, misturado a pequenas quantidades de manganês e matéria orgânica. Apresenta uma coloração amarelada, podendo adquirir tonalidades de róseo, vermelho ou castanho quando calcinado. Pigmentos de ferro são produzidos a partir de limonitas e cangas. O material, pós-beneficiamento, é usado na indústria de tintas.

Na APA Sul RMBH existe uma ocorrência na serra do Rola-Moça, próximo à localidade homônima, produto do intemperismo de rochas do Grupo Itabira.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Geól. Sérgio Lima da Silva

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As informações, reunidas na elaboração do mapa geológico no formato *shape file*, com as entidades gráficas ligadas às suas respectivas tabelas de atributos estabelecem um grande avanço na disponibilidade dessas informações. A utilização do geoprocessamento representa uma fonte inesgotável de pesquisas, com geração de diversos subprodutos, possibilitando atualizações periódicas, novas modelagens, interações de dados e gerenciamento de informações que dificilmente seriam realizadas se os mesmos fossem disponibilizados somente em meio analógico (papel).

Como a APA Sul RMBH encontra-se inserida na Província Mineral conhecida como Quadrilátero Ferrífero, muito importante do ponto de vista geoeconômico devido suas riquezas minerais, em especial ferro e ouro, recomenda-se que a integração promovida no tema “Geologia” seja desenvolvida em toda a província.

Recomenda-se, também, que seja executada uma interpretação “Litoestrutural” em escala 1:100.000 de toda a área. Embora a informação nos mapas atuais seja de muito bom nível quanto ao seu valor qualitativo, há a necessidade de uma maior precisão tanto no posicionamento espacial quanto na geometria das estruturas.

Um aumento significativo também na densidade da informação deverá ser obtido com a interpretação litoestrutural proposta, que em conjunto com os dados de campo já levantados, permitirá a identificação de novas estruturas e/ou melhor interpretação dos dados de campo em áreas onde os elementos estruturais são de difícil visualização.

Esse procedimento permitirá uma melhor interpretação da evolução estrutural da área e com isso uma correlação mais segura entre concentrações minerais e estruturas uma vez que estas são um importante elemento no controle das mineralizações.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F.F.; JORDT, Evangelista, H.; MARSHAK, S.; BRUECKNER, H. Manifestações do evento Trans-Amazônico no Quadrilátero Ferrífero, MG. (res). CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. **Resumos...** Camboriú: SBG, 1994. v.1, p.75-76.

ALKMIN, F.F.; AMORIM, L.Q.A.; SOUZA, K.; CAVALCANTI, J.A.D.; FREITAS, C.A.; LANFRANCHI, R.A.; OLIVEIRA, F.M.; SANTOS, G.J.I.; BARBOSA, V.C.; A junção entre o sinclinal da Moeda e o homoclinal da serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, MG. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v.1, p.337-340.

ALKMIM, F.F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, Amsterdam, n.90, p.29-58, 1998.

ALKMIM, F.F.; AMORIM, L.Q.A.; SOUZA, K.; CAVALCANTI, J.A.D.; FREITAS, C.A.; LANFRANCHI, R.A.; OLIVEIRA, F.M.; SANTOS, G.J.I.; BARBOSA, V.C.; A junção entre o sinclinal da Moeda e o homoclinal da serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, MG. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v.1, p.337-340.

ALMEIDA, F.F.M. Estruturas do pré-Cambriano inferior brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Resumos...** Belo Horizonte: SBG, 1976. p.201-202.

ALMEIDA, F.F.M., O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.7, n.4, p.349-364, 1977.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1981, **Anais...**, Salvador, SBG-Núcleo da Bahia, p. 1-10.

BABINSKI, M.; CHEMALE Jr., F.; VAN SCHMUS, W.R. A idade das formações ferríferas bandadas do Supergrupo Minas e sua correlação com aquelas da África do Sul e Austrália. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG/SGM, 1993. p. 152-153.

BALTAZAR, O.F.; PEDREIRA, A.J., 1998. Associações litofaciológicas. In: ZUCCHETTI, M. ; BALTAZAR, O.F. (eds). **Projeto Rio das Velhas** : texto explicativo do mapa geológico Integrado, escala 1:100.000. 2 ed, DNPM /CPRM, Belo Horizonte, p. 43-47.

BALTAZAR, O.F.; ROSIÈRE, C.A.; CORRÊA NETO, A.V.; SILVA, J.N. Geologia estrutural do Grupo Maquiné, Supergrupo Rio das Velhas, na porção central do Quadrilátero Ferrífero (MG). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: SBG, 1995. p. 11-13.

BALTAZAR, O.F.; SILVA, S.L.,. **Projeto Rio das Velhas**: Mapa Geológico Integrado do Supergrupo Rio das Velhas, escala 1:100.000, Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1996.

BALTAZAR, O.F.; ZUCCHETTI, M., Rio das Velhas Greenstone Belt structural evolution, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. **Abstracts...** Rio de Janeiro,2000. 1 CD-ROM.

BARBOSA, O. Contribuição à geologia do centro de Minas Gerais. **Minérios e Metais**, São Pasulo, v. 14, n.79, p.3-19,1949.

BELO DE OLIVEIRA, O. A. As falhas de empurrão e suas implicações na estratigrafia e metalogênese do Quadrilátero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34,1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 1986, v.1,p.5-15.

BELO DE OLIVEIRA, O.A.; VIEIRA, M.B.H. Aspectos da deformação dúctil e progressiva no Quadrilátero Ferrífero. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 4, 1987, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/MG, 1987. v.7, p.237-253.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; BARRS, F. J.; DELGADO, I. de M.; ABRAM, M. G.; NETO, R. L.; MATOS, G. M. M. de; SANTOS, J. O. S., 2001. **Geologia tectônica recursos minerais do Brasil**: sistema de informações geográficas – SIG, escala 1:2 5000.000. Brasília: CPRM, 2001. 4 CD-ROM.

BRANDALISE, L. A.; VIEIRA, V. S.; HEINECH, C. A. **Projeto Belo Horizonte/Serro**: folhas Belo Horizonte e Itabira. Belo Horizonte: CPRM, 2000. 2v.

BUTLER, R.W.H., 1982. The terminology of structures in thrust belts. *Journal of Structural Geology*, v.4, n.3 ,p.239-245. *Apud*. In: INTERNACIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, 2000. Rio de Janeiro, Brazil. **Abstracts...** Rio de Janeiro: SBG, 2000. 1 CD-ROM.

BARBOSA, A. L. M. Sedimentação e tectônica do Quadrilátero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte. **Resumo das Comunicações...**Belo Horizonte: SBG, 1968. p. 110-111.

BARBOSA, A.L.M. Tectônica do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. In: Semana de Estudos Geológicos e Econômicos do Quadrilátero Ferrífero, 1961, Ouro Preto. **Boletim...** Ouro Preto: SICEG, 1961. v. 1, p. 49-52.

BELO DE OLIVEIRA, O.A.; VIEIRA, M.B.H. Aspectos da deformação dúctil e progressiva no Quadrilátero Ferrífero. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 4, 1987, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/MG, 1987. v.7, p.237-253.

CARNEIRO, M. A.; NOCE, C. M.; CUNHA, E. M.; 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: SBG, Núcleo Minas Gerais, 1995. p. 50-52. (Bol. 13).

CARNEIRO, M.A. **O complexo metamórfico Bonfim setentrional (Quadrilátero Ferrífero), Minas Gerais:** litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano. 1992. 233 p. Tese. (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1992.

CHEMALE Jr, F.; ROSIÈRE, C.A.; ENDO, I. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. **Pesquisas**, v.18, n.2, p.104-127, 1991.

CHEMALE Jr, F.; ROSIÈRE, C.A.; ENDO, I. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.65, p.25-54, 1994.

CHEMALE Jr., F. , ROSIÈRE, C.A. Arquitetura de domo e bacia no Quadrilátero Ferrífero e suas implicações na deformação das Formações Ferríferas do Proterozóico Inferior. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, Belo Horizonte, **Anais...** SBG, Núcleo Minas Gerais, v. 12, p.172-175.

CORDANI, U.G.; TEIXEIRA W.; SIGA Jr. O. Geocronologia do Quadrilátero Ferrífero. In: SOCIEDADE DE INTERCAMBIO CULTURAL E ESTUDOS GEOLÓGICOS, **Semana de Estudos do Quadrilátero Ferrífero**, 21, Ouro Preto, .SICEG, p. 27-44, 1980.

CORRÊA NETO, A.V.; BALTAZAR, O.F. Compartimentação estrutural do Greenstone Belt Rio das Velhas no interior do Quadrilátero Ferrífero (MG). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: SBG, 1995. p. 15-17.

CORRÊA NETO, A.V.; BALTAZAR, O.F.; SILVA, S.L.. Evolução estrutural do setor setentrional do Greenstone Belt Rio das Velhas (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. **Resumos Expandidos...** Camboriú: SBG. 1994. v. 1, p.69-70.

COSTA, C. S.; COSTA, A.G.; ROSIÈRE, C.A. Considerações preliminares sobre a ambiência magmática das rochas ultramáficas do Complexo Córrego dos Boiadeiros, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 37. 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo: SBG, 1992. p. 455-456.

DORR II, J. VAN N. The Cauê Itabirite. In: Simposium of the stratigraphy of the Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.7,n.2, p.63-64, 1958 a.

DORR II, J. VAN N. The Gandarela Formation. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.7,n.2. p.63-64, 1958 b.

DORR II, J. Van. N. The Cauê Itabirite. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geociências**, São Paulo. v.7,n.2, 1968c.

DORR II, J.V. **Physiographic stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** USGS Professional Paper 614-A, 1969. 110 p.

DORR II, J. V. N.; BARBOSA, A. L. M. Geology and ore deposits of the Itabira district, Minas Gerais, Brazil: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341-C, 1963.110p.

- DORR II, J. V. N.; HERZ, N.; BARBOSA, A. L. M.; SIMMONS, G. C. **Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, Brasil**. Rio de Janeiro, DNPM, 1959, 120p. (DFPM, Publicação Especial, 1).
- DORR II, J. V. N. GAIR, J. E.; POMERENE, J.B.; REYNEARSON, G. A.,- **Revisão da estratigrafia pré - cambriana do Quadrilátero Ferrífero**. Rio de Janeiro, DNPM, 1957. p. 7-58. (DFPM, Avulso, 81). Trad. A. L. M. Barbosa.
- ENCICLOPÉDIA dos Municípios Mineiros: Minas. Belo Horizonte: Armazém de Idéias, 1998. v. 1.
- ENDO, I.; FONSECA, M.A. Sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas no Quadrilátero Ferrífero – MG: geometria e cinemática. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1992., Ouro Preto. **Revista da Escola de Minas**, v.45, n..1/2, p.28-31, 1992.
- ENDO, I.; NALINI Jr., H.A. Geometria e cinemática das estruturas extensionais e compressionais na borda oeste do sinclinal Moeda, QF. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1992.. **Revista da Escola de Minas**, v.45, n..1/2, p.15-17, 1992.
- ENDO, I., **Regimes tectônicos do arqueano e proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais**. 1997. 2v. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, 1997.
- ENDO, I., HARTMANN, L.A., SUITA, M.T.F., SANTOS, J.O.S., FRANTZ, L.C., Mcnaughton, N.L., BARLEY, M.C., CARNEIRO, M.C., 2002. Zircon SHRIMP U-Pb isotopic evidence for Neoproterozoic age of the Minas Supergroup, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. (res). CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa, **Anais...João Pessoa:SBG,2002**. p.518.
- FERRAND, P. **L'or a Minas Gerais**. Belo Horizonte: Imprensa OFormações Ferríferasocial, 1913. 2 v.
- FERREIRA FILHO, F. A. **Análise estrutural qualitativa do sistema de falhas Água Quente, borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG**. 1999.
- GAIR, J. E. Age of mineralization at The Morro Velho And Raposos Mines, Minas Gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.7, n.2, p. 39-45, 1958.
- GAIR, J. E. **Geology and ore deposit of the Nova Lima and Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil**. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341- A.
- GIRODO, A. C. Mineração. In: *Projeto APA Sul RMBH: estudos do meio físico*. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005, v. 2.
- GORCEIX, H. Bacias terciárias d'água doce nos arredores de Ouro Preto (Gandarela e Fonseca), Minas Gerais, Brasil. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, n.3, p.75-92, 1884.
- GUILD, P. W. Geology and minerals resources of the Congonhas district, Minas Gerais, Brazil: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 290, 1957. 90p.
- GUIMARÃES, D. Contribuição à geologia do estado de Minas Gerais. **Boletim DNPM/SGMB**, n.55, 1931. 36p.

GUIMARÃES, D.; MELO, S.M.G.; MELO, E.A.V. O Complexo Bação. **Boletem do Instituto de Geologia da Escola de Minas de Ouro Preto**, v.2, n.1, p.1-12, 1966.

HARDER, E.C. ; CHAMBERLAIN, R.T.A. The geology of central Minas Gerais, Brazil. **Journal of Geology**, v.23, n.4, p.341-378 / n.5, p.385-424, 1915.

HEINECK, C. A.; LEITE, C.A. S.; SILVA, M.A.; VIEIRA, V. Mapa geológico do Estado de Minas Gerais; escala 1:1.000.000. Belo Horizonte: CPRM/COMIG, 2003.

HENWOOD, W. J. 1871. On the gold mines of Minas Gerais, Brazil. Royal Geol. Soc. Cornwall Trans., 8 (pt.1), p. 168-370.

HERZ, N. **Gneissic And Igneous Rocks Of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. Professional Paper U. S. Geological Survey, 641-B, p. B1-B58, 1970.

HERZ, N. Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Survey; Prof. Paper, n.641-C, p. C-1-C-81, 1978.

HIPPERTT, J.F.; BORBA, R.D.; NALINI Jr., H.A. O contato formação Moeda - complexo Bonfim: uma zona de cisalhamento normal na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1992, , Ouro Preto. **Revista da Escola de Minas**, v.45, n.1/2, p.32-34, 1992.

IGA – Instituto de Geociências Aplicadas do Estado de Minas Gerais. **Mapeamento geológico da região metropolitana de Belo Horizonte**, mapa geológico de Belo Horizonte, escala 1:50.000. Belo Horizonte: IGA. 1982. (sem texto explicativo)

JOHNSON, R. F. **Geology and ore deposits of the Cachoeira do Campo, Dom Bosco and Ouro Branco Quadrangles, Minas Gerais, Brazil**. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341-B, 1962. 39p.

LADEIRA, E. A. **Metallogenesis of gold of the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1980. 272 p. Tese. (Doutorado) - Ontario: University Of Western Ontario , 1980.

LADEIRA, E. A.; ROESER, H. M. P.; TOMBSCHALL, H. J. Evolução petrogenética do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2, 1983, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/MG, 1983., v.3, p.149-165.

LADEIRA, E.A.; VIVEIROS, J.F.M. Hipótese sobre a estruturação do Quadrilátero Ferrífero com base nos dados disponíveis. **Boletim Especial da Sociedade Brasileira de Geociências**, n.4, p. 1-14, 1984.

LEITE, C. A. S.; PERROTA, M. M.; SILVA, L. C.; SILVA, M. A.; HEINECK, C. A.; SALVADOR, E. D.; VIEIRA, E. S.; LOPES, R. C.; SILVA, M. G. M.; DRUMOND, J. B. V.; MALOUF, R. F.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; GOMES, S. D.; SACHS, L. L. B.; OLIVEIRA, I.W. B.; RAMGRAB, G. E.; NETTO, C.; JUNQUEIRA, P. A.; PAES, V. J. C. 2004. Folha SF.23 – Rio de Janeiro. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. de. (eds). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. 4 CD-ROM.

LOCZY e LADEIRA, E. A. **Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica**. São Paulo, Edgard Blucher, 1976. 528p.

MACHADO, N.; CARNEIRO, M. A. U-Pb evidence of Late Archean tectonothermal activity in southern São Francisco shield, Brazil. **Can. J. Earth Sci.**, n. 29, 1992, p.2341-2346.

MACHADO, N., NOCE, C. M.; LADEIRA, E. A.; OLIVEIRA, O. A. B. U/Pb geochronology of archean magmatism and proterozoic metamorphism In the Quadrilátero Ferrífero, Southern São Francisco Craton, Brazil. **Geol. Soc. Am. Bull.**, n.104, p.1221-7, 1992.

MACHADO, N.; NOCE, C.M.; FENG, R. Idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de zircões detríticos de rochas metassedimentares da região do Quadrilátero Ferrífero, sul do Cráton do São Francisco: Considerações sobre áreas-fonte e idades de sedimentação. II SIMPÓSIO DO CRÁTON SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador, **Anais...Salvador: SBG-BA, SE/SGM**, 1993. p. 149-151.

MACHADO, N.; SCHRANK, A.; NOCE, C. M.; GAULTIER G. Ages of detrital zircon from Archean-Paleozoic: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin. Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters* n. 41p.259-276, 1996.

MAIZZATO, J. R.; CASTRO, P. T. A. Origem e evolução da bacia Gandarela. Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/ MG, 1993., boletim 12, p.325-329.

MALOUF, R.F., CORRÊA NETO, A.V. O Supergrupo Rio das Velhas na Folha Conceição do Rio Acima: **Projeto Rio das Velhas**. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1996. p. 17-23.

MARSHAK, S.; TINKHAM, D.; ALKMIM, F.; BRUECKNER, H.; BORNHORST, T. Dome-and-keel provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse - core complexes, diapirs, or neither?: Examples from the Quadrilátero Ferrífero and the Penokean Orogen. **Geology**, v.25, n..5, p.415-418, 1997.

MARSHAK, S., ALKMIM, F.F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. **Tectonics**, v. 8, n. 3, p.555-571, 1989.

MARSHAK, S., ALKMIM, F.F., JORDT-EVANGELISTA, H.,. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structure in an Archean granite-greenstone terrane. **Nature**, n. 35, p.491-493, 1992.

MAXWELL, C.H., SIMMONS, G.C. The Batatal Formation. **Boletim da Sociedade Brasileira De Geologia**, São Paulo, v.7, n.2, p. 60-61, 1958.

MAXWELL, C. H. **Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil**. U.S.Geol. Survey Prof. Paper 341 J, 1972. 72p.

MINERAÇÕES BRASILEIRAS REUNIDAS S.A.- MBR. (s.d.). Mina de Águas Claras; mapa geológico. Escalas 1:10.000 e 1:25.000. Belo Horizonte, s.d.

NOCE, C.M. **Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos da região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 1995. Tese. (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, 1995.

OLIVEIRA, G. A. I.; CLEMENTE, P. L. C.; VIAL, D. S. Excursão à mina de ouro de Morro Velho. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2, 1983, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/MG, 1983 boletim 3, p. 497-505.

PADILHA, A.V. Formação Córrego dos Boiadeiros, uma seqüência komatiítica na base do Grupo Nova Lima, Supergrupo Rio das Velhas-Quadrilátero Ferrífero-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.6, p. 2.668-2679.

PERILLO, I.A., Org. **Projeto de integração geológico-metalogenética, Folha Rio de Janeiro – SF.23; Folha Divinópolis – SF.23-X-A.** Brasília: CPRM, 2000. 60p.

PIRES, F.R.M. **Structural geology and stratigraphy at the junction of the Curral anticline and the Moeda syncline, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** Michigan: Universidade de Michigan, 1979. 220 p.

PIRES, F.R.M., GUEDES, S.C., CABRAL, A.R.,. A estrutura anticlinal recumbente da serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: **Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**, SBG, Belo Horizonte, 12:156-165, 1993.

POMERENE, J.B. The Cercadinho Formation. **Boletim da Sociedade Brasileira Geologia**, São Paulo v.7, n. 2, p. 64-5, 1958a.

POMERENE, J.B. The Tabões Quartzite. **Boletim da Soc. Brasileira Geologia**, São Paulo, v.7, n. 2, p. 66-7, 1958b.

POMERENE, J.B. The Barreiro Formation. **Boletim da Soc. Brasileira Geologia**, São Paulo, v.7, n. 2, p. 67-8, 1958c.

POMERENE, J. B. **Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos Quadrangles, Minas Gerais, Brazil.**: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341D, 1964. 83p.

PROGRAMA DE COOPERAÇÃO TÉCNICA, BRASIL-ESTADOS UNIDOS. 1946-1964. Escala 1:25.000. [Quadrilátero Ferrífero]. Washington. DNPM/USGS.

PROJETO BACIA DO SÃO FRANCISCO (MG), Escalas 1:100.000 e 1:250.000. Belo Horizonte: COMIG – SEME/ CPRM, 2003.

PROJETO RIO DAS VELHAS. Quadrilátero Ferrífero, escala 1:25.000. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1996.

QUADE, H. Deformation patterns of the Pre-cambrian Iron Quadrangle, Brazil. In: **International Conference on Tectonic and Structural Processes**, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht, p. 113-114, 1985.

RAPOSO, F. O. **Formações ferríferas e metassedimentos químicos de áreas selecionadas do quadrilátero ferrífero e seu papel como possíveis fontes dos conglomerados da área.** 1996. 136p. Dissertação. (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

REIS, L.A. **A bacia antepais paleoproterozóica Sabará, QF, MG:** tectônica, sedimentação, estratigrafia e petrogênese. 2001.

RENGER, F.S.; NOCE, C.M.; ROMANO, A.W.; MACHADO, N. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.2, n.1, p.1-11, 1994.

RIBEIRO-RODRIGUES, L. C. **O contexto geológico-estrutural do Parque Natural do Caraça e adjacências, Quadrilátero Ferrífero, MG.** 1992. 108p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, 1992.

RIBEIRO-RODRIGUES, L.C. ; CHEMALE Jr., F.; JOST, H. O sistema de falhas do Caraça. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 4 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1993. v.12, p.226-229.

RODRIGUES, F.A.C.; COSTA, A.F.; SOUZA, R.A.C.; ROSIÈRE, C.A. Sistemas de cavalgamento do nordeste do Quadrilátero Ferrífero. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5, 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1989. Boletim 10, p.6-10.

RYNEARSON, G.A.; POMERENE, J.B.; DORR II, J.V. **Contato basal da série Minas na parte ocidental do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM/DGM, avulso 34, 1954, p.1-18.

SANTOS, M. C. Origem do mudstone do Morro do Caxambú, Sinclinal Dom Bosco, QF, MG, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1998. p.434.

SCHORSCHER, H.D. Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na região de Itabira, Minas Gerais. (res). In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29,1976. Ouro Preto, **Anais...** Ouro Preto: SBG, 1976. P.194-195.

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: SBG, 1978. Boletim n.1, p.292-293.

SCHORSCHER, H. D. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.51, n.4, p.767-8, 1979.

SCHORSCHER, H.D. International Symposium on Archean and Early Proterozoic. Geological Evolution and Metallogenesis. **Abstracts and Excursion Appendix**, Salvador, Brazil, p.1- 33, 1982.

SCHRANK, A.; MACHADO, N. Idades U-Pb em monazitas e zircões das minas de Morro Velho e Passagem de Mariana – Quadrilátero Ferrífero (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, v.6, 1996. p.470-472.

SCHRANK, A.; SOUZA FILHO, C. R.; FERRARI, M.; PAIXÃO, M.; PIRES, P.; PRADO, I.; BARRETO, H.; MOURA, P. 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: SBG/MG, 1993. p.123-7.

SIMMONS, G.C. The Fecho do Funil formations. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.7, n.2, p. 65-66, 1958.

SIMMONS, G. C. **Geology and mineral resources of the Barão de Cocais, área, Minas Gerais, Brazil.**: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 341-H,p.1-48, 1968.

SIMMONS, G. C. ; MAXWELL, C. H. **Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas.** Trad.. J. J. Rodrigues Branco. Rio de Janeiro: DNPM, n.211,1961. 30p.

SUITA, M. T. F.; HARTMANN, L. A.; ENDO, I.; SANTOS, J. O. S.; McNAUGHTON, N. L. The oldest detrital zircon in South America – 3.8 Ga, determined by **SHRIMP** geochronology from a Quadrilátero Ferrífero sandstone. (res). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41,2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002.p.518.

TEIXEIRA, W. A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas. Ph.D. Thesis, University de São Paulo, São Paulo, Brazil, 1995. Tese. (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1995.

THORPE, R.I.; CUMMING, G.L.; KRSTIC, D. Lead isotope evidence regarding age of gold deposits in the Nova Lima district, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo,v.14, n.3, p.147-152, 1984.

VIEIRA, F. W. R., OLIVEIRA, G. A. I. .Geologia do distrito aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C.; COELHO, C. S., (COORD) Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília, DNPM/CVRD, v.3, 1988.p. 377-391.

VILAÇA, J.N. Alguns aspectos sedimentares da formação Moeda. **Boletim SBG – Núcleo Minas Gerais**, n.2, p. 93-137, 1981.

WALLACE, H. M. The Moeda formation. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.7 , n.2, p. 59-60, 1958.

WALLACE, R. M. **Geology and mineral resource of the Pico do Itabirito, District, Minas Gerais, Brazil.** U.S.G.S. paper n.3341-F,1965. p.F1-F68.

ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O.F. (EDS), **Projeto Rio das Velhas:** texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000. 2ed. Belo Horizonte, Brazil: DNPM/CPRM, 1998. 121 p.

Belo Horizonte
2005



Secretaria de Geologia,
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de
Minas e Energia

